

Учредители журнала

Тоннельная ассоциация России
Московский метрополитен
Московский метрострой
Мосинжстрой
Трансинжстрой

Редакционный совет

Председатель совета

А. Н. Левченко

Заместитель председателя

И. С. Беседин

Члены совета:

В. П. Абрамчук, В. Н. Александров,
В. А. Гарюгин, В. В. Гридасов,
С. Г. Елгаев, А. М. Земельман,
Б. А. Картозия, В. Г. Лернер,
М. М. Рахимов, Г. И. Рязанцев,
Г. Я. Штерн

Редакционная коллегия:

С. А. Алпатов, Н. С. Булычев,
О. В. Егоров, А. А. Гончаров,
А. И. Долгов, А. В. Ершов,
М. Г. Зерцалов, Н. И. Кулагин,
Е. Н. Курбацкий, Г. Н. Матюхин,
В. Е. Меркин, А. Ю. Педчик,
Г. Н. Полякин, П. В. Пуголовков,
А. Ю. Старков, Б. И. Федунец,
Ш. К. Эфендиев

Главный редактор

Г. М. Синицкий

Тоннельная ассоциация России

тел.: (495) 608-8032, 608-8172
факс: (495) 607-3276
www.tar-rus.ru
e-mail: rus_tunnel@mtu-net.ru

Издатель

ООО «Метро и тоннели»

тел.: (499) 267-3514, 267-3425
факс: (499) 265-7951
107078, Москва,
Новорязанская, 16,
подъезд 5, оф. 20
e-mail: metrotunnels@gmail.com

Генеральный директор

О. С. Власов

Редактор

Г. М. Сандул

Компьютерный дизайн и вёрстка

С. А. Славин

Фотограф

С. А. Славин

Журнал зарегистрирован

Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов
журнала только с письменного
разрешения издательства
© ООО «Метро и тоннели», 2012

№ 1 2012

Юбиляры отрасли

ОАО «Артемовский машиностроительный
завод «ВЕНТПРОМ». 70 лет успешной работы **2**

О. В. Горшков, В. И. Кутаев

Укрметротоннельстрою исполнилось 20 лет **6**

В. И. Петренко

Подводя итоги

Заседание президиума правления ТА России **10**

Новые станции **14**

Строительство метро

Метро Москвы. Прорыв на уг **22**

С. Г. Елгаев

Современные технологии

Стволопроходческие комплексы: перспективы внедрения
в практику подземного строительства городов **26**

Г. М. Синицкий, С. В. Мазеин, С. М. Ломоносов

Специальные способы работ

Технологическое оборудование для инъекционных работ **28**

А. Г. Малинин, А. Н. Смирнов, С. В. Карпов,

В. Г. Гилев, Д. А. Малинин

Геомеханика

Геотехнический мониторинг сопровождения
строительства эскалаторных тоннелей с помощью ТПМК **30**

К. П. Безродный, М. О. Лебедев, В. А. Марков,

А. Ю. Старков, Н. А. Лаптев, А. В. Морозов, А. В. Уханов

Геомеханический мониторинг скального массива
при проходке Юкспорского тоннеля № 2 **33**

Н. Н. Абрамов, Ю. А. Епимахов, В. П. Абрамчук

Выставки и конференции

Конференция «Гидроизоляция подземных сооружений» **36**

Научные разработки

Новое в строительстве отечественных
подземных хранилищ сжиженного природного газа **38**

Н. Г. Кириллов, А. Н. Лазарев, А. В. Яковлев

Метрополитены

Пути решения вопроса повышения эксплуатационной
надежности рельсов для метрополитенов
производства ЕВРАЗ ЗСМК **42**

В. В. Гаврилов

ОАО «АРТЕМОВСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД «ВЕНТПРОМ». 70 ЛЕТ УСПЕШНОЙ РАБОТЫ

О. В. Горшков, генеральный директор ОАО АМЗ «ВЕНТПРОМ»
В. И. Кутаев, технический директор

Открытое акционерное общество «Артемовский машиностроительный завод «ВЕНТПРОМ» в сентябре 2011 г. отпраздновало свой 70-летний юбилей. За спиной – немало достижений: предприятие является ведущим российским производителем вентиляторов главного проветривания шахт, рудников, тоннелей и метрополитенов. Артемовские машиностроители не намерены останавливаться на достигнутом. В новое десятилетие своей истории завод вступает с новым лицом и во всеоружии, благодаря масштабным работам по техническому перевооружению, произведенному за последние годы.

Серийное производство шахтных и тоннельных вентиляторов ведется на заводе с 60-х годов прошлого столетия. Примечательно, что большинство из выпущенных за эти годы агрегатов работают в России, странах СНГ и ряде зарубежных государств по сей день, что говорит об их высокой надежности и большом сроке службы. На сегодняшний день «АМЗ «ВЕНТПРОМ» для нужд российской промышленности выпускает более 50 наименований вентиляторов.

Взаимоотношения Артемовского машиностроительного завода с метрополитенами начались в начале 60-х годов прошлого столетия. В это время был создан вентилятор ВОМД 24 для проветривания станций и тоннелей метрополитенов (рис. 1). В его создании принимали участие институты ЦАГИ, Метрогипротранс, Московский метрополитен и Артемовский машиностроительный завод. ВОМД 24 пришел на смену вентиляторам типа ЦАГИ всех типоразмеров. Планировалось, что он покроет все возможные вентиляционные режимы существующих в то время метрополитенов страны. В течение более 30 лет это был единственный в стране тоннельный вентилятор. Свои функции ВОМД 24 выполнял, отработав по нескольким нормативных сроков. За период многолетнего сотрудничества с метрополитенами, с целью оптимизации экономичности эксплуатации, заводом производились и другие типы агрегатов – это ВОМ 16, ВОМ 16Р, ВОМ 18 с механизмом одновременного поворота лопаток при работающем вентиляторе, ВОМ 24 различных исполнений и др. Всего, более 1000 типов различных исполнений было произведено Артемовским машиностроительным заводом. Многие из них находятся в эксплуатации и сегодня. Техническое обслуживание этих вентиляторов усложняется в связи со значительным возрастом, а соответственно и износом оборудования. Отсутствие запасных частей комплектующих изделий в связи со снятием их с производства, низкий эксплуатационный КПД, несоответствие современным требованиям безопасности перевозки пассажиров – вот неполный перечень проблем существующего парка

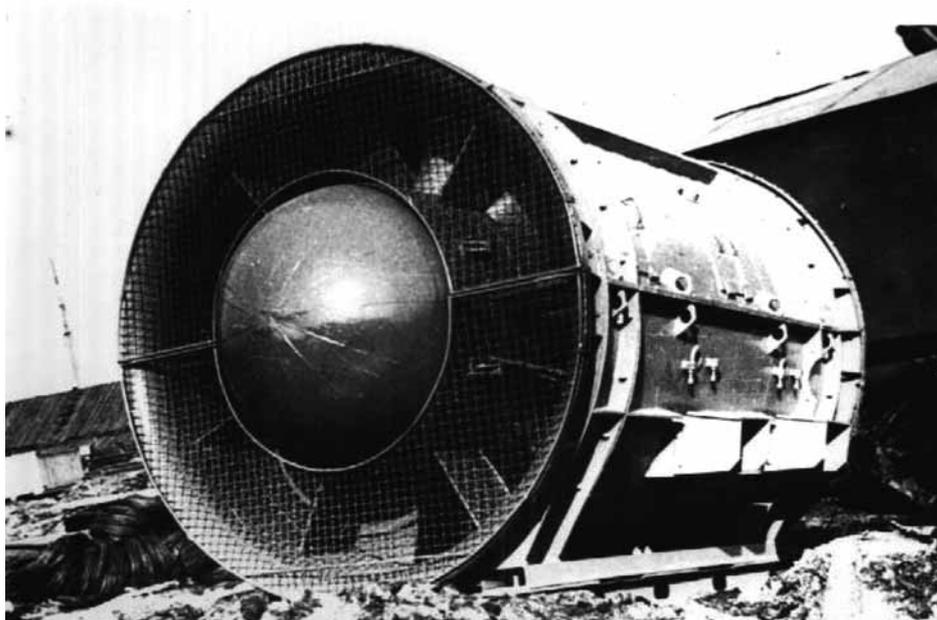


Рис. 1. Вентилятор ВОМД 24 производства 60-х гг.

вентиляторов, находящихся в эксплуатации на метрополитенах России и стран СНГ.

Учитывая изложенное, ОАО «Артемовский машиностроительный завод» «ВЕНТПРОМ» в содружестве с Московским метрополитеном начиная с 2005 г. проводит работу по созданию нового типоразмерного ряда вентиляторов главного проветривания метрополитенов типа ВОМ. Основными его представителями являются – ВОМ 11, ВОМ 16Р, ВОМ 18Р, ВОМ 20, ВОМ 24Р. Поля режимов вентиляции приведены на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что рабочие зоны разных типоразмеров покрывают все поле вероятных режимов проветривания равномерно, частично перекрывая друг друга. Это значит, что при проектировании проветривания метрополитенов имеется возможность подобрать экономичный вентилятор с наибольшим КПД.

Таким образом, ОАО «Артемовский машиностроительный завод «ВЕНТПРОМ» начиная с 2005 г. полностью обновил номенклатуру вентиляторов для проветривания станций и тоннелей метрополитенов. Сегодня

завод имеет типоразмерный ряд агрегатов, состоящий из пяти наименований более двадцати исполнений.

Вентиляторы типа ВОМ принципиально отличаются от применявшихся до этого на метрополитенах СНГ. Они выполнены по упрощенной конструктивной схеме, включающей одно рабочее колесо без входных и выходных направляющих аппаратов. В вентиляторах отсутствует узел вала, а рабочее колесо крепится непосредственно на вал электродвигателя. С целью достижения требуемых параметров работы не ниже, а в некоторых случаях и выше, чем на заменяемых вентиляторах, была разработана новая более нагруженная аэродинамическая схема.

На сегодняшний день Артемовским машиностроительным заводом на метрополитены России и стран СНГ поставлено более 160 вентиляторов ВОМ 20 (рис. 3), 30 – ВОМ 16Р, 10 – ВОМ 18Р.

Таким образом, основной парк вентиляторов на метрополитенах России и стран СНГ за счет поставки новых артемовских значительно обновляется. В то же время в эксплу-

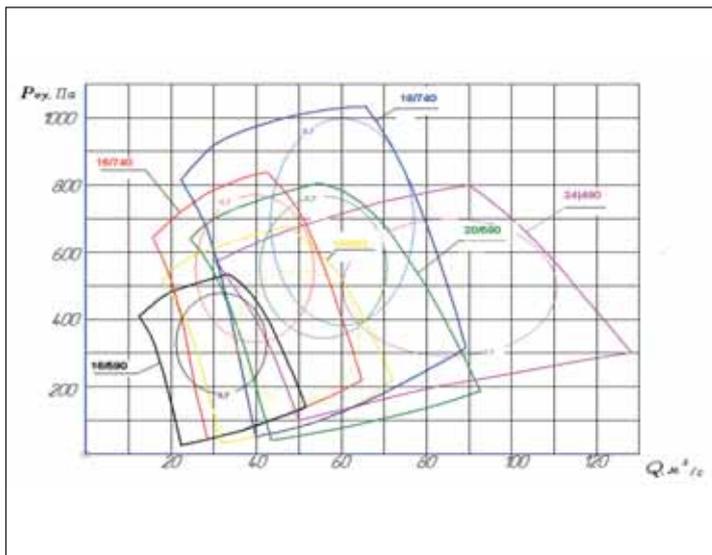


Рис. 2. Рабочие зоны вентиляторов типа WOM



Рис. 3. Вентилятор WOM 20 производства 2010 г.

атации еще находятся более 500 машин типа WOMД, произведенных в 60–80-х гг. прошлого столетия. Замена их новыми связана с большими капитальными затратами. Для продления их срока службы и с целью минимизации затрат метрополитенов при реконструкции вентиляционных систем главного проветривания, конструкторами завода предложена эффективная конструкция и технология модернизации вентиляторов, находящихся в эксплуатации.

Цель модернизации заключается в том, чтобы сохраняя основные металлоконструкции и строительную часть вентиляторной установки, привести вентилятор в соответствие с сегодняшними требованиями безопасности на метрополитенах, восстановить работоспособность, повысить параметры работы, надежность его эксплуатации и экономическую эффективность вентилятора и всей системы вентиляции метрополитена. Поставленная задача достигается заменой роторной группы при существующей статорной части вентилятора.

В сентябре 2009 г. на Артемовском машиностроительном заводе прошел первый этап приемочных испытаний модернизированного вентилятора WOMД 24 с участием специалистов электромеханических служб метрополитенов, монтажных и наладочных организаций (рис. 4 и 5). В рамках испытаний была продемонстрирована технология замены роторной группы в корпусе существующего вентилятора. В рамках первого этапа были проведены аэродинамические и акустические испытания на заводском стенде. Применение нового рабочего колеса позволило с использованием одной ступени перекрыть параметры двухступенчатого вентилятора WOMД 24 по производительности в 1,3 раза. Производительность при реверсе за счет изменения направления вращения составила более 80 % от прямой работы. Дополнительные мероприятия могут обеспечить 100-% реверс.



Рис. 4. WOM 24P на стенде



Рис. 5 Модернизация вентилятора WOMД 24 на Петербургском метрополитене

В рамках юбилейных мероприятий на заводе проведена научно-практическая конференция на тему «Актуальные вопросы современного вентиляторостроения».

Научно-практические конференции с презентацией нового оборудования стали на Артемовском машиностроительном заводе традиционными. Вот и в юбилейный год заводчане собрали у себя специалистов действующих и строящихся метрополитенов, проектных, монтажных, строительных, наладочных организаций. На конференции присутствовали также европейские производители вентиляторов для метрополитенов и горнорудных предприятий. Специалисты завода показали гостям новый вентилятор ВОР 18Р, который завершает создание типоразмерного ряда серии ВОР. Продемонстрированы были новые научные, технические, технологические возможности и производственные мощности, имея которые завод уверен в том, что возрастающие потребности метрополитенов в вентиляторах будут обеспечены.

Сегодня завод конкурирует с крупными европейскими компаниями, и по оценкам потребителей, вентиляторы, произведенные на ОАО «АМЗ «ВЕНТПРОМ», мало чем отличаются по качеству от европейских аналогов, а по сроку службы даже превосходят их. Говорит в пользу отечественных вентиляторов и цена, поэтому потребители делают свой выбор среди артемовских машин.

В год своего юбилея завод представляет собой предприятие европейского уровня с высокой культурой производства, современным станочным парком, комфортабельными производственными и административными помещениями и многолетними традициями, которыми гордятся рабочие и инженерно-технический персонал.

Этого удалось достичь благодаря разработанной на предприятии программе технического перевооружения, которая включает в себя модернизацию существующего станочного парка и замену устаревшего оборудования современным. Ведь только тот, кто обладает более совершенной технологией, точным и высокопроизводительным технологическим оборудованием, высокой степенью организации труда, сумеет удержать свои позиции на рынке.

Изменения коснулись всех участков производства. Для заготовительного участка были закуплены и внедрены в производство немецкие листовые ножницы, американские ленточнопильные станки и итальянские листогибочные машины. Их преимущество заключается в том, что они обладают более мощной производительностью и высокой точностью обработки деталей, имеют большие функциональные возможности. В 2010–2011 гг. в отделении термической резки были размещены итальянские и немецкие установки плазменной резки с ЧПУ (рис. 6). Внедрение этого оборудования не только снизило трудоемкость по заготовительному производству, но и позволило отказаться от некоторых технологических



Рис. 6. Установка плазменной резки



Рис. 7. Обработка деталей на станках с ЧПУ



Рис. 8. Балансировка роторов



Рис. 9. Участники научно-практической конференции «Актуальные проблемы современного вентиляторостроения»

операций механической обработки отдельных деталей, что заметно разгрузило и участок механической обработки.

В механосборочных цехах введены в эксплуатацию токарно-винторезные и фрезерные станки фирмы «EMCO» (Австрия).

В результате снизилась в 2–3 раза трудоемкость, по сравнению со стоявшими прежде на механическом участке универсальными станками токарной и фрезерной групп, и заметно возросло качество обработки деталей. А это основной фактор повышения эксплуатационной надежности роторной группы вентиляторов. Отслужившие свой век универсальные станки токарной и фрезерной групп планируется заменить станками с ЧПУ (рис. 7) и обрабатывающими центрами до конца 2012 г.

Одним из важнейших этапов в производстве вентиляторов является балансировка рабочих колес. От этого зависит безаварийная работа машин. Для этих целей на заводе начали использовать высокоточные станки фирмы «ДИАМЕХ» (Россия), позволяющие проводить балансировку роторов с точностью до 0,1 г·мм/кг (рис. 8).

Еще одним из ответственных этапов в изготовлении вентиляторов является сварочное производство. В 2010 г. было заменено все оборудование, как для сборщиков, так и для сварщиков, для чего приобретены и освоены сварочные полуавтоматы фирм DIGITECH (Италия), LORCH и FENIX (Германия). В перспективе специалистами завода прорабатывается возможность внедрения сварочных роботов.

Первое впечатление об оборудовании складывается по его внешнему виду. На заво-

де во главу угла ставят такие составляющие внешней отделки, как подготовка поверхности, качество лакокрасочных покрытий, цветовая гамма, внешний дизайн. ОАО «АМЗ «ВЕНТПРОМ» приобрело современное оборудование для осуществления покраски и сопутствующих операций. Уже сегодня на заводе используются установки безвоздушного окрашивания. Монтируются новые дробеструйная и покрасочная камеры, благодаря чему поверхность изделий станет более гладкой, а режимы выбора покраски и сушки будут задаваться автоматически.

Но на этом изменения не заканчиваются. Согласно плану технического перевооружения до конца 2012 г. на предприятии будет заменено все устаревшее оборудование. Там, где это уже произошло, ощутимы позитивные изменения: помимо повышения качества выпускаемой продукции высвободились квалифицированные рабочие, труд которых начали использовать на других участках. На заводе уверены, что применение нового оборудования с ЧПУ и другими средствами управления позволит привлечь молодых специалистов. В их обучении участвуют не только опытные работники завода, но и поставщики оборудования. При поступлении станков, их монтаже и пуско-наладке представители компании обучают механиков и электриков, а при обработке тестовых деталей – операторов и программистов-технологов. В этой связи также необходимо отметить, что труд конструкторов и технологов в последние годы был существенно облегчен благодаря внедрению специализированных компьютерных программ, которые позволя-

ют сократить сроки и повысить качество разработки конструкторской и технической документации. Специалисты ОАО «АМЗ «ВЕНТПРОМ» успешно проходят обучение и применяют полученные знания при работе на новом оборудовании, ведь со старым оно не идет ни в какое сравнение.

Главное достояние завода – не новые машины, а люди, которые на них работают. Поэтому к юбилею предприятия параллельно с закупкой, установкой и внедрением нового оборудования в 2010–2011 гг. прошли масштабные ремонтные работы, в результате чего инженерно-технические и управленческие службы завода переехали в светлые, просторные, комфортабельные, только что отремонтированные помещения. Был проведен капитальный ремонт цехов, включающий полную замену освещения, заливку европолов, ремонт бытовых помещений и утепление цехов. Вследствие чего производственные помещения стали более теплыми, уютными, красивыми и светлыми. Помимо этого была благоустроена вся территория ОАО «АМЗ «ВЕНТПРОМ». Завод сделал все от него зависящее для того, чтобы рабочие места всех сотрудников стали удобными, комфортными и безопасными.

Так что в семьдесят первый год своей жизни Открытое акционерное общество «Артемовский машиностроительный завод «ВЕНТПРОМ» вступает преобразившимся и уверенным в завтрашнем дне, имея сплоченный, опытный, высокопрофессиональный коллектив, новейшие производственные технологии и многолетний опыт успешной работы в области вентиляторостроения.

УКРМЕТРОТОННЕЛЬСТРОЮ ИСПОЛНИЛОСЬ 20 ЛЕТ



Украинская государственная корпорация по строительству метрополитенов и тоннелей «Укрметротоннельстрой» создана в 1991 г. постановлением Кабинета министров Украины. Сегодня она объединяет 18 предприятий и организаций страны.

В. И. Петренко, президент корпорации «Укрметротоннельстрой»

Укрметротоннельстрой – это сложный многоуровневый организм, и только тесное сотрудничество и единство взглядов проектировщиков, строителей и эксплуатационников обеспечивают слаженную и бесперебойную работу.

Предприятия, входящие в состав корпорации, выполняют разработку проектов и строительно-монтажные работы при сооружении метрополитенов, тоннелей разного назначения, других видов подземных работ, устройству фундаментов. При этом применяются спецспособы: водопонижение, замораживание и химическое закрепление грунтов, крепление котлованов, производятся монтаж путей и оборудования и архитектурно-отделочные процессы.

Для обеспечения строительства выполняются топографо-геодезические и маркшейдерские работы.

Специалисты корпорации постоянно трудятся над решением и совершенствованием технических и технологических разработок, направленных на удешевление (оптимизацию) сооружаемых объектов, сокращение сроков строительства путем создания и внедрения новых технологических схем, более оптимальных материалов, изделий и конструкций.

Тесное многолетнее сотрудничество корпорации «Укрметротоннельстрой» с Национальной академией наук Украины, Национальной горной академией Украины, Национальным транспортным университетом, Украинской государственной академией железнодорожного транспорта, Днепропетровским национальным университетом железнодорожного транспорта им. академика В. Лазаряна и многими научно-исследовательскими институтами позволило разработать и внедрить в производство высокоэффективные технологии, конструкции, строительные и горнопроходческие машины и механизмы.

С 1949 по 2011 г. в Украине построено и вве-

дено в эксплуатацию предприятиями, входящими в состав корпорации: 120,5 км линий метрополитенов с 85 станциями; тоннелей железнодорожных, автодорожных, гидротехнических, трубопроводных, коммунальных, пешеходных, винохранилищ и других подземных сооружений длиной более 100 км.

Строительство метрополитенов в Украине ведется в четырех городах: Киеве, Харькове, Днепропетровске и Донецке.

Киев

Флагманом украинского метростроения является Киевметрострой, созданный в апреле 1949 г.

Летом 1949 г. были заложены первые шахты, а первая сбойка состоялась в декабре 1951 г. Пуск первого участка строительной длиной 5,8 км с пятью станциями произошел в 1960 г. За эти годы в Киеве построено три линии метрополитена общей протяженностью 70 км с 50 станциями.

Проходка тоннелей велась в сложных гидрогеологических условиях и осложнялась пльвунами.

Все станции Киевского метрополитена были запроектированы Государственным предприятием «Проектный институт «Укрметротоннельпроект» – базовой организацией в Украине в сфере проектирования метро и тоннелей. Институтом разрабатываются все стадии проектирования линий метрополитена в комплексе всех разделов от строительного до технологического.

Особая страница в истории метростроения – участие в ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы. Киевские метростроевцы первыми начали работы под четвертым реактором. Задача: пробурить специальные скважины, вырыть котлованы, завести под четвертый блок тоннель, заморозить и забетонировать под ним подушку.

Метростроители свою задачу выполнили.

502 специалиста трудились в Чернобыле, пренебрегая смертельной опасностью. 75-ти уже нет с нами. Своей грудью они закрыли опасность, угрожавшую всей планете.

Столичные метростроевцы активно модернизируют и переоснащают свое производство, используя современное оборудование ведущих мировых производителей. Так, впервые в Украине, для водонасыщенных, неустойчивых и часто меняющих свою природу грунтов был спроектирован и изготовлен тоннелепроходческий комплекс, оборудованный системой грунтопригрузки. Приобретение ТПМК WIRTH TB-628 и Herrenknecht исключило применение сложных и дорогостоящих специальных методов: замораживания, водопонижения, химического закрепления грунтов. Использование таких комплексов дает возможность беспросадочной проходки, что позволяет сохранить жилую застройку, находящуюся над зоной строительства, исключая какое-либо негативное влияние.

Строительство Киевского метрополитена – свидетельство постоянной связи и сотрудничества передовой инженерной мысли, науки и техники.

Взять хотя бы замену тубинговой (металлической) обделки тоннелей блочной (железобетонной). Этот метод по праву считается киевским. Государственный комитет по изобретениям и открытиям при Совете министров СССР запатентовал его. Новая обделка снизила стоимость строительства на 25 %.

Очень интересным был метод сооружения промежуточного вестибюля станции «Арсенальная» (22,6 м в диаметре с общим объемом цилиндра вестибюля – около 8 тыс. м³). Группа специалистов предложила построить вестибюль на поверхности и, заморозив пльвуны и нестойкие пласты, опустить его на проектную глубину. Так и сделали. И это было впервые в мировой практике.

Так создавалась в Украине отечественная школа метростроения. Сегодня Киевметрострой – ведущая многопрофильная организация по строительству метрополитена, тоннелей и других подземных сооружений, объектов гидротехнического, коммунального, промышленного и жилищного строительства.

Опыт и квалификация специалистов позволили разработать и внедрить в производство ряд новых оригинальных технических решений.

Следует упомянуть сооружение станционных комплексов и перегонных тоннелей в водонасыщенных породах с креплением котлована методом «стена в грунте», проходку тоннелей большого диаметра на полный профиль без пилот-тоннелей, резиновое уплотнение стыков при сооружении стволов, наклонных и перегонных тоннелей в нестойких водонасыщенных породах, платформенных участков станций глубокого заложения.

Впервые в истории метростроения в странах СНГ, в Киеве, на станциях Сырецко-Печерской линии «Печерская», «Дорогожичи», «Сырец» сооружены эскалаторные тоннели и стволы в сборной железобетонной обделке с резиновым уплотнением стыков.

Применение шумовиброзащитной конструкции верхнего строения пути, в частности, пути на лежневом подрельсовом основании, позволило избежать отрицательного влияния шума и вибрации на жилые застройки, которые находятся в непосредственной близости от перегонных тоннелей метрополитена. Устройство контактного рельса на сборных железобетонных блоках и применение железобетонных опор при устройстве верхнего строения пути сократило использование дефицитной древесины, ускорило темпы строительства и снизило стоимость работ по монтажу пути.

При выполнении работ по прокладке перегонных тоннелей участка Сырецко-Печерской линии от ст. «Харьковская» до ст. «Бориспольская» и подземной части торгово-делового комплекса по улице Большая Васильковская впервые в отрасли внедрена и адаптирована к климатическим условиям Украины современная технология устройства мастичной гидроизоляции с использованием битумной модифицированной латексом эмульсии Flexigum, которая наносится на конструкции путем холодного распыления. Особенностью этого гидроизоляционного материала является устойчивость против проникновения влаги. Благодаря высокой механизации процесса нанесения мастики и отсутствию подготовительных процессов, технология характеризуется низкими трудозатратами.

При сооружении 50-й станции Киевского метрополитена «Выставочный центр», открытой 27 декабря 2011 г., для гидроизоляции применялась ПВХ мембрана Multiplan, которая имеет целый ряд преимуществ перед другими гидроизоляционными системами:

- значительно сокращен процесс ее нанесения;
- стойкость к биологическому влиянию;
- технологичность в работе;



Юбилейное заседание коллективных членов корпорации «Укрметротоннельстрой»

- возможность применения на протяжении всего года.

При определении положения щитовых комплексов в подземном пространстве внедрены лазерные теодолиты TOPCON DT-102L с использованием программных калькуляторов CASIO. Это позволяет быстро и качественно устанавливать положение механизированных комплексов с необходимой точностью (+50 мм).

В 2001 г. был приобретен щитовой комплекс фирмы WIRTH ТВ-576 с пневмопригрузом забоя для проходки перегонных тоннелей в районе ст. «Святошин», что дало возможность отказаться от замораживания слабых водонасыщенных пород.

При прокладке Курневско-Красноармейской линии от ст. «Лыбидская» до ст. «Васильковская» применялись тоннелепроходческие комплексы WIRTH ТВ-628 и Herrenknecht с грунтопригрузом забоя, что дало возможность вести строительство в сторону крупного жилого массива Теремки.

Кроме строительства метрополитена сейчас продолжают работы по прокладке второй нитки Главного городского канализационного коллектора Киева длиной 9,8 км.



Архитектурный проект ст. «Выставочный центр» в Киеве



Станция «Бориспольская» Киевского метрополитена

Здесь работают тоннелепроходческие комплексы диаметром 3,6 м.

Труд метростроителей вложен и в строительство Днестровской гидроаккумулирующей станции. Это самая большая электростанция Европы. При ее строительстве сооружаются вертикальные, горизонтальные и наклонные водоводы сечением до 100 м².



Станция «Васильковская» Киевского метрополитена



Станция «Героев труда» Харьковского метрополитена

Киевметрострой стал одним из первопроектиров в освоении подземного пространства Киева. С 2000 г. созданы торговые площади в подземных переходах под ул. Крещатик и на площади Славы, на ст. «Академгородок», подземный торговый комплекс под бульваром Дружбы Народов.

Уникальным объектом, который в 2001 г. было поручено вести Киевметрострою, стало сооружение надземной и подземной части общественно-культурного центра на площади Независимости. В его состав входит монумент в честь провозглашения независимости Украины, подземный музейно-выставочный и торговый комплексы с подземными переходами к вестибюлю станции метро «Майдан Незалежності».

Этот монумент представляет собой сооружение башенного типа высотой от уровня фундамента 72 м. Нижняя часть выполнена из монолитного бетона. Масса монумента 5150 т. Фундамент из буронабивных свай диаметром 800 мм, длиной 12 м. Под круглой площадью построен выставочный центр. Это подземное одноэтажное сооружение диаметром 72 м с заглубленным техническим этажом. Общественно-культурный центр – это трехуровневое подземное сооружение.

ПАО «Киевметрострой» построило также множество других подземных объектов различного назначения:

- гидротехнический тоннель на канале Днепр – Донбасс (длина 6,6 км, диаметр 5 м). Проходка осуществлялась в сложных гидрогеологических условиях с применением специальных методов;
- гидротехнический тоннель на Донском магистральном канале (длина 6 км, диаметр 5 м). Проходка велась с применением буровзрывного метода;
- главный городской безнапорный канализационный коллектор в г. Киеве (длина 9 км, диаметр 3,6 м). Проходка осуществлена двумя механизированными щитами;
- водопроводные тоннели в г. Киеве (длина 6,7 км, диаметр 2,5 и 3,6 м);
- приморский канализационный коллектор в г. Одессе (длина 1,5 км, диаметр 3,6 м);
- Воронежский двухпутный железнодорожный тоннель (длина 700м);

- однопутный тоннель на железнодорожной линии Иджеван – Раздан в Армении (диаметр 8,5 м);
- гидротехнические тоннели на канале Днепр – Ингулец (длина 2,2 км, диаметр 6 м);
- опускные колодцы и наклонные галереи на четырех Криворожских горно-обогаительных комбинатах;
- канализационные коллекторные тоннели в г. Черновцы;
- пешеходные тоннели в г. Киеве;
- 11 жилых домов для метростроителей;
- водоводы ГЭС в Асуане (Египет), автомобильные тоннели в Афганистане, железная дорога в Сирии, метрополитен в Софии (Болгария) и другие объекты на разных континентах.

Сейчас Киевметрострой вместе с индийскими партнерами участвует в проектировании и возведении нескольких объектов в Индии.

В 2012 г. планируется пуск участка длиной 2,9 км с двумя станциями «Ипподром» и «Теремки».

Харьков

Строительство метрополитена в Харькове началось 15 июня 1968 г. с выемкой первого ковша грунта экскаватором на станции «Южный вокзал».

Строительство Харьковского метрополитена было шестым в СНГ и вторым в Украине.

За эти годы в Харькове было построено три линии с 29-ю станциями строительной длиной 40,3 км. Первый пуск состоялся в 1975 г. (восемь станций на участке длиной 9,8 км), последний – в 2010 г. 30-я станция Харьковского метрополитена откроется в 2012 г.

Строительство метро в Харькове осуществляло до 2009 г. ОАО «Харьковметрострой», а в настоящее время ПАО ССМУ «Тоннельстрой».

Проектирует станции для Харьковского метрополитена ЧАО «Харьковметропроект».

Все три линии Харьковского метрополитена сооружались в сложных гидрогеологических условиях, в мощной толще осадочных отложений с аллювиальными и лессовидными породами и частично в мергелях Киевской свиты. Они пересека-

ются четырьмя водоносными горизонтами различной мощности с водопритоком в отдельных местах до 200 м³/ч. На значительных участках водоносные грунты представлены мелкозернистыми песками «бучакского» горизонта, обладающих плавучими свойствами.

Все это послужило основой для выбора трассы, методов строительства и технологии работ.

В этих условиях получили значительное распространение практически все виды специальных работ – проходка с использованием кессона, замораживание грунтов, различных видов водопонижения, химического закрепления грунтов.

ОАО «Харьковметрострой» сооружало также другие объекты различного назначения во многих регионах Союза, в том числе:

- специальные подземные склады в Таджикистане;
 - технологический и транспортный 2-ярусный тоннель сечением более 40 м² под р. Енисей;
 - объекты ускорительно-накопительного комплекса физико-технического института Академии наук СССР в поселке Протвино Московской области;
 - Волгоградский скоростной трамвай;
 - подземные объекты различного назначения в Крыму (стволы, лифтоподъемники, реконструкция водохранилищ, объекты Минобороны, коммунальные объекты, тоннели и др.);
 - железнодорожные тоннели в районе станции Тигровая Дальневосточной дороги, а также на Урале, в Армении;
 - производило реконструкцию железнодорожных тоннелей (и их осушение) на железнодорожной линии Тайшет – Абакан.
- Впервые в практике отечественного метростроения колонная станция с клинчатыми перемычками («Исторический музей») в обводных плавучих песках сооружена с применением специальных установок забойного водопонижения, разработанных в Харькове (УЗВМ) вместо кессона, что значительно сократило трудозатраты и помогло избежать вредных факторов – работы под сжатым воздухом.

При переходе через р. Харьков на участке 900 п. м возведен метромост с закрытой утепленной галереей с применением экструзионных пустотных плит, что позволило повысить эксплуатационность линии, уменьшить шум, исключить вредное воздействие атмосферных осадков во все времена года на подвижной состав и постоянные устройства метрополитена.

На строительстве широко применены разработанные Харьковметропроектом укрупненные элементы несущих станционных конструкций, внедряются укрупненные модули объемно-блочных конструкций и быстрохватывающие, расширяющие цементы для гидроизоляции швов круговой обделки станций и перегонов.

На сооружении камер большого сечения использовались крупногабаритные армоблоки с металлоизоляцией. Для укладки бетона широко использовались пневмобетонукладчики.

В 2012 г. планируется пуск участка длиной 0,6 км с одной станцией «Проспект Победы».

Днепропетровск

Строительство метрополитена в Днепропетровске началось в 1982 г., когда было заложено первое тубинговое кольцо и тем самым положено начало горнопроходческим работам.

Сооружение перегонных тоннелей и станционных комплексов велось в сложных горно-геологических условиях. Горные выработки проходили в обводненных скальных, абразивных, с высоким содержанием кремнезема породах, неоднородных по степени трещиноватости и устойчивости, разработанных системой тектонических нарушений, повсеместно покрытых обводненными песчано-глиняными отложениями. Поэтому требовалось качественное крепление горных выработок без отставания от лба забоя, а так же применение специальных способов проходки (укрепительная цементация, тампонаж, замораживание и т. д.).

В настоящее время Днепропетровский метрополитен представляет собой одну линию протяженностью 7,86 км с шестью станциями, соединительной веткой длиной 1,24 км и комплекса электродено для подвижного состава. Пуск состоялся в 1995 г.

Из шести действующих станций одна мелкого заложения.

За время своего существования ОАО «Днепромтрострой» наряду со строительством метрополитена построило и ввело в эксплуатацию:

- железнодорожный тоннель длиной 200 м под автомобильной развязкой через реку Днепр;
- канализационные насосные станции в г. Днепропетровске;
- подземный пешеходный переход общей длиной 250 м, который сооружался частично закрытым (горным) способом и частично открытым способом.

Донецк

Прокладка метрополитена в Донецке была начата в 1992 г. Строительство осуществлялось шахтерами, уволенными в связи с закрытием шахт в этом регионе.

Первый пусковой комплекс длиной 9,7 км включает шесть станций, в том числе три глубокого заложения. В зоне трассы метрополитена проживает около 400 тыс. человек и находятся предприятия с более 100 тыс. рабочих мест.

Строительство в Донецке ведется буровзрывным способом в сложных гидрогеологических условиях – это наличие выработанных угольных шахт и угольных пластов с метаном.

Организации корпорации «Укрметротоннельстрой» успешно выполняют проекты не только на территории Украины, но и в ближнем и дальнем зарубежье.

Специалисты институтов принимали участие в проектировании отдельных объектов метрополитенов в городах: Москве, Харькове, Ленинграде, Минске, Днепропетровске, Алматы, Ереване, Ташкенте, Новосибирске. Участвовали в проектировании первого участка метрополитена в г. София (Болгария).

Кроме проектов метрополитенов институты разрабатывали проекты горных тоннелей и эстакад на Урале, Алтае, Байкало-Амурской магистрали, в Крыму и Карпатах, гидротехнического тоннеля Чернореченского водохранилища в Крыму, тоннелей на реке Стрый Львовской области, на канале Дунай – Днепр, Новоднестровской ГАЭС, наклонных тоннелей горно-обогатительных комбинатов.

Кроме того, специалисты организаций корпорации работали на строительстве Асуанской ГЭС в Египте, автодорожных тоннелей в Афганистане, железнодорожных во Вьетнаме, метрополитена в Алжире, дренажно-коммуникационных тоннелей в Ашхабаде, железнодорожного Иджеван – Раздан, проложенного в скальных породах, соорудили лифтоподъемники и винохранилища.

За годы независимости в Украине создана отечественная школа метростроения, сохранен кадровый, профессиональный потенциал.

Благодаря напряженной работе трудовых коллективов метростроителей государственной корпорации «Укрметротоннельстрой» темпы строительства метро в Украине значительно выросли.

Корпорация «Укрметротоннельстрой» не останавливается на достигнутом. В ее планах – добиться показателя минимум 40–50 км линий на 1 млн жителей. Это требует высоких темпов метростроения, и корпорация уве-



Станция «Метростроителей» Днепропетровского метрополитена

ренно движется к этим показателям. Если за период с 1949 г. (года начала строительства метро в г. Киеве) до 1990 г. в Украине было сооружено 67,09 км линий метрополитена, или в среднем 1,7 км в год, то с 1991 г. по сегодняшний день построено 49,832 км линий метро или 2,49 км в год, то есть темпы строительства метрополитена увеличились в 1,47 раза.

Это позволит в ближайшем будущем обеспечить жителей городов-мегаполисов Украины самым современным, комфортным и экономически чистым видом транспорта и разгрузит городские магистрали.

За годы работы корпорация «Укрметротоннельстрой» заслужила репутацию ответственного и надежного партнера, который всегда выполняет поставленные задачи на высоком профессиональном уровне, качественно и в срок.

Каждый день усилия организаций корпорации направлены на то, чтобы технические параметры метрополитена соответствовали самому высокому мировому уровню по скорости, объему пассажироперевозок, комфортности и безопасности пребывания в нем пассажиров.

В настоящее время, учитывая заявленные планы правительства Москвы о строительстве 35 станций метро за пять лет, корпорация «Укрметротоннельстрой» не остается в стороне.

Сегодня, учитывая необходимость ускорения выдачи проектной документации, ПП «ПИ Укрметротоннельстрой» участвует в разработке проектной документации по восьми станциям.

Специалисты Харьковметропроекта уже в течение 11 лет занимаются проектированием различных объектов Московского метрополитена, пешеходных переходов и тоннелей в Москве.

Строители Киевметростроя по приглашению правительства Москвы встречались в Москве для обсуждения вопросов по участию в возведении новых станций.

ЗАСЕДАНИЕ ПРЕЗИДИУМА ПРАВЛЕНИЯ ТА РОССИИ

22 декабря 2011 г. под руководством председателя правления Тоннельной ассоциации России А. Н. Левченко состоялось заседание президиума правления ТАР. На нем рассмотрены следующие вопросы:

- отчет правления Тоннельной ассоциации за 2011 г.;
- ход работ по организации Международного форума «Комплексное освоение подземного пространства мегаполисов – как одно из важнейших направлений государственного управления развитием территорий» (27–29 июня 2012 г., Санкт–Петербург);
- разработка и актуализация нормативно–технической базы по тоннелестроению и подземному строительству;
- утверждение положения о Научно–техническом экспертном совете Тоннельной ассоциации России и внесении изменений в его состав;
- о внесении изменений в условия проведения Конкурса «Инженер года Тоннельной ассоциации России»;
- прием новых организаций в члены Тоннельной ассоциации России;
- о внесении изменений в состав президиума правления Тоннельной ассоциации России.

В истекшем году Исполнительная дирекция и Научно–технический экспертный совет ТАР активно продолжали оказывать членам Тоннельной ассоциации помощь в разработке проектной документации на строительные объекты текущего и будущих периодов.

Экспертной группой ТА России за 11 месяцев 2011 г. были выполнены проектные работы по 31 договору, в том числе с разработкой:

- разделов ПОС «Промышленная безопасность» по 13 договорам;
- проектов «Противопожарной защиты» по 10 договорам;
- заключений экспертиз промышленной безопасности опасных производственных объектов по 15 договорам;
- заключений экспертизы и других документов на технические устройства, для получения разрешения Ростехнадзора на их применение в России по 3 договорам.

В частности разработаны:

- разделы «Промышленная безопасность» и подготовлены экспертные заключения на строительство тоннелей будущего Олимпийского комплекса по трассе строительства в г. Сочи Дублера Курортного проспекта (тоннели № 4, 4-а, 6, 6-а, 8, 8-а, промежуточный доступ № 1 к тоннелям № 8 и 8-а); по принятым, но измененным проектным решениям на строительство железнодорожных тоннелей на трассе Туапсе – Сочи (комплексы № 6 бис, 7 бис);

• специальные технические условия по прокладке высоковольтного кабеля 110 кВ через сервисный тоннель Рокского перевала Кавказа;

- разделы «Промышленная безопасность» и экспертные заключения на строительство: монтажных камер левого и правого перегонных тоннелей, а также притоннельных сооружений и станционных комплексов Калининской линии; наклонного эскалаторного тоннеля ст. «Марьина Роща»; Замоскворецкой линии от ст. «Красногвардейская» до «Братеево»;

• разделы «Промышленная безопасность» и экспертные заключения на расширение шоссе Энтузиастов.

Выполнены работы, которые позволили получить повторное разрешение Ростехнадзора на применение: бурового тоннелепроходческого комплекса при строительстве метрополитена в г. Казани; технических устройств для защитной герметизации входов, строящихся и действующих метрополитенов, подземных сооружений или их частей; на выпуск и применение шахтных клетей НВ-255 и НВ-300.

Научно–техническим экспертным советом ТАР в течение года проведено шесть заседаний:

- 4 марта 2011 г. состоялось совместное с Департаментом надзорной деятельности МЧС России заседание по вопросам, связанным с противопожарной защитой метрополитенов. Определен порядок применения при проектировании метрополитенов положений «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности», утвержденного Федеральным законом от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. Образована рабочая комиссия по решению оперативных вопросов проектирования;

• 23 марта 2011 г. рассмотрены вопросы несоответствия отдельных положений «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности», утвержденного Федеральным законом от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ, реально существующим условиям в действующих метрополитенах. Выработаны предложения по внесению поправок в Технической регламент, которые были направлены в Департамент надзорной деятельности МЧС России для представления в законодательные органы;

• 1 апреля 2011 г. рассмотрены Специальные технические условия на проектирование Орловского тоннеля под р. Невой в Санкт–Петербурге. Даны соответствующие рекомендации;

• 7 июня 2011 г. рассмотрен вопрос безопасной эксплуатации железнодорожного тоннеля № 5 при производстве строительного–проходческих работ по сооружению автотранспортных тоннелей № 6 и 6-а Дублера Курортного проспекта г. Сочи. Даны реко-

мендации, которые положены проектной организацией в основу дальнейших исследований;

• 6 сентября 2011 г. рассматривались вопросы разработки раздела «Промышленная безопасность, противопожарная защита» и экспертного заключения по строительству кабельного коллектора на участке магистрали 4-го транспортного кольца от шоссе Энтузиастов до Измайловского шоссе с применением щита «Бессак» с пневмопригрузом забоя диаметром 3,79 м;

• 8 ноября 2011 г. по просьбе Транзинжстроя рассмотрены вопросы, связанные с влиянием количества и места размещения эвакуационных сбоек на обеспечение пожарной безопасности при сооружении перегонных тоннелей метрополитенов.

На каждом заседании Научно–технического экспертного совета принимаются решения, направленные на повышение эффективности и безопасности строительства.

В Научно–технический экспертный совет Тоннельной ассоциации России входят ведущие специалисты научных, проектных и строительных организаций нашей страны, и состав его был утвержден в 2000 г. Вполне понятно, что с этой даты прошло достаточно большое время и сейчас имеется необходимость внести коррективы в его состав. В связи с этим на заседании президиума правления рассмотрены предложения Исполнительной дирекции ТАР по формированию нового состава Совета и внесению изменений в Положение о Совете.

Нельзя не остановиться на одном из вопросов, который очень беспокоит правление и Исполнительную дирекцию ТАР и который существенно влияет на эффективность строительства. Выполняя экспертизы проектной документации на строительство подземных сооружений, мы достаточно часто сталкиваемся с фактами, когда проектные организации при разработке проектной документации проявляют консерватизм и применяют, мягко выражаясь, старые конструкции, технологии и материалы.



Гости и участники Международной тоннельной конференции в г. Сочи, февраль 2011 г.



За примерами далеко ходить не надо:

- использование фибробетона при строительстве подземных сооружений – говорим об этом многие годы, область применения фибробетона в подземном строительстве огромная, а воз и ныне там – дальше опытных работ в небольших объемах (в основном, со стальной фиброй) мы не пошли. Для того чтобы в очередной раз привлечь внимание к этой проблеме, Тоннельная ассоциация России в ноябре 2011 г. провела заседание Научно-технического экспертного совета по данному вопросу и приняла решение выступить головной организацией в разработке необходимой для расширения объемов внедрения фибробетона нормативно-технической документации. По нашему мнению, статус этого или этих документов должен быть на уровне стандарта возможно Тоннельной ассоциации, а лучше НОСТРОЯ;

- использование стволопроходческих машин при проходке шахтных стволов – в поступающих к нам проектах нашими проектными организациями для проходки шахтных стволов до настоящего времени применяются старые традиционные методы, связанные с использованием достаточно затратных специальных технологий (водопонижение, замораживание грунтов, химическое закрепление и др.) и креплением чугунными тубингами. В то же время, тоннелестроители передовых стран давно уже отказались от этих методов и широко применяют стволопроходческие машины различного диаметра с креплением высокоточной водонепроницаемой железобетонной обделкой. В сложных гидрогеологических условиях в различных странах (Германия, Италия, Испания, Саудовская Аравия, Кувейт, Израиль) пройдено более 50 стволов общей глубиной около 2,5 км различного диаметра со средней скоростью проходки $\approx 3,5$ м/день с применением высокоточной железобетонной обделки с контуром герметизации.

В России имеются всего лишь три стволопроходческие машины (две – в Санкт-Петербурге и одна – в Москве).

Более подробная информация об этой технологии изложена в статье «Стволопро-

ходческие комплексы: перспективы внедрения в практику подземного строительства городов», помещенной в этом номере журнала.

Как известно, в настоящее время широко ведется работа по актуализации нормативно-технической документации в области строительства. Тоннельная ассоциация придает большое значение этой работе, поскольку объекты тоннелестроения и подземного строительства относятся к опасным и особо опасным объектам, требующим особого внимания с точки зрения безопасности. Мы тесно сотрудничаем с Комитетом по подземному строительству Национального объединения строителей. Следует отметить активную работу ОАО «Метрогипротранс» по актуализации СНиП 32-02-2003 «Метрополитены». Работа над этим нормативным документом уже практически завершена.

ОАО «Мосинжпроект» разработало первые редакции стандартов НОСТРОЙ «Коллекторы для инженерных коммуникаций. Требования к проектированию, строительству, контролю качества и приемке работ» и «Коллекторы и тоннели канализационные. Требования к проектированию, строительству, контролю качества и приемке работ». Эти проекты стандартов рассмотрены экспертами Тоннельной ассоциации и по их содержанию дан ряд замечаний.

Хотелось бы, чтобы эта работа продвигалась более высокими темпами. В числе первоочередной задачи мы видим необходимость разработки системы нормативных документов по проектированию, строительству и эксплуатации автодорожных и железнодорожных тоннелей, в том числе городских. Имеется также возможность в достаточно короткие сроки разработать систему нормативных документов по применению в тоннелестроении и подземном строительстве фибробетона.

Основным сдерживающим моментом в разработке этих документов является недостаточный уровень их финансирования.

О проведении научно-технических конференций, конкурсов, выставок и участия в международных мероприятиях

Как известно, большие объемы строительства тоннелей в настоящее время сосредоточены в районе г. Сочи в рамках подготовки к проведению зимних Олимпийских игр. Эти объекты находятся под пристальным вниманием МОК. Отмечая их высокий технический уровень сооружения, Международный олимпийский комитет рекомендовал Правительству России провести Международную конференцию по передаче опыта российских тоннелестроителей, проектировщиков и ученых зарубежным коллегам.

Для проведения Конференции был создан Организационный комитет, куда вошли представители России и международных организаций. Исполнительной дирекцией ТАР в тесном сотрудничестве с Организационным комитетом к середине января была сформирована программа конференции, в которой было представлено 24 доклада (12 со стороны российских и 12 со стороны зарубежных участников конференции).

Международная конференция «Российский опыт и развитие инновационных технологий при строительстве тоннельных объектов в г. Сочи» успешно проведена в установленные сроки – с 7 по 10 февраля 2011 г. В ней приняло участие 250 человек из 31 зарубежной и 62 российских организаций.

На конференции выступили ведущие специалисты строительных организаций, про-



А. Н. Левченко на открытии IV Международной выставки «INTERtunnel» в Москве



Заседание президиума МТА в г. Хельсинки, май 2011 г.

ектных и учебных институтов Москвы, Санкт-Петербурга, Казани и других регионов. Проблемы, поднятые в докладах, вызвали большой интерес участников.

Нам приятно отметить реакцию иностранных коллег на успехи российских тоннельщиков в строительстве столь масштабных объектов и огромный интерес к их опыту. Об этом свидетельствуют и поступившие к нам после конференции отзывы от МОК, МТА и ряда крупнейших фирм.

По результатам конференции Исполнительная дирекция ТАР по просьбе многих руководителей организаций-членов ТАР подготовила и выпустила красочный буклет, в который вошли доклады, представленные на Международных научно-технических конференциях в Москве и Сочи. Нашими партнерами в издании сборника выступили ОАО «Российские железные дороги», ОАО «Бамтоннельстрой» и Строительная компания «Стройтрест». Спонсорскую помощь в издании сборника оказали ОАО «Метрострой Санкт-Петербург», ОАО «Мосинжпроект», НПКЦ «Интерсигналстрой», ОАО НИПИИ

«Ленметрогипротранс», ФГУП «УС-30», ООО «Институт «Каналстройпроект», СРО НП «Объединение подземных строителей», ОАО «Минскметропроект», ОАО «ТО-44», фирмы «Херренкнехт» и «Зитрон».

16–18 марта 2011 г. в ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР» (Москва) состоялась IV Международная специализированная выставка новейших достижений в области оборудования, технологий и услуг для обеспечения проектирования, строительства и эксплуатации тоннелей «INTERtunnel». Тоннельная ассоциация была представлена на выставке стендом с информацией достижений членов ассоциации в тоннеле- и метростроении, освоении подземного пространства. В рамках деловой программы выставки прошла научно-техническая конференция. Основные темы, вошедшие в программу конференции: перспективные проекты развития транспортной инфраструктуры страны, новейшие разработки в области проектирования и строительства автодорожных и железнодорожных тоннелей.

С 21 по 27 мая 2011 г. в Хельсинки (Финляндия) прошли Международный тоннельный

конгресс и 37-я Генеральная ассамблея. Организатором мероприятия выступили Международная тоннельная ассоциация и Финская тоннельная ассоциация. На Конгрессе присутствовало 1300 участников из 48 стран. Делегация Тоннельной ассоциации России приняла участие в конгрессе в составе 70 человек. В рамках Конгресса состоялась также конференция, на которой институт «Ленметрогипротранс», совместно с ОАО «Метрострой Санкт-Петербург» представили доклад «Безосадочные технологии строительства метрополитена в Санкт-Петербурге».

В сентябре 2011 г. Тоннельная ассоциация России организовала деловую поездку по теме «Тоннельное строительство Германии и Швейцарии». В состав делегации (21 человек) вошли специалисты проектных и строительных организаций из Сочи, Москвы, Екатеринбург и других городов. Программа деловой поездки была очень насыщенной и интересной. Российские специалисты посетили обучающий центр в области строительства тоннелей Германии, строящийся железнодорожный тоннель Катценберг, испытательный центр Хагербах в Швейцарии, тоннель Кюбниц и автодорожные Гадарские тоннели. Состоялся ряд встреч с немецкими и швейцарскими тоннелестроительными фирмами.

С 11 по 17 декабря 2011 г. ТАР организовала деловую поездку по теме «Метрополитен и автомобильные тоннели в Испании. Проектирование, строительство, эксплуатация». Делегация из 16 человек состояла из специалистов УС-30, Ленметрогипротранс, Волготрансстрой и др. В программу входили презентация компании в области инженерной геологии окружающей среды, встреча с Тоннельной ассоциацией Испании и участие в конференции по теме «Опыт проектирования строительства и эксплуатации метрополитена в Испании». Посещение пересадочного узла и строящегося тоннеля для скоростных поездов в Мадриде. Посещение строящегося участка метрополитена в Барселоне, посещение строящегося железнодорожного тоннеля под историческими памятниками.

С 17 по 20 октября 2011 г. в Москве на ВВЦ состоялась V юбилейная Международная градостроительная выставка «CityBuild. Строительство городов 2011». Организатором этого мероприятия выступила группа компаний ИТЕ при поддержке Комплекса градостроительной политики и строительства города Москвы, ОМОР «Российский союз строителей», Тоннельной ассоциации России и ЗАО «Полимергаз». Выставка «CityBuild. Строительство городов» – единственное в России тематическое бизнес-мероприятие, посвященное архитектуре, строительству, реконструкции городов, строительным технологиям и материалам. На площади свыше 2100 м² были представлены экспозиции 195 предприятий и организаций из Москвы, Санкт-Петербурга, 43 регионов России и 8 зарубежных стран – Германии, Италии, Испании, Латвии, Украины, Беларуси, Франции и США. За четыре дня работы выставку посетили

около 4000 специалистов из 51 региона России и 13 иностранных государств.

Одной из самых интересных в этом году была экспозиция выставки «Подземный город», участники которой представили оборудование для строительства тоннелей, обеспечения безопасности, бестраншейные технологии, новейшие инновационные решения, применяемые при строительстве тоннелей и подземных сооружений, современные материалы, научно-исследовательские разработки в области метротоннелестроения и многое другое. В числе экспонентов были представлены: НПО «Космос», ОАО «Мосинжпроект», ОАО «Ленметрогипротранс», ГПР-1, «Каналстройпроект» и ряд известных зарубежных фирм.

В экспозиции Тоннельной ассоциации России основное внимание было уделено развитию инновационных технологий при строительстве тоннелей и освоении подземного пространства, подземным автостоянкам, сооруженным в Москве, и перспективам развития транспортной инфраструктуры.

В рамках выставки Тоннельная ассоциация России при участии Международной тоннельной ассоциации организовала и провела Международную научно-техническую конференцию «Основные направления развития инновационных технологий при строительстве тоннелей и подземных сооружений крупных мегаполисов», целью которой явилось освещение различных вопросов разработки и внедрения новейших технологий при возведении подземных сооружений в крупных городах. На конференции заслушаны 33 доклада российских и зарубежных специалистов, в ней приняли участие более 200 человек из 32 организаций.

В рамках выставки Тоннельная ассоциация России провела традиционный ежегодный конкурс «На лучшее применение передовых технологий при освоении подземного пространства», задачей которого является стимулирование организаций в деле внедрения в практику подземного строительства новых технологий, оборудования и материалов.

Компаниям, ставшим в этом году победителями, председателем правления Тоннельной ассоциации России А. Н. Левченко вручены Почетные знаки и дипломы.

О деятельности рабочих групп Тоннельной ассоциации России

В 2010 г. нами было принято решение о создании в Тоннельной ассоциации рабочих групп по основным направлениям работы ассоциации и развития технического прогресса в тоннелестроении и подземном строительстве. Нужно отметить, что в деятельности рабочих групп в 2011 г. наблюдается заметное оживление.

Члены рабочих групп приняли активное участие в работе по актуализации СНиП 32-03-2004 «Метрополитены», в разработке планов актуализации нормативно-технической документации по подземному строительству.



Торжественное открытие выставки «CityBuild. Строительство городов 2011»

Рабочая группа по инновационным технологиям, научному сопровождению проектов и работе с промышленными предприятиями (Г. Я. Штерн) приняла участие в разработке типовых конструкций станций метрополитенов, что особенно важно для обеспечения выполнения амбициозных планов развития метрополитена Москвы. Группа активно работает в направлении дальнейшего повышения уровня механизации горнопроходческих работ при сооружении метрополитенов – это и расширение объемов применения механизированной проходки наклонных эскалаторных тоннелей метрополитенов, и освоение технологии механизированной проходки шахтных стволов.

Рабочая группа по комплексному освоению подземного пространства (В. Н. Александров) проделала огромную работу, направленную на формирование нормативно-технической базы подземного строительства. Нужно особо отметить, что по инициативе этой группы в Национальном объединении строителей создан Комитет по освоению подземного пространства. Мы всячески поддерживаем также инициативу этой группы по организации в июне 2012 г. в Санкт-Петербурге Международного форума «Комплексное освоение подземного пространства мегаполисов – как одно из важнейших направлений государственного управления развитием территорий».

Рабочая группа по промышленной и экологической безопасности, строительству особо сложных, сложных и уникальных объектов (В. П. Абрамчук) в 2011 г. особое внимание уделила промышленной и экологической безопасности при сооружении Юкспорского тоннеля № 2 (г. Апатиты Мурманской области) и двух стволов Усольского калийного комбината (г. Березники), в том числе вопросам гидроизоляции этих объектов с использованием технологии напыления.

Рабочая группа по вопросам применения при проектировании и строительстве подземных сооружений новых технологий, конструкций и материалов (В. Г. Лернер) продол-

жила работу по расширению применения высокоточной сборной железобетонной отделки с полимерной футеровкой при строительстве городских подземных сооружений, в том числе канализационных каналов.

Президиум правления, заслушав и обсудив доклад о деятельности Тоннельной ассоциации России в 2011 г., признал работу ассоциации удовлетворительной.

По инициативе группы Санкт-Петербургских организаций и администрации города в июне 2012 г. в Санкт-Петербурге намечено проведение Международного форума «Комплексное освоение подземного пространства мегаполисов – как одно из важнейших направлений государственного управления развитием территорий». Президиум правления Тоннельной ассоциации России одобрил проводимую по организации Форума работу и призвал Исполнительную дирекцию ТАР и всех членов Тоннельной ассоциации активно включиться в работу по организации этого важного и чрезвычайно актуального мероприятия.

5 апреля 2011 г. конференцией Тоннельной ассоциации России было принято решение об учреждении ежегодного конкурса на звание «Инженер года Тоннельной ассоциации России». В связи с кончиной 18 ноября 2011 г. выдающегося инженера в области тоннелестроения, одного из основателей Тоннельной ассоциации России и на протяжении 20 лет руководившего работой Исполнительной дирекцией ассоциации Сергея Николаевича Власова членами Тоннельной ассоциации предложено увековечить его память и присвоить конкурсу имя С. Н. Власова. Предложение было одобрено единогласно, в связи с чем в постановление конференции об организации конкурса и в положение о его проведении внесены соответствующие изменения и дополнения.

На заседании президиума правления осуществлен прием новых членов Тоннельной ассоциации – 11 организаций, подавших в установленном порядке заявления о вступлении.



НОВЫЕ СТАНЦИИ МОСКОВСКОГО МЕТРО

2 декабря 2011 г. на южном участке Люблинско–Дмитровской линии открылись сразу три станции: «Борисово», «Шипиловская» и «Зябликово», ставшие долгожданным подарком для жителей районов Орехово–Борисово Северное и Южное, Зябликово, Братеево и Москворечье–Сабурово.

В день открытия новые станции Московского метро осмотрел мэр города Сергей Собянин, после чего начальник метрополитена Иван Беседин дал приказ открыть движение на участке от «Марьино» до «Зябликово».

При разработке южного участка Люблинско–Дмитровской линии впервые за много лет был применён общий подход к проектированию сразу всего участка, что создает единый архитектурный ансамбль. Станции сооружались с учетом потребностей маломобильных групп пассажиров: рифленые полосы перед эскалатором и лестничными спусками, светодиодные линии подсветки, двухуровневые перила и подъёмные лифты – всё это позволяет создать благоприятные условия для перемещения людей с ограниченными возможностями.

Три станции продления Люблинско–Дмитровской линии «Борисово», «Шипиловская» и «Зябликово» составляют архитектурный ансамбль с единым принципиальным решением свода, с едиными элементами дизайна, с общей цветовой гаммой. Малые архитектурные формы, расположенные на поверхности земли (вентиляционные киоски, павильоны междуэтажных подъемников, павильоны над лестничными сходами), также выполнены в едином стиле.

Основой архитектурного облика всех трех станций является пластически решенный железобетонный оштукатуренный свод. Пластический рисунок дают ему встроенные в его конструкцию световые ниши.

На ст. «Борисово» на своде располагаются два ряда ниш в форме усеченного конуса.

На ст. «Шипиловская» ниши имеют форму усеченных пирамид с треугольным основанием.

Ниши на ст. «Зябликово» представляют собой прямоугольные промежутки между несущими арками, составляющими свод.

На станциях «Борисово» и «Зябликово» вдоль их сводов проходят эксплуатационные галереи для обслуживания светильников, установленных в нишах, а на ст. «Шипиловская», в связи с ее конструктивными особенностями, – с платформы.

На ст. «Зябликово» предусмотрена посадка на ст. «Красногвардейская» Замоскворецкой линии. В связи с этим в средней части станции свод поднят на 2,8 м для организации движения пассажиров по балконам над путями. Лестницы, соединяющие балкон с платформой, располагаются по краям повышенной части станции.

Цветовая гамма всех станций основана на сочетании черных, серых и белых тонов натурального камня отделки с цветовыми

акцентами архитектурных элементов пространства, таких как путевые и торцевые стены, детали светильников, скамей, ограждений лестниц и балконов. Цвет деталей изменяется от станции к станции.

Путевые стены облицованы трехслойными алюминиевыми панелями с сотовым заполнением.

Панели окрашены на ст. «Борисово» в цвет темной меди, на «Шипиловской» – старой бронзы, на «Зябликово» – патинированной меди. Цвет архитектурных деталей каждой станции соответствует цвету путевых стен. Для защиты от шума в нижней их части в непосредственной близости от источника шума в метрополитене – колесных пар – смонтированы панели из перфорированных листов алюминия с шумоглушащим.

На всех платформах установлены скамьи для пассажиров, совмещенные с информационными блоками на светопрозрачных щитах, не загромождающих пространство станции. У начала и конца платформы размещаются шахты дымоудаления, совмещенные с пассажирскими скамьями. В случае пожара работа этих шахт создает условия для безопасной эвакуации пассажиров.

Система информации состоит из специальных блоков, также совмещенных с пассажирскими скамьями, указателей на светопрозрачных щитах и маршрутных схем линии, расположенных на путевых стенах, где также размещены надписи наименования станции со светодиодной подсветкой.

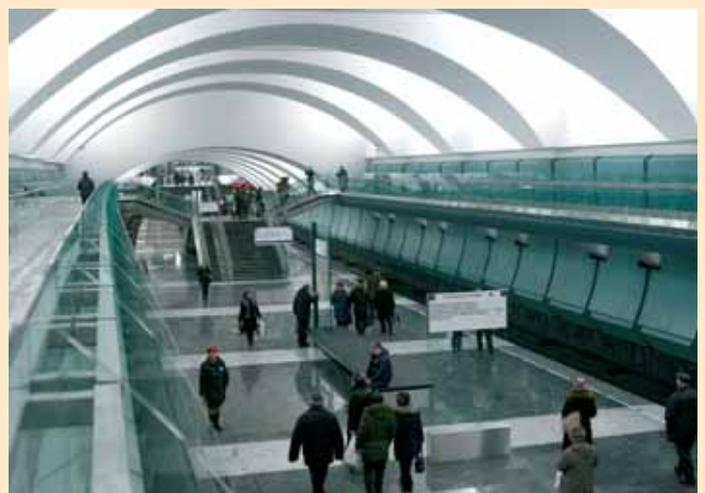
Каждая станция имеет по два подземных вестибюля, связанных с платформенным участком наклонными ходами с трехленточными эскалаторами или пассажирскими лестницами. Вестибюль метрополитена представляет собой комплекс помещений, предназначенных для об-



Платформенный участок ст. «Борисово»



Станция «Шипиловская»



Станция «Зябликово». В центре зала переход на ст. «Красногвардейская»

служивания пассажиров, размещения технологического оборудования и обслуживающего персонала.

Для поддержания комфортных условий в помещениях подземных вестибюлей в холодное время года входы в павильоны и кассовые залы оборудованы дверями типа метро с тамбурами, с устройствами тепловой завесы. Служебные помещения выделены в отдельную группу с независимыми системами поддержания микроклимата и отделены тамбурами от холодной зоны.

Для отделки пассажирских помещений применяются долго-

вечные декоративные материалы, такие как гранит, мрамор, нержавеющая сталь, алюминий, стекло. Стены и полы кассовых залов и пешеходных переходов облицованы мрамором и гранитом. В кассовых и распределительных залах вестибюлей смонтированы подвесные декоративные потолки, за которыми размещается технологическое оборудование, выполненные из негорючих алюминиевых элементов по стальному каркасу, окрашенному огнестойкой краской. Светильники встраиваются в подвесные потолки. Отделка служебных помещений произведе-

на в соответствии с санитарными нормами и технологическим назначением. Кассовые блоки вестибюлей, помещения охраны кассовых блоков, входы на междуэтажные подъемники располагаются в зоне пешеходных переходов, что позволяет расширить пространство влияния метрополитена, глубже связать его с городской средой и дать дополнительные удобства пассажирам.

Все пути движения пассажиров выполнены с учетом потребностей представителей маломобильных групп населения. Переходы оборудованы междуэтажными подъемниками с возмож-

ностью транспортировки пассажиров с ограниченными возможностями передвижения. Лестничные сходы вместе с вентиляционными киосками и павильонами лифтовых подъемников составляют единый архитектурный комплекс.

Авторский коллектив станций: архитекторы – Н. И. Шумаков, руководитель авторского коллектива; В. С. Волович, главный архитектор; О. Ю. Фарстова, Е. Ю. Мирошкина, Д. Ю. Хохлов, И. Г. Юмагулов; главный инженер проекта – П. В. Морозов; конструкторы – Э. И. Ханукова, Е. В. Шаюнова, И. А. Васильева.



65-я СТАНЦИЯ ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

Е. И. Гигиняк, начальник пресс-службы ОАО «Метрострой»

28 декабря 2011 г. в присутствии вице-преьера РФ Дмитрия Козака, губернатора Санкт-Петербурга Георгия Полтавченко и других официальных лиц была торжественно открыта 65-я станция метрополитена – «Адмиралтейская».

Еще в 60-х годах прошлого века было понятно, что в центре Санкт-Петербурга, в самой непосредственной близости от всемирноизвестных достопримечательностей (Эрмитаж, Адмиралтейство, Исаакиевский собор) должна появиться станция метро. Ее облик должен был вторить архитектурным традициям Северной столицы, не уступая по красоте и великолепию своим собратьям на поверхности. Идея эта ни в те времена, ни сегодня не вызвала сомнений. Однако от идеи до воплощения, как оказалось, предстоял долгий и тернистый путь.

История строительства станции началась в 1994 г. Параллельно с ней возводились еще три станции Правобережной линии: «Садовая», «Спортивная» и «Чкаловская». Но именно «Адмиралтейской» выпала доля стать самой глубокой станцией во всем, тогда еще Ленинградском, метрополитене. Такие условия диктовала геология: именно в этом месте на глубине более 90 м были удобные для проходки сухие и плотные кембрийские глины. А на поверхности – жилой район, где каждый дом – носитель уникальной исторической памяти, свидетель Октябрьской революции, Великой Отечественной войны и других исторических событий и личностей.

Проектировщики и метростроители прекрасно понимали, что вести работы в таких условиях надо с высочайшей степенью безопасности. Поэтому для про-

ходки центрального зала подземного вестибюля разработали и применили безопасную технологию опережающего крепления с фиброглассовыми анкерами. А пока проходчики реализовывали беспрецедентный на тот момент инженерный проект по сооружению подземного вестибюля, мэр города Анатолий Собчак подписал Распоряжение «О строительстве вестибюльного комплекса

станции метрополитена «Адмиралтейская» от 04.04.1994 г. Этим документом для возведения вестибюля предполагалось полностью расселить три и частично еще столько же домов по Малой Морской улице и Кирпичному переулку. Уже тогда все понимали, что это огромная жертва, но оправданная. Все три года, пока шло сооружение перегонных тоннелей и подземного вестибюля, власти города безуспешно пытались продвинуться в вопросе освобождения территории под строительство наземного вестибюля. Но острый финансовый кризис того времени так и не позволил это сделать. В результате в 1997 г. поезда начали следовать по Правобережной линии, минуя «Адмиралтейскую» без остановки.



Торжественное открытие новой станции

Подземный вестибюль, сооруженный в основных конструкциях, в котором осталось только выполнить облицовку, остался невостребованным. Метрополитен на протяжении 14 лет эксплуатировал станцию «Адмиралтейская» впустую, а жители и гости города по-прежнему вынуждены были добираться до Дворцовой площади пешком или наземным транспортом от Невского проспекта и Гостиного Двора. В народе к слову станция появилась приставка «призрак». Ввод станции в эксплуатацию без выхода на поверхность и раньше практиковался метростроем и метрополитеном Петербурга, но в этих случаях сроки сдачи наклонных ходов не превышали полгода.

Тем не менее, проект строительства наклонного хода ст. «Адмиралтейская» продолжал существовать. Проектный институт «Ленметрогипротранс», Метрострой и городские власти начали совместные поиски оптимального решения. Расселение большого количества домов, которое требовалось для возведения вестибюля, встало под сомнение. Были рассмотрены варианты лифтового исполнения (большой минус – низкая пропускная способность), переноса вестибюля в Александровский сад (минус – нарушение исторического ландшафта) и др. Однако в процессе обсуждения, взвешивания всех «за» и «против» стало понятно, что первоначальный вариант с размещением вестибюля на углу Кирпичного пе-

реулка и Малой Морской улицы является самым щадящим и оптимальным.

К вопросу о сооружении наклонного хода и вестибюля ст. «Адмиралтейская» вернулись в 2007 г. За годы «простоя» технологии подземного строительства ушли далеко вперед, появился передовой опыт зарубежных коллег, который Метрострой предложил использовать в Петербурге. 20 июня 2007 г. в торжественной обстановке был подписан контракт на изготовление тоннелепроходческого механизированного комплекса (ТПМК) с немецкой фирмой Herrenknecht AG. Предполагалось, что один из тоннелей наклонного хода станции (всего их два: длиной 120 и 25 м соответственно) будет построен с помощью этого оборудования, обеспечив безосадочную проходку. Ранее эскалаторные тоннели сооружались с применением замораживания, в результате которого возникали сильные подвижки грунта на протяжении проходческих работ и в течение 1–2 лет после их окончания (время оттаивания грунта). Осадки при этом достигали 400–450 мм, что не позволяло вести работы в условиях плотной городской застройки.

Учитывая, что допустимые нормы осадок дневной поверхности при использовании ТПМК не превышали 25 мм, было принято решение о сносе только одного дома № 1/4 по Кирпичному переулку. Таким образом, удалось избежать массового расселения, которое могло бы отложить работы еще на несколько лет. Площадка, выделенная для строительства, мало того, что располагалась в очень плотной городской застройке и по площади была в несколько раз меньше, чем того требовалось, но и накладывала определенные трудности, связанные с логистикой. Так, например, крупногабаритные детали ТПМК доставлялись на площадку в ночное время, а грузовики в ожидании сигнала к погрузке грунта и разгрузке необходимых материалов и оборудования отставались в районе Исаакиевской площади.

Так получилось, что заказанный специально под сооружение наклонного хода станции «Адмиралтейская» ТПМК был испытан на другом объекте – станции «Обводный канал» (сдана в эксплуатацию 30.12.2011 г.). Причина та же – за-



Средний зал ст. «Адмиралтейская»

тянувшийся процесс расселения дома и высвобождение территории под возведение вестибюля «Адмиралтейской». Чтобы не терять время, а заодно и испытать новое оборудование в более удобных для этого условиях, в 2009 г. ТПМК за два месяца прошел 100-метровый наклонный ход «Обводного канала», подтвердив правильность выбора технологии и типа оборудования. Полученный опыт позволил метростроителям отработать весь процесс (от доставки и монтажа оборудования до подготовки тоннеля к установке эскалаторов) и устранить мелкие недостатки, сопутствующие любому нововведению.

Споры о том, насколько оправдано было строительство вестибюля за счет исчезновения одного из исторических зданий в Петербурге, вероятно, будут вестись еще ни один год. Однако уже сейчас понятно, что с появлением «Адмиралтейской» значительно разгрузились соседние станции «Невский проспект» и «Гостинный Двор», оправдались финансовые вложения города и трудовые затраты метростроителей, и в Петербурге появилась еще одна достопримечательность, вызывающая гордость и восхищение жителей и гостей нашего прекрасного города.

Характеристики станции:

- колонного типа глубокого заложения;
- высота подъема малого эскалатора – 15,2 м;

- высота подъема большого эскалатора – 68,6 м;
- длина платформы – 162 м;
- длина переходного коридора – 110 м.

При проходке большого наклонного хода была применена самая современная тоннелепроходческая техника – механизированный щит Herrenknecht диаметром 10,4 м с активным пригрузом забоя. За счет использования пригруза давление внутри забойной зоны регулировалось с тем, чтобы создать давление, соответствующее давлению массива.

Решение, принятое в 2007 г. властями, проектировщиками, компанией «Метрострой» и разработчиком щита «Аврора» компанией Herrenknecht, было очень смелым. В мире на тот момент не было опыта проходки тоннелей под углом 30 градусов с помощью ТПМК. При этом половину трассы предстояло пройти сквозь сильно обводненный грунт.

«Чтобы получить здесь подробную геологию, пришлось бы бурить скважины через каждые 10 м, что невозможно в условиях плотной застройки, – поясняет Алексей Валентинович Уханов, главный инженер ЗАО «СМУ-11 Метрострой», осуществившего проходку. – Фирма Herrenknecht предложила решать эту проблему, сконструировав специальный щит. К тому же у нас появилась возможность наблюдать за движением ТПМК через датчики, ус-

тановленные в скважинах, пробуренных вдоль оси проходки. Таких скважин у нас на объекте было четыре, и аппаратура позволяла выявлять осадки на самой первой стадии, обнаруживая малейшее разуплотнение грунта. Поэтому меры по нагнетанию грунта в такие зоны для компенсации разуплотнений принимались на «Адмиралтейской» практически мгновенно».

«Щит «Аврора» был разработан и приобретен нами специально для «Адмиралтейской», – говорит главный инженер ОАО «Метрострой» Алексей Старков. – Но предварительно мы отработали технологию на строительстве наклонного хода станции «Обводный канал» – хотелось полной уверенности в том, что мы все делаем правильно. Проанализировав опыт проходки на «Обводном», мы осуществили дополнительные мероприятия по закреплению призабойной зоны во время вывода щита из монтажной камеры и заполнению зазора между обделкой тоннеля и грунтом, в частности, ввели систему дополнительного нагнетания, что позволило практически исключить возникновение пустот за обделкой. Мониторинг обеспечивала группа инженеров, специально созданная для работы на объекте. Все данные говорят о том, что нами отработана практически безосадочная технология».



www.undergroundcity-forum.com

27-29 июня 2012 года, г. Санкт-Петербург



МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ КОМПЛЕКСНОЕ ОСВОЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА МЕГАПОЛИСОВ -



как одно из важнейших направлений
государственного управления развитием
территорий

При поддержке:



Организаторы:



Тел./факс: +7(812)325-05-64, 325-05-65 e-mail: info@undergroundcity-forum.com

ПЕРВАЯ ЛИНИЯ ЕКАТЕРИНБУРГСКОГО МЕТРО ПОСТРОЕНА

Ю. И. Дозорец, директор ООО «Метрострой-ПТС»

А. В. Медведев, главный технолог

28 ноября 2011 г. метростроители сделали, наверное, самый долгожданный подарок жителям Екатеринбурга – завершилось строительство первой линии метрополитена, которое продолжалось 30 лет.

Важность и весомость пуска двух станций заключается в том, что ст. «Чкаловская» возведена у южного автовокзала, который теперь связан одной линией с железнодорожным вокзалом, северным автовокзалом и центром города.

Станция «Ботаническая», расположенная в спальном районе с населением 80 тыс. человек, существенно облегчила жителям микрорайона транспортные проблемы.

Сооружение односводчатой станции «Чкаловская» велось подземным способом силами ООО «Метрострой-ПТС» на глубине свыше 30 м. Это вторая станция (после «Геологической») на I линии, возведенная с применением Новоавстрийской технологии.

Архитектурное оформление станции «Чкаловская» посвящено героическому беспосадочному перелету экипажа российских летчиков – В. П. Чкалова, Г. Ф. Байдукова, А. В. Белякова – из России в Америку через Северный полюс. Основу композиционного решения составляет динамичный и легкий силуэт крыла – потолка станции. Стремительные яркие световые прорезы-кессоны, сочетание направленного и отраженного освещения, контрастная цветная подсветка надписей и номеров на путевых стенах и крыльях потолка создают ощущение продолжительного непрерывного полета. Развитие темы авиации поддерживают «посадочные огни», расположенные вдоль края платформ и извещающие пассажиров о прибытии метropоезда динамичным бегущим включением. На торцевой стене беспроемного участка расположена «приборная панель» с часами географических поясов (Москва, Архангельск, Ванкувер, Вашингтон).

Отделка путевой стены и водоотводящего зонта выполнена в едином модуле с раскладкой потолка и напоминает отливку фюзеляжа самолета. Иллюмина-



Ст. «Ботаническая» Екатеринбургского метрополитена



Ст. «Чкаловская» Екатеринбургского метрополитена

торы в нижней части путевой стены могут быть использованы для размещения рекламы.

Станция «Ботаническая» – мелкого заложения, колонного типа с шагом колонн на платформе 7,4 м в продольном направлении и 6 м – в поперечном. Архитектурно-художественное решение станции является попыткой найти пластическое выражение – основу всей биологической жизни на земле – растительной клетки. В качестве аналога взят модуль сотовой ячей-

ки пчелиного улья, как один из наиболее ярких примеров организации многомерного пространственного биологического каркаса в живой природе. Сотовая структура потолка платформенного участка станции позволяет создать комфортное, хорошо освещенное пространство пассажирского зала. Скрытые в глубине сот светильники не утомляют глаз пассажиров, не мешают машинисту, и в то же время создают мощный световой поток, направ-

ный в зону передвижения посетителей метрополитена. Облицовка колонн выполнена из полированной листовой нержавеющей стали с декоративным травленным рисунком. Пол платформы выложен светлым полированным гранитом.

На церемонии открытия присутствовали Президент России Д. А. Медведев, губернатор Свердловской области А. С. Мишарин, представители городских властей, а также многочисленные горожане.



26 февраля 2012 г. исполняется 50 лет трудовой деятельности в городе Москве генерального директора открытого акционерного общества «СУПР» Азата Габбасовича Валиева.

Азат Габбасович обладает большим опытом, высоким профессионализмом, способностью решать крупные задачи в области подземного строительства. Вся его трудовая деятельность неразрывно связана со строительным комплексом г. Москвы. Он прошел путь от проходчика на подземных работах до генерального директора ОАО «СУПР» и проявил себя как несгибаемый, целеустремленный, требовательный и справедливый руководитель.

При его непосредственном участии построены тоннели коммунального назначения, подземные и пешеходные переходы, гаражи, более 70 км магистралей тепло- и водоснабжения, водостоков и канализационных сетей.

За последние годы под руководством А. Г. Валиева ОАО «СУПР» выполнены большие объемы работ на городских объектах. Перечень всего созданного достойно дополняет облик нашей столицы – Москвы!

За заслуги в строительстве Азат Габбасович награжден медалями «Ветеран труда», «В память 850-летия Москвы», «Патриот России», правительственными наградами «Заслуженный строитель Россий-

ской Федерации» и «Заслуженный строитель республики Татарстан», ему присвоены звания «Почетный строитель Главмосинжстроя», «Почетный строитель города Москвы», он имеет золотой знак «Горняк России», знак-орден «Меценат».

Многолетние творческие контакты и сотрудничество связывают Азата Габбасовича с Тоннельной ассоциацией России.

Уважаемый Азат Габбасович! Президиум правления, Исполнительная дирекция ТАР и коллектив ОАО «СУПР» сердечно поздравляют Вас со столь редкой и значимой датой и желают крепкого здоровья, счастья, благополучия и дальнейших успехов в трудовой и творческой деятельности во благо Москвы и москвичей!



27 января 2012 г. доктору технических наук, профессору Чурадзе Тамазу Константиновичу исполнилось 70 лет.

После окончания в 1958 г. средней школы г. Боржоми он начал работать техником на строительстве Дворца спорта в г. Тбилиси и одновременно поступил в Тбилисский институт инженеров железнодорожного транспорта.

С 1962 по 1970 г. трудился в системе Министерства Энергетики и электрификации СССР: в тресте Грузгидроэнергострой, Тбилиском филиале института «Оргэнергострой» и ТНИСГЭИ. Под его руководством и при личном участии разработаны проекты подземных объектов Ингурской, Жинвалской и Асуанской (Египет) ГЭС. Опыт практической работы этих лет он обобщил в своей кандидатской и докторской диссертациях, а впоследствии в монографии «Геомеханические аспекты использования Новоавстрийского метода сооружения тоннелей NATM».

В 1974 г., после успешной учебы в аспирантуре Грузинского политехнического института, была защищена кандидатская диссертация под руководством профессоров Ю. А. Лиманова и А. П. Даушвили, и он утверждается в звании доцента кафедры тоннелей и метрополитенов.

В 1982–1986 гг. читал лекции в Аннабинском университете (Алжир) на кафедре разработки месторождений полезных ископаемых.

С 1986 г. по настоящее время жизнь Т. К. Чурадзе тесно связана с коллективом Грузинского технического университета, где он продолжил работу в качестве доцента кафедры мостов и тоннелей и декана транспортного факультета.

В 1995 г. он защитил докторскую диссертацию на тему «Управление проявлением горного давления и обоснование технологических параметров проходки подземных выработок в глинистых породах» и избирается профессором кафедры. С 2001 г. по настоящее время он является заведующим кафедрой мостов и тоннелей Грузинского технического университета.

Им опубликовано более 150 работ, включая два учебника для вузов, пять учебных пособий, брошюр по вопросам проектирования и строительства транспортных тоннелей в сложных инженерно-геологических условиях.

Профессор Т. К. Чурадзе успешно трудится в области подготовки высококвалифицированных кадров. Им подготовлены 14 кандидатов наук и 17 магистров, воспитана плеяда научных работников и инженерных кадров. Возвращенное им поколение тоннельщиков ведет плодотворную творческую и инженерную деятельность в Грузии и за рубежом.

Исследования, выполненные Т. К. Чурадзе, как, впрочем, и вся его научная деятельность, имеют ярко выраженную практическую направленность. Это – разработка методов расчета конструкций подземных объектов с учетом технологии их сооружения.

Под руководством и при непосредственном участии Т. К. Чурадзе в 2007–2010 гг. были разработаны проекты строительства пяти тоннелей на обходной железнодорожной линии г. Тбилиси, концептуальный проект девяти тоннелей на магистральной линии Батуми – Тбилиси, в том числе одного длиной 8500 м, и модернизации Сурамского железнодорожного тоннеля.

Т. К. Чурадзе является президентом основанной по его инициативе Ассоциации дорог, мостов и тоннелей Грузии, председателем редакционного совета и главным редактором научно-технического и информационно-аналитического отраслевого журнала «Транспорт», членом научно-технического Совета департамента автомобильных дорог Министерства регионального развития и инфраструктуры Грузии, был заместителем председателя диссертационного Совета – «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей» при Совете научных экспертов Грузии, членом академического Совета Грузинского технического университета.



ДАРНАГЮЛЬ – НОВАЯ СТАНЦИЯ БАКИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

Ш. К. Эфендиев, председатель ОА О «Азертоннельметрострой»

А. М. Алиев, главный инженер «Бакметропроекта»

Бурное развитие строительной индустрии в Азербайджане (возведение новых жилых массивов, строительство скоростных дорог, мостов, путепроводов) катализировало процесс развития общественного транспорта в целом и метро в частности, как одного из доступных и удобных видов транспорта. Согласно плану развития Бакинского метрополитена 29 июня 2011 г. была введена 23-я по счету станция «Дарнагюль».

Благоприятное эстетическое ее восприятие достигнуто за счет конструктивного решения в виде безопрорной однопролетной арки, что легло в основу принципиально нового подхода в решении дизайна интерьера станции, а также организации единого пространства за счет применения крупномасштабного орнамента и элементов национального декора. Поскольку в основу объемно-планировочного решения положен принцип «перетекания» одного пространства в другое, выбранное направление архитектурного оформления платформы нашло свое логическое отражение в вестибюлях и переходах станции. В орнаментах, которыми украшены платформы и стены, в основу положены элементы азербайджанской архитектуры. Отличительной особенностью является удачный синтез современных форм, технологий с элементами национального декора в виде бута – узора, символизирующего изображения огня.

Узоры и рисунки с мотивами бута, использованные в орнаментах станции, удачно сочетаются и гармонируют с современным дизайном в целом. Особую выразительность и элегантность станции придает установленная по центральной части свода зала осветительная система, собранная из пластичных по форме светящихся элементов. Такой подход в решении интерьера, в отличие от традиционных люстр, позволил сохранить «воздушность» и единство пространства платформы. С целью упорядочения потока движения пассажиров в вестибюлях установлены декоративные ограждающие элементы из нержавеющей ме-



талла, инкрустированного элементами декора интерьера станции. «Дарнагюль» по декоративному оформлению и информационно-техническому оснащению является одной из лучших станций Бакинского метрополитена. Установленный сенсорный интерактивный справочный киоск позволит пассажирам получить подробную информацию о времени, которое предстоит затратить на проезд, о переходах, объектах, расположенных вокруг станции назначения. Впервые внедрена система SOS, созданная с целью информирования диспетчера об экстремальной ситуации. Над всеми входами в метро установлены информационные мониторы со светодиодными экранами, где можно получить нужную информацию о функциях данной станции.

«Дарнагюль» расположена в восточной части 7-го микрорайона, вблизи главной железнодорожной магистрали и является частью линии мелкого заложения, продлеваемой к действующей станции метро «Азизбеков».

Компоновочное решение элементов станционного комплекса принято исходя из целесообразности максимального приближения вестибюля № 1 к железной дороге с целью удобного обслуживания пассажиров, находящихся за железнодорожной магистралью. С этой целью совмещенная тяговопонижительная подстанция (СТП) сооружена

как отдельное наземное трехэтажное здание с размерами в плане 12×30 м вместо «классической» СТП длиной 60 м.

В конструктивном отношении станция является сборно-моноклитной, построенной в котловане со свайным креплением. Ввиду того, что станция является временно конечной, перед ней предусмотрен оборотный съезд. Конструкция его также сборно-моноклитная с использованием жесткой арматуры – двуглавых балок № 18 для крепления сборно-разборной металлической опалубки. Вестибюль № 2 так же сборно-моноклитный и оборудован тремя эскалаторами с высотой подъема 7 м. Платформенный участок сооружен в виде односводчатой конструкции из монолитного железобетона с помощью металлической тележки-опалубки, которая была изготовлена на местном заводе по чертежам Метрогипротранса. Длина платформенного участка 102 м, ширина 10 м, высота от уровня пола до низа свода 6,75 м.

Вестибюль № 1 в конструктивном решении является «традиционным» – сборно-моноклитной конструкции с высотой лестничного марша 3,24 м. В его отделке были использованы гранит, мрамор и другие материалы из Индии, Турции и России.

Подземные пешеходные переходы, примыкающие к вестибюлю, пересекают железную дорогу под прямым углом и имеют зна-

чительную длину. С целью облегчения движения пассажиров один из них, длиной свыше 100 м, будет снабжен пассажирским конвейером (траволатором).

Участки подземных переходов протяженностью около 50 м, расположенные под железнодорожной магистралью, имеют круглую конструкцию из чугунных тубингов диаметром 5,49 м, и сооружаются под прикрытием опережающего металлического экрана из труб диаметром 168 мм.

Таким же методом будут пройдены и участки перегонных тоннелей под железной дорогой.

Расчеты прочности трубчатого экрана и несущей способности обделки выполнены НИЦ «Тоннели и метрополитены» ЦНИИС. Над лестничным сходом № 1, примыкающим к вестибюлю № 1, возведен надземный павильон, предназначенный для ночного отдыха бригад машинистов.

Распоряжением Президента Азербайджанской Республики И. Алиевым от 18 марта 2011 г. № 1408 был утвержден Концептуальный план развития линий Бакинского метрополитена до 2030 г., где количество станций будет достигнуто до 76.

В ближайшие пять лет предусмотрено сдать в эксплуатацию шесть станций и два электродепо, где уже идут строительные работы. По всем другим направлениям развития линий метрополитена проводятся геологические изыскания.



ПУСК 50-й СТАНЦИИ КИЕВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

А. К. Охотников, директор Киевской дирекции строящегося метрополитена

В соответствии с проектом участок Курневско-Красноармейской линии строительной длиной 1,41 км в двухпутном измерении со станцией «Выставочный центр» планировалось соорудить за 20 месяцев, освоив при этом более 115 млн долларов США. Поручение Президента Украины предусматривало ввод в эксплуатацию этого участка в 2012 г. Но заказчик строительства – КП «Киевский метрополитен», генеральный подрядчик – ПАО «Киевметрострой» и проектировщик – ГП «ПИ Укрметротоннельпроект» взяли на себя повышенные обязательства – сдать в эксплуатацию объект в 2011 г. Для этого была проведена большая работа по внедрению новых методов и технологий, изменению принципиальных схем работы конструкций и самих конструкций, что дало возможность выполнить это задание.

Чтобы не быть голословным, приведу некоторые примеры:

- применение тоннелепроходческих механизированных комплексов Wirth и Herrenknecht позволило отказаться от сооружения тоннелей открытым способом. В результате тоннели были пройдены в максимально сжатые сроки, сохранено преимущественное количество зеленых насаждений, магистральных инженерных сетей и коммуникаций, удалось избежать перекрытия проезжей части одной из основных транспортных артерий южной части города – улицы Васильковской и создания неудобств для жителей Голосеевского района и гостей столицы;

- ограждение котлованов выполнено с применением миланского способа «стена в грунте», что значительно сокращает расходы металла на устройство свай и их удаление, существенно улучшает работу конструкций, благодаря перераспределению и уменьшению нагрузок от грунтового массива, которые принимают на себя конструкции «стены». Этот способ также дал возможность пересмотреть армирование конструкций;

- размещение камеры съезда перед станцией. Сразу необходимо отметить, что такая схема

применена впервые в практике метроостроения, как минимум, на территории стран СНГ. Это дало возможность пересмотреть границы пускового комплекса и, как следствие, уменьшить стоимость строительства. И это еще без учета других преимуществ этого новшества, за этим стоит кропотливая работа и инженерный поиск;

- гидроизоляция перегонных тоннелей выполнена с использованием резиновых уплотнителей по периметру элементов обделки;

- коллективы метростроя и метрополитена ведут постоянный поиск конструкций верхнего строения пути по уменьшению шума и вибрации от движения поездов. Так, после анализа показателей шума и вибрации на экспериментальном участке первой очереди строительства, внедрена та же конструкция рельсовых блочных опор системы EBS на 759 метрах правого и левого тоннелей (в конструкции опор использована полиуретановая смола Corkelast). Такая конструкция снижает уровень вибрационного влияния на 16–18 дБ;

- впервые на объектах Киевского метрополитена применен материал ПВХ-мембрана MULTIPLAN, который имеет высокие гидроизоляционные и технологические особенности, что, в свою очередь, существенно увеличивает надежность, герметичность и долговечность при значительном упрощении процессов устройства гидроизоляции, что привело к снижению затрат, сроков строительства и его стоимости.

И это только малая часть мероприятий, которые внедрены при строительстве станции «Выставочный центр» при сохранении всех требований к объектам метростроения по большинству параметров и улучшению показателей.

На станции «Выставочный центр» установлено три эскала-



тора отечественного производства – Кременчугского концерна «Вагонзавод», который имеет ряд преимуществ перед российскими и европейскими аналогами.

С целью выполнения государственной программы «Беспрепятственное пространство» для пассажиров с ограниченными возможностями установлено два специальных лифта производства «Отис», звуковые информаторы направления движения, рельефные ограничители на платформе станции и контрастная покраска первой и последней ступеньки лестниц.

Тягово-понижительная подстанция метрополитена укомплектована трансформаторами типа «Резиблок» фирмы «АББ», которые не утрачивают работоспособности при 100% влажности воздуха, современными выпрямителями и комплектными распределительными устройствами отечественного производства с применением микропроцессорной техники.

На пусковом участке применена микропроцессорная система автоматического управления движением поездов вместо громоздкой релейно-контактной аппаратуры, что повысило надежность эксплуатации метрополитена и значительно снизило эксплуатационные расходы, улучшило условия работы обслуживающего персонала станции.

Надежность, защищенность и качество радиосвязи в поездах значительно увеличились с применением специальных радио-

излучающих кабелей с широкополосными частотными характеристиками, а административно-хозяйственных и диспетчерских связей – при использовании волоконно-оптических кабелей. Это позволило одновременно создать в метрополитене служебные, коммерческие и другие каналы связи.

С целью повышения защищенности вероятности поражения пассажиров и персонала метрополитена продуктами горения в случае пожара, все кабели изготовлены из галогенных материалов, с низким уровнем дымовыделения типа «нгд» или LS, а для отдельных систем безопасности – негорючие с пределом огнестойкости соответственно 15, 30, 60 и 90 мин.

Впервые для освещения станционного комплекса применены светильники только отечественного производства, что снизило стоимость и сроки монтажных работ при сохранении надежности эксплуатации.

Введение в эксплуатацию этого участка значительно улучшило транспортное обслуживание, решило ряд социальных вопросов, создало 120 рабочих мест и даст возможность в 2012 г. осуществить пуск еще двух новых станций Киевского метрополитена – «Ипподром» и «Теремки». В результате появится современный пересадочный узел в районе Одесской площади, и откроются «южные ворота» города для жителей жилого массива Теремки и гостей столицы.



МЕТРО МОСКВЫ. ПРОРЫВ НА ЮГ

С. Г. Елгаев, д-р техн. наук, лауреат Государственной премии, генеральный директор ОАО «Трансинжстрой»



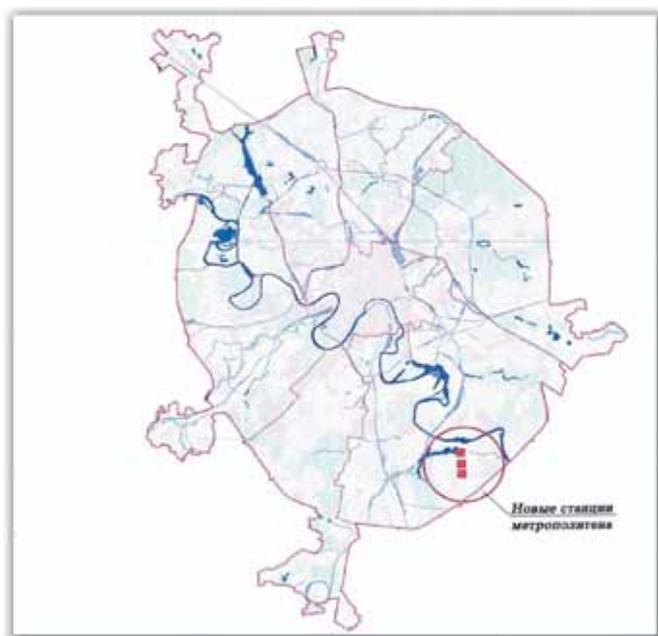
Открытое акционерное общество «Трансинжстрой» закончило строительство участка Люблинско–Дмитровской линии метрополитена от действующей станции «Марьино» до «Зябликово» протяженностью 4,3 км. 2 декабря 2011 г. открыты сразу все три станции этого участка: «Борисово», «Шипиловская» и «Зябликово», которые существенно улучшат транспортное обслуживание населения периферийных районов Орехово–Борисово Северное и Южное, Зябликово, Братеево и Москворечье–Сабурово, обеспечат скоростную транспортную связь между южными и юго–восточными районами и центром города. В этих районах проживает около полумиллиона москвичей. Новые станции – первые ласточки масштабной городской программы развития столичного метрополитена. У станции «Зябликово» в 2012 г. начнется строительство крупного транспортного терминала, включающего 2,5 тыс. парковочных мест и автовокзал.

Трансинжстрой приступил к сооружению участка в 2008 г., исполняя функции генерального подрядчика, и закончил в 2011 г. на месяц раньше установленного срока. Начатые другой строительной фирмой за 15 лет до этого работы были заморожены из-за отсутствия финансирования. Готовыми в тот период выработками воспользоваться, в основном, не удалось. Начинать все пришлось практически с нуля. К работам были привлечены многие субподрядные строительные и монтажные организации – СМУ-3 Метростроя, Тоннельный отряд № 6 Мосметростроя, СМУ-4 Метростроя, СМУ-8 Метростроя, СМУ Ингеоком; ЗАО «УСР Мосметростроя», ЗАО «Метроинжреконструкция», ЗАО «Мир», ЗАО «ЦЭМ».

Проектную и рабочую документацию разработало Бюро комплексного проектирования ОАО «Трансинжстрой» и ОАО «Метрогипротранс» как головная организация с привлечением более десяти субподрядных организаций, в том числе ООО «Метро-стиль 2000», «Инжстройпроект», ОАО

«Харьковметропроект», ОАО «Нижегородметропроект» и др.

Комплекс сооружений нового участка линии включает за конечной станцией «Зябликово» четырехпутный тоннель, так называемый тупик с путевым развитием для оборота и отстоя в ночное время составов, однопутную ветку длиной 0,95 км для соединения с участком перспективного продления Замоскворецкой линии, а также пересадочный узел на станцию «Красногвардейская». Замоскворецкая линия сейчас считается одной из самых загруженных веток сто-



Местоположение нового участка Люблинско–Дмитровской линии

личной подземки. Благодаря новому участку Люблинско-Дмитровской линии с пересадочным узлом нагрузка на южный участок Замоскворецкой линии будет снижена.

Участок построен при мелком заложении. Перегонные тоннели пройдены закрытым способом, а все три станции возводились открытым способом в котлованах глубиной до 24 м («Зябликово») со свайным креплением. Особенности трассы этого участка – сложные инженерно-геологические условия, в т. ч. и пересечение тоннелями водной преграды рек Гордони и Москвы, плотная городская застройка поверхности, высокая насыщенность инженерными коммуникациями, в том числе и магистральными, потребовавшая во многих случаях их перекладки, пересечение городских улиц с высокой интенсивностью движения городского транспорта. Дополнительные трудности возникали из-за необходимости устройства примыканий к действующим сооружениям метро за станцией «Марьино» и на «Красногвардейской» без ограничения условий их эксплуатации. Все эти и ряд других обстоятельств и обусловили общую схему, очередность и продолжительность выполнения большого объема работ. Всего было разработано 803 тыс. м³ грунта, в том числе 599 тыс. м отрытым способом, уложено 216 тыс. м³ монолитного бетона и железобетона, смонтировано 30,4 тыс. м³ железобетона сборных обделок, изготовлены для разных целей тысячи тонн металлоконструкций.

На построенном участке бесспорной удачей архитекторов и конструкторов Метрогипротранса является решение станционных комплексов. Все три станции имеют общие эксплуатационные параметры – ширину посадочной платформы островного типа 10 м, длину платформы 162 м из расчета приема восьмивагонных составов, по два вестибюля для входа-выхода пассажиров, однопролетную конструктивную схему платформенной части. При этом все они составляют архитектурный ансамбль с единым принципиальным решением свода платформенной части, со световыми нишами в своде различной для каждой станции формы, со сходны-



Доклад о завершении строительства. Мэр города Москвы С. С. Собянин, генеральный директор ОАО «Трансинжстрой» С. Г. Елгаев, начальник Московского метрополитена И. С. Беседин

ми элементами дизайна и с общей цветовой гаммой, основанной на сочетании черных, серых и белых тонов. На ст. «Зябликово» часть свода поднята на 2,8 м для устройства над платформой балконов на пути пассажиров, следующих на пересадку на ст. «Красногвардейская». Вестибюли станций связаны с платформами эскалаторами и пассажирскими лестницами. Кассовые блоки вестибюлей, помещения охраны и входы на междуэтажные подъемники располагаются в зоне пешеходных переходов. Все пути движения пассажиров выполнены с учетом потребностей маломобильных групп населения, для них, в частности, предусмотрены лифты и междуэтажные подъемники.

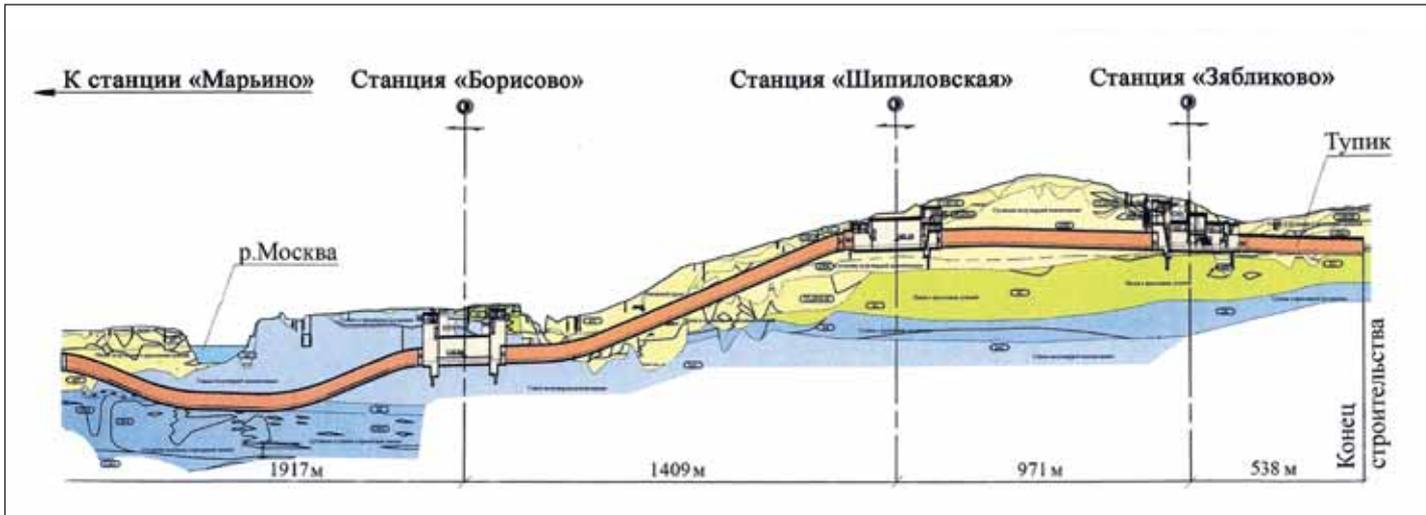
Завершение прокладки нового участка на месяц раньше запланированного срока и ввод в эксплуатацию стало возможным благодаря четкой организации строительного процесса, высокому профессионализму наших основных участников – коллективов

СМУ-153, СМУ-154, СМУ-155, СМУ-158, СМУ-161, Управления транспорта и механизации (УТМ) и их субподрядных организаций, активному содействию заказчика и помощи городских организаций. Каждому из этих коллективов в процессе строительства порученных ему сооружений и видов работ приходилось решать разнообразные организационные и технически сложные задачи, искать и находить рациональные решения.

Ниже отмечены некоторые из них, особенности работы строительно-монтажных управлений и успехи их коллективов.

На практике вновь получила подтверждение правильность принятого ОАО «Трансинжстрой» курса на использование современных высоких технологий горнопроходческих работ и эффективных методов строительных и монтажных работ. Был успешно использован накопленный ранее при сооружении участка Арбатско-Покровской линии опыт применения технологического оборуду-

Продольный профиль участка линии





Станция «Шпилевская»

дования нового поколения: щитовых механизированных тоннелепроходческих комплексов (ТПМК) с компьютерным управлением производственными операциями и монтажом сборной железобетонной водонепроницаемой обделки нового типа – из высокоточных блоков с эластомерными прокладками в стыках. При этом в наибольшей степени реализуется одно из основных требований современного подземного строительства – максимальная сохранность существующей застройки поверхности, подземных коммуникаций и наземных зданий. Это решение и стало главной составляющей достигнутого успеха – выполнения большого объема работ в сжатые сроки при высоком качестве сооружений. На построенном участке в СМУ-161 был задействован комплекс немецкой фирмы «Херренкнехт АГ». Им пройдено 3510 п. м перегонных тоннелей, что составляет более половины их общей длины. Сооружение тоннелей почти на всем протяжении велось в сложных грунтовых условиях, в различных по состоянию, прочности и водонасыщенности юрских и четвертичных осложнениях с переслаиванием песков различной крупности с линзами супесей и песчаника, суглинков пластичных и тугопластичных, глин с прослоями щебня и линзами водонасыщенных песков и супесей. На протяжении почти 30 % длины тоннели залегают в водонасыщенных неустойчивых грунтах. Коллективом СМУ-161, в частности, за одну зиму построены и два перегонных тоннеля на ответственном участке под водной преградой – руслом реки Москвы на небольшой глубине, всего около 6 м от dna реки. Средняя скорость безосадочной проходки под рекой составляла 15 м готового тоннеля в сутки, что является хорошим ре-

зультатом в конкретных инженерно-геологических условиях. В целом средняя скорость с ТПМК была 415 п. м в месяц. Это успех коллектива участка № 11 под руководством начальника С. В. Шахорина, механика Ю. А. Солдатова, бригадира И. Н. Моторина, главного механика С. В. Самарского. Коллектив СМУ-154 возводил комплекс станции «Шпилевская» с притоннельными сооружениями открытым способом в котлованах глубиной до 13 м со свайным креплением. Им же построены тоннели под действующей станцией «Красногвардейская» на расстоянии всего 1 м от лотка ее тоннеля. Благодаря умелой организации технологического процесса на этом ответственном участке при постоянном мониторинге никаких ограничений в эксплуатации станции не было. Большой вклад в строительство внесли коллективы участка № 2 В. В. Писарева и № 6 Г. А. Куликова, бригад А. А. Данилова, Б. Н. Филатова, С. А. Андреева и Д. А. Лагутика, слесари, проходчики и электросварщики этих участков.

СМУ-153 построило тупиковый тоннель длиной 362 м за станцией «Зябликово». Работы велись открытым способом в котловане глубиной до 17 м с укреплением стен буронакасами с распорным анкерным креплением. Потребовалось устройство водопонижения, так как гидростатический напор в зоне котлована составлял 7,2 м. Коллективом впервые разработана и успешно внедрена технология возведения четырехпутного железобетонного тоннеля с исполь-



Тупик для оборота составов за станцией «Зябликово»

зованием передвижной опалубки «HUNNEBECK». Это позволило существенно снизить трудозатраты и сократить срок строительства. Основные процессы осложнялись большим объемом подготовительных работ на площадке: необходимостью перекладки теплосети диаметром 2×1400 мм, водопровода диаметром 400 мм, дождевой и телефонной канализации. Большой вклад внесли начальник участка № 5 В. Г. Ганжа, заместитель начальника А. С. Камышев, механик Д. Ю. Смирнов и др.

По комплексу станции «Зябликово» успешно выполнили работы СМУ-155. Им в глубоком котловане возведены на кривой железобетонные конструкции платформенной части, оба подземных вестибюля, переходные коридоры, электроподстанция и переход на станцию «Красногвардейская». Один из вестибюлей оказался в грунтах с высоким уровнем грунтовых вод. В этой зоне для его снижения потребовалось применение трех ярусов водопонижения. Как и на участках других СМУ в зоне ответственности СМУ-155 были трудности при переустройстве многих городских коммуникаций, в том

числе теплотрассы 2×1200 мм, а также по переводу движения городского транспорта на пересечении улиц Ясеновой и Орехового бульвара. При возведении станции отличились участки, где начальники А. Л. Бондаренко, П. В. Галактионов, горные мастера В. А. Галкин, В. А. Гончаров, Е. В. Сизонов, бригады Б. А. Артона, А. А. Бухвалова, Е. П. Зубка, А. А. Кручинина, Н. Н. Клименко, А. Л. Мещерского, В. В. Пензина, Н. И. Храмцова, Б. М. Чумакова.

Не будет преувеличением сказать, что общему успеху строительства, наряду с вышеотмеченными профильными строительномонтажными управлениями, активно способствовали своим трудовым вкладом две наши многопрофильные организации – СМУ-158 и Управление транспорта и механизации (УТМ). Им принадлежит заслуга и в успешном выполнении ряда видов работ своими силами, и в обеспечении потребностей профильных СМУ.

СМУ-158 участвовало в строительстве на всей длине участка. Как и на других объектах метростроения, задача этого СМУ – обеспечение строительных площадок электроэнергией и сжатым воздухом, изготовление практически всех изделий и металлоконструкций, таких как затворы, вентклапаны, арматурные каркасы, сваи, а также монтаж металлоконструкций, электрооборудования и вентиляционных систем. Этим коллективом изготовлены в своих механических мастерских и успешно смонтированы многотонные конструкции старта для ТПМК, более 70 единиц затворов и вентиляционных клапанов, сотни тонн металлических элементов свайного крепления, а также большое количество армокаркасов железобетонных конструкций для станций и тупикового тоннеля. Наибольшую сложность составляло весьма трудоемкое изготовление трех уникальных передвижных опалубок массой по 80–100 т для бетонирования свода станции. Именно такие опалубки позволили создать на каждой станции в своде различные архитектурные формы в виде геометрических фигур. На ст. «Шипиловская» – это усеченные пирамиды с треугольным основанием, на ст. «Яблоники» – прямоугольные промежутки между арками свода, на ст. «Борисово» – два ряда ниш в форме усеченного конуса.

Коллектив впервые освоил в короткий срок изготовление, а затем и монтаж изделий из нержавеющей стали. Это более 100 наименований изделий для каждой станции, в т. ч. двери, вентиляционные решетки, люки разного назначения, шкафы управления, поручни лестниц, ограждения и т. д. Конструкции и изделия из нержавеющей стали изготовлены высокого качества, отполированы, надежны и радуют глаз своим видом. В предпусковой период специалистами СМУ проведена наладка, обкатка и сдача службам эксплуатации всего смонтированного оборудования. Необходимо отметить ударную работу и проявленную при этом ответственность коллективов участков В. Н. Бокарева, С. А. Крупичко, В. Н. Пузанова, Л. С. Рафаловского, Е. Б. Рогова, М. М. Слепова,



Руководители ОАО «Трансинжстрой»: начальник СМУ-155 А. Д. Вуколов, начальник производственно-го отдела Управления А. А. Семин, заместитель генерального директора Управления А. Г. Манюков

слесарей Ю. В. Агуреева, А. А. Гурьянова, В. В. Ипакова, В. Ф. Савельева, А. В. Шатохина.

Специализированное управление транспорта и механизации (УТМ) расположено в г. Одинцово. Оно обеспечивало доставку на строительные площадки различных грузов, изготовление на своем заводе и доставку специальных бетонных смесей, вывоз грунта при разработке котлованов, буровые работы для свайного крепления стен котлованов, а также ремонт и восстановление в своих мастерских транспортной и дорожно-строительной техники.

Перевозка многотонных металлоконструкций, бетонных панелей и других грузов осуществлялась автомобилями, оснащенными спутниковой навигационной системой мониторинга «Купол». Это дало возможность разрабатывать и применять оптимальные маршруты движения, сократившие перевозку на 17–20 % по времени. Большой вклад в организацию перевозок внесли начальники службы эксплуатации Е. А. Трошин, начальники автоколонн А. С. Абрамов, С. А. Барсуков и их водители.

На бетонном заводе было изготовлено и доставлено на площадки более 110 тыс. м³ специальных бетонных смесей. Высокие производственные результаты – заслуга начальника завода В. А. Холопова, начальника лаборатории Л. Б. Разгуляева, оператора А. И. Степанова.

Дорожно-строительная техника и машины работали в условиях ограниченных участков строительных площадок вблизи городской застройки. Для обеспечения минимума неудобств для жителей близлежащих домов были применены современные краны фирмы «Libherr», мощные экскаваторы и погрузчики фирмы «Caterpillar», грейферное оборудование. Много труда в этот процесс вложил коллектив участка механизации А. А. Кургузова.

Для разработки котлованов с креплением стен буровыми сваями на базе УТМ был впервые сформирован участок буровых ра-

бот. Были применены установки с фрезерным оборудованием фирмы «Бауэр», отработана новая технология устройства удлиненных металлокаркасов для армирования буровых скважин, позволившая сократить сроки буровых работ на 25–30 %. Хорошие результаты показали работники вновь созданного участка буровых работ В. В. Чакалова, машинисты установок Г. М. Бунев, В. Н. Демин, монтажники и другие рабочие участка.

Следует отметить и хорошую работу мастеров по своевременному ремонту и восстановлению техники – начальника С. В. Соколова, мастера П. О. Звонарева, автослесарей и слесарей по ремонту.

Большой творческий вклад в организацию строительного процесса с привлечением десятков субподрядных организаций при постоянном взаимодействии с ними, с Дирекцией строящегося метрополитена, с Департаментом строительства и другими структурами правительства Москвы, в отработку многих прогрессивных технических решений внесли руководители Управления – главный инженер А. А. Гончаров, заместители генерального директора С. В. Горлач и А. Г. Манюков, начальники отделов Ю. С. Маховский и А. А. Семин, начальники строительномонтажных управлений М. И. Алейник, А. Д. Вуколов, В. И. Грибов, К. С. Елгаев, Э. А. Питковский, Управления транспорта и механизации Ю. А. Паськов, главные инженеры этих управлений, а также руководители разного ранга субподрядных проектных, научных, строительных и монтажных организаций.

Хочу поблагодарить участников строительства за успешный труд. Наблюдая в действии во всей красе станции, все мы испытываем чувство законного удовлетворения от проделанной нами большой работы, обеспечившей создание удобства и комфорта москвичам и гостям столицы при поездках в метро.



СТВОЛОПРОХОДЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ: ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ В ПРАКТИКУ ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ГОРОДОВ

Г. М. Синицкий, С. В. Мазеин, Тоннельная ассоциация России
С. М. Ломоносов, СМУ-162 ОАО «Трансинжстрой»

Стволпроходческий комплекс VSM (Vertical Shaft Sinking Machine) был специально разработан для условий сильной обводненности и крайней нестабильности окружающих пород. Установка позволяет быстро и безопасно сооружать вертикальные стволы диаметром до 12 м и в перспективе глубиной до 140 м. За последние семь лет техника успела пройти проверку, работая в различных геологических условиях на территориях нескольких стран. Три стволпроходческих комплекса были поставлены в Россию (два – в Санкт-Петербург и один – в Москву). Технология VSM нашла широкое применение при решении следующих непростых инженерно-технических задач:

- проходка стартовых и приемных шахт для микротоннелирования;
- строительство канализационных колодцев и шахтных стволов для обслуживания тоннелей;
- проходка вентиляционных шахт и рабочих стволов для строительства метро.

Благодаря компактности основных и вспомогательных конструкций, комплекс позволяет вести проходку даже в стеснённых условиях города и непосредственной близости от строений, где проведение работ традиционными методами не представляется возможным. Комплекс оснащен автономными источниками электропитания и независим от городского энергоснабжения. В условиях работы в городе важное значение имеет получение ТУ на электроснабжение и подведение электроэнергии к месту строительства. Это обычно большая мощность, если учесть традиционное применение специальных методов работ в существующих проектах.

Обзор стволпроходческого комплекса

Стволпроходческий комплекс в рабочем состоянии можно разделить на следующие компоненты (рис. 1): собственно стволпроходческая установка; домкратно-лебедочный узел (опускной агрегат); кабина управления; энергетическая цепь; сепарационная установка; стартовое (ножевое) кольцо; сборная железобетонная обделка ствола; фундаментное основание многоразового использования.

Использование принципа «опускного колодца» в процессе проходки позволяет разделить в пространстве и совместить во времени основные операции производственного цикла: разработку забоя с одновременной транспортировкой грунта и возведение обделки ствола.

Комплекс позволяет разрабатывать породы с прочностью до 100 МПа, содержащие

включения прочностью до 150 МПа, и при проходке выдерживать давление грунтовых вод до 8 атм. Этим оборудованием могут сооружаться стволы с перенстройкой установки на различный диаметр при наличии комплектов опалубок для изготовления сегментов железобетонной обделки требуемого размера.

Процесс управления и контроля рабочих параметров установки осуществляется дистанционно из контейнера управления, что значительно повышает безопасность ведения работ. Проходку отличает высокая точность соблюдения геометрических параметров, обеспечиваемых системой измерения вертикального отклонения и прокручивания.

Механизированная разработка забоя осуществляется под водой с откачкой грунта с помощью системы гидротранспорта. Грунт в виде пульпы выдвигается на поверхность погружным насосным агрегатом и поступает по шламопроводу в сепараторную установку, где отделяется от воды. Далее он сбрасывается в отстойники, откуда затем грузится экскаватором с грейферным ковшом в автосамосвалы. Отделённая от грунта в сепараторе вода поступает в контейнеры-отстойники. После очищения она снова подводится по двум трубопроводам для заполнения в ствол.

Стволпроходческая машина обеспечивает разработку грунта находящимся на телескопической стреле рабочим органом фрезерного типа. Режущий фрезерный орган позволяет разрабатывать как скальные породы, так и смешанный грунт, песок и глину, причем есть возможность в зависимости от прочности пород изменять количество резцов на фрезе (рис. 2).

Опыт эксплуатации установок VSM на девяти участках строительства в различных странах показал, что износ режущего инструмента, выраженный через число замен резцов на 1 м³ выработки, составляет 0,05–0,1 шт/м³ при средней и высокой абразивности, прочности пород 70–140 МПа.



Рис. 1. Компоненты стволпроходческого комплекса

Железобетонная обделка ствола

Постоянная обделка ствола, состоящая из последовательно собранных на поверхности железобетонных сегментов (блоков) в кольца, постоянно находится в напряженном состоянии и вдавленной в грунт забойной части. Это обстоятельство, в сочетании с гидропригрузом забоя, исключает возможность выноса грунта даже в самых неблагоприятных условиях. Полностью отсутствует необходимость нахождения людей в забое строящегося ствола и в зоне действия механизмов.

Для уменьшения сил трения, возникающих при опускании стволной обделки, применяется система бентонитовой смазки. Бентонитовый раствор нагнетается в зазор между обделкой ствола и прилегающим грунтом через отверстия в ножевом кольце с интервалом через 10 м проходки.

Концепция обделки исключает необходимость в установке временной обделки ствола, а процесс установки ее колец проводится параллельно с проходкой. Например, кольцо обделки высотой 1 м состоит из трёх высокоточных железобетонных блоков с резиновыми уплотнительными профилями по всем стыкам. Сборная конструкция колец обделки существенно сокращает трудозатраты и время монтажа при своей высокой герметичности и надежности (рис. 3).



Рис. 2. Виды фрезы: а – с полным комплектом резцов; б – с возможностью комплектации разными инструментами

Мировой опыт и перспективы применения установки VSM

В настоящее время с помощью технологии VSM построено свыше 50 стволов общей протяженностью около 2,5 км со скоростью до 5 м в сутки.

В Неаполе (Италия) проходка велась в оживленном центре города и непосредственной близости от различных сооружений. Площадь строительства составляла 300 м². Для экономии места сепарационное оборудование было размещено на соседней стройплощадке. За 12 дней установили оборудование VSM, 13 дней вели проходку 40 м ствола, за 5 дней произвели демонтаж оборудования. Было построено десять вентиляционных стволов до максимальной глубины 45 м и достигнута производительность строительства по одному стволу в месяц.

В Жероне (Испания) работы проводились в крайне стесненных условиях. До глубины 17 м сооружался ствол для опережающего бурения и нагнетания с целью стабилизации грунта при механизированной проходке железнодорожного тоннеля. Расстояние до близлежащего здания составляло всего 1,2 м.

В Барселоне осуществлялась проходка вентиляционных и эвакуационных стволов для железнодорожного тоннеля на линии «Мадрид – Барселона» в неоднородных и сложных геологических условиях. Геологическое строение на глубине от 20 до 57 м представляло собой сланцы с включением кварца прочностью до 230 МПа и индексом абразивности от 2 до 5.

В Санкт-Петербурге осуществлялся проект проходки вертикальных выработок главного коллектора. Максимальная производительность составила 3,5 м в сутки. Верхний геологический слой был сложен песком, глиной, текучими водонасыщенными грунтами, а на глубине 50–60 м находился слой твердого сухого суглинка. Результат проходки одного из стволов глубиной 83 м – за 11 недель. На настоящее время в городе на Неве двумя машинами пройдено восемь стволов.

В Москве выполнена проходка вентиляционного ствола № 463а для метро. Он распо-



Рис. 3. Процесс монтажа обделки

ложен в 35 м от железнодорожных путей Смоленского направления. Грунтовый массив слоистый, неблагоприятный для проходки. Стволом вскрывались водоносные горизонты с водопритоком от 10 до 50 м³/ч. Использованный в данном строительстве стволопроходческий комплекс был пионерным образцом для условий Московского метрополитена.

Подземные строители передовых стран отказываются от старых традиционных методов проходки шахтных стволов с применением различных специальных способов (водопонижение, замораживание, химическое закрепление грунтов и т. д.) и креплением чугунными тубингами. С учетом существующей в Москве сметной стоимости проходки стволов в сложных гидрогеологических условиях при средней глубине ствола 50 м окупаемость комплекса VSM может быть достигнута после проходки пяти стволов.

Таким образом, получили подтверждение на практике и могут быть использованы в дальнейшем следующие преимущества тех-

нологии проходки шахтных стволов с помощью технологии VSM:

- высокие темпы сооружения с минимальными затратами на подготовку места под стройплощадку, на работы по выносу коммуникаций и на установку постоянной обделки при проходке, что позволяет сократить более чем в два раза сроки сооружения и уменьшить стоимость строительства объекта;
- значительная экономия электроэнергии от городских источников;
- максимальный уровень безопасности без присутствия персонала в призабойном пространстве за счет полной механизации основных и вспомогательных процессов с сокращением количества обслуживающего персонала до минимума (4–6 человек в смену);
- возможность ведения работ при минимальных размерах стройплощадки, в близости от строений и объектов инфраструктуры с полным исключением вероятности просадки дневной поверхности за счет поддержания забоя гидропригрузом.



ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИНЪЕКЦИОННЫХ РАБОТ

А. Г. Малинин, А. Н. Смирнов, С. В. Карпов, В. Г. Гилев, Д. А. Малинин, ООО «Специальная строительная техника»

Перспектива широкого развития транспортной инфраструктуры в России обусловлена проведением масштабных мероприятий – зимней Олимпиады, чемпионата мира по футболу, расширением границ Москвы, прокладкой метрополитенов в различных городах и т. п. Успех решения подобных грандиозных задач зависит не только от умения и опыта транспортных строителей, но и от используемой техники.

В данной статье рассматриваются вопросы конструирования и производства инъекционного технологического оборудования, применяемого при решении следующих задач транспортного и подземного строительства:

- предварительная стабилизация слабых грунтов при проходке коллекторов, тоннелей метрополитенов и т. п.;
- первичное и последующее нагнетание цементных растворов в затюбинговое пространство (тампонаж) при сооружении авто- и железнодорожных тоннелей, перегонных тоннелей метрополитенов;
- обеспечение устойчивости горных склонов и откосов выемок автодорог, бортов глубоких котлованов с помощью различных анкерно-нагельных систем.

В настоящее время российские предприятия идут двумя путями. Первый заключается в применении морально и физически устаревшего технологического оборудования отечественного производства. Например, в качестве инъекционных насосов используют буровые насосы типа НБ, которые не развивают необходимого инъекционного давления, а в качестве смесителя для приготовления цементных растворов применяют различного рода лопастные смесители, не обеспечивающие высокой однородности раствора и соответственно высокой прочности цементного камня. Результат, как правило, один – низкое качество строительства, а также невозможность работы с новыми перспективными материалами – микроцементами, кремниевыми коллоидными растворами, полимерами и др.

Те предприятия, которые приобретают современное импортное оборудование, сталкиваются с отсутствием фирменного технического сервиса, а также с отсутствием запасных частей, что часто надолго приостанавливает строительные процессы, срывает графики работ и приносит ощутимые убытки подрядчику.

В этой ситуации перспективен третий путь – разработка и выпуск отечественными машиностроительными предприятиями специализированного оборудования, не уступающего по качеству лучшим зарубежным аналогам. В этом случае оперативно обеспечивается технический сервис, поставка запасных частей и, что часто является особенно важным, производится обучение персонала.

Инъекционный насос GP40

«Сердцем» любой инъекционной технологии является инъекционный насос (Grout Pump). Именно от него зависит возможность выбора технологических режимов в зависимости от требований проектной документации.

Например, при постоянном низком давлении нагнетания и регулируемом расходе выполняется пропитка цементным раствором (или смолами) пористого песчаного грунта, а также заполнение полостей, скважин или затюбингового пространства.

При высоком давлении производится инъекция трещиноватых скальных пород цементными или полимерными материалами с целью повышения прочности пород или подавления притоков воды. Высокое давление требуется также при гидроразрыве грунтов и скальных пород и при вторичном нагнетании растворов при устройстве анкеров.

Специалистами предприятия «Специальная строительная техника» был сконструирован и запущен в серийное производство инъекционный насос GP40, предназначенный для работы в вышеперечисленных режимах (рис. 1).

Насос имеет два режима нагнетания – при низком и высоком уровне давления. Для этого на электродвигатель установлен спаренный шестеренчатый насос НШ32/10.

Рассмотрим подробнее гидравлическую схему насоса GP40, показанную на рис. 2.

Режим № 1. Низкий уровень нагнетания с регулировкой расхода и давления нагнетания рабочей жидкости.

Линия низкого давления приводится в действие шестеренчатым насосом Н1 (НШ32) при закрытом клапане распределителя P1 и открытом P2.

Регулировка давления производится с помощью клапана КП1, у которого длину хода вентиля тарируют таким образом, чтобы уровень максимального давления в гидросистеме не превышал 7 МПа. Это соответствует возможности регулировать уровень нагнетания цементных растворов в диапазоне от 0 до 4 МПа.

Режим № 2. Высокий уровень с возможностью регулировки только предельного уровня давления нагнетания.

Данный режим осуществляется питанием линии высокого давления шестеренчатым насосом Н2 (НШ10) при закрытом клапане распределителя P2 и открытом клапане распределителя P1. Максимальное давле-



Рис. 1. Внешний вид инъекционного насоса GP40

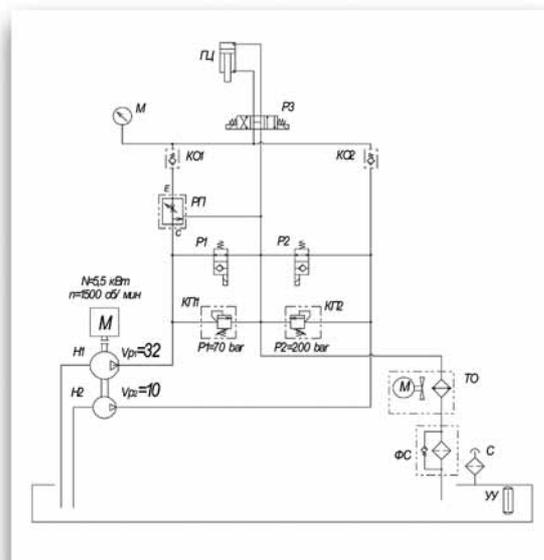


Рис. 2. Гидравлическая схема насоса

ние в гидросистеме составляет 20 МПа. Это обеспечивает нагнетание рабочей жидкости (цементный раствор или полимеры) под давлением до 10 МПа.

Так как подача растворов под высоким уровнем давления происходит при небольшой производительности (ограниченной мощностью насоса), то регулировка расхода в этом случае, как правило, не требуется.

В отличие от многих зарубежных аналогов насос GP40 имеет принудительную систему смазки плунжера. Для этого предназначена отдельная линия подачи ее в зазор между плунжером и бронзовой направляющей втулкой. Наличие системы смазки значительно увеличивает технический срок службы плунжерного узла. Практика показала, что при правильной эксплуатации и регулярной замене манжет уплотнительного узла после каждых 150–200 т цемента (в сухом исчислении) плунжер менять не требуется.

В заключение отметим, что его диаметр и длина хода подобраны таким образом, что за один ход вытесняется 0,5 л рабочей жидкости. На панели установлен счетчик количества ходов плунжера. Умножая показания счетчика на коэффициент 0,5, можно легко определить текущий объем раствора, поданного в напорную магистраль.

Технические характеристики насоса приведены в табл. 1.

Миксерная станция CM 20/50 «Мини»

Основное отличие миксерной станции «Мини» от отечественных растворомешалок состоит в наличии турбомиксера объемом 200 л. Скорость вращения турбины составляет 1500 об/мин. При такой скорости происходит качественное перемешивание цементных растворов до высокой однородности состава. Отметим, что турборежим особенно важен при использовании микроцементов. Высокая однородность состава повышает проникающую способность, а также значительно (порой в несколько раз) возрастает прочность образцов тампонажного камня.

Как и его «старшие братья» (CM40/90 и CM40/120), миксер «Мини» оснащен весовыми датчиками, позволяющими выполнять дозированное смешение компонентов раствора.

Благодаря наличию весового терминала сухой материал (цемент, бентонит, глинопопорошок) может загружаться не только из мешков, но и из силоса с помощью шнекового транспортера, что уменьшает долю физического труда и значительно повышает производительность работ.

Объемы емкостей миксера и накопителя были специально рассчитаны для обеспечения производительности 8 м³/ч, достаточной для проведения указанных выше видов инъекционных работ.

Смешивание компонентов раствора происходит в турбулентном потоке, создаваемым центробежным насосом, установленным в нижней части смесителя. После перемешивания цементный раствор подается в накопитель, где он поддерживается в одно-

Таблица 1

Технические характеристики насоса GP40	
Параметр	Значение
Давление нагнетания, МПа	
• режим № 1	0–4
• режим № 2	0–10
Расход, л/мин	0–40
Объем вытесненного раствора за 1 ход плунжера, л	0,5
Потребляемая мощность электродвигателя, кВт	5,5
Габариты (длина, ширина, высота), мм	710×500×1525
Масса, кг	450

Таблица 2

Технические характеристики миксерной станции CM 20/50 «Мини»	
Габариты, мм:	
• длина	2000
• ширина	1330
• высота	1650
Миксер:	
• рабочий объем, л	200
• мощность электродвигателя, кВт	5,5
• скорость вращения вала, об./мин	1500
Накопитель:	
• рабочий объем, л	500
• мощность электродвигателя, кВт	1,1
• скорость вращения вала, об./мин	23
Производительность, м ³ /ч	8
Общая потребляемая мощность, кВт	6,6
Вес, кг	850

родном состоянии вращающимися лопастями. Узел перемешивания сконструирован на базе понижающего редуктора известной итальянской фирмы Bonfiglioli.

Подробные технические характеристики приведены в табл. 2.

Электрическая схема пульта управления миксерной станции предусматривает возможность подключения инъекционного насоса GP40. Для этого предусмотрен отдельный трехфазный разъем, а на панели управления присутствует отдельная кнопка пуска насоса (рис. 3).

Все указанные выше свойства станции упрощают и делают удобнее труд оператора инъекционного комплекса, что, в конечном результате, увеличивает производительность работ.

Небольшие габариты станции позволяют размещать ее в любых стесненных условиях и на компактных строительных площадках. При своих миниатюрных размерах она удобна в обслуживании, проста в работе и легко транспортируема.

В заключение отметим, что в настоящее время ряд отечественных строительных



Рис. 3. Инъекционный комплекс на объекте предприятия «ИнжПроектСтрой»

предприятий уже приобрели вышеописанное инъекционное оборудование. Такими предприятиями являются «Метрострой-ПТС» (г. Екатеринбург), «Геострой» (Санкт-Петербург), «Тоннельный отряд № 18» (г. Красноярск), «Северстрой» (г. Сочи), «Геоспецпроект» (Москва), «Подземстрой-НТ» (Москва), «Акваспецстрой» (г. Одесса), «Даггидроспецстрой» (Республика Дагестан).

Особо отметим, что для Мосметростроя на основе четырех миксерных станций был собран уникальный инъекционный комплекс для приготовления многокомпонентных инъекционных растворов для проведения тампонажных работ при проходке тоннеля метрополитена с помощью тоннелепроходческого щита «Lovat».



ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОПРОВОЖДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЭСКАЛАТОРНЫХ ТОННЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ТПМК

К. П. Безродный, М. О. Лебедев, В. А. Марков, ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»

А. Ю. Старков, Н. А. Лаптев, ОАО «Метрострой»

А. В. Морозов, А. В. Уханов, ЗАО «СМУ-11 Метрострой»



Вид готового тоннеля

В 2010–2011 гг. выполнена проходка эскалаторного тоннеля станции «Адмиралтейская» Санкт-Петербургского метрополитена.

90 % трассы тоннеля расположено в четвертичных отложениях. Геологический разрез представлен: насыпными грунтами мощностью ≈ 2 м, озерно-моренными водоносными песками крупными и пылеватыми ≈ 8 м, супесями текучей консистенции ≈ 5 м и текучепластичными суглинками $\approx 1,5$ м; озерно-ледниковыми текучими ленточными глинами ≈ 9 м, слоистыми суглинками мягкопластичной консистенции ≈ 3 м и супесями пластичными с включениями гравия, гальки и валунов ≈ 2 м. Общая мощность слабых, сильносжимаемых, неустойчивых отложений составляет около 28 м. Ниже, до глубины ≈ 46 м, залегают суглинки лужской морены с включениями гравия и гальки до 5–20 % и отдельными валунами, тугопластичной консистенции, с линзами супесей текучей консистенции. На глубине 51–55 м прослеживаются межморенные ленточные и слоистые суглинки тугопластичной консистенции. Моренные и межмо-

ренные суглинки характеризуются как сравнительно слабые, неустойчивые грунты. Все четвертичные отложения водонасыщены. С глубины свыше 55 м залегают котлинские глины аргиллитоподобные тонкослоистые консистенции практически сухие с прослоями песчаника $\approx 1,5$ –5 см.

Эскалаторный тоннель диаметром 10,4 м сооружен тоннелепроходческим механизированным щитовым комплексом (ТПМК) с грунтовым пригрузом забоя, способным вести проходку в грунтах от пылеватых песков до полускальных и скальных грунтов при гидростатическом давлении до 0,55 МПа.

Крепление тоннеля выполнено блочной железобетонной обделкой из водонепроницаемого бетона с резиновым уплотнением стыков. Кольцевое пространство за бетонными блоками вслед за проходкой заполнялось специальным водонепроницаемым быстротвердеющим раствором. Монтаж ТПМК осуществлялся в стартовом котловане порталным краном. По завершению строительства стартовой камеры производился монтаж комплекса и ввод его в начальный участок тоннеля (рис. 1). После завершения проходки

ТПМК демонтировали с выдачей узлов на поверхность по построенному тоннелю, внешней частью оболочки щита не демонтировали.

Геотехнический мониторинг включает систему постоянных и непрерывных наблюдений, анализа и прогноза геодинамического состояния объектов, подвергаемых воздействию в процессе вновь производимых строительных работ, а также оценку негативного влияния горных работ на окружающую застройку. Геотехнический мониторинг осуществляли в пределах границ землеотвода, а также за их пределами в зоне влияния горных работ.

Станция «Адмиралтейская» входит в состав 5-й линии Петербургского метрополитена.

Данный метод для проходки наклонного тоннеля в условиях Санкт-Петербурга применен вторично (впервые – на ст. «Обводный канал»).

Техногенные процессы, сопровождающие строительство любых подземных объектов, в том числе и транспортных тоннелей, активизируют развитие некоторых геологических явлений. Наибольшую опасность для окружающей среды пред-

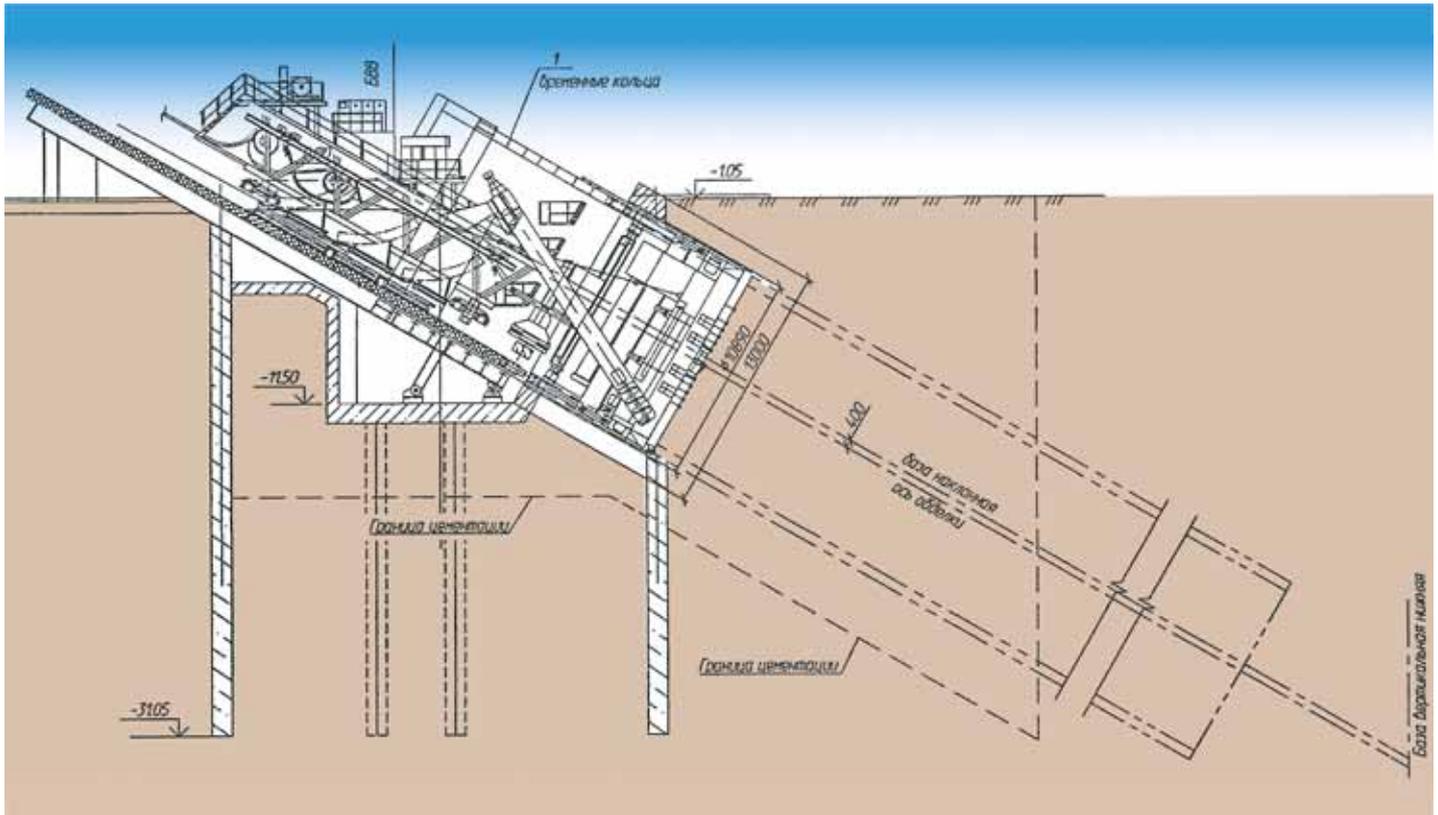


Рис. 1. Схема начала проходки наклонного хода ст. «Адмиралтейская»

ставляют нарушение естественного состояния массива горных пород, гидрогеологических условий, температурного поля и т. п. Следствием этих процессов являются осадки земной поверхности, изменение режима течения подземных вод, а в случае расположения вблизи строящихся тоннелей других поверхностных или подземных объектов, возможное нарушение их штатной эксплуатации. Поэтому осуществление непрерывных наблюдений за состоянием системы «массив-обделка» строящегося тоннеля позволяет контролировать и при своевременных мероприятиях (разрабатываемых на основании результатов мониторинга) минимизировать влияние горных работ на окружающую среду, повысить их безопасность.

Для этого необходимо было решить следующие задачи:

- оценить состояние окружающей застройки и дневной поверхности;
- осуществлять контроль высотных и горизонтальных смещений окружающей застройки;
- вести контроль качества работ по закреплению грунтов котлована;
- определять напряженно-деформированное состояние массива и обделки эскалаторного тоннеля в натуральных условиях;
- уточнять деформативно-прочностные характеристики литологических разностей по трассе тоннеля;
- осуществлять контроль качества заполнения тампонажным раствором заобделочного пространства, а также внутрипластового давления во вмещающем массиве и состо-

яния грунтов за обделкой.

В проведении геотехнического мониторинга принимали участие: СПГУПС, ЗАО «Гиро», ЗАО НПФ «Геодизонд», ЗАО «Геострой», ЗАО «Гидрострим», ЗАО «Триада-Холдинг».

Наблюдения за деформациями земной поверхности, зданий и сооружений, попадающих в зону влияния горных работ при проходке наклонного хода, состояли из серии измерений вертикальных и горизонтальных смещений деформационных реперов и марок, заложенных в зоне влияния горных работ (рис. 2).

Работы выполняли высокоточными инструментами (электронные тахеометры, кодовые нивелиры).

Контроль качества работ по закреплению грунтов стартового котлована вели СШП георадиолокацией.

Сплошность и качество закрепления грунта струйной цементацией определялись ме-

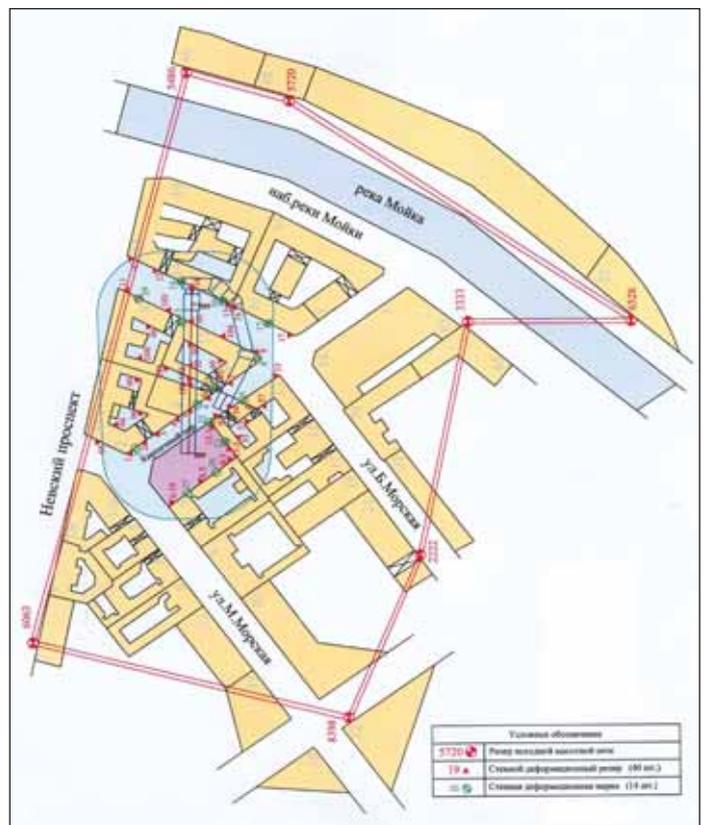


Рис. 2. Схема деформационной сети

тодом сверхширокополосного георадиолокационного зондирования (СШП георадиолокация).

Напряженно-деформированное состояние массива и обделки тоннеля оценивали по следующим параметрам:



Рис. 3. Графики формирования напряженного состояния обделки

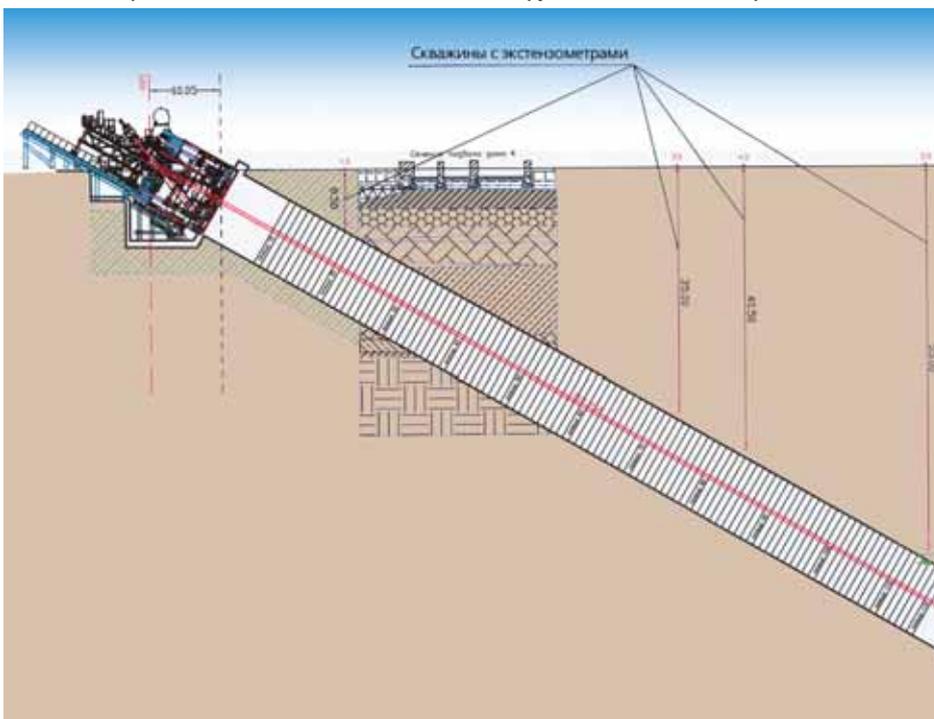
- по нормальным тангенциальным напряжениям в блоках обделки;
- по напряжениям в обделке вдоль оси тоннеля;
- по смещениям блоков обделки.

Нормальные тангенциальные напряжения по периметру обделки устанавливались при помощи струнных деформометров.

По трассе тоннеля датчиками оснащено пять колец обделки: № 15, 43, 71, 95 и 100. Размещение их по длине тоннеля принято с таким расчетом, чтобы можно было контролировать напряженное состояние обделки во всех литологических разностях и в большей мере на их границах.

На рис. 3 представлены характерные графики изменения напряженного состояния обделки.

Рис. 4. Схема расположения скважин по оси тоннеля, оборудованных экстензометрами



Оперативная отчетность в электронном виде представлялась ежедневно в единый центр сбора информации при отходе забоя от контролируемого сечения.

Оперативный контроль наличия пустот за обделкой после проведения нагнетания двухкомпонентного раствора осуществлялся непосредственно после схода очередного кольца с оболочки щита. По окончании работ результаты заполнения технологического зазора тампонажным раствором представлялись в единый центр сбора информации.

Наблюдения за раскрытием стыков блочной обделки вели с помощью специальных датчиков перемещений, которые устанавливали в зонах изменения инженерно-геологических условий (напластований) и выявленных разуплотнений.

Выборочный контроль качества заполнения тампонажным раствором заобделочного пространства и состояния грунтового массива проводили методом сверхширокополосного импульсного зондирования (СШП георадиолокация).

До начала строительных работ выполнили бурение скважин с установкой в них датчиков гидростатического давления на разных горизонтах.

Режимные измерения по датчикам позволяют оценить основные закономерности гидродинамического режима водоносных пластов до начала строительства и по мере проходки тоннеля. При его сооружении измерения выполняли ежедневно с помощью автоматизированной системы.

По результатам измерений, проведенных по датчикам гидростатического давления, строили распределение внутрипластовых давлений, оценивали напряженное состояние грунтового массива под зданиями, контролировали его напряженное состояние в период строительства, а также технологические параметры пригруза забоя и нагнетания за обделку.

Вдоль оси тоннеля размещено пять скважин, оборудованных датчиками гидростатического давления.

Оперативная отчетность в электронном виде предоставлялась ежедневно в центр сбора информации на период проходки тоннеля. Вся информация поступала в режиме реального времени подрядчику. Сдвиги в грунтовом массиве определяли стержневыми экстензометрами. Вдоль трассы они были установлены в четырех скважинах на различной глубине (рис. 4).

Во время проходки информацию в электронном виде передавали в режиме реального времени в центр сбора информации.

Ведение геотехнического мониторинга предусматривало системный контроль технологических процессов при сооружении эскалаторного тоннеля в части их влияния на строительные конструкции и вмещающий массив.

Анализ полученных результатов проводили после каждой серии измерений.

Основная отчетность предоставлялась еженедельно с учетом всех этапов мониторинга по заключениям специалистов. Промежуточные результаты, требующие обязательного учета при строительстве, – один раз в сутки. Информация о выявленных нарушениях в работе строительных конструкций и состоянии вмещающих грунтов (с рекомендациями) предоставлялась в течение суток после выявления нарушений.

В период проходки проводился еженедельный технический совет по рассмотрению результатов геотехнического мониторинга с представителями ОАО «Метрострой» и организацией, выполняющей СМР.

Контрольно-измерительная аппаратура, устанавливаемая в конструкцию постоянной обделки, предусматривает ее работу при ведении мониторинга и при последующей эксплуатации эскалаторного тоннеля.

ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СКАЛЬНОГО МАССИВА ПРИ ПРОХОДКЕ ЮКСПОРСКОГО ТОННЕЛЯ № 2

Н. Н. Абрамов, Ю. А. Епимахов, Горный институт КНЦ РАН, г. Апатиты
В. П. Абрамчук, ФГУП УС-30, г. Межгорье, Башкортостан

Юкспорский тоннель № 2 предназначен для пропуска однопутной железнодорожной линии промышленного транспорта ОАО «Апатит» с электрической тягой. Трасса тоннеля проложена через гору Юкспор параллельно существующему № 1. Протяженность Юкспорского тоннеля № 2 до сопряжения с № 1 – 1640 м. Полная длина подземных выработок – 2880 м. Максимальная глубина заложения – 454 м. Геологические условия проходки представлены ийолитами, уртитам и осложнены наличием отдельных зон окисленных пород мощностью от 6 до 18 м. Обводнение незначительно, сезонное.

По свойствам и состоянию пород массива на участке строительства породы классифицированы:

- по прочности – категория II очень крепкие ($\sigma_{ск} = 184$ МПа);
- по трещиноватости – категория III среднетрещиноватые;
- по устойчивости – категория I устойчивые.

Напряженное состояние в массиве до начала работ определяется наличием вертикальной (гравитационной) и горизонтальной (тектонической) составляющими.

Величины напряжений на контуре тоннеля оцениваются в интервале $0,3 < \sigma_{\text{сп}} / \sigma_{\text{ск}} \leq 0,5$ и, с учетом действующих «Указаний по безопасному ведению горных работ...» Хибинского апатитонезелинового месторождения, условия проходки классифицируются как «склонные» к горным ударам. Сооружение тоннеля осуществляется одним забоем с применением технологии контурного взрывания.

В таких условиях задачи обеспечения безопасности и эффективности проходческих работ становятся актуальными и основными при организации геомеханического мониторинга состояния скального массива.

Исходя из его задач и условий строительства, в качестве методов геомеханического мониторинга скального массива принят режимный контроль деформаций на структурных нарушениях массива, секущих трассу тоннеля, статистический анализ величин за контурных переборов породы в сечениях относительно проектного контура на каждой «уходке» и оценка параметров нарушенной зоны приконтурного массива. Контроль данных показателей позволяет оценивать устойчивость обнажений по мере продвижения забоя и качество буровзрывной отбойки.

Методика измерений деформаций с помощью дистометра JSETH (Швейцария), являющегося механическим точным прибором для обнаружения различий в расстояниях с

помощью инварной проволоки, хорошо известна.

Точность шкалы измерения длин составляет 10–3 мм, измерений с проволокой длиной до 20 м – $\pm(2 \times 10^{-2})$ мм.

Методика измерений включает:

- установку на выделенных участках массива минимум двух контрольных реперов, расстояние между которыми определяет базу измерения деформаций;
- крепление на установленных в массиве реперах дистометра и инварной проволоки;
- измерение расстояния между реперами (выполняется минимум 3–5 раз с демонтажем/монтажом дистометра на реперах для оценки среднего и погрешности измерений);
- выполнение повторных замеров контролируемых длин, согласно регламенту мониторинга, расчет и оценка абсолютных и относительных фактических невязок (деформаций) измеряемых длин по выражениям:

$$\Delta L_i = |L_{i+1} - L_i| > \delta L_i, \quad (1)$$

$$\varepsilon_{L_i} = \frac{\Delta L_i}{L_i}, \quad (2)$$

где ΔL_i – расчетная невязка показаний индикатора прибора i -го (L_i) и $(i+1, L_{i+1})$ измерений, мм;

δL_i – абсолютная погрешность отсчета показаний прибора, ($\delta L_i = 0,05$ мм);

ε_{L_i} – относительное изменение отсчета показаний прибора при мониторинге.

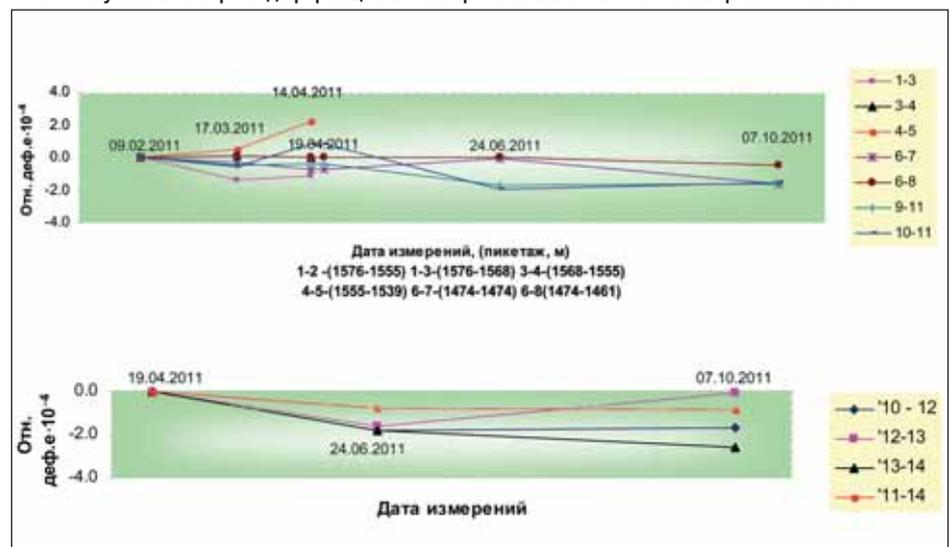
Как видно из выражения (2) значимым считается такое изменение длин, которое будет превышать погрешность измерений.

Деформационные наблюдения выполнялись по реперам, размещенным в стенках вдоль трассы тоннеля на четырех участках, вмещающих зоны окисленных пород, участки тектонических разломов и зоны повышенной трещиноватости. Первый участок – реперы 1–5 размещены в припортальной части тоннеля, второй – реперы 6–8 по берегам трещиноватой зоны, и наиболее неоднородная и протяженная в геологическом отношении зона третьего и четвертого участков – реперы 9–14.

На рис. 1 приведены результаты измерений относительных деформаций за 9 месяцев наблюдений.

Как видно из приведенных данных, за время наблюдений знакопеременный характер изменений деформаций зафиксирован в припортальной области тоннеля (реперы 1–5), где в большей мере сказывается преобладающее влияние на массив естественных природных процессов планетарного уровня, также имеющих знакопеременный характер. По мере роста глубины заложения от свободной поверхности при продвижении забоя, на деформационные процессы в большей мере начинают влиять геомеханические факторы при взаимодействии выработки и естественного поля напряжений. На неоднородностях массива происходит постепенная релаксация напряжений, проявляющаяся в появлении сжимающих деформаций, что и фиксируется на измерительных реперах. Из рис. 1 прослеживается также, что в период с апреля по июнь фиксировались отрицательные деформации сжатия на полигонах 3, 4, в точках 9–11, 10–11, 10–12, 12–13, 13–14. Эти точки размещены в сложной геолого-структурной

Рис. 1. Результаты контроля деформаций на измерительных полигонах Юкспорского тоннеля



области массива, вмещающей и мощную зону окисленных пород и зоны повышенно трещиноватых пород, секущих трассу тоннеля. Таким образом, сам факт проявления сжимающих деформаций свидетельствует о наличии напряжений в массиве и необходимости с особым вниманием относиться к рекомендациям по проходке тоннеля в условиях, угрожаемых по горным ударам.

Величину напряжений можно оценить по значениям фиксируемых деформаций. Оценивая порядок полученных относительных деформаций в стенках тоннеля в точках 9–11, 10–11, 10–12, 12–13, 13–14, достигающих $\varepsilon = (-2,554) \times 10^{-4}$ ед. отн. деф., что соответствует абсолютной деформации 0,255 мм/м, и исходя из средних для ийолит-уртитов значений модулей упругости пород в пределах $E = (7,5-9,68) \cdot 10^4$ МПа, доля реализуемых на нарушении действующих напряжений составит: $\sigma_x = E \cdot \varepsilon = (19,1-24,7)$ МПа. Тогда, принимая для ийолит-уртитов $\sigma_{сж} = 184$ МПа, $\sigma_x / \sigma_{сж} = 24,7/184 = 0,13$. Полученная величина данного соотношения позволила отнести этот участок к неопасному по проявлению горного давления в динамических формах. Как показал следующий по дате цикл наблюдений (см. рис. 1), рост деформаций на данном участке больше не фиксировался. Суммарная деформация массива при этом, с учетом величины периметра тоннеля, равного 32 м, оценивается как $32 \times 0,255 = 8,16$ мм. Тогда, исходя из рекомендаций СНиП 11-94-80, определяющего состояние подземных выработок по устойчивости, и суммарных деформаций массива, участок Юкспорского тоннеля отнесен к вполне устойчивому (I категория устойчивости).

Еще одной поставленной задачей геомеханического мониторинга состояния массива является оценка качества буровзрывных работ в процессе проходки тоннеля. Она выполняется на основе совместного анализа данных натурных реометрических наблюдений параметров приконтурного массива – мощности нарушенной зоны (Н), коэффициента проницаемости (K_{ϕ}) и данных о величинах законтурных нарушений (переборов породы).

В отечественной практике строительства подземных сооружений оценка качества оконтуривания подземных горных выработок, как известно, осуществляется по нормативам СНиП, ограничивающим величину допустимых законтурных переборов в зависимости от конкретных условий проходки. В частности, например, СНиП III-44-77 предписывает следующие допустимые переборы при проходке буровзрывным способом для горных пород крепостью $f = 1-20$ по М. М. Протодяконову (табл. 1).

Методика оценки качества проходки основана на статистическом анализе фактических значений величин переборов породы. Обычно вся совокупность переборов характеризуется неоднородностью ее членов, выражающаяся в причинах их возникновения, которых две: непосредственно техногенные

Тип выработки	Переборы, мм, при коэффициенте крепости f		
	1–4	4–12	12–20
Тоннели	100	150	200
Стволы и штольни	75	75	100

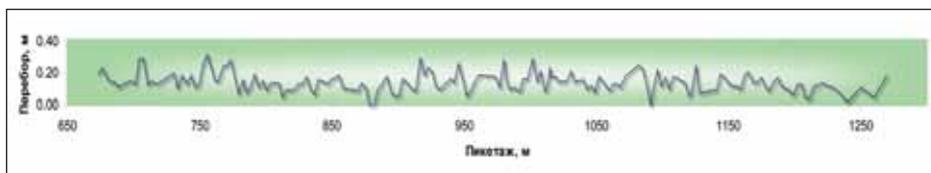


Рис. 2. Распределение величин средних значений переборов по трассе тоннеля

Выборка, м	Размер выборки	Среднее значение, м	Стандарт отклонения σ , м	Доверительный интервал, м	$(X_{\min} - X_{\max}), м$
0–0,34	172	0,142	0,0595	$\pm 0,011$	0,131–0,153

и переборы, возникающие вследствие структурной неоднородности массива пород, приводящей к возникновению отдельных вывалов. Влияние последней учитывается используя прием оценки совместимости группы значений переборов, превышающей некоторую величину X_{\max} , соответствующую заданной доверительной значимости при выборочной дисперсии для данного распределения (доверительный интервал).

Для решения задачи оценки качества проходки Юкспорского тоннеля статистическому анализу фактических значений величин переборов, предоставленных маркшейдерской службой предприятия СМУ-680, было подвергнуто 172 сечения с шагом «уходки», равным 3 м, в интервале пикетов ПК 1270–665 м. Численные значения величин средних отклонений от проектного контура изменялись в диапазоне $-0,165$ м до $0,34$ м, из которых при статистической обработке были исключены случаи (три случая) «недоборов». Распределение величин средних значений переборов по трассе тоннеля показано на рис. 2.

Результаты статистического анализа представлены в табл. 2. Расчеты выполнены для уровня значимости $\alpha = 0,01$, что соответствует доверительной вероятности 99 %.

Таким образом, как показали результаты обработки, переборы, превышающие величины $X_{\max} = 0,153$ м, обусловлены структурой массива.

На рис. 3 показана гистограмма распределения величин переборов с учетом выполненного статистического анализа.

Для оценки качества буровзрывных работ (БВР) принята трехуровневая шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно». В качестве первого критерия, определяющего допус-

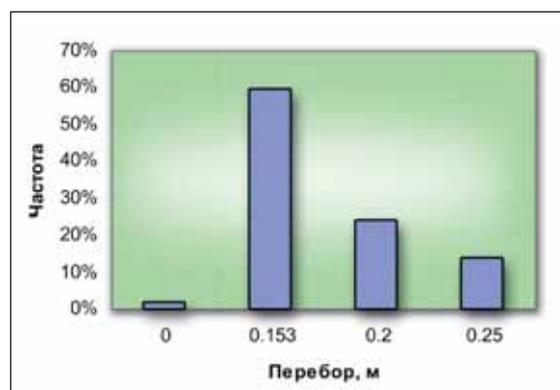


Рис. 3. Гистограмма распределения величин переборов Юкспорского тоннеля

тимую величину перебора, логично принять параметр буровых машин, характеризующий расстояние от центра буровой штанги до наружного выступа буровой установки и угла пространственной ориентировки контурных шпуров относительно оси выработки. Эта величина принята по габаритам применяемых гидроперфораторов типа ГЛ438 и ГЛ538, для которых она соответственно равна $b_1 = 100$ мм и $b_2 = 105$ мм. В этом случае при производстве БВР величина переборов не должна превышать $X \approx 0,1$ м по всему периметру выработки, образованному методом контурного взрывания с оценкой «отлично». Тогда, с учетом результатов статистического анализа и рис. 3, с оценкой «отлично» принимаются результаты проходки по величинам переборов, попадающие в расчетный доверительный интервал, т. е. $(0,131-0,153)$ м. С оценкой «хорошо», с учетом требований СНиП III-44-77 (табл. 2) – при значениях переборов в интервале $0,153 \text{ м} < X \leq 0,20 \text{ м}$. С оценкой «удовлетворительно» $0,2 \text{ м} < X \leq 0,34 \text{ м}$. Верхняя граница последнего интервала принята исходя из анализа накопленного опыта в условиях проходки выработок с использованием кон-

Таблица 3

Пикетаж по трассе тоннеля, м	Величина перебора, м	Мощность нарушенной зоны, h, м	Характеристика участка
1125	0,245	0,4	Зона окисленных пород
1082	0,245	0,2-0,4	Зона окисленных пород
1002	0,288	0,4-0,6	Зона повыш. трещиноватости пород
980	0,280	0,4	Зона повыш. трещиноватости пород
946	0,265	0,4	Зона повыш. трещиноватости пород
917	0,299	0	Отдельные трещины в массиве

турных зарядов ЗКВК 26 ОАО «Апатит» и объектов строительства ФГУП УС-30.

По результатам выполненного анализа качества БВР по величинам законтурных переборов, можно заключить, что проходка выполнена с оценкой «отлично» для 62 % трассы тоннеля, «хорошо» – 24 % и «удовлетворительно» – 14 %.

При оценке качества БВР при проходке тоннеля с позиций его устойчивости необходимо учитывать и параметры нарушенной зоны приконтурного массива, образованной в процессе строительства.

К числу наиболее простых и доступных инженерных методов контроля параметров нарушенной зоны приконтурного массива относится реометрический. В данном методе используются закономерности изменения параметров фильтрации сжатого воздуха через трещины в нарушенных массивах пород.

На контрольных участках массива оборудуют наблюдательные станции, состоящие из двух-трех параллельных шпуров в стенках выработки. Расстояние между шпурами принимается исходя из обеспечения необходимого режима истечения воздуха через трещины массива и обычно составляет 0,4–0,6 м. Количество наблюдательных станций определяется в зависимости от изменчивости геологической структуры участков, но не менее трех на каждом из них. На каждой наблюдательной станции в процессе измерений фиксируются мощность h нарушенной зоны (ЗНС) от контура выработки (ближайшее расстояние от контура при отсутствии утечек сжатого воздуха) и коэффициент проницаемости нарушенной зоны ($K_{n(i)}$, ати/м·мин). Последний определяется из выражения:

$$K_{n(i)} = \frac{\Delta P}{\Delta L \cdot t_i}, \quad (3)$$

где ΔP – падение давления в контрольном резервуаре на исследуемом участке, ати;

ΔL – длина отрезка шпура, находящегося под давлением, м;

t_i – время падения давления, мин.

Комплект аппаратуры для реализации реометрического метода довольно прост и включает измерительную штангу, оснащенную запорными резиновыми пакерами, аккумуляющую емкость для сжатого воздуха с манометром и комплект соединительных воздушных шлангов.

При выполнении измерений штанга размещается в шпуре наблюдательной станции, контрольный участок шпура герметизируется с помощью пакеров и в него нагнетается сжатый воздух. Таким образом, на каждой станции, исходя из замеренного режима истечения сжатого воздуха через трещины массива, определяется мощность нарушенной зоны от контура выработки и коэффициент проницаемости по формуле (3).

С помощью данного метода решаются задачи контроля устойчивости выработок при их проходке в сложных горно-геологических

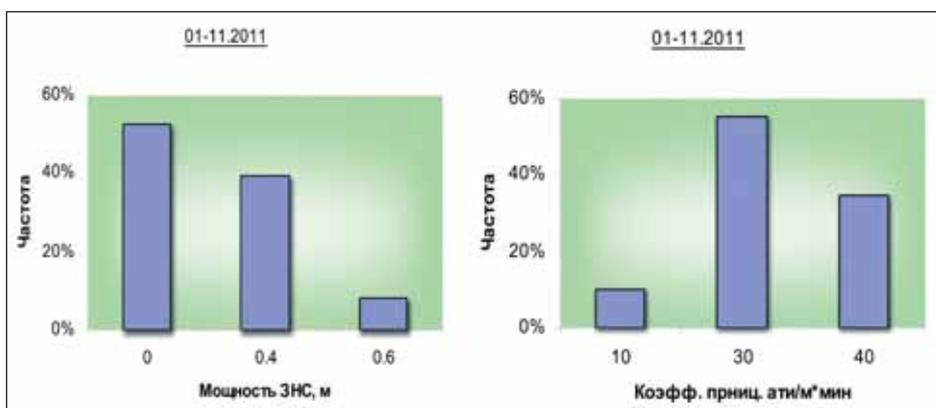


Рис. 5. Результаты реометрических наблюдений в Юкспорском тоннеле

ких условиях. Многочисленные наблюдения показали, что конфигурация нарушенной зоны обычно повторяет контур выработки, а ее мощность вглубь массива в подавляющем большинстве случаев не превышает 0,4 м при глубинах заложения выработок до 600 м и площадях поперечных сечений до 40 м². Эти результаты позволили обосновать количественный критерий устойчивости выработок в массивах скальных пород – мощность нарушенной зоны от контура выработки вглубь массива не более 0,4 м. Этот критерий можно распространить и на оценку качества БВР с отметкой «отлично». Как показывает многолетний опыт ведения реометрического мониторинга при проходке выработок, образование нарушенной зоны с мощностью, превышающей 0,4–0,6 м от контура выработки, как правило, связано в большей степени со структурой массива и наблюдается на участках повышено трещиноватых пород, тектонических нарушений и в окисленных зонах. Получаемые данные о мощности и проницаемости нарушенной зоны, таким образом, позволяют более адекватно выполнить оценку качества БВР на участках структурно нарушенных пород.

Кроме того, используя зависимость мощности нарушенной зоны приконтурного массива от фактора напряженности, можно качественно оценивать изменение напряженного состояния в зависимости от величин h по трассе тоннеля. Известно, что при прочих равных условиях, напряжения, действующие в массиве и не превышающие зна-

чений $(0,3-0,5) \times \sigma_{сж}$, способствуют снижению мощности нарушенной зоны.

На рис. 4 представлены результаты обработки данных измерений реометрическим методом в виде гистограмм распределения h и K_n за период март-ноябрь 2011 г. на 35 наблюдательных станциях.

Как видно из приведенных гистограмм, приконтурный массив Юкспорского тоннеля характеризуется наличием нарушенной зоны, мощность которой от контура выработки в 92 % случаев не превышает величину 0,4 м, что характеризует массив в целом как вполне устойчивый. Суммарное раскрытие трещин в пределах нарушенной зоны, судя по распределению коэффициентов проницаемости, близко к максимальному порогу чувствительности реометрической установки, составляющее первые миллиметры.

Совместный анализ варьирования мощности нарушенной зоны приконтурного массива по трассе тоннеля, величин законтурных переборов и геологии показал, что для участков по качеству проходки окисленных как «удовлетворительное» ($X > 0,2$ м), характерны повышенные значения величин h. Судя по полученным результатам совместной корреляции (табл. 3), становятся очевидны причины такой оценки – структурные нарушения массива, секущие трассу выработки.

Таким образом, организованный при проходке Юкспорского тоннеля геомеханический мониторинг состояния массива позволяет решать комплекс технологических вопросов, повышающий безопасность и эффективность проведения строительных работ.



КОНФЕРЕНЦИЯ «ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ»

22 и 23 сентября 2011 г. в Москве прошла конференция «Гидроизоляция подземных сооружений». Мероприятие объединило более 40 специалистов из разных городов России. На конференции были рассмотрены причины возникновения дефектов, ведущих к нарушению гидроизоляции зданий и сооружений.

Как известно, воздействие влаги на строительные конструкции ведёт к потере декоративного облика, появлению дискомфортных условий внутри помещений (плесень, сырость), к их затоплению, постепенному разрушению конструкций, что в дальнейшем может привести к полной потере несущей способности и обрушению.

Целью конференции было познакомить с различными способами решения задачи по гидроизоляции подземных объектов. На данный момент один из самых эффективных способов – это применение технологии инъектирования. С ее помощью можно решить любую задачу по устранению протечек, а также полностью восстановить внешнюю гидроизоляцию строительных конструкций.

Организаторами конференции были Центр бетонных технологий (ЦБТ) и компания MC-Bauchemie (Санкт-Петербург).

На открытии конференции менеджер ЦБТ Наталья Викторовна Козлова рассказала собравшимся об основных направлениях деятельности Центра:

– Центр бетонных технологий (ЦБТ) – учебный центр передовых строительных технологий, созданный в 2006 г. при финансовой поддержке немецкого правительства через инвестиционный фонд DEG (Deutsche Investitions-und Entwicklungsgesellschaft) и компании MC-Bauchemie Muller GmbH & Co KG.

Цель учебного центра – обучение инновационным строительным технологиям и особенностям применения современных строительных материалов.

ЦБТ организует и проводит семинары, тренинги, международные конференции и строительные форумы, целью которых является повышение качества строительных работ через передачу европейского опыта.

Обучение в ЦБТ ориентировано на участников строительного рынка, задействованных на всех этапах строительства:

- производителей бетонов, растворов, железобетона;
- специалистов по ремонту бетонных конструкций, их отделке;
- специалистов по проектированию ответственных сооружений.

Традиционные мероприятия, организуются ЦБТ:

- Германо-российский форум по бетону;



Участники конференции



Н. В. Козлова, менеджер ЦБТ



А. В. Дорошенко, менеджер проекта MC-Bauchemie

- научно-практическая конференция «Мосты и тоннели: обеспечение долговечности»;
- Международный симпозиум по защите сооружений питьевого водоснабжения;
- семинары по инъекционным технологиям;
- практические занятия по системам продуктов для облицовки, выравнивания полов, гидроизоляции помещений;
- семинары и конференции по бетоноведению.

От российского отделения немецкого концерна MC-Bauchemie выступил менеджер проекта Александр Васильевич Дорошенко:

– Продукция и технологии компании MC-Bauchemie представляют собой системы, предназначенные для комплексного решения строительных задач любой сложности, и применяются на всех этапах жизненного цикла строительного объекта: от проектирования и строительства до отделки, защиты и ремонта.

Компания развивает четыре бизнес-направления:

- Плитонит – сухие строительные смеси;

- Construction Chemicals – добавки для бетонов и растворов;
- Protection Technologies – системы продуктов для защиты и ремонта бетонных поверхностей;
- Botament – системы продуктов для отделки и ремонта, предназначенные для решения специальных задач.

Компания MC-Bauchemie (Россия) создана в 2001 г. на базе группы компаний «ОТЛИ» (Россия) и концерна MC-Bauchemie (Германия).

Немецкий концерн MC-Bauchemie, специализирующийся на производстве материалов строительной химии, основан в начале 1960-х гг. В течение многих лет он является признанным мировым лидером в таких областях строительства, как «защита поверхностей» и «защита бетонов».

Деятельность «ОТЛИ» началась в ноябре 1996 г. на базе небольшого производства с выпуска клея для керамической плитки под торговой маркой «Плитонит». Благодаря грамотным маркетинговым действиям, активной научно-исследовательской работе и вниманию к качеству всей выпускаемой про-

дукции фирма «ОТЛИ» смогла стать лидером в Северо-Западном регионе среди отечественных производителей.

В ходе мероприятия компания MS-Vauchemie продемонстрировала гидроизоляционные материалы и оборудование для инъектирования.

На конференции с большим интересом были заслушаны доклады:

- Н. М. Ивановой, ведущего научного сотрудника филиала ОАО ЦНИИС НИЦ «Тоннели и метрополитены» на тему «Опыт применения гидроизоляционных материалов на строительстве транспортных тоннелей и подземных сооружений»;

- Л. М. Добшица, профессора МИИТа – «Гидроизоляция подземных гражданских и транспортных сооружений с использованием герметиков на минеральной основе»;

- В. С. Гончарова, коммерческого директора ЗАО «Триада-Холдинг» – «Опыт выполнения гидроизоляционных работ подземных сооружений»;

- В. В. Гончарука, технолога ООО «Гидроизоляционные системы» – «Ликвидация течей в подземных сооружениях. Практический опыт: гостиница «Минск», Москва»;

- А. В. Ургатова, генерального директора ООО «Рембет» – «Опыт применения тугопластичных полиуретанов в подземном строительстве» и др.

Несколько докладов о прогрессивных инъекционных материалах и технологиях представили специалисты компании MS-Vauchemie.

В центре Москвы находится уникальный, один из некогда самых засекреченных военных объектов СССР – Запасной Командный Пункт «Таганский» (ГО-42). Это огромное сооружение (около 7000 м²), расположенное на глубине 60 м, было построено в 1950-х гг.

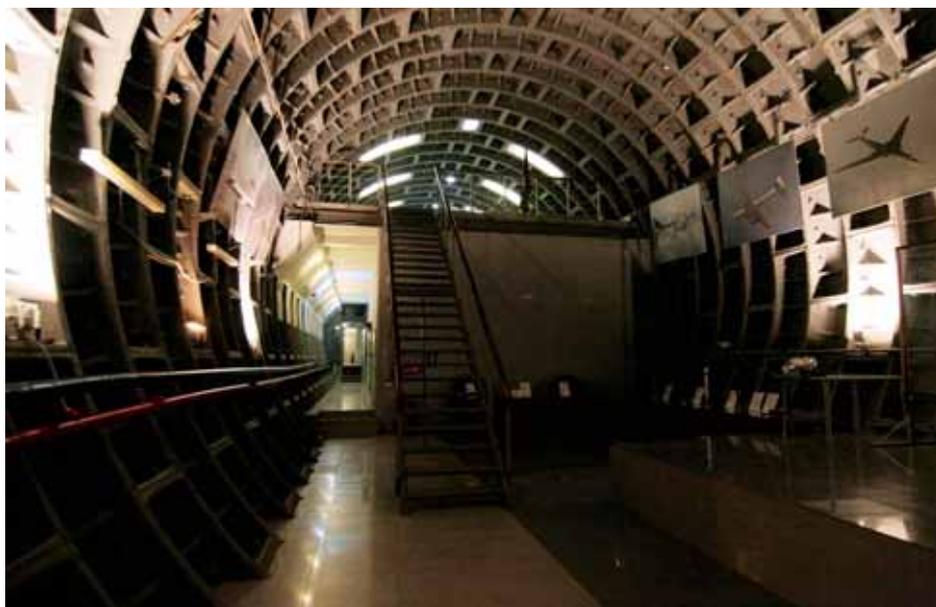
В рамках конференции была организована экскурсия на этот объект, где был продемонстрирован опыт подрядной организации ЗАО «Пирсцентр» по проведению гидроизоляционных работ на большой глубине.

Экскурсионная программа включала также осмотр секретных тоннелей, защищенных от всех факторов поражения ядерным оружием. Был представлен также эксклюзивный фильм о периоде «холодной войны», показывающий насколько близка была опасность 3-й Мировой войны. В ходе экскурсии ее участники смогли почувствовать себя частью этого объекта, узнали как работал и жил персонал и увидели удивительную архитектуру легендарного сооружения. Музей включает в себя также экспозицию, где представлены образцы оружия и средства связи Вооруженных сил СССР.

Конференция прошла с большим успехом. Ее участники имели возможность общения друг с другом и поделиться своим опытом в проведении гидроизоляционных работ.



Демонстрация гидроизоляционных материалов и оборудования для инъектирования



Запасной командный пункт «Таганский» (ГО-42)



Осмотр места, в котором компанией MS-Vauchemie производились инъекционные работы

НОВОЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА

Н. Г. Кириллов, д. т. н., заслуженный изобретатель РФ, академик АВН

А. Н. Лазарев, к. т. н., доцент, академик МАИ

А. В. Яковлев, соискатель, Военный инженерно-технический институт, Санкт-Петербург

Проблемы создания подземных хранилищ СПГ в России

Рост мирового производства и потребления природного газа и все возрастающая их роль в системах топливной энергетики и газоснабжения привели к интенсивному развитию современной инфраструктуры и рынка сжиженного природного газа (СПГ). В настоящее время сектор СПГ является одним из самых динамичных в энергетической отрасли: мировое потребление сжиженного газа растет на 10 % в год, тогда как обычного (газопроводного) только на 2,4 %. Согласно прогнозам экспертов, в 2020 г. доля СПГ в мировой торговле газом уже составит около 35 % (в 1970 г. – 3 %), в 2030 г. на долю СПГ придется уже около 60 % мировой торговли природным газом.

Перспективы производства СПГ в РФ связаны с решением проблем освоения шельфовых месторождений, а также с использованием сжиженного природного газа в качестве моторного топлива на транспорте. В технологической цепи всего процесса производства и применения сжиженного природного газа (сжижения, хранения, регазификации и распределения) одним из наиболее ответственных элементов являются хранилища (резервуары) СПГ, поскольку на их долю приходится значительная часть материальных и трудовых затрат. Необходимо отметить, что в настоящее время за рубежом уже достигнут высокий научно-технический уровень в создании надежных и эффективных конструкций резервуаров СПГ больших объемов.

Однако столь большая концентрация СПГ, являющегося веществом с повышенной пожаро-взрывоопасностью, на относительно небольших площадях хранилищ обуславливает серьезную проблему обеспечения пожарной безопасности такого рода объектов. Все это вызывает необходимость детальной проработки проблемы обеспечения пожарной безопасности хранилищ СПГ при аварийных разливах и разгерметизации, вызванных внешними воздействиями (стихийные бедствия, диверсии и т. п.). В связи с этим, в последнее время становится актуальным направление создания подземных хранилищ СПГ, которые обладают значительно более высокими характеристиками пожаро- и взрывобезопасности. Наиболее перспективным данное направление является для создания хранилищ небольшого объема в целях перевода систем автономной энергетики и транспорта на сжиженный природный газ как альтернативный вид топлива. Это связано с тем, что в этих случаях предъявля-

ются более жесткие требования к противопожарному нормированию при размещении хранилищ по отношению к населенным пунктам и промышленным объектам. Подземные хранилища СПГ исключают крупномасштабный разлив продукта, и поэтому с точки зрения безопасности являются оптимальными.

Кроме этого, подземные хранилища позволяют в оптимальных условиях сохранить большие объемы СПГ, не расходуя дополнительную полезную площадь на размещение резервуаров. Их конструкция в верхней части позволяет обеспечить простой и удобный доступ к хранилищу сжиженного природного газа и практически исключает возможность серьезного его повреждения и разлива продукта при всех предусмотренных технологией режимах эксплуатации.

Немаловажным аспектом, обосновывающим перспективность создания подземных хранилищ СПГ, является экономическая компонента. Так, исследования, проведенные скандинавскими учеными, доказали, что подземные хранилища углеводородов объемом более 40 тыс. м³ являются более экономически выгодными и безопасными по сравнению с наземными. Технико-экономические расчеты показывают, что при сооружении подземных хранилищ расход листового стали сокращается до 20–25 кг на одну тонну хранимого продукта, стоимость строительства снижается в 1,5–3,5 раза, эксплуатационные расходы – в 2–5 раз.

Однако анализ зарубежного опыта показывает, что создание современных, высокоэффективных подземных хранилищ СПГ является весьма сложной технической задачей, требующей качественного прогноза и всестороннего анализа гидрологических, термомеханических и тепломассобменных процессов во вмещающем массиве грунта, сопряженной теплопередачи в конструкции хранилища, являющейся композицией различных видов теплоизоляционных и строительных материалов, а также теплового взаимодействия паровой и жидкой фаз сжиженного газа с поверхностью внутренней емкости.

Необходимо отметить, что в 70–80-х гг. прошлого века в бывшем СССР были проведены достаточно серьезные научно-исследовательские работы по определению перспективности использования СПГ в народном хозяйстве. Однако вследствие социально-экономического кризиса в России конца прошлого века исследования по развитию технологий получения и хранению сжиженного природного газа были практически полностью свернуты, а

многие научно-исследовательские и проектно-конструкторские организации, работавшие в данной области, прекратили свое существование. В виду этого в настоящее время наметилась явная тенденция отставания отечественной науки и промышленности от развитых стран мира в вопросах создания развитой инфраструктуры СПГ. Особенно ярко это проявилось в вопросах создания современных систем хранения сжиженного природного газа различного функционального назначения. Возведение хранилищ СПГ при реализации проекта по строительству завода СПГ на о. Сахалин показало, что в настоящее время российская промышленность не обладает научно-техническим потенциалом для их создания и вынуждена прибегать к услугам зарубежных компаний для решения данных вопросов.

Безусловно, проблема отсутствия отечественного опыта, а также теории проектирования и создания конкурентоспособных по своим параметрам с лучшими мировыми образцами отечественных стационарных хранилищ СПГ должна быть решена в ближайшее время. В связи с этим, в настоящее время в институте проводятся научно-исследовательские работы по решению данной проблемы. Основными направлениями этих работ являются:

- анализ мирового уровня техники в области создания стационарных хранилищ СПГ;
- разработка методологических основ расчета строительных конструкций подземных хранилищ СПГ;
- экспериментальные исследования различных теплоизолирующих материалов и строительных конструкций для стационарных хранилищ СПГ и др.

Патентные исследования в области создания стационарных хранилищ СПГ

Для изучения современных достижений в области создания стационарных систем хранения СПГ, а также для определения оптимальных конструктивных решений основных элементов хранилищ, возникла необходимость проведения патентных исследований в данной области техники. В результате было выявлено 620 заявок на изобретения, что позволило проанализировать изобретательскую деятельность 96 фирм из 13-ти стран мира, работающих в области создания хранилищ СПГ.

В табл. представлены фирмы, обладающие наибольшим количеством заявок по данной тематике, выявленные при статистической обработке информационного патентного массива.

Распределение массива охранных документов по фирмам дает возможность опре-

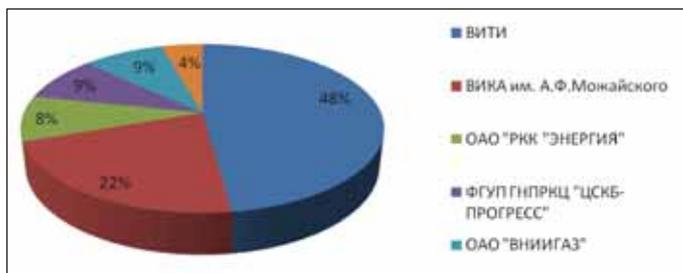


Рис. 1. Процентное соотношение количества заявок в области хранилищ СПГ, поданных российскими компаниями

Таблица

Фирма	Количество поданных заявок
ISHIKAWAJIMA HARIMA	64
KAVASAKI ДЗЮКОГЕ КК	51
TOKE GACU КК.	29
SHIMIZU CONSTRUCTION	23
NIPPON KOKAN КК	22
OSAKA GAS CoLtd	19
ТАЙСЭЙ КЭНСЭЦУ КК	19
МИЦУБИСИ ДЗЮКОГЕ КК	15
ISHII TEKKOSTO	15
MITSUBISHI HEAVY Ltd	15
KAJIMA Corp.	14
OBAYASHI GUMI	14
TOKYO GAS CoLtd	14
LINDE AG	12
SHELL OIL Company	12
ХИТАТИ ДЗЕСЭН	12
ВИТИ (Россия)	11
KAWASAKI HEAVY Ing	10
PRAXIAIR TECHNOLOGY	9
L'AirLiquide	8
GasTransportEtTechnigat	8

делить их вклад в развитие этой области техники. В основном, это японские и американские компании. Однако в данный список попала только одна российская организация – Военный инженерно-технический институт (Санкт-Петербург).

Необходимо отметить, что в настоящее время этот вуз является основным разработчиком технических решений в области стационарных хранилищ СПГ. В последнее время учеными ВИТИ разработаны, поданы заявки и получены патенты РФ на 11 технических решений в данной области. Это составляет более 47 % от всего объема заявок, сде-

ланных в России с 1970 г. (рис. 1).

Значительный интерес при проведении патентных исследований представляет анализ направлений разработок по основным элементам стационарных хранилищ СПГ, и первую очередь, соотношение между количеством технических решений по крышам, стенам, фундаментам и технологическим системам хранилищ. На рис. 2 представлена динамика патентования по данным элементам за период с 1970 по 2010 г.

Обширная база данных, полученная в ходе выполнения патентных исследований, позволила авторам предлагать эффективные решения по созданию подземных хранилищ сжиженного газа из современных строительных материалов.

Натурные экспериментальные исследования модели подземного хранилища СПГ

Ввиду новизны для отечественной промышленности проблемы создания подземных хранилищ сжиженного природного газа в настоящее время требуется экспериментальная проверка таких аспектов, как учет многослойности и разнородности конструкций хранилища и окружающего грунта; разрывности теплофизических характеристик и их зависимость от температуры и влажности; фазовых превращений при замерзании (оттаивании) крупно- и мелкодисперсных грунтов, а также грунтовой влаги, замерзание которой может протекать в широком интервале отрицательных температур и др.

Подземное криогенное хранилище представляет собой, в физическом смысле, сложную систему различных сред (СПГ в жидко-парогазовой фазе, металл в криогенных условиях, теплоизоляция, специальный железобетон, грунт в естественном состоянии и в фазе замерзания), находящихся под воздействием интенсивных тепловых потоков, фазовых превращений и механических нагрузок. Для этого комплекса сред и воздействий не существует строгого и полного математического



Рис. 2. Динамика патентования по основным элементам хранилищ СПГ с 1970 по 2010 г.

решения, они имеются лишь для отдельных процессов, таких как задачи теплопроводности, промерзания грунта, влияющего на сооружение, поведения его конструктивных элементов при воздействии температуры и др. Экспериментальное исследование этой сложной системы поможет определить влияние различных процессов во взаимодействии друг с другом и позволит создать более адекватную физико-математическую модель для теоретических исследований. Одним из важных направлений экспериментальных исследований является изучение динамики теплопритоков к подземным криогенным хранилищам и распространения температурных полей в окружающем массиве грунта.

Для проведения натурных экспериментальных исследований была создана модель криогенного резервуара СПГ, представленная на рис. 3.

Внешняя стенка резервуара изготовлена из фибробетоносил (ФБС), внутренний контейнер выполнен из нержавеющей стали марки 12Х18Т10Т толщиной 1 мм. В пространство между внешней стенкой и внутренним контейнером засыпался утеплитель – стеклянные микросферы, диаметр которых составлял до 0,7 мм, толщина слоя 50 мм.

Необходимо отметить, что до настоящего времени в мировой практике создания криогенных хранилищ фибробетоносил не применялся. Поэтому одной из целей натурного эксперимента являлось исследова-

Рис. 3. Модель подземного резервуара СПГ объемом 0,03 м³



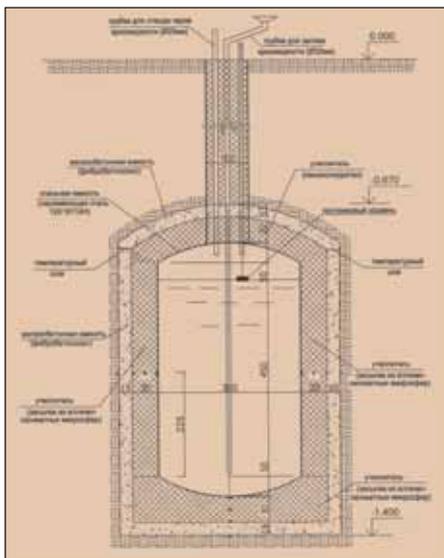


Рис. 4. Разрез модели ПХ СПГ в испытательном стенде



Рис. 5. Установка модели в испытательный стенд

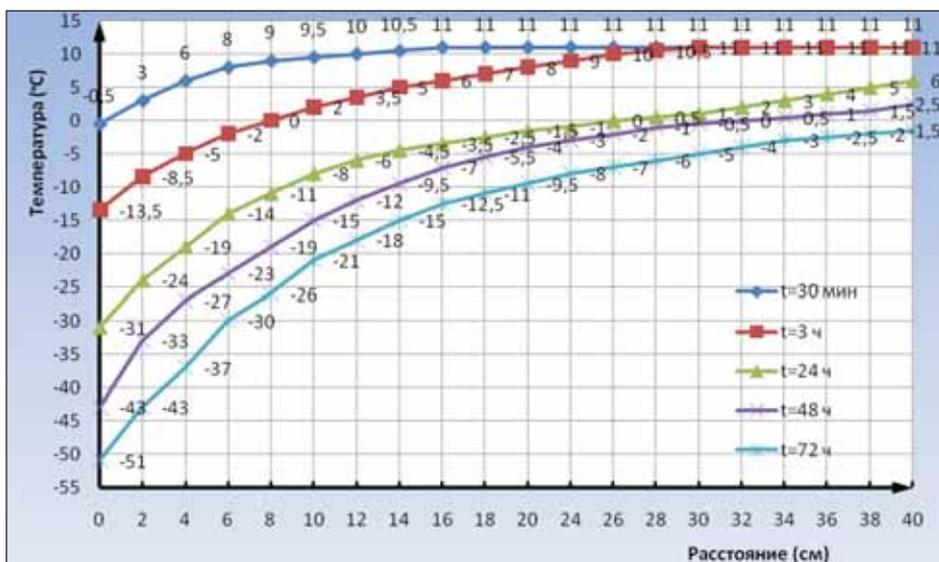


Рис. 6. Распределение температуры в массиве грунта в различные моменты времени

ние новых конструктивных материалов. Фибробетоносил – это мелкозернистый бетон плотной структуры на основе портландцемента и плотного мелкого заполнителя, модифицированный добавками аморфного кремнезема и модифицированного бетона МБ-01, в состав которого входят эти добавки, дисперсно армированный стальными волокнами.

Кроме этого, в модели предусмотрены три технологические трубки, изолированные пенопластом диаметром 32 мм для залива криогенной жидкости (криожидкость, криопродукт), 25 мм для выхода паров криожидкости и 25 мм – для измерения уровня криопродукта. Для проведения экспериментальных исследований был разработан и создан специальный стенд с размерами в плане 4×4 м с грунтом глубиной 3,8 м (рис. 4).

Определение напряженно-деформированного состояния первичной и вторичной емкостей модели резервуара в процессе эксперимента осуществлялось электрическими тензодатчиками. Для измерения деформаций

использована зависимость между деформацией омическим сопротивлением, при действии низкой температуры применялись терморезисторы особой конструкции – термокомпенсированные.

После установки тензорезисторов модель опускалась в стенд кран-балкой с последующей послойной засыпкой грунтом (рис. 5).

Для определения температурных полей в ближайшей зоне массива грунта вокруг экспериментальной модели была изготовлена конструкция из 20 платиноиридиевых термопар, которая располагалась вплотную к модели, в нижней трети ее высоты. В массиве грунта на расстоянии 10 см от модели, шагом 15 см и глубиной посадки 1 м, были расставлены термопары хромель-копелевые (ТХК). Они подсоединялись к светолучевому осциллографу Н071.4 м, который фиксировал отклонение луча с заданным интервалом времени.

В целях повышения безопасности в модель заливался не СПГ, а сжиженный азот с температурой кипения $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В результате проведения экспериментальных исследований получено распределение температуры $T\text{ (}^{\circ}\text{C)}$ в грунте испытательного стенда по его продольной оси «X» в различные моменты времени эксперимента.

Распределение температурных полей в ближайшей зоне массива грунта вокруг экспериментальной модели зафиксировано конструкцией из 20 платиноиридиевых термопар, расположенных вплотную к модели в нижней трети ее высоты, представлено на рис. 6.

Основными результатами натурных испытаний модели подземного хранилища СПГ являются следующие положения.

1. Определены закономерности формирования теплового режима во вмещающем массиве грунта и сопряженной конструкции подземного хранилища в условиях нестационарного и установившегося режимов.

2. Получены зависимости формирования полей деформаций и напряжений в конструктивных слоях многослойной обделки емкости хранилища при различных режимах функционирования.

3. Оценено влияние промерзающего грунта приконтурной зоны на напряженно-деформированное состояние емкости подземного резервуара.

4. Впервые в мире установлена перспективность использования фибробетоносил для создания конструкций подземных низкотемпературных резервуаров для хранения сжиженного природного газа.

Кроме этого, на основе результатов экспериментальных исследований был сделан ряд серьезных выводов, которые могут оказать существенное влияние на создание реальных подземных хранилищ СПГ на территории РФ.

Так, для подземных криогенных хранилищ одним из наиболее важных факторов, во многом определяющих выбор площадки строительства, особенности конструкции резервуаров и методы их сооружения, является уровень грунтовых вод. При создании подземных криогенных хранилищ необходимо учитывать также проблемы, связанные с промерзанием вмещающего массива грунта. Некоторые типы грунтов склонны при замерзании к значительному объемному расширению (пучению), что может привести к развитию опасных воздействий на хранилище со стороны промерзающего грунта. Поэтому способы проектирования и возведения подземных низкотемпературных хранилищ должны выбираться в соответствии с геотехническими особенностями региона строительства.

Кроме этого, использование результатов экспериментальной работы позволило проверить точность и подтвердить релвантность разработанных математических моделей расчета подземных хранилищ СПГ. Результаты сравнения показывают, что разработанные математические модели теплового взаимодействия низкотемпературных изо-термических хранилищ с массивом грунта достаточно точно отражают реальный процесс и могут быть рекомендованы для практического применения.

ТОННЕЛЬНЫЙ АВТОПОЕЗД TSP

TSP – это транспортное средство на резиновых шинах, способное доставить в строящийся тоннель: комплект блоков для одного кольца; один смесительный бункер объемом 12 м³.

По желанию, на платформе можно установить гидравлически управляемый кран, стрелу с ковшом, вагончик для 20-ти человек.



Основные технические данные TSP

Диаметр тоннеля: от 6 до 15 м
Грузоподъемность: от 60 до 160 т
Вес: от 25 т
Ширина: от 1.70 м
Радиус поворота: 50 м
Макс. скорость вверх по уклону 5,5 %: 15 км/ч
Макс. скорость по горизонтальному полу в нагруженном состоянии: 16 км/ч
Макс. скорость в ненагруженном состоянии: 18 км/ч
Двигатель: CAT C9.3 242 кВт при 2100 об/мин.

TSP – это автотранспортное средство, имеющее множественный привод и характеризующееся хорошим сцеплением с дорогой и трансмиссией с максимальным крутящим моментом.

Использование резиновых шин позволяет: уменьшить затраты на топливо, вентиляцию, рельсы и их содержание; сократить срок ввода тоннеля в эксплуатацию; работать совершенно безопасно.

TSP обеспечивает: повышенную безопасность против скольжения; возможность преодолевать участки с большим уклоном; более надежную и управляемую тормозную систему.

Множественный привод, независимая подвеска, система противоскольжения обеспечивают: способность двигаться по сильно загрязненной поверхности (бентонит, грязь, вода); способность двигаться по неровной поверхности (изменение уклона, разница уровней блоков в стыке, ступеньки); способность преодолевать ступеньки высотой около 150 мм; уменьшенную нагрузку на колеса; отличную приспособляемость к условиям в тоннеле и на поверхности.

Коэффициент использования на известных нам строительных объектах: 95 %.



ZI La Saule BP 111
FR-71304 Montceau cedex, France

Tel : +33(0)3 85 57 01 34
Fax : +33(0)3 85 57 88 73
info@metalliance-tsi.com
www.metalliance-tsi.com

Представительство в России:
107078, Москва,
ул. Новорязанская, 16, оф. 20
Тел.: (495) 724-74-81
Факс: (499) 265-79-5
e-mail: metrotunnels@yahoo.com

ПУТИ РЕШЕНИЯ ВОПРОСА ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ РЕЛЬСОВ ДЛЯ МЕТРОПОЛИТЕНОВ ПРОИЗВОДСТВА ЕВРАЗ ЗСМК

В. В. Гаврилов, начальник отдела по сертификации ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК»

Важнейшее требование потребителя к изделию – необходимый уровень его качества.

Качество продукции – это совокупность свойств, которые отражают безопасность, новизну, долговечность, надежность, экономичность, эргономичность, экологичность и обеспечивают удовлетворение потребительскому назначению.

Качество создается на всех этапах жизненного цикла продукции: проектирования, разработки НД, изготовления и эксплуатации.

Какие же рельсы нужны метрополитенам?

Короткие интервалы движения поездов, высокая грузонапряженность, агрессивные среды в метрополитене определяют тяжелые условия работы рельсов. При эксплуатации на грузонапряженных участках пути в кривых малого радиуса наблюдается повышенный износ поверхности катания и рабочей выкружки головки (рис. 10, рис. 11 по НТД/ЦП-2-93). В этих условиях рельсы должны обладать износостойкостью, усталостной прочностью, высокой сопротивляемостью хрупкому излому, низкими внутренними напряжениями и высокой долговечностью. Положение дел усугубляется, если на линию выходит подвижной состав с несбалансированными по мощности мотор-вагонами (приводит к неравномерному въезду колес в кривую и ударам) и колесами, имеющими отклонения по окружности катания и измененным радиусом профиля.

В настоящее время на путях метрополитенов уложены в основном рельсы типа Р50 – 1563,30 км (77,5 %) и Р65 – 310,73 км (15,4 %). Поэтому далее будем говорить только о первых.

Данные о производстве и отгрузке потребителям рельсов типа Р50 за последние десять лет ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» (до июля 2011 г. ОАО «НКМК») представлены в табл. 1. Основные их потребители категории Н (нетермообработанные) – метрополитены и ОАО «РЖД». Однако по специальному заказу Вьетнама в 2006 г. была разработана технология термообработки рельсов типа Р50, и за последние годы ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» отгрузило более 10 тыс. т категории Т1 (термообработанных).

В многочисленных исследованиях специалистов ОАО «ВНИИЖТ» отмечалось, что основная причина возникновения дефектов на рельсах при эксплуатации – это низкая контактно усталостная прочность металла. Один из путей решения этой проблемы –

Производство рельсов Р50 и отгрузка потребителям

Таблица 1

Год	Производство	В т. ч.	
		для метрополитенов, категория Н (нетермообработанные)	заказ Вьетнама, категория Т1 (термообработанные)
2002	11212,1	1610,0	–
2003	5181,3	1486,0	–
2004	7289,6	3690,0	–
2005	17525,0	6800,0	–
2006	14524,0	8400,0	967,0
2007	17520,2	8820,0	–
2008	13770,4	9353,0	–
2009	14090,7 +281	9700,0	2203,2
2010	18806,1	8821,0	4607,0
2011	16130,1	5047,0	3876,2

производство рельсов из металла, легированного хромом, а также повышение чистоты металла. Такая марка стали есть в ГОСТ Р 51685-2000 – Э78ХСФ. Также были разработаны и утверждены ТУ 0921-154-01124328-2004 «Рельсы железнодорожные типов Р50 и Р65 для метрополитена», в которые была включена марка стали Э76ХФ. В 2009 г. рельсы типа Р50, произведенные из марки стали Э78ХСФ, были сертифицированы в Центре технической компетенции. Опытная их партия была отправлена на Московский и Петербургский метрополитены, где они были уложены в звеньевой путь и находятся под особым наблюдением. Замечаний по хромистым рельсам пока не отмечено.

Как видно из табл. 1 хромистые рельсы ЕВРАЗ ЗСМК больше не производил и метрополитенам не поставлял. Причина – невозможность подбора режимов сварки и термообработки сварного стыка в условиях метрополитенов.

Это было отмечено на 10-й рельсовой комиссии метрополитенов, которая проходила в октябре 2010 г. в Москве. Однако на следующей комиссии в октябре 2011 г. в г. Баку представителями ЗАО «Псковэлектросвар» было заявлено, что вопрос сварки любых рельсов, в т. ч. хромистых и термоупрочненных, решаем и для этого есть все необходимые условия.

Далее представлена динамика изменения качественных характеристик рельсов производства ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК» за последние десять лет.

Средние массовые доли химических элементов и средние значения механических свойств разрывных образцов при испытании на растяжение, результаты замеров твердости за период с 2003 по 2011 г. приведены в табл. 2 и 3.

За данный период:

- снижено содержание вредных элементов (сера, алюминий);
- значительно уменьшена загрязненность рельсового металла неметаллическими включениями, о чем говорит содержание кислорода (снижение с 30–40 до 10–15 ppm);
- снижено содержание водорода с 4–5 до 0,5–1,5 ppm;
- рельсы, произведенные по техническим условиям, имеют более высокие прочностные и пластические свойства по сравнению с рельсами, произведенными по ГОСТ.

Из данных табл. 3 следует выделить рельсы, произведенные из стали марки Э78ХСФ категории Н (нетермообработанные) и из стали марки Э76ХФ категории Т1 (термообработанные). Очевидно, что хромистые рельсы имеют значительно более высокие значения прочностных, пластических свойств и твердости по сравнению с обычными рельсами, и практически находятся на нижнем уровне требований ГОСТ Р 51685-2000 для рельсов категории Т1. Что касается рельсов категории Т1, то их эксплуатация в условиях метрополитенов требует тщательного изучения, тогда как хромистые рельсы (в том числе и сварные стыки) прошли успешные испытания в условиях Октябрьской

Таблица 2

Химический состав рельсов типа Р50

Тип рельсов, категория марка	Период производства, год	Массовая доля химических элементов, %										O, ppm	H, ppm
		C	Mn	Si	P	S	Al	V	Cr	Ni	Cu		
Р50 Н Э76Ф	2003–2007 ГОСТ	0,75	0,86	0,32	0,014	0,011	0,005	0,04	0,09	0,08	0,13	35	
Р50 Н Э76Ф	2005–2008 ТУ	0,76	0,86	0,34	0,013	0,010	0,004	0,06	0,08	0,08	0,12	25	
Р50 Н Э78ХСФ	2009 ГОСТ	0,77	0,78	0,43	0,016	0,005	0,003	0,06	0,54	0,09	0,15	–	
Р50 Н Э76Ф	2009–2011 ГОСТ	0,76	0,86	0,32	0,015	0,008	0,002	0,04	0,09	0,08	0,12	14	1,1
Р50 Т1 Э76Ф (для Вьетнама)	2011 ГОСТ	0,76	0,88	0,31	0,016	0,007	0,002	0,04	0,09	0,08	0,13	12	1,2
Требования ГОСТЭ78ХСФ		0,74–0,82	0,75–1,15	0,40–0,80	не более			0,05–0,15	0,40–0,60	Ni+Cu н. б. 0,35		не более	
					0,025	0,025	0,005					20	2,0
Требования ГОСТЭ76Ф		0,71–0,82	0,75–1,15	0,25–0,60	не более			0,03–0,15	Н. б. 0,15 Cr и Ni; Н. б. 0,20 Cu; Cr+Ni+Cu н. б. 0,40		не более		
					0,025	0,025	0,005				20	2,0	
Требования ТУЭ76Ф		0,71–0,82	0,75–1,15	0,25–0,60	не более			0,05–0,15	0,05–0,25	0,05–0,25	0,05–0,25	–	–
					0,020	0,020	0,015						

Таблица 3

Механические свойства и твердость рельсов типа Р50

Тип рельсов, категория марка	Период производства, год	Механические свойства при растяжении				Ударная вязкость, КСУ +20 °С	Твёрдость поверхности катания головки, НВ
		σ_t	σ_b	δ_5	ψ		
		Н/мм ²		%			
Р50 Н Э76Ф	2003–2007 ГОСТ	640,9	1063,5	8,0	12,8		321,8
Р50 Н Э76Ф	2005–2008 ТУ	655,7	1075,1	10,1	13,8		322,2
Р50 Н Э78ХСФ	2009 ГОСТ	768,5	1170,0	8,9	21,8		341,1
Р50 Н Э76Ф	2009–2011 ГОСТ	644,2	1064,2	8,7	14,4		322,6
Р50 Т1 Э76Ф (для Вьетнама)	2011 ГОСТ	890,0	1248,3	13,2	41,3	42,1	370,5
Требования ГОСТ	Категория Н	–	Н. м. 900	Н. м. 5	–		–
	Категория Т1	Н. м. 800	Н. м. 1180	Н. м. 8	Н. м. 25	Н. м. 25	341–401
Требования ТУ категория Н		–	Н. м. 1032	не менее 6	–	–	–

ж. д. и в условиях Экспериментального кольца ОАО «ВНИИЖТ».

Из вышесказанного напрашивается только один вывод: оптимальный вариант для эксплуатации в условиях метрополитенов это рельсы, легированные хромом с некоторыми дополнительными требованиями по прямолинейности и геометрическим размерам.

Для повышения качественных характеристик рельсовой продукции управляющая компания «ЕВРАЗ холдинг» вкладывает большие средства в развитие и модернизацию рельсового производства на ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК». Ниже представлены основные техни-

ческие мероприятия, проведенные за последнее время, и которые будут реализованы в ближайшие два года.

Пуск АКП1 (агрегат печь-ковил) – IV кв. 2004 г.

Реконструкция ДСП (дуговая сталеплавильная печь) – I кв. 2005 г.

Перевод печей ТООЗ РБЦ (закалочная и отпускные печи рельсобалочного цеха) на природный газ – II кв. 2005 г.

Пуск ПШБ РБЦ (печь с шагающими балками) – I кв. 2006 г.

Пуск АКП2 (агрегат печь-ковил) – II кв. 2006 г.

Установка разделения воздуха – I кв. 2007 г.

Вакууматор – II кв. 2008 г.

Первый этап реконструкции РБЦ (линия неразрушающего контроля; отрезные станки; правильные прессы) – IV кв. 2010 г.

Второй этап реконструкции РБЦ (замена стана с возможностью производства рельсов длиной до 100 м; линия отделки и обработки рельсов) – II кв. 2012 г.

Реконструкция ЭСПЦ (замена машины непрерывной разливки стали) – II кв. 2012 г.

Таким образом, можно говорить, что после завершения реконструкции рельсового производства метрополитены России и стран СНГ получат рельсы, удовлетворяющие их высоким требованиям.





ГРУНТОВЫЕ АНКЕРА

Винтовые

Прядевые

Фиберглассовые



Применение:

- крепление ограждений котлованов;
- крепление подпорных стен, оползневых склонов;
- устройство и усиление фундаментов анкерными сваями.