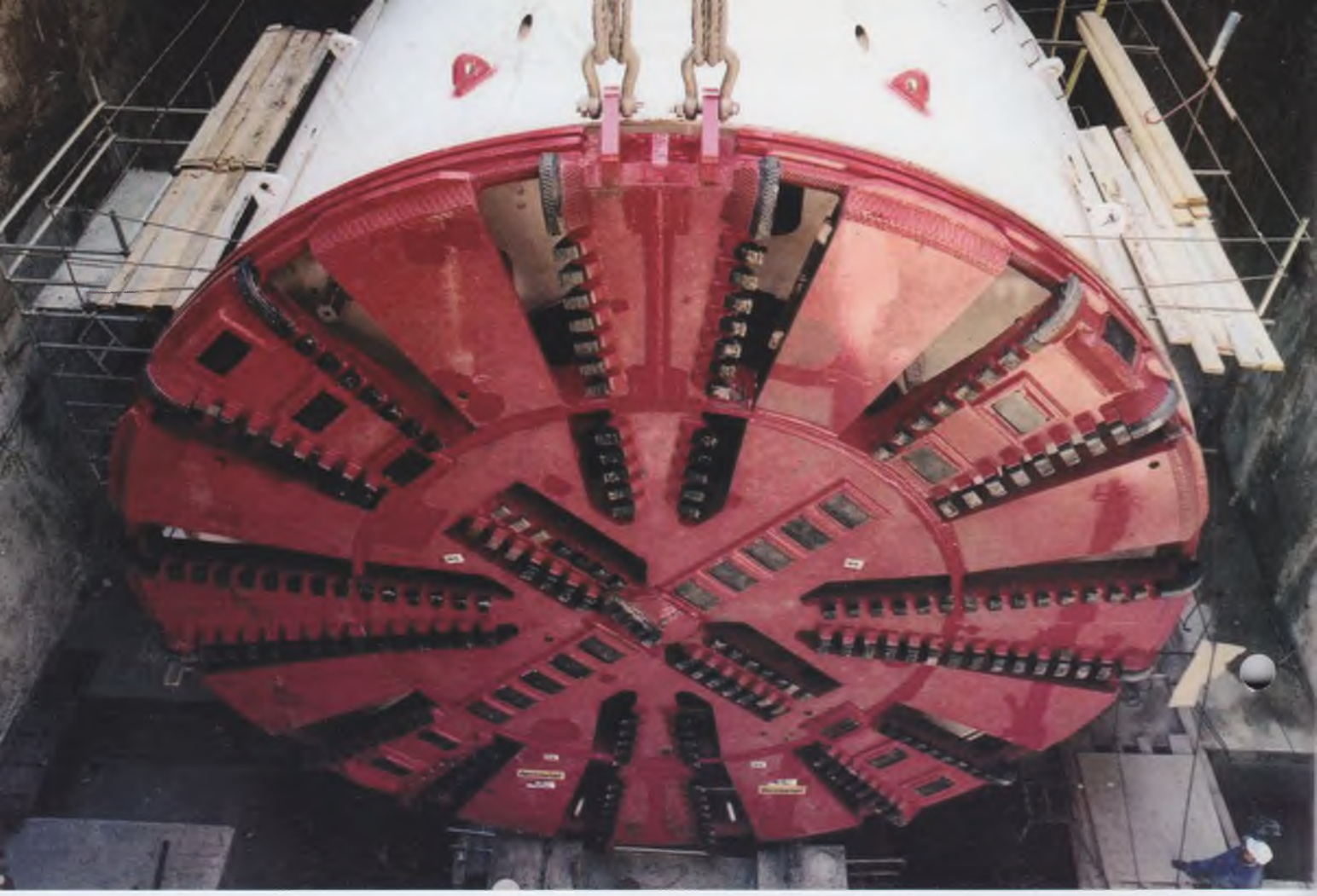


Дорога открыта...

Самая современная техника для строительства тоннелей

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

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

Свет в будущее в конце каждого нового тоннеля !

ТПМК для Лефортовского тоннеля Ø 14,2 м

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

ТПМК для скальных пород, Готтард, Щвейцария Ø 8.83 м

HERRENKNECHT
Tunnelvortriebstechnik

HERRENKNECHT AG
D-77963 SCHWANAU

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

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

HTTP://WWW.HERRENKNECHT.DE

Научно-технический и информационный журнал Тоннельной ассоциации России

Метро и тоннели

Учредители журнала

Тоннельная ассоциация России
Московский метрополитен
Московский метрострой
Мосинжстрой

Редакционный совет

Председатель совета
В. А. Брежнев

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

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

Редакционная коллегия:

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

Главный редактор
С. Н. Власов

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

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

Генеральный директор
О. С. Власов

Редактор
Г. М. Сандул

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

Фотографы:
А. В. Попов, М. Б. Брилинг

Журнал зарегистрирован Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов журнала только с письменного разрешения издательства
© ООО «ТА Инжиниринг», 2004

ТА Инжиниринг
РЕКЛАМНО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР

№ 3 2004

СОДЕРЖАНИЕ

Новости 3

Конференции
Всероссийская конференция в Екатеринбурге 4
Уральское отделение Тоннельной ассоциации России 5
Ю. И. Яровой

Строительство метрополитенов
Проблемы строительства метрополитена в Екатеринбурге 6
С. В. Ляхов
Екатеринбург: сооружение второго участка 1-й линии 7
Ю. И. Дозорец
Гидроизоляция тоннелей на Екатеринбургском метрополитене 9
А. В. Медведев
Особенности строительства Казанского метрополитена 10
В. А. Жданов
«Размыв»: сооружение тоннелей и укладка пути 14
Н. И. Кулагин, К. П. Безродный, М. Л. Покрывалов, А. Ю. Мичурин
Результаты геотехнического мониторинга в зоне «Размыв» 17
Н. И. Кулагин, К. П. Безродный, Ю. А. Крюковский

Коммунальные тоннели
Технологии сооружения коллекторных тоннелей 20
С. Н. Вьюшков, П. В. Соболев

«Херренкнехт АГ» представляет
Сен-Готард: мы должны пробиться 24

Бестраншейная прокладка коммуникаций
Бурошнековая установка РВА-200 26
В. И. Артемов

Метрополитены
Совещание руководителей служб Пути и Тоннельных сооружений метрополитенов 32
В. Ф. Иванов
Универсальная система вентиляции метрополитенов 33
В. А. Ярцев, В. К. Рожнева, Г. А. Говорковская
Новые поезда для Казанского метрополитена 34
П. В. Ефимов
Тенденции развития вагонов метрополитена 36
Ю. П. Солдатов
Отечественный тяговый асинхронный привод 38
А. И. Грицаев

Предприятия отрасли
ООО «Владес» 40
ООО «Транспорт» 41

Теория и практика
Расчет обделок тоннелей, сооружаемых горным способом в городских условиях 43
Н. Н. Фотиева, Н. С. Булычев, А. С. Самаль, П. В. Деев
Решение задач механики подземных сооружений 45
Т. К. Чурадзе, В. А. Тархнишвили, К. Т. Чурадзе, М. В. Грдзелишвили
Особенности работы обделки эскалаторного тоннеля 46
В. Н. Кавказский

Вопросы обучения кадров
Вопросы высшего инженерного образования 50
И. Г. Овчинников

ФОТО НА ОБЛОЖКЕ:
Станция «Геологическая» Екатеринбургского метрополитена

ВОЗМОЖНОСТЬ прорыва

МОЩЬ, СКОРОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ (ТПМК) ФИРМЫ «ЛОВАТ» ПОДТВЕРЖДЕНЫ РЕЗУЛЬТАТАМИ ПРОХОДКИ В САМЫХ СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

Тоннелестроители всего мира выбирают Ловат: пять поколений инженерного новаторства, 225 тоннелепроходческих комплексов, 1,000,000 метров пройденных тоннелей, 380 завершенных объектов во всех уголках земного шара.

Через свои офисы в Канаде, Европе, Азии, Австралии, а также через сеть представительских фирм во всем мире Ловат обеспечивает поставку ТПМК с грунтовым и бентонитовым пригрузом для мягких смешанных и скальных пород, обеспечивает монтаж и наладку оборудования, обучение персонала заказчика, сопровождение проходки.

Ловат берет на себя поставку всего вспомогательного оборудования для обеспечения работы ТПМК.

Уже 25 лет Ловат Инк. работает в России через своего представителя фирму «Интерторг, Инк», США.

LOVAT Inc.

Ловат Инк. представлен в России

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

ИНТЕРТОРГ

ПО «РАЗМЫВУ» ПРОШЕЛ ПРОБНЫЙ ПОЕЗД

25 мая 2004 г. в Санкт-Петербурге впервые после девяти лет ремонта пущен пробный поезд между станциями метро «Лесная» и «Площадь Мужества». Он был сформирован из трех вагонов: нового 81-540.7 № 10264 и двух контактно-аккумуляторных электровозов.

На поезде приехали губернатор Санкт-Петербурга Валентина Матвиенко, начальник метрополитена Владимир Гарюгин и начальник метростроя Вадим Александров. Они рассказали журналистам о дальнейших планах по восстановлению движения и развитию городского общественного транспорта. По словам Матвиенко, в этом году город планирует закупить 19 вагонов метро, 50 трамваев и 100 автобусов. Окончательно перегон заработает с 23 июня 2004 г. МТ

© Алексей Неволин www.smetro.net

ЗАРУБЕЖЖЕЛДОРСТРОЙ – НОВАЯ КОМПАНИЯ РЖД

ОАО «Российские железные дороги» (РЖД) намерено создать дочернюю компанию – «Зарубежжелдорстрой», сообщил президент РЖД Геннадий Фадеев в ходе трехсторонней встречи руководителей железных дорог Российской Федерации, Азербайджана и Ирана. На встрече стороны обсудили вопрос строительства новой железнодорожной ветки Казвин–Решт–Астара.

Дочернее специализированное предприятие «Зарубежжелдорстрой», как планируется, будет заниматься проектированием, организацией строительства объектов железнодорожного транспорта за рубежом. «Учитывая опыт, накопленный строительными организациями нашей компании, а также уникальный опыт строительства тоннелей и искусственных сооружений (например, при создании сложнейших тоннелей на БАМе), это будет успешный бизнес-проект», – отметил Г. Фадеев. МТ

СТРОИТЕЛЬСТВО ЛАГАР-АУЛЬСКОГО ТОННЕЛЯ

Объем инвестиций в проект по строительству Лагар-Аульского тоннеля на Дальневосточной железной дороге (ДВЖД, филиал ОАО «Российские железные дороги») составит 2 млрд руб., сообщает пресс-служба РЖД.

Тоннель длиной 1300 м будет проложен в отрогах Хинганского хребта по Транссибирской магистрали недалеко от ст. Облучье параллельно старому, которому в текущем году исполняется 90 лет. Первые работы на стройке начались еще в 2002 г., проект разработан специалистами Бамтоннельпроекта, генподрядчик – Бамтоннельстрой. Сдача объекта запланирована на 2006 г.

В настоящее время заканчиваются подготовительные работы, разработаны подходные выемки. Непосредственно проходка начнется во втором полугодии 2004 г. До конца года запланировано выполнить работы на сумму около 640 млн руб. МТ

СТРОИТЕЛЬСТВО ТОННЕЛЯ ПОД БОСФОРОМ

В Турции началось строительство тоннеля под проливом Босфор, который разделяет Европу и Азию. Протяженность тоннеля составит 13,7 км, из них 1,4 км будут проложены под водой. Общая стоимость проекта 2,5 млрд долл.

Строительство осуществляет японско-турецкий консорциум Taisei-Kumagaigumi-Gama-Nurol на средства, выделенные в виде кредита Японским банком международного сотрудничества. Проходку тоннеля планируется завершить к 2008 г. Этот тоннель станет частью альтернативного пути доставки грузов из азиатских стран в Европу.

В настоящее время большинство грузов идёт в европейские страны через Россию – по самой длинной в мире Транссибирской железнодорожной магистрали. Недавно Казахстан объявил о намерении построить Трансказахстанскую железнодорожную магистраль протяженностью более 3 тыс. км и стоимостью 4 млрд долл. Как сообщил министр транспорта и коммуникации Казахстана, магистраль будет идти от казахстанско-китайской границы до границы с Туркменией. Протяженность казахстанского отрезка составит 3070 км. Далее следует 700-километровый отрезок, который планируется проложить через территорию Туркмении, откуда еще 90 км пройдет по территории Ирана. В создании альтернативного транспортного коридора «Азия – Европа», кроме Казахстана, заинтересован и Китай, ведь по оценкам МВФ, ежегодный товарооборот между европейскими и азиатскими странами составляет 600 млрд долл. К 2010 г. эта цифра должна увеличиться в полтора раза.

Реализация проекта позволит осуществлять перевозки по железной дороге грузов, ранее перевозимых морским путем, из портов Китая в порт Роттердама за 18 суток. Осуществление проекта значительно снизит стоимость доставки грузов из стран Азиатско-Тихоокеанского региона в страны Европы и обратно. Важное преимущество будущей магистрали – железнодорожная колея международного стандарта. Составам не нужно будет тратить время на границе для замены колес из-за различия в размерах колеи.

Финансирование проекта берет на себя Казахстан, сообщил министр транспорта. Иран и Турция положительно относятся к реализации проекта. В настоящее время ведутся переговоры с руководством Туркмении, после чего можно будет говорить о реальных сроках начала строительства. Кроме того, правительство Японии выделило грант казахстанским железным дорогам на маркетинговые мероприятия для определения объема грузов, которые пойдут по этой дороге. ЕБРР выделяет 2 гранта на проведение правовой и экологической экспертизы проекта. Также инициатива Казахстана получила полную поддержку дирекции Исполкома Международного союза железных дорог. МТ

ЕБРР ВЫДЕЛИТ КРЕДИТ УКРАИНЕ

ЕБРР готов выделить Украине в 2004–2005 гг. 390 млн евро кредитов для транспортной отрасли. Об этом сообщил министр транспорта Георгий Кирпа. По его словам, на состоявшейся встрече с представителями ЕБРР в г. Киеве, достигнута предварительная договоренность о получении 150 млн евро в 2004 г. на строительство автобана «Киев–Одесса» на участке от Жашкова до Краснознаменки, а также в 2005 г. 120 млн евро на реконструкцию тоннеля через Карпаты и обновление подвижного состава. Кроме того, ЕБРР готов выделить 100 млн евро на реконструкцию автотрассы «Стрый–Ровно» и 20 млн евро на реконструкцию порта в Ильичевске. МТ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОМПЛЕКСОВ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Необходимость подземного строительства в крупных уральских городах предопределена исторически. На Урале городские структуры развивались в течение столетий по экстенсивному пути и сегодня оказались неспособными к динамичному изменению и безболезненной адаптации к новым формам жизни. Критическая ситуация, сложившаяся в городах по многим аспектам градостроительной деятельности, обусловлена именно отсутствием пространственно организованной системы взаимосвязей всех жизнеобеспечивающих элементов подземного и надземного уровней города.

Данная проблема обсуждалась на прошедшей 18–20 мая 2004 г. в Екатеринбурге Всероссийской конференции «Проектирование, строительство и эксплуатация комплексов подземных сооружений». Она была организована Тоннельной ассоциацией России (ее Уральским филиалом), Уральской государственной горно-геологической академией, в стенах которой проводилась конференция, Уральским государственным университетом путей сообщения, Унитарным предприятием «УЗПС Метро» и др.

В конференции приняли участие специалисты ряда строительных и проектных организаций, руководители кафедр учебных заведений и ученые научно-исследовательских институтов из различных регионов России.

На конференции присутствовали: ректор УГГГА Косарев Н. П., зам. главы администрации Екатеринбурга Крицкий В. П., первый заместитель министра строительства и ЖКХ, главный архитектор Свердловской области Мазаев Г. В., зам председателя правления Тоннельной ассоциации России Власов С. Н.

Участники конференции обсудили такие темы, как освоение и рациональное и использование подземного пространства урбанизированных территорий; технологии строительства и эксплуатации городских подземных сооружений; объемно-планировочные и конструктивно-технологические решения объектов крупнейших городов; научные исследования по освоению подземного пространства; проблемы подготовки кадров и др.

Особый интерес эти доклады представляли для специалистов, занимающихся возведением подземных объектов, а также для студентов, обучающихся по специальности «Шахтное и подземное строительство».

Кроме докладов были показаны видеофильмы о наиболее интересных объектах, сооруженных или возводимых в России и за рубежом.

В ходе конференции ее участники пришли к следующим выводам.

1. Главная цель освоения подземного пространства в крупнейших и крупных городах Российской Федерации – это формирование благоприятной среды жизнедеятельности за счет создания многофункциональных подземных пространств при высокоэффективном использовании городской территории, материальных ресурсов и комплексном решении актуальных градостроительных проблем.

2. Основными задачами подземного строительства являются:

• создание единой градостроительной системы многофункциональных подземных сооружений, органически связанных с архитектурно-планировочной и транспортно-пешеходной инфраструктурой города на основе их

теснейшей интеграции и объединения наземных (надземных) зданий и подземных объектов в единую структуру;

• выбор приоритетных направлений нового строительства и комплексной реконструкции городских жилых и промышленных территорий, транспортных узлов, инженерных коммуникаций и систем с эффективным использованием подземного пространства;

• освобождение для человека дневной поверхности земли на селитебных (свободных) территориях от инженерно-технических, коммунально-складских, подсобно-вспомогательных объектов, гаражей, складов и т. п.;

• увеличение пропускной способности городских улиц за счет размещения в подземном пространстве паркингов и гаражей для легкового транспорта, устройства подземных транспортных тоннелей и развязок в грузопассажирских напряженных узлах, строительства подземных переходов и пешеходных тоннелей;

• увеличение надежности и срока службы инженерных сетей с улучшением условий их эксплуатации за счет сооружения многофункциональных магистральных проходных коллекторов.

3. Создание и освоение подземного пространства в крупных городах должно осуществляется по единому градостроительному плану как системы мероприятий, комплексно увязанной с общим генеральным планом города, и охватывать самые острые проблемы, отражающие направления градостроительной теории в целом, применительно к местным условиям.

4. Для масштабной реализации программ подземного строительства необходимо:

• создание федеральной и территориальной нормативной базы проектирования и строительства подземных зданий и сооружений с учетом защиты наземных зданий и сооружений от негативного влияния подземного строительства;

• пакет муниципальных нормативно-правовых актов, регламентирующих разработку и согласование проектной документации на строительство подземных объектов;

• обязательное научное сопровождение проектирования и строительства подземных объектов – во избежание негативного воздействия на наземные здания и сооружения, а также для обеспечения надежности и долговечности самих подземных объектов.

5. Целесообразно организовать специальные исследования по инженерно-геологическому картированию городских территорий с учетом степени активности геологической среды.

6. Для решения проблемы реконструкции и развития магистральных коллекторных сетей

необходимо использовать многофункциональные секционные коллекторы с повышенной ремонтопригодностью; предусмотреть приобретение роторных тоннелепроходческих комплексов.

7. Особое внимание должно быть уделено освоению подземного пространства в жилых зонах, в частности, в направлении освобождения территорий от паркующегося автотранспорта во внутриквартальном пространстве с организацией спортивных сооружений и центров отдыха.

8. Обратить внимание научных, проектных и строительных организаций на необходимость подготовки и переподготовки квалифицированных кадров в области проектирования и строительства подземных объектов.

Материалы по наиболее актуальным темам конференции будут опубликованы в журнале. МТ

Памятное фото участников конференции

УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ТОННЕЛЬНОЙ АССОЦИАЦИИ РОССИИ

Ю. И. Яровой,
д. т. н., проф., УГУПС,
председатель Уральского
отделения ТАР, Екатеринбург

Уральское отделение Тоннельной ассоциации России было создано 20 мая 2001 г. Оно насчитывает 15 индивидуальных членов. Недавно в состав Тоннельной ассоциации вошли 4 специалиста из Перми. Причем из общего числа членов восемь человек – доктора технических наук, профессора, и два доцента, кандидата технических наук, довольно известных в области подземного строительства.

Члены Уральского отделения ТАР – это люди, занимающиеся строительством метрополитена в Екатеринбурге, проектировщики из Уралгипротранса, преподаватели Горно-геологической академии и Университета путей сообщения.

Тоннельной ассоциацией проводились семинары, которые были очень полезны специалистам. Активное участие ТАР принимала в подготовке и проведении конференции, прошедшей в Екатеринбурге 18–20 мая 2004 г.

На заседаниях Ассоциации обсуждались различные вопросы, в том числе проект станции «Бажовская», которая будет возводиться в условиях действующего метрополитена.

Впервые в России на уровне Генплана заложена программа освоения подземного пространства. Большой вклад в ее разработку внесло Уральское отделение ТА. На общественных началах был создан коллектив для подготовки раздела «Освоение подземного пространства на период до 2025 г.». С этим проектом вышли в Главархитектуру Екатеринбурга. В программе обоснована необходимость строительства подземных транспортных развязок, парковок, пешеходных переходов. Работа над ней велась совместно с мастерской Генплана.

К сожалению, не ясен вопрос: кто будет финансировать реализацию этой программы.

Власти города наконец-то поняли важность проведения этого мероприятия.

В первую очередь, предлагается на станции «Ботаническая» возвести полицентр, в верхнем ярусе которого расположатся спортивные сооружения, в нижнем – парковка для автомобилей.

На заседаниях Уральского отделения ТА часто поднимается вопрос о решении проблемы с коллекторами. Администрацией Екатеринбурга в этом направлении ничего не делается. А городу необходимы реконструкция и строительство новых очистных сооружений, например, для очистки реки Исети. Нет ливневых коллекторов. И для их прокладки требуется приобретение современной проходческой техники. В решении этого вопроса большую помощь оказывает Тоннельная ассоциация России.

Члены Уральского отделения ТА активно участвуют во всех конференциях, выступают на них с докладами, а также с публикациями в журнале «Метро и тоннели» и изданиях уральского региона.

Большая работа ведется для увеличения количества членов Ассоциации. Есть потенциал привлечения в члены ТА научных работников и архитекторов.

В текущем году продолжится работа с мастерской и отделом Генплана по разделу «Освоение подземного пространства Екатеринбурга». Планируется написание коллективной монографии «Подземный Екатеринбург: реалии и перспективы», а также формирование творческого коллектива, составление плана и формата для разработки Территориальных строительных норм по освоению подземного пространства. МТ

Представители Уральского отделения ТА России, «Херренкнехт тоннельсервиса» и журнала «Метро и тоннели»

ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА МЕТРОПОЛИТЕНА В ЕКАТЕРИНБУРГЕ

С. В. Ляхов,
главный инженер
ЕМУП «УЗПС МЕТРО», Екатеринбург

В Екатеринбурге, как и в большинстве крупных городов, транспортная проблема стоит очень остро. Город компактный, его площадь составляет 14 х 25 км. Плотная городская застройка в центре. Пропускная способность улично-дорожной сети давно себя исчерпала.

В 1968 г. Екатеринбург (тогда г. Свердловск) по числу населения перешагнул миллионный рубеж. В результате появились транспортные проблемы с перевозками пассажиров и осуществлением связи между отдаленными от центра спальными районами. Тогда и возник вопрос о необходимости строительства метрополитена. Он рассматривался при разработке в 1972 г. комплексной транспортной схемы в составе Генерального плана г. Екатеринбурга.

В 1977 г. Харьковметропроектом было разработано ТЭО, а в 1980 подготовлен и утвержден технический проект первой линии метрополитена протяженностью 11,5 км с 9-ю станциями. Эта линия соединяет северный промышленный район с югом города, его жилыми массивами.

Приступили к строительству метрополитена в 1982 г.

На сегодняшний день в Екатеринбурге эксплуатируется 7 станций и ведется прокладка второго пускового участка.

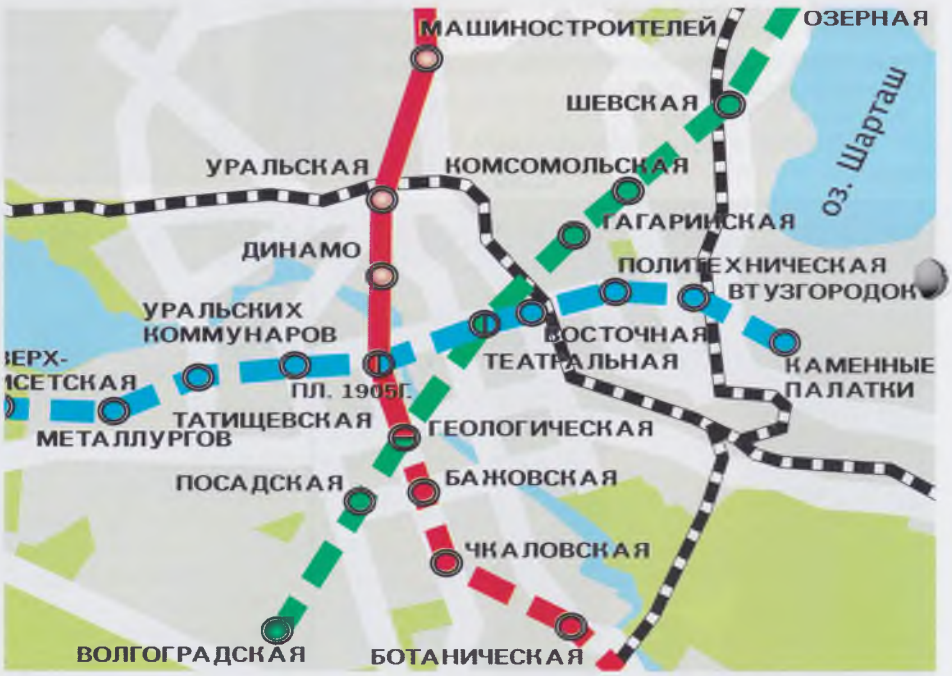
Первый участок с шестью станциями до ст. « Площадь 1905 г.» был открыт для пассажиров в 1994 г., но в конце 90-х гг. возникли проблемы с финансированием, что исключило возможность сдать в эксплуатацию сразу три станции. Поэтому было принято решение выделить в первый этап из второго пускового комплекса станцию «Геологическая», расположенную в самом центре города. Ее строительство было завершено в 2002 г.

В связи с тем, что сегодня на проходке тоннелей метрополитена используется высокопроизводительный горнопроходческий комплекс «Вирт», было решено идти до спального микрорайона Ботанический с возведением там одноименной станции. Эту идею поддержал и Госстрой.

В срочном порядке был разработан проект по продлению первой линии на один перегон до этого микрорайона. Сейчас этот проект находится на стадии утверждения. Осталось получить последнее согласование у Госгортехнадзора по вопросам техники безопасности. Затем эти документы будут переданы на экспертизу в Госстрой.

Так как финансирование оставляет желать лучшего, было принято решение о переносе сроков возведения следующей после «Геологической» станции «Бажовская», и в первую очередь построить станции «Чкаловская» и «Ботаническая».

С этой целью конструкция «Бажовской» была изменена с односводчатой на пилонную. Станционные тоннели будут диаметром 8,5 м. Такой габарит позволит без остановки движения поездов через вестибюль и наклонный ход станции завершить ее строительство.



Для проходки 4 км перегонных тоннелей и возведения станций «Чкаловская» и «Ботаническая» был определен срок – 2010 г. Кроме того, на последней одновременно предусмотрено строительство метрополицентра. Чтобы уложиться в эти сроки, совместно с проектной организацией Уралгипротранс, был составлен календарный план, просчитаны капитальные вложения, которые составляют свыше 1 млрд руб. ежегодно. Только при таких условиях пуск второго участка может состояться в 2010 г.

Но, к сожалению, в 2003 г. после сдачи в эксплуатацию станции «Геологическая» проблему финансирования мы решить не смогли. Отсутствие средств не позволило планомерно наращивать мощности, увеличить численность работающих на строительстве, а так же объем строительно-монтажных работ.

Не лучше обстановка с финансированием складывается и в 2004 г. Об этом знают и в администрации города – при таком незначительном выделении средств невозможно выполнить поставленные задачи.

Тогда возникла идея построить и сдать в эксплуатацию в 2007 г. станцию «Чкаловская». Мы проработали минимальный пусковой комплекс, но при этом поставили перед администрацией города условие о необходимости четкого и планомерного финансирования. До сих пор эта проблема так и не решена. Поэтому срок сдачи ст. «Чкаловская» в 2007 г. остается под вопросом.

Никому не надо доказывать преимущество метрополитена в крупных городах перед другими видами транспорта. И чем больше площади города охвачено метрополитеном, тем лучше для населения. Ведь это экологически чистый, комфортабельный и скоростной вид транспорта. Особенно он удобен в условиях Урала, когда температура зимой бывает ниже –30°, а летом +25–30° .

В настоящее время, после ввода в эксплуатацию «Геологической», самой оживленной станции, пассажиропоток в отдельные дни составляет 150 тыс. человек в сутки.

С пуском ст. «Чкаловская», которая расположена рядом с автовокзалом, этот показатель резко увеличится.

Жители района Ботанический чтобы добраться до центра города сейчас тратят на поездку на троллейбусе до полутора часов. После завершения строительства ст. «Ботаническая» будет пересмотрена схема организации движения наземного общественного транспорта. Она будет предусматривать доставку пассажиров к этой конечной станции. Ввод в эксплуатацию ст. «Ботаническая» даст возможность увеличить долю пассажироперевозок метрополитена в объеме перевозок в целом по городу. Сейчас он составляет 6,7%.

Будущий руддвор для строительства ст. «Чкаловская». В конце выработки – ствол шахты № 19 из которой 20-ю метрами ниже ведется строительство дренажной штольни

ЕКАТЕРИНБУРГ: СООРУЖЕНИЕ ВТОРОГО УЧАСТКА 1-й ЛИНИИ

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

Первоначально на 1-й линии метрополитена в Екатеринбурге планировалось возведение девяти станций. После «Геологической» – это станции «Бажовская» и «Чкаловская».

Но данный проект был разработан пятнадцать лет назад. За этот период возник большой жилой массив Ботанический, где транспортные проблемы достаточно серьезные. И здесь решили построить одноименную станцию метрополитена.

С другой стороны, ст. «Бажовская» расположена в районе, где пассажиропоток будет сравнительно небольшой. Поэтому сегодня принято решение в первую очередь сдать станции «Чкаловская» в районе автовокзала и «Ботаническая» в новом жилом массиве, а «Бажовскую» построить уже в условиях действующего метрополитена без остановки движения поездов.

Левый перегонный тоннель к станции «Чкаловская» пройден механизированным комплексом фирмы «Вирт» в скальных грунтах крепостью 7–10-й, а на отдельных участках 12-й категории. На правом перегоне геологическая обстановка очень осложнилась: на отрезке порядка 400 м на стыке со скальными грунтами встретились водонасыщенные глинистые текущей консистенции. Сейчас на этом участке с интервалом 25 м бурятся разведочные скважины. Проходку здесь предусматривается вести с помощью механизированного щита КМ–34.

Строительство дренажной штольни под ст. «Чкаловская»

Далее условия более благоприятные. Ближе к станции «Чкаловская» залегает скальный грунт 10–11-й категории крепости.

К сожалению, в настоящее время работа комплекса «Вирт» из-за отсутствия финансирования приостановлена. По дальнейшему его применению есть несколько вариантов: дойти с его помощью до ст. «Ботаническая», там, в котловане, развернуть и пойти назад по правому тоннелю. Этот вариант самый экономичный; или за ст. «Чкаловская» построить демонтажную камеру, в которой щит демонтировать, провести его капитальный ремонт и вести проходку дальше. Но этот вариант довольно дорогостоящий. На текущий момент решение по этому вопросу не принято.

Обделка перегонных тоннелей предусмотрена из чугунных тюбингов. Железобетон

Призабойная часть ТПМК «ВИРТ»

для наших условий не совсем подходит из-за большой обводненности грунтов и высокого гидростатического давления. Сейчас рассматривается вопрос о применении облегченной чугунной обделки с резиновыми уплотнителями конструкции НТЦТМ. Он же занимается разработкой состава резины для условий Екатеринбурга.

Станция «Чкаловская» глубокого заложения. Принято решение, что по конструкции она будет аналогична «Геологической», т. е. односводчатой с подвесным перекрытием для блоков служебных помещений.

За «Чкаловской» трасса постепенно выходит на поверхность, и ст. «Ботаническая» будет возводиться в котловане открытым способом. Предполагается, что она будет традиционного колонного типа. Но проекта на ее конструкцию пока нет.

Основываясь на опыте возведения подобных станций на линиях метрополитена в Москве, ОАО «Уралгипротранс» определило конструкцию «Бажовской» пилонного типа с боковыми станционными тоннелями диаметром 8,5/7,8 в чугунной обделке с верхними клинчатыми перемычками. Боковые станционные тоннели должны быть построены в полном объеме, исключая путевые стены, зонты и боковые платформы, до сдачи в эксплуатацию станций «Чкаловская» и «Ботаническая».

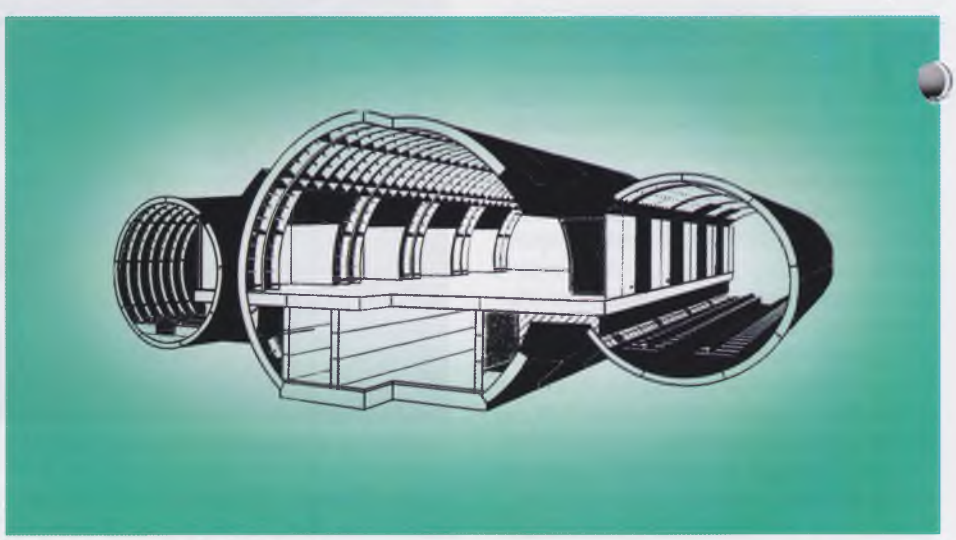
Стремление к значительному снижению стоимости ст. «Бажовская» и трудоемкости ее возведения привело специалистов ООО «Метрострой – подземные технологии строительства» к разработке варианта станции закрытого типа.

В отличие от действующих аналогичных станций в Санкт-Петербурге, разработанный вариант в конструктивном отношении может быть отнесен к пилонному типу, который не требует сооружения путевых стен, зонтов в боковых станционных тоннелях и боковых пассажирских платформ.

Принципиальное отличие этой станции от других в том, что боковые тоннели предназначены лишь для движения поездов, а средний тоннель – для пассажирской платформы.

По сравнению с существующими типами станций, где в боковых тоннелях осуществляется не только движение поездов, но также посадка и высадка пассажиров, в конструкции закрытого типа в боковых тоннелях отсутствуют пассажирские платформы, что позволяет уменьшить наружный диаметр этих тоннелей до 5,5 м.

Проходка правого перегонного тоннеля ведется БВР способом


Проект станции метро пилонного типа

Средний тоннель расположен в непосредственной близости к боковым и, принимая во внимание наличие скальных грунтов в месте расположения ст. «Бажовская», можно сблизить их до расстояния междупутья ~16,6 м.

Обделка среднего тоннеля может быть выполнена из любых строительных материалов (чугунные, железобетонные тюбинги, монолитный железобетон).

Путевые тоннели имеют обделку из незамкнутых чугунных тюбингов диаметром 5,5 м шириной 1 м с монолитными железобетон-

ными вставками шириной 610 мм в районе проходов (дверей вагонов) и 770 мм в районе сцепок между вагонами.

Нагрузку от разомкнутых колец обделки путевых тоннелей воспринимают продольные балки (металлические или железобетонные), выполненные при проходке путевых тоннелей на месте установки тюбингов «К».

Объединение путевых и среднего тоннелей в станцию выполняется аналогично конструкции пилонного типа (проходы и пилоны).

Ширина прохода принята равной 2,61 м, ширина проема при открытых станционных дверях – 1,81 м и вагона – 1,208 м, неточность остановки поезда допускается в 0,3 м.

В проемах устраивают двери, оборудованные автоматической централизованной блокированной системой управления, обеспечивающей надежность действия, безопасность для пассажиров и минимальную стоянку поездов.

Конструкция станции закрытого типа предусматривает следующую схему ее эксплуатации. Поезда метрополитена, движущиеся в перегонных тоннелях, при подходе к станции автоматически снижают скорость и останавливаются в точно назначенном месте.

После остановки машинист включает систему, открывающую вагонные двери, а станционные двери открываются автоматически.

Будущий переход со ст. «Геологическая» на 3-ю линию

Средний тоннель предназначается для размещения в нем пассажирской платформы. После окончания посадки двери в проемах станции и вагонах закрываются автоматически, и лишь после их полного закрытия поезд метрополитена получает возможность продолжить движение.

Такая конструкция станции и принятый порядок ее эксплуатации изолирует пассажиров и обслуживающий персонал станции от движущихся поездов, путевого хозяйства, контактной сети и повышает условия безопасности движения.

Подплатформенное помещение среднего тоннеля используется для прокладки коммуникаций и размещения в нем необходимых служебных помещений. К торцам станции примыкают эскалаторные тоннели.

Технология сооружения станции закрытого типа аналогична пилонным.

ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ ТОННЕЛЕЙ НА ЕКАТЕРИНБУРГСКОМ МЕТРОПОЛИТЕНЕ

А. В. Медведев,
ООО «Метрострой-ПТС»,
Екатеринбург

В подземном строительстве одной из важнейших проблем является обеспечение гидроизоляции тоннелей, станций и герметизация стыков между сборными элементами обделок.

Традиционными способами решения данной проблемы на станциях глубокого заложения с большой обводненностью является металлоизоляция, для станций и тоннелей открытого способа – оклеечная гидроизоляция типа «гидростеклоизол» и чеканка стыков элементов обделки тоннелей закрытого способа работ с помощью расширяющегося цемента – безусадочной смесью (БУС) и свинца.

Сегодня на линии Екатеринбургского метрополитена действуют две станции – «Динамо» и «Геологическая», выполненные в металлоизоляции. Опыт строительства показал, что достаточно высок процент допущения брака, начиная со сварки анкеров под флюсом к листовому металлу. Испытать все анкера невозможно, а в период эксплуатации при возникновении гидростатического давления при отрыве 1–2-х анкеров возникает «цепная» реакция, увеличиваются нагрузки на соседние анкера.

Второй фактор – это качество проварки швов между армоблоками, которых на станции насчитывается тысячи метров.

Третьей станцией односводчатого типа (закрытого способа работ) на линии Екатеринбургского метрополитена будет «Чкаловская». Сегодня совместно с заказчиком и генпроектировщиком идет рассмотрение предложений по возведению данной станции с использованием новых технологий и современных материалов.

Один из вариантов – применение пленочной гидроизоляции. Однако сооружение станции буровзрывным способом делает этот вариант почти невозможным из-за получения в процессе проходки «рваного» контура. В этом случае необходимы дополнительные материальные и физические затраты на выполнение выравнивающих «фальшстен» в виде монолитного бетона или набрызг-бетона. Только тогда появляется возможность устройства пленочной гидроизоляции по выровненному контуру. Вариант жизнеспособен при строительстве станции горнопроходческим комбайном без ведения буровзрывных работ.

Второй вариант – это обмазочная гидроизоляция, с последующим возведением монолитной железобетонной обделки с применением добавок, обеспечивающих водонепроницаемый бетон высокого качества. Для производства такой гидроизоляции разработано достаточно много (хорошо себя зарекомендовавших) как материалов, так и добавок для получения бетонных смесей с показателями по водонепроницаемости не менее W 20; морозостойкости не менее F 400–500; класс бетона по прочности В 55. Тем не менее, данный способ так же возможен при комбайновой разработке грунта. При втором варианте получаются две степени защиты: первая – обмазочная гидроизоляция; вторая – водонепроницаемый бетон.

Что касается гидроизоляции стыков элементов обделки, то традиционный БУС – не так уж и плох. Суть в том, что его нечем укладывать в канавки. Разрабатываемые ранее для этой цели цементоукладчики ЦУА-1Т и ЦУА-1Б не выпускаются уже более десяти лет. Поэтому сегодня изолировщики вынуждены, нарушая технологию, выполнять чеканку швов простым замазыванием рукавицей. Отсюда и качество. Существует другой материал для чеканки швов – «Монофлекс». Процесс механизирован, материал укладывается в швы с помощью установки «Гидротон», но данный материал хорошо себя зарекомендовал при сборной железобетонной обделке и недостаточно эффективен для чугунной.

При проходке тоннелей горнопроходческими комплексами вопрос гидроизоляции решился с помощью сборной высокоточной железобетонной обделки с уплотнительными прокладками. Однако еще в 90-е годы НИЦТМ была разработана чугунная обделка облегченного типа с канавкой по периметру для уплотнительных прокладок, но широкого применения в строительстве тоннелей такая конструкция не нашла. На наш взгляд, она решила бы проблемы гидроизоляции тоннелей, сократив, тем самым, затраты на цементацию грунтов при сильной обводненности и на производство чеканочных работ.

ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА КАЗАНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

Казань – динамично развивающийся город, за последние годы имеющий устойчивые темпы роста промышленного производства и самые высокие в России темпы жилищного строительства. Поэтому спрос на транспортные услуги ежегодно увеличивается, а надежная и эффективная работа городского общественного транспорта является одним из показателей высокого уровня социально-экономического развития. Сегодня г. Казань обслуживается тремя видами наземного транспорта: трамваи, троллейбусы, автобусы. За сутки перевозится более 1,8 млн пассажиров. Поэтому вопрос о скоростном транспорте – метрополитене – обсуждался давно.

В. А. Жданов,
главный инженер
МУП «Казметрострой»

Еще в 1986 г. было разработано технико-экономическое обоснование (ТЭО), где схема метрополитена г. Казани принята из трех линий общей протяженностью более 46 км, охватывающих всю центральную часть города и соединяющих ее со спальными районами, промышленными зонами. Направление линий метрополитена совпадает с направлениями наибольших пассажиропотоков.

По поручению Президента Российской Федерации Правительство РФ Распоряжением № 1093-р от 12.07.1996 г. приняло решение о строительстве метрополитена в городе Казани и финансировании его, начиная с 1997 г.

В том же году было образованно муниципальное унитарное предприятие «Казметрострой» по строительству метрополитена. Следует отметить, что вначале финансирование строительства было недостаточным, и поэтому выполнялись подготовительные работы. Так, в конце 1997 г. приступили к освоению строительной площадки на станции «Площадь Тукая». Были выполнены работы по ее обустройству, установки ограждений, переносу коммуникаций. Затем такие же виды работ начали вести на станции «Суконная слобода». Но к 2000 г. положение стало меняться. Было принято решение о выделении из первого участка первой линии метрополитена пускового комплекса. Его основной задачей является связь центра города с жилыми районами Горки и Азино. Был установлен срок его ввода в эксплуатацию – 30 августа 2005 г., к празднованию 1000-летия г. Казани.

Институт «Казгражданпроект» разработал проекты пускового комплекса, состоящего из линии метрополитена протяженностью 8,67 км, включающей пять станций: «Горки», «Аметьево», «Суконная слобода», «Площадь Тукая», «Кремлевская»; проекты электродепо, инженерного корпуса и прочих вспомогательных объектов.

Одной из главных особенностей строительства Казанского метрополитена является размещение линии в сложной городской застройке, где расположены старые обветшалые здания, и при проходке тоннелей должны быть приняты меры по недопущению деформаций дневной поверхности. Другой особенностью является пересеченный рельеф местности по трассе и сложные геологические и гидрогеологические условия, что требует при проходке тоннелей особых мер по недопущению осадок поверхности. В связи с этим Госэкспертиза Госстроя рекомендовала широкое применение при проходке тоннелей щитового способа работ ТПМК с пригрузом забоя.

Уже первые работы на станциях «Площадь Тукая» и «Суконная слобода» показали сложные условия строительства. Там для крепления стен котлованов была применена «стена в грунте» совершенно новой конструкции. Авторы этого проекта – СМУ № 9 Мосметростроя. Его специалисты были приглашены в г. Казань и смонтировали около 70 м «стены в грунте». Эта конструкция представляет собой железобетонный элемент – несущую балку, изготовленную с внутренней металлоизоляцией в заводских условиях. Ее применение было продиктовано сложными гидрогеологическими условиями. А условия эти очень неблагоприятные. Участки станций «Площадь Тукая» и «Суконная слобода» и перегоны между ними находятся в илистой, болотистой, сильно водонасыщенной местности. Грунты представляют собой неустойчивые слаботекучие суглинки, встречаются прослойки торфяников.

Рассматривались варианты использования различных спецспособов, начиная с водопонижения, замораживания и кончая химическим закреплением грунтов по всему периметру котлована станции. В результате была принята система водопонижения.

На ст. «Площадь Тукая» она частично была выполнена. А дальше по геологическим прогнозам должен быть водоупор. Но практика показала другое. Мы смогли снизить уровень воды до отметки 2–3 м выше отметки лотка тоннеля. И эти последние 2–3 м пришлось добирать грунт, перемешанный с водой. Гусеницы экскаваторов, разрабатывавших грунт, тонули в воде.

В итоге мы имели два неприятных случая – прорыва днища котлована в районе бывших пробуренных скважин. Это привело к затоплению котлована. С большими трудностями за период с 1998 по 2000 г. в котловане «Площадь Тукая» была уложена армированная бетонная подготовка, и в настоящее время ведется монтаж рабочих конструкций станции из монолитного железобетонного лотка, колонн, перекрытий. Следует отметить, что в соответствии с проектом, конструкции всех пяти станций запроектированы из монолитного железобетона, а не из сборного, как на других метрополитенах. Это связано с тем, что надо было изготавливать дорогую оснастку для конструкции станций, организовывать ее производство. В тоже время существующие системы опалубок, механизация бетоноукладочных работ позволяют быстро возводить конструкции из монолитного железобетона. Это было подтверждено на работах на станциях «Площадь Тукая» и «Суконная слобода».

Для этих целей привлечены хорошо зарекомендовавшие себя в г. Казани две турецкие фирмы, специализирующиеся на монолитном железобетоне. Одна трудится на ст. «Площадь Тукая», другая – на «Суконной слободе». Надо сказать, что результат этого мероприятия оказался очень удачным, и возведение конструкций из монолитного железобетона велось быстрыми темпами. Вопрос сооружения станций был решен.

Проблема оставалась с гидроизоляцией. Поскольку водопритоки по черновому лотку или по той подготовке, которую мы сделали, не позволяли использовать обычную гидроизоляцию, пришлось, по рекомендациям НИЦТМ ОАО ЦНИИС, применить в лотке металлоизоляцию. И это себя оправдало. В дальнейшем начали работать с другими материалами. Так, на станции «Горки» используется пленочная гидроизоляция из полимерного материала под названием «Карбофол», не требующая приклейки к основанию. Эта ковровая рулонная гидроизоляция герметично проваривается между собой и пристыковывается к металлоизоляции станционных конструкций. Эта технология показала свою эффективность.

Предстояло выполнить большой объем работ по проходке перегонных тоннелей общей длиной 16 км. Работа началась на станции «Суконная слобода». Там был разработан котлован для монтажа двух ТПМК «Ловат» с грунтопригрузом. Ими сооружены оба тоннеля к ст. «Площадь Тукая». Затем один комплекс демонтировали, и прошли им левый тоннель от «Площади Тукая» до «Кремлевской».

Щиты, несмотря на сложные геологические условия, шли нормально. Естественное, что требовалось, – это своевременная ревизия и профилактика.

Вначале проходку левого перегонного тоннеля в сторону ст. «Кремлевская» вели в мягких грунтах аналогично уже пройденным тоннелям. Затем геология по трассе изменилась, и проходка велась в доломитах 5, 6 и даже 7 крепости. Это создало определенные трудности,

и в результате – потерю скоростей. Если в мягких грунтах проходили 12–14 м в сутки, то в доломитах – 2–3 м.

После сооружения левого тоннеля и демонтажа комплекса, пришли к выводу, что для условий твердых пород он неприемлем, потому что систематически приходилось останавливать ротор. Он практически потерял свой ресурс. Пришлось заменить весь режущий инструмент, т. к. он пришел в негодность.

Возникло предложение на другом тоннеле применить ТПМК фирмы «ВИРТ-НФМ», который рассчитан для проходки в породах данной категории крепости. Он имеет комбинированный ротор с резцами и шарошками. Первые предназначены для мягких пород, вторые – для твердых.

Поставленная задача – ввести в строй метрополитен в августе 2005 г. – потребовала дополнительного оборудования для проходки тоннелей, и привлечения новых организаций для строительства. Так, проходку левого тоннеля от станции «Суконная слобода» в сторону ст. «Аметьево» осуществляет фирма «Ингеоком» с применением ТПМК с пригрузом забоя. Правый тоннель прокладывает Казметрострой.

Далее в сторону ст. «Горки» идут два отечественных щита – механизированный КТ-5,6В2 и ЩНЭ-2м, которые были реконструированы и модернизированы.

Участок строительства тоннелей между станциями «Аметьево» и «Горки» и выход на электродепо метрополитена достаточно сложен технически и организационно. Здесь сосредоточены со своим горнопроходческим оборудованием новые организации: Протонтоннельстрой, Алматыметрострой, Самараметрострой, СМУ-1 Мосметростроя и другие.

На всех участках работ от ст. «Кремлевская» до ст. «Горки» выполняются мероприятия по сохранности зданий и сооружений с использованием технологии устройства буронабивных свай и струйной цементации (Джет-1 и Джет-2).

Следует остановиться на сооружении ст. «Аметьево», которая запроектирована нетрадиционной конструкции. Она будет расположена на метромосте. Сейчас там развернуты работы по сооружению платформенной части и вестибюля станции.

Постройка метромоста вызвана тем, что ст. «Аметьево» находится над оврагом, который является естественным водосборником, и отметки не позволили идти под ним. Пришлось бы вести проходку на большой глубине и в неблагоприятных условиях. Кроме того, с одной стороны оврага проходит железная дорога, с другой, на такой же отметке, разместился крупный жилой массив. Поэтому и было принято оптимальное решение – возвести метромост. Под ним пройдут транспортная

ТПМК фирмы «ВИРТ-НФМ» — самое последнее приобретение Казметростроя

Мэр города Ле Крезо, мэр г. Казани Камиль Исхаков и президент фирмы «ВИРТ Групп» Нико Клойтерс

К. Ш. Исхаков, начальник Казметростроя М. М. Рахимов и генеральный представитель «ВИРТ Групп» в России М. М. Орданский во время приемки щита в г. Ле Крезо, Франция

развязка и одна из улиц данного района г. Казани.

Мы строим метро XXI века. Поэтому стремимся применять более совершенные механизмы, оборудование, технологии. Это – более совершенные проходческие комплексы с грунтопригрузом, высокоточная водонепроницаемая клиновая обделка с резиновыми уплотнителями. Она позволяет вращать одно кольцо обделки по отношению к другому в 21 положении. Это дает возможность исключить поворотные кольца и идти вертикальные кривые радиусом до 300 м.

Применение резиновых уплотнителей, производство которых освоили здесь, в Казани, исключает чеканочные работы. Кроме того, удачно Казанской строительной академией подобран состав железобетона. И мы на цементе марки 500 изготавливаем обделку из бетона марки 600 и получаем действительно водонепроницаемую конструкцию.

Объединение «Космос» внесло предложение: ограждение котлована ст. «Горки» выполнить не свайно-балочным, а с применением технологии грунтоцементных свай. Оно было рассмотрено и внедрено, и действительно дало большое ускорение по сооружению ограждения и, тем самым, сократило сроки возведения станции.

Внедрена новая конструкция СТП современной компоновки, без громоздких трансформаторов, что упростило и сократило сроки сооружения этого объекта.

На всем протяжении трассы будет уложен путь на лежневом основании. Мы заключили договор с организациями Новосибирска, которые уже имеют опыт эксплуатации такого пути, на проектирование оснастки и лежен. Они согласились их изготовить, и уложить такой путь на 2–3 перегонах. Заключен договор и с организациями Нижнего Новгорода на укладку части верхнего строения пути.

ТПМК фирмы ЛОВАТ «Катюша» сейчас тоже ведет проходку на строительстве метрополитена в Казани

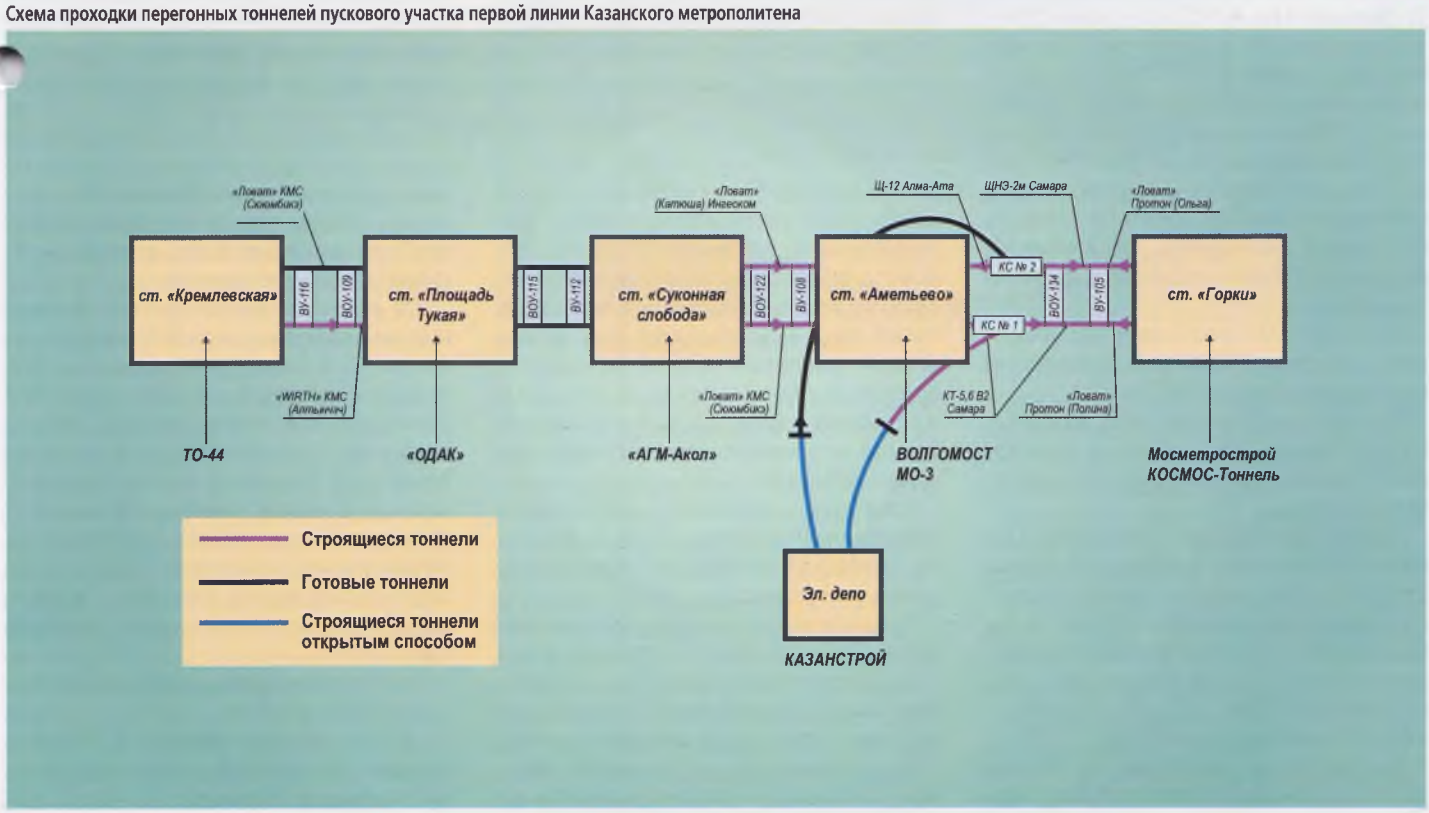
К работам по сооружению электродепо привлечена организация ОАО «Казтрансстрой». На сегодня там уже выполнен нулевой цикл. Завезено сотни тысяч кубов песка, поскольку депо располагается на месте бывшего болота. Произведены засыпка и уплотнение. Ведется сооружение смотровых канав и конструкций цехов.

На участке, примыкающем непосредственно к депо, сооружается спаренный тоннель открытым способом. Этот тоннель прямоугольного сечения выполняется из монолитного железобетона.

На всех этапах строительства ведется постоянный контроль качества. У нас есть авторский надзор, технадзор, надзор заказчика, а также нашим отделом качества.

Инженерная служба Казметростроя принимает все меры для оперативного решения технических вопросов этой большой стройки.

Схема проходки перегонных тоннелей пускового участка первой линии Казанского метрополитена



• насосное оборудование для нагнетания раствора за обделку;

• первичный насос на линии обратной транспортировки суспензии.

На 3-й платформе смонтированы кран-перегружатель для блоков и резервуар для расходного хранения раствора, подлежащего нагнетанию за обделку.

На 4-й платформе — кабина оператора горнопроходческого комплекса, распределительные устройства низкого напряжения, системы управления и КИПиА насосного оборудования.

На 5-й и 6-й платформах смонтированы трансформаторная установка, распределительные устройства высокого напряжения, кабельные барабаны и оборудование для наращивания подающего и обратного трубопроводов системы транспортировки бентонитовой смеси (суспензии).

Система транспортировки бентонитовой смеси в забой (суспензии из забоя) имеет производительность 1000 м³/ч. Через подающие трубопроводы диаметром 300 мм в забой поступает бентонитовая смесь с центрального растворного узла. Обратная транспортировка суспензии — бентонитовой смеси, смешанной с разработанной породой, — осуществляется по обратным трубопроводам также диаметром 300 мм, с помощью трёх насосов. Системы подачи и обратной транспортировки оборудованы расходомерами и датчиками измерения плотности транспортируемой смеси. Система транспортировки оборудована сервоприводной запорно-регулирующей арматурой, при помощи которой подача бентонитовой смеси в забой при необходимости (в случае экстренной остановки проходческого щита или на время, необходимое для корректировки параметров смеси) может быть остановлена, а сама смесь — направлена через систему байпасов в обратный трубопровод.

После монтажа каждых восьми колец горнопроходческий комплекс останавливается для наращивания трубопроводов.

Система транспортировки блоков обделки к месту монтажа состоит из крана-перегружателя с вакуумным захватом, расположенного на 3-й платформе горнопроходческого комплекса. С его помощью блоки поднимаются и последовательно укладываются на ленту транспортёра, который на втором этапе транспортировки перемещает их к подъёмнику. На третьем этапе транспортировки при помощи перегружателя блоки подаются на монтажный манипулятор, оснащённый автоматическим захватом блоков, имеющим систему автоматического позиционирования.

Проходка первого тоннеля V-1 осуществлялась со стороны станции «Лесная» из специально сооружённой стартовой камеры, расположенной под стволом шахты № 213-бис диаметром 8,5 м, через который осуществлялся спуск частей ТПМК.

В декабре 2001 г. ТПМК приступил к резке торцевой стены в стартовой камере и, отталкиваясь от специального упорного кольца, установил первые временные кольца. Установив 10 временных колец, располагаемых в сооружённой стартовой камере диаметром 8,5 м, в феврале 2002 г. ТПМК установил первые постоянные кольца.

Учитывая, что во время проходки первых 50-ти колец одновременно шёл монтаж ТПМК (шесть вспомогательных платформ, расположенных непосредственно за щитом) по мере выхода его из-под ствола шахты № 213-бис, скорость проходки была далека от проектной. В феврале было установлено 48 колец, в марте — 18.

Одновременно с монтажом щита и проходкой первых колец шла отладка процесса уплотнительного нагнетания за обделку и подборка состава раствора, а также проверка навигационной системы «DPS Tunnelier». Данная система помогает оптимизировать работу ТПМК с выводом в реальном времени графической информации о точном положении щита по отношению к теоретическому проекту на монитор «CAP», установленный в кабине оператора комплекса и на поверхности. Вся информация по положению щита и все основные параметры по проходке (скорость проходки и вращения режущего колеса, давление пригруза на забой, давление домкратов, давление нагнетания и его объём и др.) в режиме реального времени через сеть Internet могли быть получены в любой точке.

Но, несмотря на все принятые меры, а также из-за начального неправильного ориентирования ТПМК и сложного профиля трассы (вертикальная и горизонтальная кривая малого радиуса) произошло отклонение от проектной трассы тоннеля, что потребовало ее дальнейшей корректировки и проведения дополнительной экспертизы.

Одновременно с этим 11.04.2002 г. на 85-м кольце произошёл инцидент, связанный со смещением блоков в ранее смонтированном кольце при нагнетании тампонажного раствора при давлении 4,8 атм и нарушением гидроизоляции из уплотнительных прокладок в стыках между блоками. Работы были остановлены, 85-е кольцо демонтировано.

В связи с этим были разработаны дополнительные конструктивные устройства, откорректирована техническая документация, усилена гидроизоляция включением дополнительных водонабухающих и грязезащитных эластомерных прокладок, уточнены технические требования к производству работ. С участием Госстроя России проведён большой комплекс испытаний новых устройств и всего ТПМК. Всё это позволило в августе 2002 г. продолжить проходку тоннеля. В рамках проведения комплексных испытаний ТПМК в августе-сентябре установлено 20 колец, а в октябре 2002 г. началась проходка в штатном режиме.

В ноябре, установив 160-е кольцо, ТПМК вошёл непосредственно в зону ледниковой палеодолины (зона «Размыв»). При выходе из слоя протерозойских глин щит наткнулся на слой водонасыщенных песков с большим включением валунов, проходка через которые привела к повреждению режущего органа комплекса (скреперов и скалывателей). Выйдя в достаточно устойчивые слои и из-под канализационного коллектора, 28.11.2002 г. проходка была вновь остановлена.

После осмотра режущего органа ТПМК было принято решение о его ремонте, т. е. замене вышедших из строя скалывателей и скреперов.

Работы по осмотру режущего органа ТПМК и забоя проводились без сброса давления, а только с понижением уровня бентонитовой суспензии на время проведения работ. Для проведения работ под давлением (5 атм) иноподрядчиком была приглашена французская фирма SATIF, которая специализируется на глубоководных работах под давлением. После ремонтных работ в январе 2003 г. проходка опять была возобновлена. На этом большие неприятности по проходке первого тоннеля закончились, и к марту ТПМК вышел на проектную мощность. В течение марта было пройдено 140 колец, а в апреле — 113, что составило 196 и 158 пог. м соответственно.

Таким образом, преодолев все трудности, 5 мая 2003 г. ТПМК, разрезав торцевую бетонную стену приёмной камеры, завершил проходку 1-го тоннеля.

Сразу по окончании проходки первого тоннеля начались работы по развороту ТПМК в разворотной камере и монтажу его в стартовой камере второго тоннеля V-2. Эти работы велись по непрерывно скользящему графику, чтобы максимально сократить период разворота и наверстать упущенное время на тоннеле V-1. В результате, вместо положенных по графику четырех месяцев, уже в июле 2003 г. началась проходка, и были установлены первые кольца.

Иноподрядчик учёл ошибки, допущенные на первом тоннеле. Щит был сразу ориентирован по будущей трассе, проведён дополнительный осмотр и ремонт режущего органа ТПМК. После проведения положенных комплексных испытаний ТПМК на начальном участке в июле-августе 2003 г., с сентября щит продолжил проходку в штатном режиме. Осложнений как на первом тоннеле на тоннеле V-2 уже допущено не было, хотя начало трассы оказалось гораздо сложнее. Это минимальная для этого щита горизонтальная кривая радиусом 350 м, близость уже пройденного тоннеля V-1, кроме того, неустойчивые породы «Размыва» начинались уже с 54-го кольца.

Таким образом, в сентябре 2003 г. было установлено 148 колец (207 пог. м), а в октябре был установлен рекорд скорости проходки на этом объекте — 217 колец (304 пог. м), что намного больше проектной скорости ТПМК.

Пройдя в таком же темпе в ноябре 150 колец, проходка тоннеля V-2 была успешно завершена. Сооружение второго тоннеля заняло 4,5 месяца.

После окончания проходки тоннеля V-2 ТПМК вместе со вспомогательными платформами в течение 1,5 месяцев был демонтирован и выдан на поверхность через специально сооружённый ствол шахты № 214-бис диаметром 8,5 м. Тоннели после очистки и демонтажа коммуникаций были переданы ОАО «Метрострой» для дальнейшего обустройства.

РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА СОПРОВОЖДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ТОННЕЛЕЙ В ЗОНЕ «РАЗМЫВ» МЕТРОПОЛИТЕНА СПб

Н. И. Кулагин, К. П. Безродный, Ю. А. Крюковский
ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»

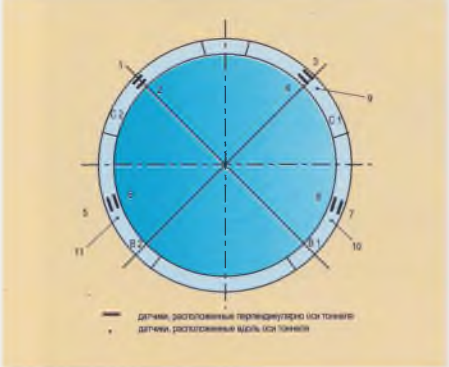
Геотехнический мониторинг сопровождения строительства тоннелей в зоне «Размыв» был вызван сложными инженерно-геологическими и гидрологическими условиями по трассе перегонных тоннелей, наличием достаточно плотной застройки на поверхности, проходкой тоннелей под действующим канализационным коллектором, обеспечивающим жизнедеятельность целого района города, применением совершенно новых технологий сооружения и конструкции обделки тоннелей.

На начало строительства высказывалось много сомнений, обоснованных теоретическими исследованиями различных организаций, в части надёжности применяемой конструкции обделки.

Мониторинг включал следующие работы:

- наблюдения за напряжённо-деформированным состоянием обделки от статических нагрузок в плоскости, перпендикулярной оси тоннеля, и вдоль оси тоннеля;
- наблюдения за линейными и угловыми смещениями кольцевых и радиальных стыков обделки;
- наблюдения за изменением гидростатического и порового давления в массиве;
- контроль за изменениями инженерно-геологических и гидрогеологических условий;
- наблюдения за смещениями поверхности и сооружениями при проходке тоннелей;
- наблюдения за эндогенными геологическими процессами;
- контроль наличия незаполненных раствором полостей за обделкой тоннеля;
- сейсмоакустическое прозвучивание массива.

Рис. 1. Схема установки датчиков в кольце



Наблюдения за напряжённо-деформированным состоянием обделки от статических нагрузок

Наблюдения осуществлялись с помощью струнных и резисторных датчиков, установленных в теле бетона блоков обделки при их изготовлении. Всего установлено десять колец с блоками, оснащёнными струнными и десять резисторными датчиками, по десять колец в каждом из построенных тоннелей (рис. 1). Кольца установлены на тех же пикетах, где имеются скважины с датчиками, регистрирующими гидростатическое и поровое давление.

В каждом из колец датчиками оснащены четыре блока: B1, B2, C1 и C2, и установлено 11 датчиков: 8 — в направлении, перпендикулярном оси тоннеля, 3 — в направлении, продольном оси тоннеля (рис. 1).

Замеры осуществлялись по мере отхода забоя от оснащённых датчиками колец.

В тоннеле № 1 максимальные нормальные тангенциальные напряжения зафиксированы в двух блоках кольца № 416 и составили 14,8 и 13,1 МПа, немного меньшие напряжения отмечены в кольце № 308 — 12,8 и 12,0 МПа. По остальным кольцам значения полученных напряжений меньше.

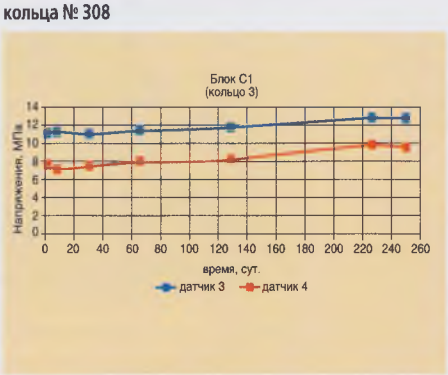
В тоннеле № 2 к концу периода наблюдений максимальные нормальные тангенциальные напряжения составили 12,4 МПа по одному датчику в блоке C2 кольца № 196 и 12,8 МПа по одному датчику в блоке C1 кольца № 314.

В качестве иллюстрации на рис. 2 представлены графики изменения напряжений в блоке C1 кольца № 308.

На основании полученных в результате натурных исследований величин нормальных тангенциальных напряжений вычислен модуль деформации — 200 МПа и коэффициент Пуассона грунта — 0,4.

При проектировании для расчётов модули

Рис. 2. Развитие во времени напряжений в блоке C1 кольца № 308



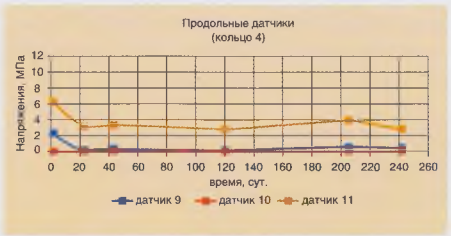


Рис. 3. Развитие во времени продольных напряжений в кольце № 365

деформации были приняты — 18...33 МПа, а коэффициент Пуассона — 0,3...0,4.

Величина горного давления, вычисленная по измерениям, варьирует от 0,79 до 1,0 gH, а горизонтального – от 0,85 до 1,0 от вертикального.

Наиболее характерные графики развития напряжений вдоль оси тоннеля по одному кольцу № 365 тоннеля № 1 представлены на рис. 3. После некоторого всплеска примерно месячной длительности наблюдается уменьшение напряжений, и в дальнейшем они сохраняют свою величину. Максимальные значения не превышают 3 МПа (рис. 3).

Аналогичная картина развития во времени продольных напряжений наблюдается по всем измерительным кольцам.

Оценим усилия, необходимые для удержания герметизирующих прокладок в радиальных стыках в сжатом состоянии.

Модуль упругости материала профиля неопренового соединения принят согласно техническим характеристикам изготовителя 20 кг/см^2.

Нормальная сила вдоль оси тоннеля, необходимая для удержания прокладок в сжатом состоянии, равна 35000 кг. При этом напряжения в бетоне будут равны 0,45 кг/см^2.

Следовательно, столь малое усилие, необходимое для удержания прокладок в сжатом состоянии, со значительным запасом реализуется за счёт обжатия обделки твердеющим раствором, нагнетаемым в зазор между обделкой и грунтом. Деформации блоков от обжатия щитовыми домкратами чрезвычайно малы и не влияют на раскрытие-закрытие стыка.

Наблюдения за линейными и угловыми смещениями кольцевых и радиальных стыков обделки

Для выполнения измерений возможного раскрытия (закрытия) зазоров радиальных стыков использовались мерные базы, которые представляют собой маячки, закреплённые на обделке, между которыми индикатором часового типа измеряются расстояния на базе в 300 мм с точностью 0,01 мм.

Максимальный срок наблюдений по некоторым базам составил 384 суток.

По результатам наблюдений можно сделать вывод о том, что смещений, влияющих на герметичность прокладок, в стыках обделки не происходило в течение всего периода работ. Первоначальные величины изменения зазоров связаны с воздействием хвостовой оболочки ТПМК на смонтированную конструкцию.

В тоннеле № 1 в процессе проходки проведены инструментальные наблюдения взаимных смещений блоков в кольцевых стыках с точностью измерения 0,01 мм.

Получено, что большинство колец установлено с начальным смещением, не превосходящим 4...5 мм. По результатам наблюдений сделан вывод об отсутствии явных тенденций увеличения или уменьшения этих смещений.

Наблюдения за изменением гидростатического и порового давления в массиве

Контроль изменений напряжённого состояния породного массива организован по системе, представленной 18-ю наблюдательными скважинами, оборудованными датчиками гидростатического давления и размещёнными по трассе тоннелей.

В результате выполненных исследований выявлено наличие трёх водоносных горизонтов, разделённых относительными водоупорами. Установлено наличие нисходящего потока подземных вод в толще четвертичных отложений и в подстилающих эти отложения котлинских глинах.

Наблюдениями установлены величины гидростатических давлений по трассам тоннелей до их проходки, что позволило оценить технологические параметры проходческих работ с гидропригрузом забоя.

В процессе проходки транспортных тоннелей датчики, установленные в скважинах, находящихся в зоне влияния горной выработки, зафиксировали чёткую зависимость напряжённого состояния породного массива от условий ведения проходческих работ.

После повышения гидростатических давлений, зафиксированных во время проходки ТПМК вблизи наблюдательных станций, напряжённое состояние породного массива возвращается к естественному по мере удаления забоя от точек наблюдения.

Изменения гидростатических давлений фиксируются по датчикам, установленным в глинистых водонасыщенных породах, непосредственно вскрываемых забоем тоннелей. В водоносных песках, подстилающих и перекрывающих глинистые породы, гидростатические давления практически не изменяются при проходке тоннеля.

Контроль за изменениями инженерно-геологических и гидрогеологических условий

Подповерхностное сверхширокополосное СШП импульсное зондирование участка обследования вдоль ул. Карбышева и на пл. Мужества осуществлялось посредством фиксированных измерений с дневной поверхности в местах стояния СШП комплекса.

В качестве пунктов настоящих наблюдений были выбраны точки СШП-зондирования предыдущих годов обследования.

Сопоставление результатов СШП-измерений, выполненных в одних и тех же пунктах наблюдений в 1997—1998 гг., то есть до начала строительства тоннелей, и в декабре 2003 г. — на момент окончания проходки тоннелей — позволяет отметить:

- количество и размеры суффозионных зон значительно сократились;
- единичные маломощные интервалы разреза с гидродинамическим режимом грунтовых вод сохраняются в приповерхностной части разреза– преимущественно на глубине от 3,5 до 5,0 м от уровня дневной поверхности;
- на объекте сохранилась природная инженерно-геологическая обстановка в разрезе грунтов до горизонта восстановленных тоннелей метро, в которых отмечается отсутствие гидродинамического режима грунтовых зон и разуплотнённых грунтов.

Наблюдения за смещениями поверхности и сооружений при проходке тоннелей

Непосредственно в зоне проходки тоннелей на земной поверхности расположены производственные и жилые здания, над тоннелями — действующий канализационный коллектор.

При проходке первого и второго тоннелей все полученные значения величин сдвижений и деформаций земной поверхности, зданий, наземных и подземных сооружений, уровней сводов обделки, эллиптичности не превысили допустимой расчётной величины, хотя подземные работы проводились в крайне сложных геологических условиях, по слабым грунтам, наличием валунов в массиве, под высоким гидростатическим давлением.

Наблюдения за эндогенными геологическими процессами

В 2003 г. по всем участкам мониторинга отмечается существенное возрастание газового потока по сравнению с 1999—2001 гг.

Усиление газового потока на участке «Лесная» — «Площадь Мужества» не связано с ведущимися работами, а свидетельствует о возрастании неотектонической активности.

Контроль наличия незаполненных раствором полостей за обделкой тоннелей

Для проведения акустического зондирования в тоннеле использован ультразвуковой аппаратурный комплекс АПИ-3К, разработанный ВИТРом.

Какой-либо существенной разницы в толщине слоя раствора по первому и второму тоннелю не имеется. В целом одинаков и разброс величин по периметру колец и по длине тоннелей.

Незаполненных раствором полостей в грунте за обделкой как в одном, так и в другом тоннеле нет.

Толщина слоя раствора за блоками колеблется в пределах от 26...28 до 16...18 см как по периметру тоннеля, так и по его длине, что следует объяснить различной сжимаемостью грунтов, наличием отдельных вывалов грунта в пределах разрабатываемой проходческим щитом полости и колебаниями величины давления нагнетания.

Сейсмоакустическое прозвучивание массива

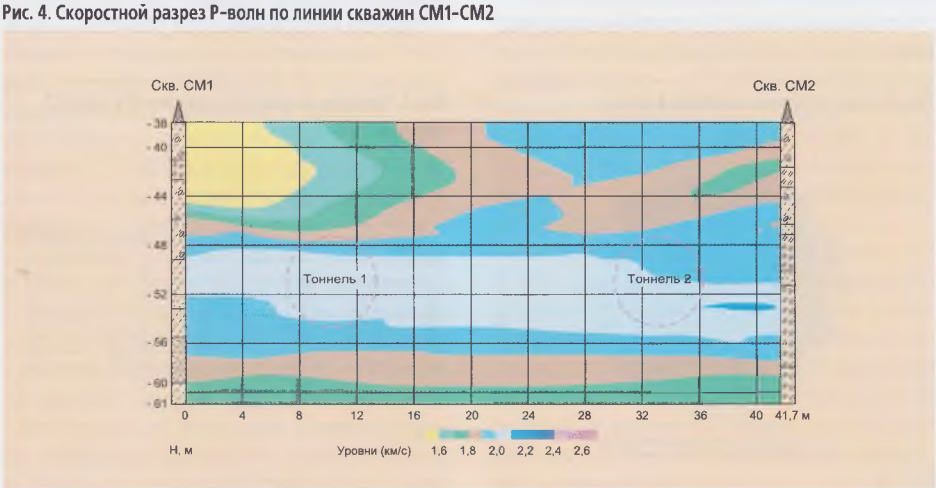
Работы по сейсмопросвечиванию межскважинного пространства (скважины СМ1—СМ2 и СМ3—СМ4), включая сечения строящихся тоннелей, проводили по двум поперечным профилям.

Проведённые сейсмоакустические исследования в варианте межскважинного сейсмопросвечивания позволили получить скоростную характеристику геологической среды по двум линиям скважин на интервалах глубин строящихся перегонных тоннелей. Установлено, что скоростные параметры как продольных, так и поперечных волн практически остались неизменными как до, так и после проходки тоннелей (рис. 4).

Скорость продольных волн колеблется в пределах 1600...2200 м/с, а скорость поперечных — 300...450 м/с. Это свидетельствует о том, что проходка практически не вызвала разуплотнение массива грунтов вблизи тоннелей.

Как известно, пороговая скорость поперечных волн, после которой возможно виброразжижение данных грунтов, равна 200 м/с, что значительно ниже полученной в натурных условиях.

Рис. 4. Скоростной разрез Р-волн по линии скважин СМ1-СМ2



Микротоннельные проходческие комплексы от Зольтау

SOLTAU MICROTUNNELLING WIRTH

Проходческие комплексы RVS-S A-S с гидрооткаткой грунта

Технические характеристики

Комплекс	Внутренний диаметр, мм	Диаметр колодца, м	Длина секции трубы, м
RVS100A-S	250 - 400	2,0	1
RVS 250A-S	250 - 800	3,2	2
RVS 250A-S	1000	3,6	2
RVS 400A-S	1000-1200	5,0	3
RVS 600A-S	1500 - 2000	6,0	3
RVS 800A-S	1500 - 2200	6,5 (прямоуг.)	3
RVS1200A-S	2000 - 3000	9 (прямоуг.)	3

Производитель оборудования оставляет за собой право на внесение технических модификаций в конструкцию

Буровые головки для любых типов грунтов

Wirth Maschinen - und Bohgerate-Fabrik GmbH

тел: (095) 929-6574, 724-7481, тел/факс: (095) 929-6548, e-mail: ecodrill@zmail.ru

Вниманию специалистов по тоннелестроению

Справочное издание

Издание содержит информацию о современных типах тоннелепроходческих комплексов, выпускаемых различными фирмами-производителями в мире, их технических характеристиках и объектах, на которых они применялись. В брошюре даны рекомендации по выбору типа тоннельной щитовой машины для конкретных инженерно-геологических условий строящегося тоннеля.

Издание предназначено для специалистов, занимающихся строительством и проектированием тоннелей различного назначения, конструкторов тоннелепроходческого оборудования, а также студентов-тоннельщиков.

Цена - 300 рублей
+ почтовые расходы

По вопросам приобретения обращаться:

тел.: +7 095 929-6482, 929-6673, 929-6574, факс: 929-6548
e-mail : tunnels@metrostroy.ru

Готовый участок кабельного коллектора

ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СООРУЖЕНИЯ КОЛЛЕКТОРНЫХ ТОННЕЛЕЙ

С. Н. Вьюшков,
генеральный директор
П. В. Соболев,
гл. инженер, ЗАО «Геотон»

Компания «Геотон» в конце 2003 г. завершила строительство порученного ей участка объекта *«Кабельный коллектор от п/ст «Гражданская»* протяженностью 816,4 м. Данный участок расположен между ул. Приорова и Б. Академической в районе станции метро «Войковская» в Москве.

Трасса кабельного коллектора пролегала в сложных гидрогеологических условиях, требующих применения различных спецспособов, таких как строительное водопонижение, замораживание и химическое закрепление грунтов. Проходку тоннеля осложняло большое количество сопутствующих трасс инженерных коммуникаций и близость жилых и производственных зданий. Поэтому вдоль трассы щитовой проходки специалистами ВНИИОСП им. Герсеванова производился мониторинг подвижки поверхности зданий и сооружений. Строгое соблюдение технологии производства работ, качественное первичное и контрольное нагнетание за сборную обделку и оптимальное применение спецспособов при проходке тоннеля позволило удовлетворить строгие требования мониторинга.

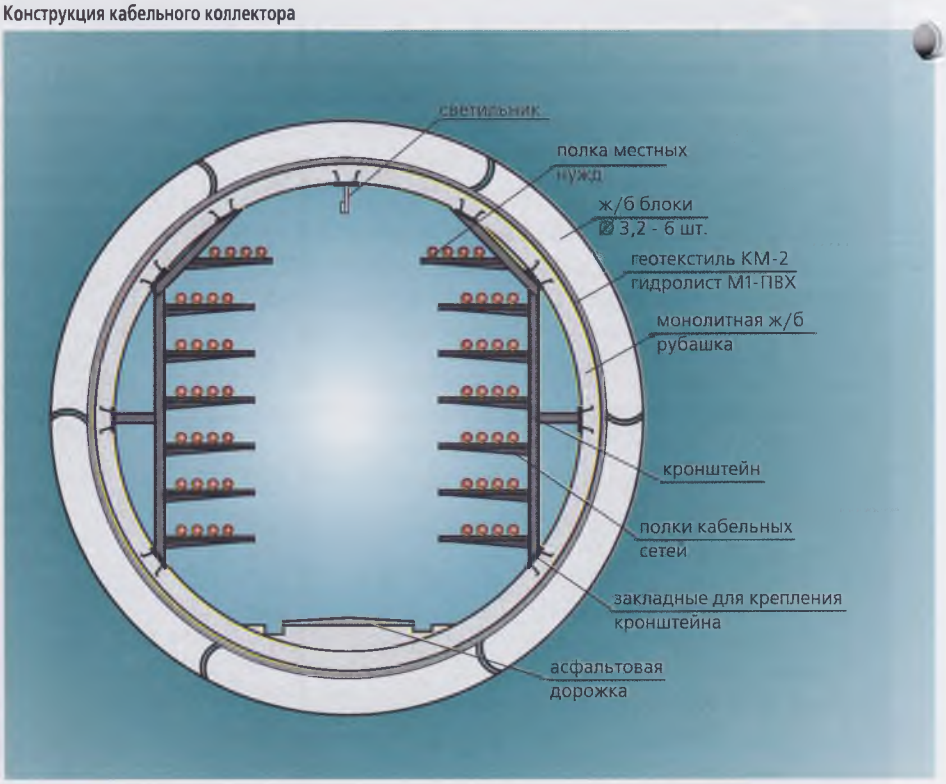
При рассмотрении данного проекта специалисты ЗАО «Геотон» совместно с генеральным проектировщиком (Мастерская № 12 ГУП «Мосинжпроект») приняли оригинальное техническое решение по проходке тоннеля механизированным проходческим щитом диаметром 3,2 м, изготовленным ООО «Гормашщит», г. Тула, редко встречающимся в практике тоннелестроения в Москве. Данное сечение тоннеля было согласовано эксплуатирующей организацией ГУП «Москоллектор», как полностью удовлетворяющее эксплуатационным параметрам для коллекторов подобного типа.

Оптимизация сечения кабельного коллектора позволила изменить глубину заложения тоннеля, что позволило вести проходку в более благоприятных гидрогеологических условиях без применения химического закрепления и замораживания грунтов. Для проходки тоннеля использовалось только эжекторное водопонижение иглофильтрами на 75% длины щитового тоннеля.

При строительстве кабельного коллектора, согласно требованию эксплуатирующей организации ГУП «Москоллектор», необходимо было обеспечить полную герметичность тоннеля и шахт от проникновения грунтовых вод.

В связи с этим при строительстве вышеуказанного объекта впервые широкое применение получила гидроизоляция внутренней железобетонной обделки – облицовка тоннеля и камер гидролистом марки М1-ПХВ, выполненная совместно с ООО «Аэролист». Технология работ в тоннеле заключается в следующем: после затирки швов блочной крепи и тампо-

Конструкция кабельного коллектора



нажных работ за обделку производили очистку блочной крепи; для предотвращения прорывов грунтовых вод устраивается противофильтрационный экран из слоя геотекстиля марки КМ-2 и гидролиста (изопласта) толщиной 1,5 см. Для крепления применяется монтажный пистолет и дюбели с металлическими шайбами. Соединение стыков листов гидролиста осуществляется внахлест сваркой двухполосным швом с помощью специального аппарата, горячим воздухом. На стенках и своде гидролист закрепляется посредством крепежных шайб (ПХВ-рондолей), к плоскости которых он приваривается ручным сварочным пистолетом. После монтажа гидролиста производится армирование и бетонирование железобетонной рубашки тоннеля с использованием механизированной металлической опалубки. В данном проекте толщина железобетонной рубашки составляла 140 мм.

Устройство железобетонной рубашки велось при помощи механизированной шагающей опалубки, разработанной и изготовленной специалистами ЗАО «Геотон». Большая заслуга в разработке, изготовлении и внедрении в производство данной опалубки принадлежит бригадиру комплексной горнопроходческой бригады Ю. Г. Темникову.

Опалубка диаметром в свету 2,52 м, длиной 6 м и весом 12 т обеспечивала среднемесячные темпы возведения железобетонной рубашки до 250 м.

Вышеуказанная технология по гидроизоляции тоннеля при строгом соблюдении технологии производства работ оказалась полностью оправданной. Построенный кабельный коллектор получился абсолютно сухим и соответствующим требованиям эксплуатации.

В дальнейшем ЗАО «Геотон» планирует широкое применение внедренных технических решений при строительстве аналогичных объектов.

В настоящий момент ЗАО «Геотон» совместно с ООО «Спецтоннельстрой» ведет сооружение канализационного коллектора от Павелецкой ж. д. до Пролетарского проспекта в районе ул. Кантемировская в Москве. Этот довольно сложный и интересный объект потребовал применения технологии проходки шахты К-2 глубиной 19 м методом «опускного колодца» из сборных железобетонных плит в тиксотропной рубашке бентонитовой глины.

Данная технология на протяжении 30 лет успешно применялась Тульским объединением «Тоннельстрой» в крупных городах России (Н. Новгород, Самара, Ростов-на-Дону, Уфа, Калининград, Саратов, Краснодар и др.) при строительстве коммунальных тоннелей в сложных гидрогеологических условиях. Технология производства работ по опускному колодцу вкратце заключается в устройстве бетонной форшахты, монтаже в ней ме-

Вид из венткамеры на кабельный коллектор

Поворотный участок кабельного коллектора

Вид на коллектор из дренажной перекачки

Тельферная эстакада

Шахта, пройденная методом «опускного колодца»

таллического ножа специальной конструкции, на который монтируются специальные сборные железобетонные плиты опускного колодца, разработке грунта грейфером в забое с опусканием колодца по мере выемки грунта под собственной массой. Для снижения трения стен опускного колодца на контакте с грунтовым массивом и равномерного распределения нагрузок от грунтового массива на стены колодца при его погружении по периметру форшахты закачивается тиксотропный раствор из бентонитовой глины, который после окончания проходки замещается цементно-песчаным раствором.

Преимущества данного способа проходки шахт по сравнению с традиционным «горным способом» состоят в следующем:

- строительство шахт методом опускного колодца в тиксотропной рубашке оказывает минимальное влияние на грунтовый массив, что особенно важно в крупных городах с наличием в зоне работ большого количества подземных коммуникаций и сооружений, обеспечивает их безосадочность и сохранность;
- отсутствует риск обрушения стен шахты, особенно в водонасыщенных грунтах;
- технология обеспечивает широкий диапазон применения, например, при строительстве шахт диаметром в свету от 3,2 до 20 м на глубину до 20 м, а при усилении железобетонной рубашки – до 40 м;
- высокая степень безопасности проходчиков при производстве стен, высокая степень механизации процесса проходки и снижения трудоемкости;
- значительная экономия металлопроката и пиломатериалов.

При строительстве кабельного коллектора от Павелецкой ж. д. до Пролетарского проспекта ЗАО «Геотон» по данной технологии выполнило проходку шахты К-2 диаметром в свету 8,2 м с использованием ж/б плит опускного колодца по периметру глубиной 19 м в сложных гидрогеологических условиях.

Расчет несущей способности стен «опускного колодца» выполнен по заказу ЗАО «Геотон» фирмой ЗАО «Тоннельпроект», г. Тула, специализирующейся на проектной разработке подобных сооружений. Средние темпы проходки опускного колодца составили 1,5 м в сутки.

Данная технология полностью оправдала свои преимущества при сооружении объекта. В дальнейшем ЗАО «Геотон» планирует строительство опускных колодцев диаметром 3,2 и 6,0 м при строительстве объектов дождевой канализации в г. Зеленограде.

В дальнейшем при проходке тоннеля механизированным щитом диаметром 4 м в шахте опускного колодца был смонтирован клетьевой подъем для вагонеток емкостью 1,8 м^3, а на поверхности – козловой кран ККС-3 грузоподъемностью 3,2 т для разгрузки сборных железобетонных блоков и погрузки их на нулевой площадке на тележки для транспортировки в клеть. Для разгрузки вагонеток емкостью 1,8 м^3 использовался опрокидывающий механизм собственной оригинальной конструкции. Вагонетки разгружались в кузов автосамосвала при помощи тельфера грузоподъемностью 5 т, установленного на специальной эстакаде.

Производительность подземного комплекса позволила обеспечить среднесуточные темпы проходки 6 м при откатке породы и грузов на расстояние до 300 м.

Подземный комплекс при глубине шахты 19 м доказал свою достаточную производительность, надежность, безопасность в работе и высокую степень механизации при снижении физических затрат рабочих, занятых на поверхности.

Для шахт глубиной более 15 м данное решение является оптимальным, хотя и нуждается в каждом конкретном случае в оптимизации, доработке и совершенствовании. Первые шаги в этом направлении ЗАО «Геотон» предприняло.

При проходке тоннеля механизированным щитом диаметром 4 м от шахты К-2, после пройденных 150 м проходки на интервале ориентировочно в 100 м мы столкнулись с условиями, когда при разработке забоя происходило выделение паров разлагающихся органических соединений. Проведенные анализы рудничной атмосферы показали, что эти продукты обладают неприятным запахом, но невозгораемы и невзрывоопасны. Поскольку для работы в данных условиях не разработаны необходимые рекомендации, и в горной литературе изложены лишь общие принципы ведения работ в таких условиях, инженерно-техническими специалистами ЗАО «Геотон» был разработан «Регламент по проведению работ» в сложившихся условиях. В основу регламента заложено положение о необходимости мощного проветривания тоннеля по комбинированной схеме. Принудительное проветривание осуществлялось в забой из шахты № 2, а из забоя воздух отсасывался вентилятором, установленным на пробуренной на тоннель скважине в районе транспортного моста. Эта схема позволила нормализовать атмосферу в забое до нормального уровня. Кроме того, проходчики вели в забое работы в специальных противогазах марки ППМ-88 со сменными фильтрами БКФ, предназначенными для данных условий и показавших хорошую эффективность. За смену для противогазов расходовалось в среднем два сменных фильтра БКФ.

Организация работ по проходке тоннеля была кардинально изменена. Работы производились в 4 смены по 5 часов, что обеспечивало выполнение одного полного цикла по проходке тоннеля и суточные темпы – 3 м. Контроль за состоянием воздуха в тоннеле проводился газоанализаторами 3—4 раза в смену.

Вышеперечисленные мероприятия позволили успешно завершить проходку данного интервала без каких-либо осложнений.

МИКРОТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ФИРМЫ «ХЕРРЕНКНЕХТ АГ» ДИАМЕТРОМ ОТ 250 ДО 4200 мм ДЛЯ ПРОХОДКИ В ЛЮБЫХ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ

Микротоннелепроходческая установка, оборудованная режущим инструментом (резцы и шарошки) для проходки в смешанных грунтах

Микротоннелепроходческая установка, оборудованная режущим инструментом (шарошки) для проходки в скальных грунтах

Микротоннелепроходческая установка, оборудованная режущим инструментом (резцы) для проходки в мягких грунтах

БОЛЕЕ 950 МИКРОТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПРОИЗВОДСТВА ФИРМЫ «ХЕРРЕНКНЕХТ АГ» РАБОТАЮТ ПО ВСЕМУ МИРУ, 40 ИЗ НИХ – В РОССИИ

HERRENKNECHT
Tunnelvortriebstechnik

HERRENKNECHT AG
D-77963 SCHWANAU

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

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

HTTP://WWW.HERRENKNECHT.DE

Вышла в свет новая книга

под редакцией доктора технических наук, профессора кафедры «Строительство подземных сооружений и шахт» Московского государственного горного университета (МГГУ), генерального директора ЗАО «Триада–Холдинг» А. А. Шилина

Настоящая книга является единственным в данной области учебным пособием, в котором вопросы гидроизоляции рассматриваются как комплексная проблема защиты подземных и заглубленных зданий и сооружений.

В книге изложены основы проектирования и создания системы гидроизоляционной защиты сооружений при их строительстве и ремонте, приводятся методики расчета различных систем гидроизоляции, систематизированы и описаны новые материалы, технические и технологические решения по выполнению гидроизоляционных работ подземных и заглубленных объектов строительного комплекса. Приведены многочисленные примеры производства работ в различных сооружениях.

Уникальность книги состоит в том, что она основана на многолетних научных исследованиях ведущих сотрудников «Триады–Холдинг» и богатейшем опыте фирмы в области строительства и ремонта огромного числа крупных подземных сооружений различного назначения (более 1000!).

Представляемая книга будет интересна и полезна всем специалистам в области проектирования, строительства, эксплуатации и ремонта зданий и сооружений.

А.А. Шилин, М.В. Зайцев, И.А. Золотарев, О.Б. Ляпидевская
Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений при строительстве и ремонте: Учебн. пособие.
Цена 350 руб. (с НДС и доставкой)

По вопросам приобретения книги обращайтесь в
ООО «ТА Инжиниринг» по телефонам: (095) 929-64-82; 929-65-74; 929-66-73
факс: (095) 929-65-48
e-mail: tunnels@metrostroy.ru.

СЕН-ГОТАРД МЫ ДОЛЖНЫ ПРОБИТЬСЯ

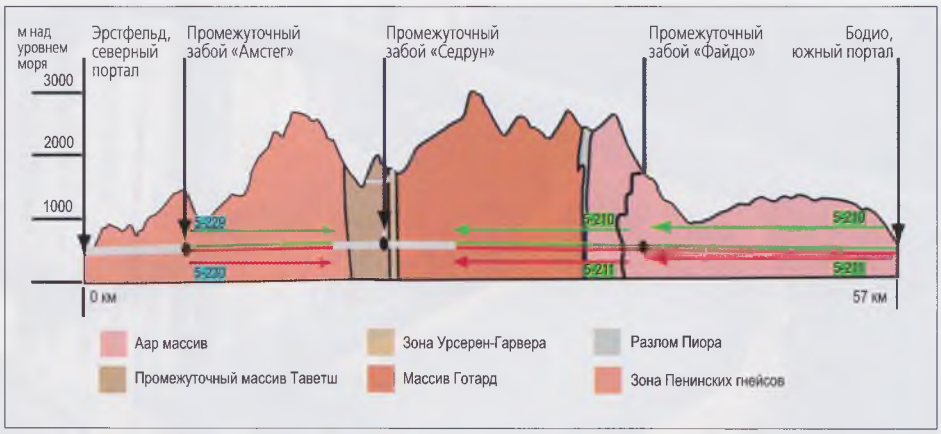
Сен-Готард, вздымающий свои вершины посередине прекрасной Швейцарии, на протяжении многих тысячелетий, образно говоря, стоял у людей на пути. В настоящее время глубоко в недрах этого горного массива ведется проходка самого длинного тоннеля в мире. Этот проект обеспечивает средства массовой информации всегда желанными сенсациями, поражает людское воображение и привлекает большое внимание общественности. Нижний Готардский тоннель (Gotthard Base Tunnel, 2x57 км), проходка которого должна завершиться в 2014 г., станет самым длинным транспортным тоннелем в мире. Два тоннелепроходческих комплекса фирмы «Херренкнехт» ведут проходку участков тоннеля с севера и юга на расстоянии 75 км друг от друга.

Даже при взгляде со стороны, горный массив Сен-Готард выглядит весьма впечатляюще – если встать у подножия горы Бристен высотой 3000 м и посмотреть вверх, то невольно возникает чувство смирения перед грозными силами природы. Эта часть горного массива не представляет никакой сложности для профессиональных альпинистов, но для тоннелестроителей и проходческого оборудования – это новаторская задача чрезвычайной сложности. В самом основании горного массива, на высоте 500 м над уровнем моря, два ТПМК фирмы «Херренкнехт» ведут проходку параллельных тоннелей диаметром 9,58 м и длиной 11,35 км. Проходка ведется из промежуточного забоя «Амстег». Тоннель должен пройти сквозь толщу гранитных пород, спрессованных за миллионы лет. Глубина заложения тоннеля превышает 2000 м, а температура в забое доходит до 50 ^{0}C – условия отнюдь не для прогулки, как для людей, так и для техники.

Контракт на строительство этого участка тоннеля был присужден совместному предприятию «AGN», образованному швейцарской фирмой Murer AG и австрийской Strabag AG. Уже 27 мая 2003 г. первый из двух щитов для проходки твердых пород (с упором в породу) диаметром 9,58 м (S-229) приступил к проходке восточного тоннеля с северной стороны из промежуточного забоя «Амстег». До сих пор максимальная скорость проходки составляла до 90 м в неделю. В августе 2003 г. на том же участке второй тоннелепроходческий комплекс (S-230) начал проходку западного тоннеля. Этот ТПМК, полная длина которого составляет 441 м, является самым длинным в мире из всех проходческих систем, когда-либо созданных человеком. Комплекс начал проходку западного тоннеля на участке Амстег-Седрун. Проходка обоих тоннелей длиной 11,4 км вплоть до границы забоя «Седрун» должна быть завершена к 2008 г.

Если рассмотреть геологию по трассе тоннеля, особенно со стороны южного портала возле Бодио, то можно убедиться в том, что проходка Нижнего Готардского тоннеля действительно является крайне сложной и новаторской инженерной задачей. Альпы представляют собой сжатую зону орогенезиса, образовавшуюся в результате столкновения Африканской и Евроазиатской тектонических плит. В ноябре 2002 г., практически сразу же после начала проходки восточного тоннеля со стороны южного портала, первый из двух проходческих щитов «Херренкнехт» для твердых пород диаметром 8,83 м (S-210), предоставленный в распоряжение СП «ТАТ» (Tunnel Alp Transit-Ticino), неожиданно наткнулся на зону тектонического разлома с залеганием так называемых катакластических пород. Эти породы были сильно раздроблены в процессе формирования горного массива и поэтому представляли трудность для щитов, которые были специально запроектированы для работы в условиях особо прочных горных пород. При попадании такого ТПМК в слабые породы, скорость проходки существенно падает, поскольку проходка каждого метра сопряжена с необходимостью устройства комплексной системы крепежа. Тем временем второй проходческий комплекс (S-211), который вначале успешно продвигался вперед со скорость до 107,9 м в неделю, также вошел в зону разлома по трассе западного тоннеля. Несмотря ни на что, пионеры-проходчики как всегда полны решимости – они не допустят остановки работ и справятся с любой задачей.

СП «ТАТ» ведет проходку самого длинного участка тоннеля протяженностью примерно 25 км в условиях наиболее сложной геологии по трассе западного и восточного тоннелей. В состав данного СП входят пять организаций: Zschokke Locher AG (Швейцария), Alpine Mayreder Bau GmbH (Австрия), CSC Impresa Costruzioni SA (Швейцария), Impregilo S.p.A. (Италия) и HOCHTIEF AG (Германия). Специалисты «ТАТ» не просто ведут проходку тоннеля рекордной длины – на участке южного лота глубина заложения тоннеля максимальная, достигающая 2300 м. На участке Файдо-Седрун, который будет пройден в 2005–2008 гг., тоннелестроителей поджидает пресловутая зона Пиора – тектонический разлом с залеганием белых гранулированных пород, представляющих собой гигантский клин из растворимого доломита, пересекающий трассу тоннеля. Однако, согласно данным предварительных геологических изысканий, проходка тоннеля через зону Пиора не должна быть сопряжена с большими трудностями – снизу растворимый доломит прикрыт слоем водонепроницаемого природного гипса. После 2014 г. от Милана до Цюриха можно будет добраться на поезде всего за один час, двигаясь по Нижнему Готардскому тоннелю со скоростью 250 км/ч, однако прежде чем это станет реальностью, тоннелестроителям еще предстоит пройти под землей долгим и воистину скалистым путем. Но недаром швейцарские инженеры имеют репутацию высококвалифицированных и отважных пионеров-тоннелестроителей, накопивших большой опыт в строительной отрасли.



Тоннели, проходка которых ведется с применением проходческих щитов фирмы «Херренкнехт»

Более подробную информацию о проекте по строительству Нижнего Готардского тоннеля можно получить, посетив сайты:

www.alptransit.ch
www.agn-amsteg.ch
www.tat-ti.ch
www.herrenknecht.com

Запросить анимацию ТПМК можно по адресу:
pr@herrenknecht.de

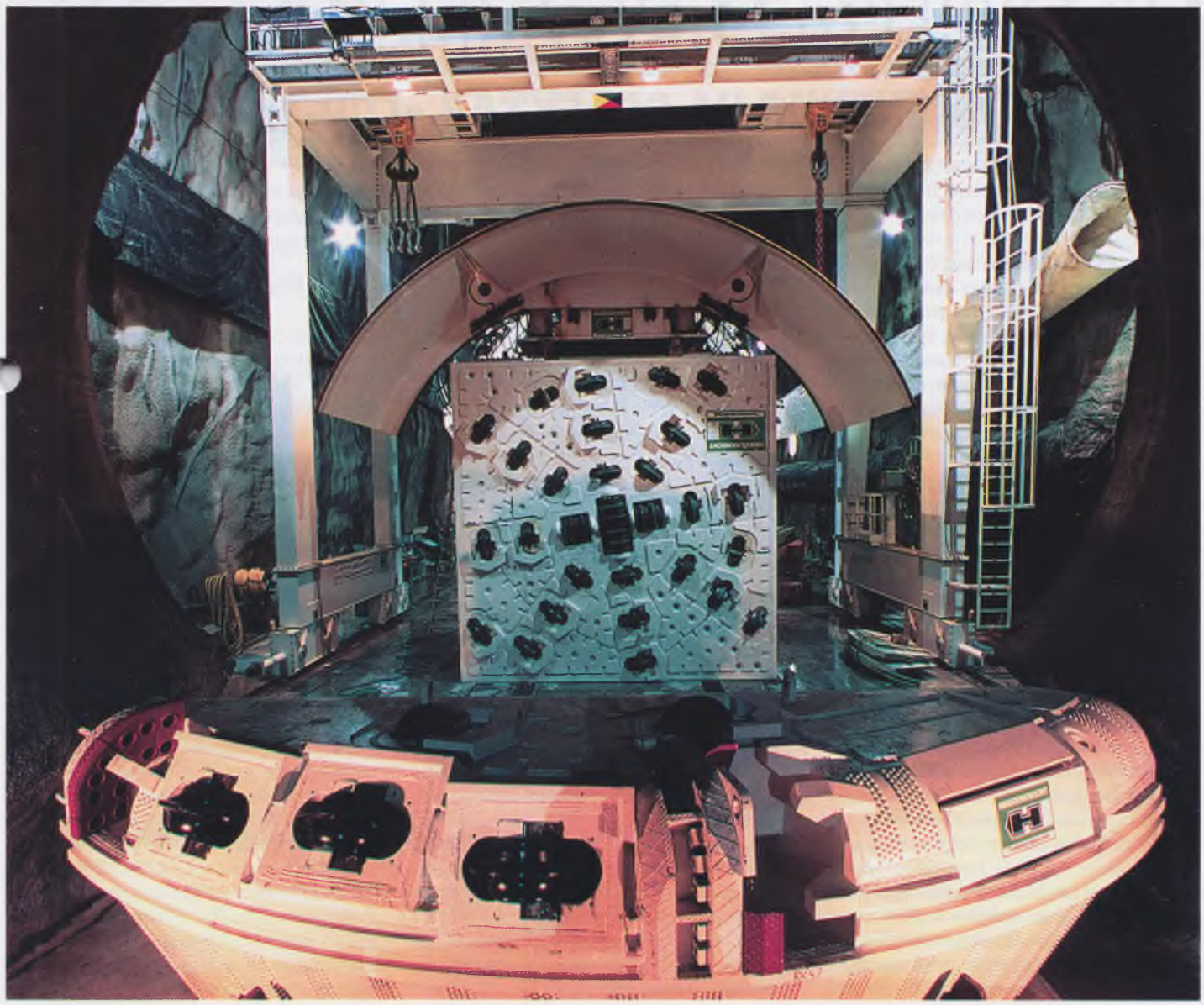


Рис. 1. Общий вид установки

БУРОШНЕКОВАЯ УСТАНОВКА РВА-200

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ «ГПР-1» В МОСКВЕ

В. И. Артемов,
главный технолог
ОАО «ГПР-1», к. т. н.

Технологии, которые применяются сегодня при прокладке подземных коммуникаций различного назначения, не требующие вскрытия дневной поверхности и не наносящие урон зеленым насаждениям, зданиям, коммуникациям, историческим памятникам и транспортным магистралям, — будущее городского строительства.

Открытое акционерное общество «Горнопроходческих работ № 1» до приобретения установки РВА-200 применяло для продавливания труб диаметром 1200 и 1400 мм немеханизированные установки, которые состояли из двух гидродомкратов ГД-170 (ГД-175) общим усилием 340 т, установленных на сварной раме, маслостанции с насосом высокого давления и контрольных приборов. Грунт в забое разрабатывался отбойными молотками или ручным инструментом с погрузкой его в опрокидные вагонетки и ручной откаткой к рабочему котловану с дальнейшей выдачей на поверхность краном. СНиП III-4-80 при немеханизированной проходке предусматривает продавливание труб длиной не более 40 м и диаметром не менее 1200 мм. Длительность непрерывного пребывания рабочего внутри трубопровода не должна превышать 1 ч, а интервалы между рабочими циклами должны быть не менее 30 мин. Трубопровод длиной 10 м и более необходимо обеспечивать принудительной вентиляцией с подачей свежего воздуха в количестве не менее 10 м^3/ч. Разработка грунта внутри трубы допускается только при условиях, исключающих прорыв в забой газов, воды и содержимого выгребных ям. С рабочими, занятыми внутри трубопровода, должна быть обеспечена двухсторонняя связь. При этих условиях скорость проходки составляла 3 м/сут.

Разработки по созданию установок с технологией по продавливанию труб и шнековой транспортировкой разбуренного грунта как альтернатива немеханизированной и различным механизированным технологиям были начаты в середине 80-х гг. С тех пор эта технология постоянно совершенствуется.

Использование установки РВА-200 позволило расширить область распространения способа продавливания труб в различных грунтах, увеличить длину и скорость проходки, сократить применение ручного труда.

В отличие от метода ведения работ открытым способом она не нарушает поверхность по всей трассе прокладки коммуникаций и, тем самым, не влечет за собой закрытие транспортного и пешеходного движения, вырубку садово-парковых насаждений и прочее.

Преимущество этой технологии перед подземной проходкой щитами, применяющейся в настоящее время при строительстве коллекторов, состоит в том, что она не требует длительного подготовительного и основного этапов, связанных со строительством шахт и тоннелей.

Основное отличие от микротоннелирования заключается в отсутствии герметичной буровой головки, роль которой выполняет режущая головка, и в откатке грунта шнеками, для которых сама труба задавливания является кожухом. Установка шнекового бурения лишена большой части сложного и дорогостоящего оборудования, имеющегося на установках микротоннелирования, и, соответственно, более проста в обслуживании.

Среди технических решений, позволивших шнековым установкам приблизиться к установкам микротоннелирования, можно выделить автономность работы, шнековый шлюз для продавливания труб при высоком уровне грунтовых вод, различные режущие головки, позволяющие их заменять в ходе работы, управление траекторией проходки, возможность применения ударного механизма при работе в твердых и скальных породах.

Конструкция бурошнековой установки

Немецкая компания «SCHMIDT, KRANZ & CO GMBH» производит ряд установок горизонтального шнекового бурения от РВА-10 до РВА-320, которые применяются для бестраншейной прокладки трубопроводов или футляров диаметром от 100 до 1600 мм. Тех-

нические характеристики основного типоряда представлены в табл. 1.

Установка РВА-200 с усилием 200 т уже эксплуатируется в ОАО «ГПР-1» в течение года. В настоящее время закуплена более мощная РВА-320 с усилием 320 т, которая введена в эксплуатацию в конце апреля 2004 г. Общий вид бурошнековой установки представлен на рис. 1.

Машины имеют прочную конструкцию, позволяющую вести непрерывное бурение в самых сложных геологических условиях.

Конструктивное решение включает в себя направляющую раму, узел толкателя, комплект шнеков, наборы штанг к пилот-скважине и режущих головок, гидравлическую станцию, узел приготовления и подачи бентонитового раствора и вспомогательное оборудование.

Направляющая рама сварной конструкции состоит из двух отдельных секций: основной рамы — 5,5 м и ее удлинителя — 4,0 м, которые раскреплены внизу поперечинами и укосинами из швеллерных балок. Если применяется основная рама, то длина прокалываемой трубы равна 3 м, с удлинителем — 6 м.

Цилиндры двух гидродомкратов закреплены на подвижной платформе. На боковых поверхностях рамы имеются окна, в которых фиксируются упоры платформы. Расстояние между окнами рамы равно ходу штоков гидродомкратов. Их цилиндры через платформу, раму и опорную плиту упираются в упорную стенку рабочего котлована, а штоки передают нажимные усилия через прессовое кольцо на торец продавливаемого трубопровода-футляра. Прессовое кольцо служит для равномерной передачи нажимных усилий на торец трубы. Усилия двух гидродомкратов составляют 2000 кН/м^2.

Узел управления машиной установлен на подвижной платформе.

В блоке управления находятся регуляторы, с помощью которых задается скорость прокола и ограничение усилий продавливания трубы.

На конце подвижной платформы имеется лебедка. Ее задача состоит в том, чтобы гарантировать быстрый возврат машинной части в исходное положение или вытянуть транспортные шнеки из трубы.

В комплекте с буровой установкой поставляется гидравлическая станция HS 150-Д с шумозащитой и дистанционным включением дизеля оператором из рабочего котлована. Гидравлическая станция устанавливается на краю котлована, камеры или шахты и соединяется с помощью комплекта шлангов и муфт с буровой установкой.

Двигатель гидравлической станции 6-цилиндровый турбо-дизельный Дойц BF6M 1013C мощностью 153 кВт при 2300 об/мин.

Принцип действия установки основан на сочетании разработки грунта режущей головкой или расширителем и транспортирования его шнеком с одновременным вдавливанием трубы-футляра.

Конструкция рамы и домкратной станции дает возможность выполнять работы из стартовых шахт как круглого, так и прямоугольного сечения.

Подготовка шахт (камер) к проколу и установка машины

В состав подготовительных работ при строительстве горизонтальных выработок способом продавливания входят: освоение строительной площадки, завоз необходимых материалов и оборудования, переустройство инженерных сетей и подземных коммуникаций (при необходимости), разбивка осей подземных выработок и т. п.

Месторасположение строительной площадки и разбивку ее на местности производили в соответствии со стройгенпланом. Ориентировочные минимальные размеры стройплощадки для производства работ способом продавливания в условиях плотной городской застройки составляли в среднем 15×20 м.

На строительной площадке размещали следующие временные сооружения и оборудование:

- рабочий котлован, камеру или шахту, в которых монтировали продавливающую установку;
- площадку для размещения крана СПК-1000 (СПК-2000) или автомобильного крана, автосамосвала, гидравлической станции, бентонитового узла, сварочного агрегата, склада труб, набора шнеков и режущих головок, насоса водоотлива и вспомогательного оборудования.

Перед производством работ по продавливанию футляров (труб) предварительно оборудовался рабочий (стартовый) и приемный котлованы (камеры, шахты).

Размеры котлованов определялись в зависимости от их расположения в застроенной части города или на свободной территории с учетом грунтовых условий и размеров бурошнековой установки.

На свободной территории котлованы отрывали в откосах, без крепления. Крутизна откосов принималась в соответствии с требованиями СНиП III-4-80.

В стесненных условиях городской застройки котлованы, как правило, разрабатывали с предварительным забуриванием вертикальных труб диаметром 219 мм и креплением деревянной затяжкой между ними, поясами через 2 м, состоящими из двутавров № 30÷40, укосин и расстрелов из труб или двутавров.

Размеры камер для продавливания футляров длиной 3 м были равны 6,5×4,0 м, а для 6 м составляли 10,5×4,0 м.

Кроме того, для проколов сооружались стволы (шахт) диаметром 5,5 и 7,5 м. Крепление осуществлялось инвентарной крепью из швеллерных колец с деревянной затяжкой.

При проходке стволов диаметром 5,5 м в основании шахты устраивался карман (приствольная камера) с углублением 2 м под бурошнековую установку для задавливания труб длиной 3 м. Карман крепился швеллерами или двутаврами.

Приемные шахты строились диаметром 3 м и крепились инвентарной крепью из швеллерных колец и деревянной затяжки.

Котлованы разрабатывались гидравлическими экскаваторами с обратной лопатой или с грейферным ковшом, а также вручную отбойными молотками, бадьями и краном СПК-1000 (СПК-2000).

Глубина котлованов, камер, шахт колебалась от 3 до 9 м.

К установке разработали и сварили опорную плиту длиной 2,5 и высотой 2 м, представляющую собой пакет из сваренных металлических балок № 20 и стального листа δ = 20.

Таблица 1

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РВА 80/100/160/200/240/320

	РВА 80	РВА 100	РВА 160	РВА 200	РВА 240	РВА 320
Домкратная станция Рабочее давление, бар	250	250	250	250	200	250
Ход штока, мм	600	600	600	600	600	600
Усилие подачи, кН	800	1000	1570	2000	2450	3200
Усилие тяги, кН	600	600	1175	600	1175	2300
Бурильный агрегат Рабочее давление, бар	200	240	220	220	200	250
Крутящий момент, Нм	15000	20000	30000	35000	50000	31500/63000
Скорость вращения, об/мин	30/60	22/44	30/60	22/44	25	9/32
Размеры Длина машины, мм	5.005	5.005	5.525	5,525	6.300	7.780
Длина удлинителя, м	4.0/6.0	4.0/6.0	4.0/6.0	4.0/6.0	4.0/-	3.12/4.16
Ширина, м	1.26	1.42	1.70	1.7/1.9	2.160	2.240
Вес Без инструмента, кг	2550	2800	3760	4000	8200	11700
Удлинителя рамы 4м/5м, кг	800/1100	880/1180	1430/1890	1580/2000	8200/2360	2250/2650

Опорная плита служит для равномерного распределения реактивных усилий от продавливающих гидродомкратов на упорную стенку рабочего котлована, в котором днище бетонировалось по отметкам в соответствии с применяемым оборудованием или укладывались ж/б плиты под раму установки для продавливания. В торце котлована устраивалась упорная стенка из двух-трех забуренных стальных труб диаметром 219×12 мм с шагом 1,2÷1,4 м и защемлением в грунте днища камеры 0,5÷1,5 м, двух вандрутов из металлических двутавров № 22 с омоноличенным пространством между ними и установленной упорной плитой.

На днище рабочего котлована монтировалась буровая установка. При этом рама монтировалась с соблюдением проектного уклона, а упорная плита должна быть строго перпендикулярна к уклону продавливания (рис. 2). Данные работы производились с привлечением маркшейдерской службы.

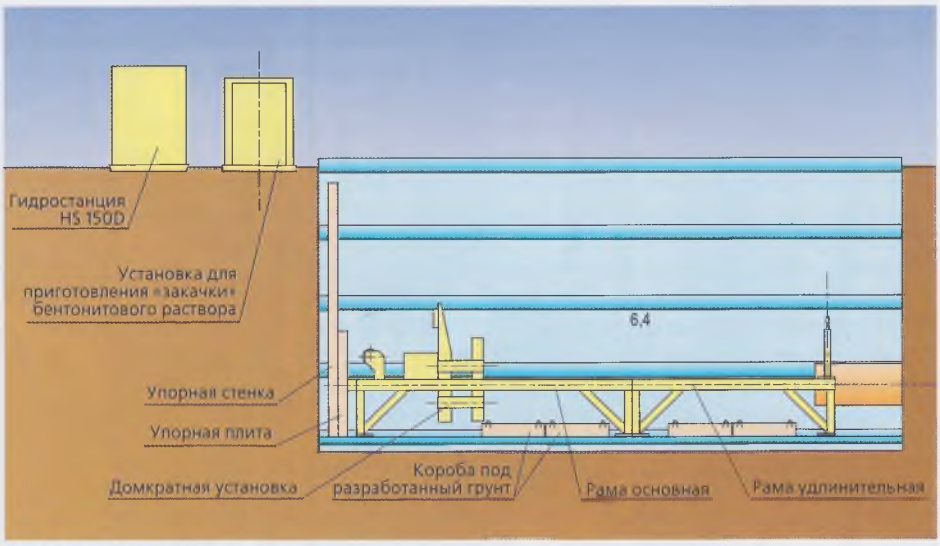


Рис. 2. Разрез стартовой камеры

Технология продавливания стальных футляров (труб)

Технологическая последовательность работы бурошнековых установок одна и та же: проходка пилотной скважины, направляемой с помощью лазерной системы наведения, расширение скважины до необходимого диаметра рабочим органом со шнековой транспортировкой грунта в котлован и задавливание рабочей трубы.

Существует управляемое бурение 2-х и 3-ступенчатым способом.

Первый этап - направленное задавливание пилотных штанг. Для этого используется оптико-электронная навигационная система ОЭН (рис. 3). Передний конец пилотной трубы оснащен управляющей головкой со скошенным наконечником, поворот которого позволяет осуществлять движение в заданном направлении. Кроме того, в первой бурильной штанге имеется лазер с мишенью (перфолюкс) и две форсунки для подачи бентонита вперед по направлению продавливания и назад.

Для улучшения наблюдения за целью сзади за ригельным мостиком предусмотрена камера на специальной подставке, не подверженной вибрациям. Она должна быть зафиксирована или установлена на песчаной подушке поверх бетонной плиты.

Камера | Перфолюкс | Монитор

Рис. 3. Оснастка для управляемого бурения

В удобном для наблюдения за мишенью месте монтируется стол, на котором крепится монитор, соединенный с пультом управления. С его помощью оператор последовательно контролирует и регулирует параметры проходки в вертикальном и горизонтальном направлениях.

Система управления обеспечивает точность проходки с допусками ±30 мм.

Далее осуществляется пилотное бурение (рис. 4). Для этого используются пилотные трубы РВ-37 диаметром 114,3 мм и длиной 1 м, которые соединяются с помощью резьбовых соединений.

Важный элемент пилотных штанг — водонепроницаемость за счет резиновых прокладок.

При пилотном бурении следят за резким увеличением давления и внезапным отклонением от цели. Работу установки прекращают, если пилотная штанга, встретив препятствие в виде камня, может изогнуться и деформироваться. За счет проворачивания и легкого нажима стараются пройти препятствие или направляют промывочную струю через форсунку на камень, так чтобы размочить грунт и вытеснить камень.

Рис. 4. Продавливание пилот-штанги

Рис. 5. Приваренный к трубе «вертолет»

Рис. 6. Расширительные головки

Рис. 7. Расширитель вышел в приемную шахту

Рис. 8. Буровая головка для крепких пород

Рис. 9. Буровая головка для мягких пород

Проходка осуществляется до выхода пилот-штанги в приемочный котлован. Проверяется точность прокола, демонтируются направляющая головка пилотных труб и система ОЭН.

Затем буровая установка переоснащается для продавливания стальных или бетонных труб.

Второй шаг заключается в усилении режущей кромки трубы или применении различных расширителей.

Для этого на стальную обсадную трубу наваривается стальная обечайка толщиной 10÷15 мм и шириной 8—10 см. Внутрь торца трубы вваривается крест («вертолет») с переходником для пилот-штанг. Толщина листа 2 см (рис. 5).

Возможно использование расширяющей головки с ребрами жесткости и переходником для пилотных штанг (рис. 6, 7). Это приводит к уменьшению сил трения, возникающих при продавливании.

При применении буровой головки (рис. 8, 9) в крепких породах в качестве переходника используется упорный подшипник (рис. 10). Для снижения усилия вдавливания диаметр фрезерной головки делают на 10—50 мм больше диаметра продавливаемой трубы. Длину первой секции подбирают таким образом, чтобы фрезерная головка выходила из футляра на 5—10 см. Для снижения сопротивления грунта по боковой поверхности продавливаемого футляра за расширителем или режущим кольцом устанавливается полудюймовая труба с 6 мм отверстиями через 20 см для нагнетания раствора бентонита в затрубное пространство.

Затем к пилотной штанге через переходник присоединяется расширитель и стальной футляр с проложенными внутри шнеками. Начинается продавливание обсадных

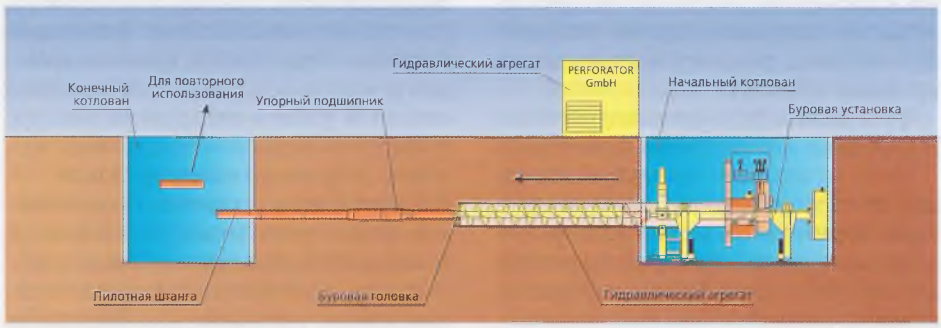


Рис. 10. Расширительная ступень с использованием упорного подшипника и буровой головки для двухступенчатого метода при крепких породах

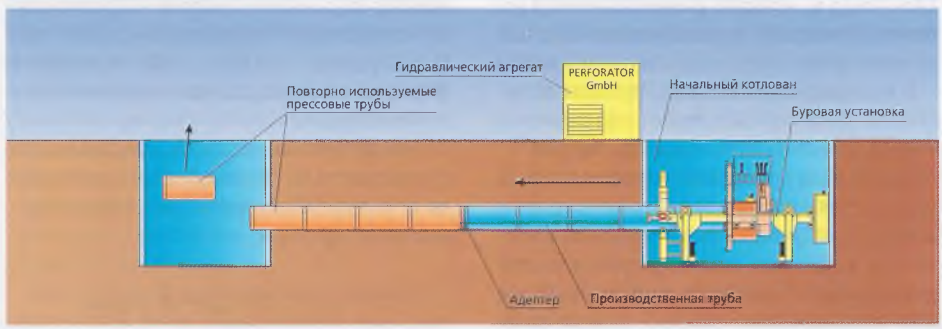


Рис. 11. Продавливание производственных труб с одновременным извлечением прессовых при трехступенчатом методе

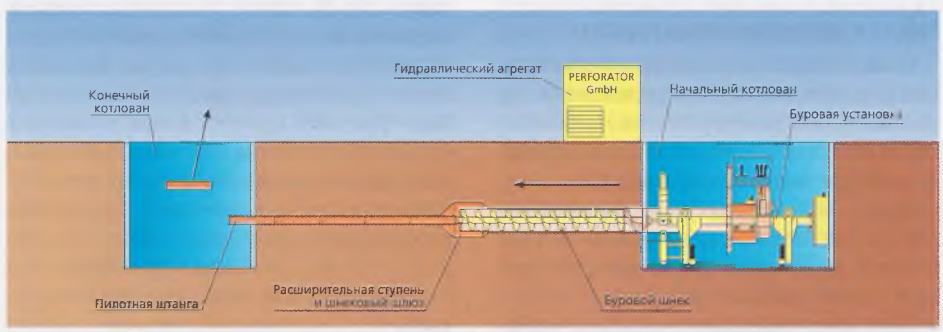


Рис. 12. Расширительная ступень и шнековый шлюз для двухступенчатого метода ниже уровня грунтовых вод

Рис. 13. Бентонитовая установка с подачей 30 л/мин и объемом бака 1000 л

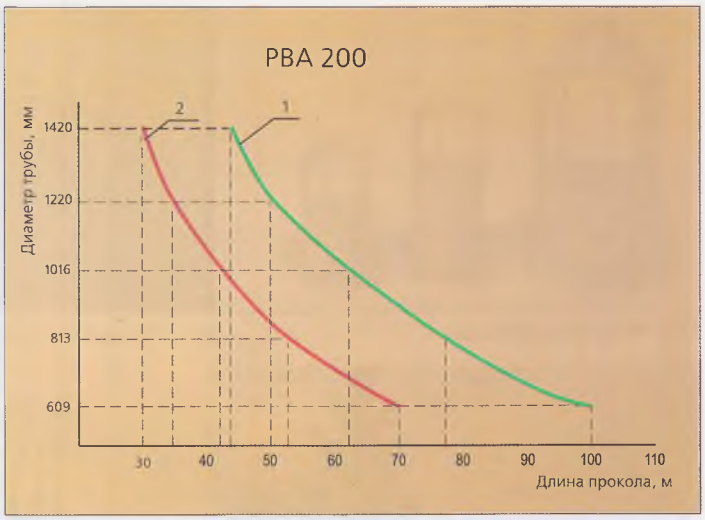


Рис. 14. Зависимость длины прокола от диаметра трубы: 1 - с применением бентонита; 2 - без применения бентонита

труб с непрерывным удалением породы шнеком из забоя в стартовый котлован. Колонна пилотных штанг, по мере проходки, выдавливается стальным футляром с помощью домкратов в приемную камеру. Штанги отвинчиваются и складируются для дальнейшего использования.

Прокол осуществляется на длину 3 или 6 м, после чего на домкратную станцию помещается следующий отрезок стального футляра той же длины, трубы свариваются и процесс повторяется.

Трубы должны быть обрезаны ортогонально, а сварные швы выполнены качественно.

Путем наращивания футляров отрезками по 3 или 6 м производится дальнейшая проходка выработки до выхода расширителя в приемный котлован. Расширитель срезается для повторного использования, из трубы извлекаются шнеки, установка демонтируется.

Грунт из стартовой камеры выдавался автокраном поддонами размером 1,4×1,4×0,3 м, которые размещались под установкой во время прокола или грейферным экскаватором с погрузкой в автосамосвалы.

В проложенные стальные футляры вставляются полимерные трубы, свариваются и забутовываются цементным раствором.

Третий этап при трехступенчатом способе заключается в расширении диаметра трубы с повторно используемыми буровыми трубами или замещении стальных труб-футляров выдавливанием железобетонными трубами. При продавливании рабочих железобетонных труб использовались различные расширители и переходники (рис. 11).

Работа в водонасыщенных грунтах

Особо следует отметить применение шнекового шлюза, потому что бурошнековые установки в силу конструктивных особенностей не всегда обеспечивают надежную работу в обводненных условиях (рис. 12).

При работе ниже уровня грунтовых вод шнек открывает переднее «окошко» и грунт с водой поступает в шнековый став, при этом заднее «окошко» закрыто.

Затем шнек перекрывает переднее «окошко», а заднее открывает и грунт с водой, находящийся в шнековой камере, отводится шнеками в трубу и далее в рабочий котлован.

В этот момент вода в камеру шнекового шлюза не поступает. Затем процесс повторяется.

Определение нажимных усилий на обделку

Фирмам-изготовителям машин и оборудования свойственно завышать технические параметры установок. Поэтому необходимо каждый раз перед работой установки проверять ее возможность работы с определенным нажимным усилием при заданных диаметре трубы и горно-геологических условиях проколоть требуемое проектное расстояние.

Сопротивление движению продавливаемой трубы в грунте формируется действием нескольких составляющих: лобовым сопротивлением вдавливанию, сцеплением и силами трения грунта о боковую поверхность прокладываемой конструкции, которые зависят от внешних нагрузок и способа проведения. В справочном пособии «Строительство подземных сооружений» под ред. М. Н. Шуплика - М. Недра, 1990 г. приведены формулы по определению нажимных усилий и нагрузок.

При применении способа продавливания (применительно к выработкам диаметром до 2 м) нажимные усилия могут быть определены по формуле:

$$P = q_c \cdot l + \left[2(1+\xi_0)+\sigma_1\right] L \operatorname{tg} \varphi,$$

где q_c — удельное сопротивление вдавливанию ножа направляющего оголовка в грунт, равное 50–70 кН на 1 м длины режущей кромки ножа для глинистых грунтов, разрабатываемых в забое продавливаемой выработки (трубопровода-футляра) без оставления «грунтовой пробки», а при оставлении «грунтовой пробки» — 240–330 кН. Эти величины для песчаных и прочных грунтов (без оставления и с оставлением «грунтовой пробки») составляют соответственно 70–100 и 370–550 кН; 150–200 и 570–600 кН;

l — периметр ножа направляющего оголовка, м;

ξ_0 — коэффициент бокового давления грунта, равный для песка 0,35–0,41, для суглинка 0,5–0,7, для глины 0,7–0,74;

σ_1 — масса 1 м продавливаемой конструкции крепи, трубы, кг;

L — длина проведения, м;

$tg\,\varphi$ — коэффициент трения крепи (металлической трубы) о грунт, равный для глин 0,4–0,5, для песков 0,6–0,65.

Вертикальная внешняя нагрузка на 1 м длины крепи продавливаемой трубы равна:

$$P_1 = \gamma D_H^2 / 3 f_K,$$

где γ — плотность грунта, т/м³;

D_H — наружный диаметр выработки, м;

f_k — коэффициент крепости грунта.

Для приближенного определения усилий продавливания труб, по общим усредненным данным, для различных грунтов можно принять силу трения грунта по поверхности трубы 15–20 кН на 1 м² и общее усилие определить из выражения:

$$P = J \pi D_H L,$$

где J — удельное сопротивление трения на 1 м² поверхности продавливаемой трубы, равное 15-20 кН.

Диапазоны диаметров труб и длин проколов фирмой даны для трений трубы 6 и 10 кН на 1 м².

Грунтов с силой трения по поверхности трубы 6 кН на 1 м² в природе не существует.

Чтобы снизить силу трения грунта о трубу до 10 кН необходимо обильно подавать бентонит в затрубное пространство.

Рекомендации фирмы — перед заталкиванием трубы в грунт её следует обмазывать вручную бентонитом сметанообразной консистенции, но при этом сводятся на нет все преимущества механизированного способа проходки.

Применение бентонита

Использованию бентонитовой смазки при продавливании футляров долгое время не придавалось особого значения. Как следствие, это приводило к слишком высокому поверхностному трению, что нередко за-

канчивалось повреждением трубопровода или остановкой работы бурошнековой установки. Приходилось навстречу из приемного котлована осуществлять прокол трубой большего диаметра или проходить шахту на месте предполагаемой остановки расширительной (буровой) головки.

В течение нескольких последних лет были осуществлены разработки, направленные на уменьшение поверхностного трения. Оно уменьшается при использовании смесительных установок, выдающих бентонит, готовый к употреблению и передающих его далее в места трения.

Бентонитовый узел состоит из емкости 1 м^3, смесителя шнекового типа, насоса для подачи бентонитового раствора производительностью до 30 л/мин и давлением до 100 кг/см^2 (рис. 13).

Привод смесителя и насоса идет от гидравлической станции. Плотность и вязкость бентонитового раствора подбирается в зависимости от грунтов.

С помощью полностью автоматических установок возможно уменьшение поверхностного трения до величины 1 т/м^2. В то время как при плохой смазке нередки случаи, когда поверхностное трение достигает величины 2 т/м^2, а иногда и более — в сухих песках и твердых глинах.

Бентонит нельзя применять в пучащих глинах, потому что происходит резкое увеличение обжима трубы и остановка работы машины.

Зависимость длины прокола от диаметра трубы с применением бентонита и без него представлена на рис. 14.

Приемка и контроль качества работ

ИТР, ответственный за производство работ, обязан контролировать правильность направления продавливания через каждые 6 м.

Продавливание стальных футляров необходимо производить в максимально короткий срок, не допуская длительных перерывов, и в присутствии ответственного лица инженерно-технического персонала.

Руководители подземных работ перед началом их выполнения должны быть ознакомлены с геологическими и гидрогеологическими условиями участка работ, который необходимо обеспечить запасом инструментов и материалов.

На весь период работ следует обязательно вести постоянное маркшейдерское наблюдение за состоянием дневной поверхности, элементами крепи котлована, близлежащих подземных и наземных сооружений и коммуникаций, положением стального футляра. Вблизи работ должны находиться аварийные запасы песка и щебня. При деформации земной поверхности продавливание стального футляра необходимо прекратить, выставить предупредительные знаки и принять меры по ликвидации повреждений.

Поставляемые трубы для продавливания стальных футляров должны быть качественного изготовления и не иметь отклонений по диаметру.

Упорная плита устанавливаться строго перпендикулярно к оси продавливания.

Направляющая рама, пилотные трубы и трубы стального футляра устанавливаются в соответствии с проектным уклоном.

Сварку труб стального футляра надо производить по ГОСТ 5264-80 электродами типа Э42 по ГОСТ 9467-75.

Эксплуатацию бурошнековой установки, гидравлической станции и бентонитового узла производить в строгом соответствии с инструкциями по эксплуатации.

Экономические показатели

Бурошнековая установка РВА-200 эксплуатировалась с 24 апреля 2003 г. по 24 апреля 2004 г. За этот период в Москве было сделано 1736 м проколов различного назначения, в т. ч. для канализации, водостока, водопровода и т. д.

Из них стальных труб диаметром 600 мм — 450 м, диаметром 800 — 1111 м, диаметром 1200 — 175 м.

Всего в ОАО «ГПР-1» за год продавили 5351,4 м труб-футляров, из них на долю бурошнековой установки пришлось 32%.

Условия применения установки в каждом конкретном случае значительно отличались друг от друга. Проколы осуществляли под дорогами, одноэтажными зданиями, коммуникациями и т. д. на глубине до 9 м.

Максимальный уклон продавливания труб составлял 5%.

Геологические условия также были различны — от водонасыщенных мелкозернистых песков до плотных глин (в т. ч. пучащих) с включениями щебня и валунов. Встречались участки насыпных грунтов, свалок, заброшенных колодцев, фундаментов и недействующих коллекторов.

Часть работ выполнялась в зимних условиях при температуре –20 °С. Необходимо было подогревать бентонит. Из-за испарений воды приходилось быть более внимательными при проходке пилот-штанг, чтобы не потерять цель.

Работы производились, как правило, рядом с жилыми домами в стесненных условиях с 8 утра до 9 вечера, т. е. 12 часов, с перерывом на обед 1 час. Состав бригады — 5 человек.

Установка отработала 278 дней или 3336 часов. Средняя скорость проходки составила 6,2 м/сут.

Проходческий цикл при задавливании металлической трубы диаметром 800 мм и длиной 6 м колебался в пределах от 2 ч 20 мин до 2 ч 30 мин. Сюда входила продолжительность следующих основных проходческих операций: строповка (расстроповка) и опускание звена трубы в котлован, центрирование, сварка стыков, продавливание, монтаж и демонтаж шнеков, уборка грунта из камеры и погрузка в автосамосвалы.

Чистое время работы бурошнековой установки с учетом времени на обучение и освоение рабочими новой технологии по продавливанию труб составило 2016 ч.

Кроме того, 660 ч ушло на демонтаж, перевозку, монтаж оборудования, установку рамы по проектным отметкам, разварку, установку опорной стенки и ее бетонирование. При хорошей организации труда продолжительность этих процессов можно сократить на 1/3.

Своевременно до начала проходки должны быть разработаны и закреплены стартовый и приемный котлованы. Время на подготовку их к проколу в работе установки не учитывалось.

Также было затрачено 660 ч на ликвидацию препятствий на пути прокола (старые фундаменты, бетон, валуны и пр.), из-за задержки подготовки стартового и приемного котлованов, несвоевременной поставки труб на объект, отсутствия автокрана, ремонта, профилактики и регламентных работ.

В Кожухово за один месяц было пройдено 312,5 м со средней скоростью 10,4 м/сут.

При продавливании трубы диаметром 80 см достигнуты максимальные длина прокола 86 м, скорость 2,5 м/ч, производительность труда 3 м^3/чел. смену и средние трудозатраты 2 чел./ч на 1 м проходки, что значительно выше обычных показателей проведения выработок.

При хорошей организации труда, постоянно работающих бригадах, исключая непредвиденные ситуации и учитывая неоднократно максимально достигнутую скорость 30 м/сут, можно за 12 ч работы проходить без усилий 24 м, при длине отрезков трубы 6 м и диаметре 800 мм.

С учетом времени на монтаж, демонтаж, перевозку, установку оборудования и опорной стенки средняя скорость проходки составит 15 м/сут.

Приведенные данные подтверждают эффективность применения бурошнековой установки по продавливанию трубопроводов-футляров.

Выводы

Преимущества данного метода работы:

- полная автономность;
- незначительное время монтажа оборудования;
- простота обслуживания;
- отсутствие людей в забое;
- достаточно высокая скорость проходки до 30 м/сут при 12-часовой работе и использовании труб длиной 6 м;
- машина может работать в грунтах любой водонасыщенности;
- гарантия беспросадочности дневной поверхности;
- высокая точность проходки.

Несмотря на то, что эта технология применялась впервые в гидрогеологических условиях Москвы, успех был очевиден. Качество построенных участков канализации, водостока и водопровода и точность прокладки были выше, чем при других способах строительства. Зеленым насаждениям и дорожному покрытию был нанесен минимальный урон, движение по дорогам не прерывалось. Поэтому руководство ОАО «ГПР-1» приняло решение о закупке более мощной бурошнековой установки РВА-320 для осуществления проколов длиной более 80 м и диаметром до 1620 мм.

СОВЕЩАНИЕ РУКОВОДИТЕЛЕЙ СЛУЖБ ПУТИ И ТОННЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ МЕТРОПОЛИТЕНОВ

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

В период 27–28 апреля 2004 г. на Бакинском метрополитене прошло плановое совещание руководителей служб Пути и Тоннельных сооружений метрополитенов.

Программой совещания было предусмотрено рассмотрение следующих вопросов:

- анализ случаев нарушений в эксплуатации инженерных сооружений и устройств пути метрополитенов в 2003 г.;
- обмен опытом в работе по повышению качества содержания и ремонта инженерных сооружений и устройств пути;
- опыт эксплуатации виброзащищенных конструкций пути (на лежнях, широких шпалах и др.);
- рассмотрение новых материалов и технологий их применения для ремонта сооружений;
- ознакомление с опытом эксплуатации Бакинского метрополитена.

При анализе случаев нарушений в эксплуатации инженерных сооружений и устройств пути метрополитенов в 2003 г. участники совещания отметили наличие:

по тоннельным сооружениям:

разрушения тоннельной обделки, основными причинами которой являются:

- нарушения в период проектирования и строительства тоннелей;
- нарушения в период проведения земляных работ в технической зоне метрополитена городскими организациями;
- изменение условий работы тоннельной обделки и гидрогеологической среды притоннельного пространства вследствие градостроительной деятельности;
- применение недостаточно эффективных антикоррозийных и других защитных покрытий строительных сооружений;
- недостаточная укомплектованность метрополитенов приборами неразрушающего контроля состояния строительных конструкций и средствами обслуживания и ремонта сооружений;

по устройствам пути:

изъятие рельсов, не выработавших свой ресурс по причинам:

- коррозия подошвы рельсов вследствие выхода выноса от шурупных отверстий;
- поперечное выкрошивание на поверхности катания головки рельса из-за возникновения «риски» и «шероховатости» наружной поверхности обода колес;
- отслоение и выкрошивание металла на поверхности катания головки рельса в основном из-за низкого качества продукции Нижнетагильского металлургического комбината;

нарушения в контактном рельсе, основными причинами которых являются:

- установка кронштейнов на сырой шпале,
- несвоевременная регулировка зазоров контактного рельса и неисправное содержание габаритных размеров токоприемника подвижного состава и также контактного рельса;

загорание деревянных шпал происходит по причинам:

- утечка тяговых токов с рельсов;
- использование шурупов длиной более 150 мм;
- выбрасывание машинистами незатушенных окурков в тоннель.

После обсуждения предложений служб по исключению или сокращению количества нарушений в состоянии сооружений и работе эксплуатируемых устройств, участниками совещания **были приняты следующие рекомендации:**

по устройствам пути:

с целью изъятия из пути рельсов по дефектам и другим причинам:

- систематически с представителями служб Пути и Локомотивного хозяйства проверять качество обточки ободов всех колес, зазоры между скользуном тележки и рамы, состояние рельсосмазывателей и гребня смазывателей;
- не допускать выхода выноса под шурупные отверстия и на влажных участках надеть на путевые шурупы изоляционные втулки;
- в обязательном порядке внедрить технологию шлифовки рельсов;
- обратить внимание службы подвижного состава на качество, состояние тормозных колодок и их регулировку;

по тоннельным сооружениям:

- рассмотреть возможности внедрения опыта Новосибирского метрополитена по применению приборов для обследования и контроля состояния заобделочного пространства с целью принятия правильного решения по использованию той или иной технологии укрепления грунтов и восстановлению несущей способности тоннельной обделки;
- принять к сведению информацию ЗАО «АМВИТ» по материалам и технологиям антикоррозионной защиты и огнезащиты строительных конструкций. При выборе материалов и технологий (этой или других организаций) проводить экспертизу их совместимости с условиями среды эксплуатации;
- изучить опыт Бакинского метрополитена по реконструкции зонтов эскалаторных наклонов (сборно-разборные водоотводные зонты из дюралюминиевых профилей);
- обратить внимание руководителей городских организаций на недопустимость сдачи в эксплуатацию недостроенных объектов метрополитена, что приводит к интенсивному разрушению строительных конструкций и неоправданным финансовым и иным затратам.

После рассмотрения опыта эксплуатации виброзащищенных конструкций пути на Московском, Петербургском, Киевском, Новосибирском, Минском и Варшавском метрополитенах, участники совещания рекомендуют:

- метрополитенам при выборе конструкции такого вида пути проводить соответствующие расчеты с учетом типа тоннельной обделки, мощности балластного слоя пути, вида грунтового массива, глубины залегания тоннеля, грузовой напряженности и других параметров;
- в случае принятия решения по устройству бесшпального пути (Варшавский опыт), необходимо обеспечить строжайшее соблюдение технологии заливки бетона и точную выверку установки закладных элементов крепления рельсов.

УНИВЕРСАЛЬНАЯ СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦИИ МЕТРОПОЛИТЕНОВ

В. А. Ярцев,
Уральская государственная горно-геологическая академия
В. К. Рожнева,
Уральский государственный технический университет
Г. А. Говорковская,
Уральская государственная сельскохозяйственная академия,
Екатеринбург

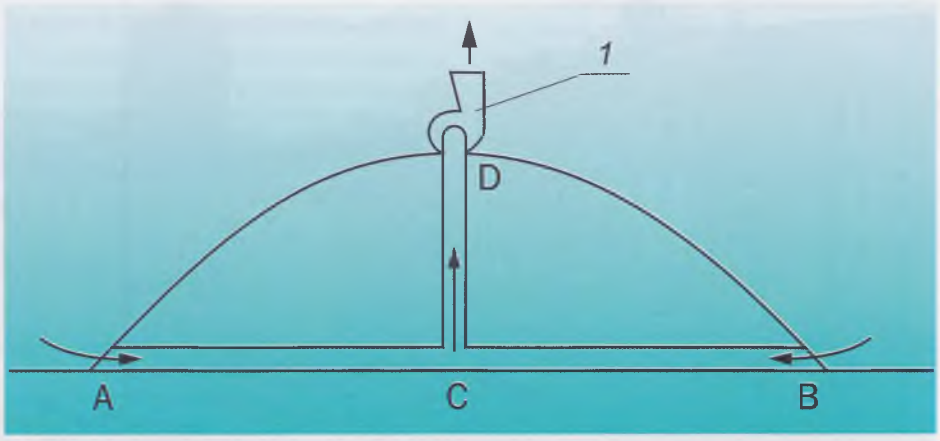


Рис. 1. Известная вентиляционная система

Проблема улучшения вентиляции подземных выработок, тоннелей и, в частности, метрополитенов в настоящее время является весьма актуальной. Для этих целей воздух в выработки подается центробежными или осевыми вентиляторами.

Все известные вентиляционные системы имеют подземные выработки, связывающие вентилятор с транспортными тоннелями метрополитенов. Создание таких выработок стоит очень дорого. Только при небольшой их длине возможно размещение вентиляторов около стен выработок, но они имеют очень низкую эффективность.

Предложенная нами вентиляционная система имеет ряд преимуществ по сравнению с применяемыми:

- не требует создания дополнительных вентиляционных выработок,
- имеет возможность быстрого реверсирования,
- может быть использована в качестве воздушной завесы,
- очищает воздух в тоннеле,
- создает комфортабельные атмосферные условия.

Стоимость известной вентиляционной системы составляет около миллиона долларов, включая стоимость создания вентиляционных выработок. Число таких систем обычно в 4 раза больше, чем количество станций в метрополитене; в мегаполисах доходит до тысячи единиц и больше. Так как разработанная нами система не требует создания дополнительных выработок, то ее стоимость становится в 10 раз ниже.

Система обеспечивает эффективную вентиляцию метрополитена путем подачи чистого воздуха, который очень важен для здоровья людей и создания комфортных условий в метрополитене. Возможность быстрого реверсирования системы позволяет, например, в случае пожара спасти человеческие жизни и минимизировать ущерб оборудованию. Возможность реверсирования и регулирования скорости в широких пределах дает возможность использовать систему в качестве воздушной завесы, что очень важно при применении токсических газов в терактах.

Обычно вентиляционная система (рис. 1) включает: главный тоннель *AB*, отдельную вентиляционную шахту *CD* и вентилятор *1*. Свежий воздух поступает в главный тоннель в точках *A* и *B*. В точке *C* воздушные потоки соединяются и поступают в вентиляционную шахту *CD*, и направляются к точке *D*, откуда они удаляются из шахты всасывающим вентилятором *1*. Применяются и другие модификации. Например, могут быть две шахты и два вентилятора. Вместо шахты могут использоваться дополнительные вентиляционные тоннели и т. д.

Но, как правило, всегда присутствуют специальные вентиляционные выработки. Именно поэтому такие системы всегда очень дороги.

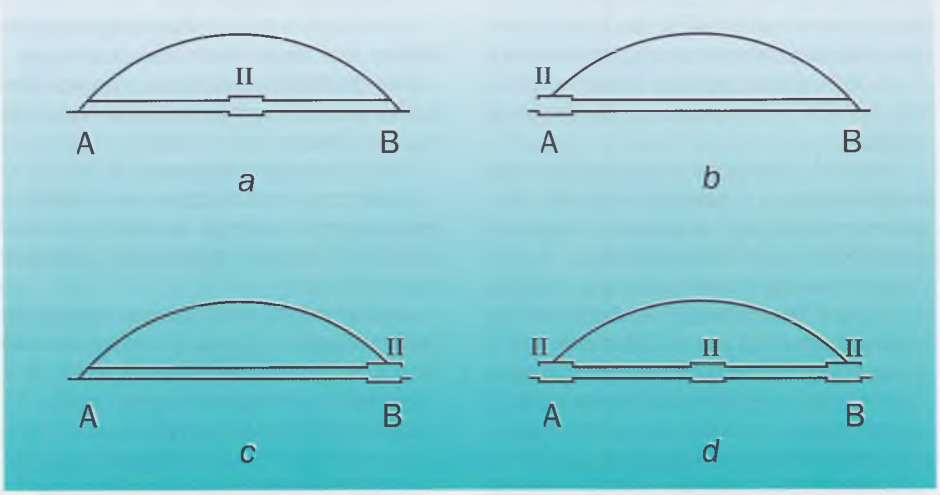
С другой стороны, при установке вентилятора в главном тоннеле он работает с низкой производительностью и не обеспечивает эффективную вентиляцию.

Разработанная нами система может быть установлена в главной выработке практически в любом месте (рис. 2a, b, c). Если необходимо, то одна выработка может быть оборудована несколькими такими системами (рис. 2d). При этом поезда могут свободно пересекать эту зону.

Система включает уширение выработки, в котором устанавливаются два (или более) вентилятора, подающие воздух тангенциально к ее периметру. В результате действия центробежных сил давление в центральной части выработки понижается, а у стенок – повышается. Воздух, вследствие разности давлений, приходит в движение, причем его массы направляются к зоне пониженного давления. Две специальные кольцевые диафрагмы стабилизируют возникшее движение воздуха по выработке. Тангенциальная скорость вращения в уширении может достигать 35 м/с, однако в центре выработки она остается не более 6 м/с, вследствие чего поезда свободно проходят через зону системы, и потоки воздуха не причиняют им вреда.

Центробежные силы отбрасывают частицы пыли к стенкам выработки, очищая таким образом воздух. В такой вентиляционной системе легко варьировать скорости в широких пределах, можно быстро менять направление потоков, что очень важно при возникновении пожара, газовой атаки или других терактов.

Рис. 2. Универсальная система вентиляции метрополитенов



Площадь Тукая, Казань

СКОРО ЖИТЕЛИ КАЗАНИ СМОГУТ ДОЕХАТЬ ДО РАБОТЫ НЕ ТОЛЬКО НА ТРАМВАЕ, НО И НА НОВОМ ПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ МЕТРОПОЛИТЕНА

О КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЯХ ПОЕЗДА ДЛЯ КАЗАНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

П. В. Ефимов,
технический директор
ЗАО «Вагонмаш»

В соответствии с заключенными контрактами техническим заданием на поезд метрополитена с асинхронным тяговым приводом (на базе вагонов моделей 81–553.3, 81-554.3, 81–555.3) 553.300.000ТЗ в настоящее время на ЗАО «Вагонмаш» ведется строительство 4-вагонных поездов с асинхронным приводом и микропроцессорной системой управления для Казанского метрополитена.

Поезд состоит из трех моторных (из них два – головных) и одного прицепного вагона. На прицепном вагоне отсутствует аппаратура тягового привода, вспомогательная аккумуляторная батарея с зарядным устройством и установлено только (на раме вагона) оборудование пневматического тормоза.

В качестве асинхронного тягового привода на вагонах устанавливается современное оборудование фирмы «Шкода – Транспортная техника», зарекомендовавшее себя на поезде для Киевского метрополитена. Это оборудование должно взаимодействовать с поездной аппаратурой комплексной системы обеспечения безопасности и автоматизированного управления движением поездов ПА АТП, разработанной «НИИ точной механики», Санкт-Петербург, на базе системы ПА КСД «Движение», действующей на одной из линий Петербургского метрополитена.

Основные преимущества поезда с АТП по сравнению с серийными поездами с приводом постоянного тока:

- снижение эксплуатационных расходов;
- применение асинхронных тяговых двигателей, имеющих меньшие массогабаритные показатели при той же мощности, более надежных в эксплуатации, чем двигатели постоянного тока;
- тяговый электропривод выполнен на современной элементной базе, обеспечивает лучшие энергетические и динамические характеристики (выше КПД, быстродействие схемы, более плавный разгон и торможение);
- в тормозном режиме предусмотрена возможность рекуперации электроэнергии в сеть;
- микропроцессорная система управления и минимальное количество релейно-контактных элементов значительно повышают надежность работы оборудования;
- наличие встроенной системы диагностики оборудования позволяет машинисту и обслуживающему персоналу оперативно контролировать работоспособность аппаратуры.

На вагонах используется современная система сигнализации и автоматического пожаротушения отдельных пожароопасных узлов.

Тяговый асинхронный привод фирмы «Шкода ТТ» одного моторного вагона включает в себя четыре асинхронных тяговых двигателя, управляемые каждый от своего тягового преобразователя (инвертора), выполненного на IGBT-транзисторах, компьютер и программное обеспечение.

Компьютер тягового привода обеспечивает:

- связи между системой управления поездом (верхнего уровня) и тяговыми инверторами;
- оптимальную эффективность работы (векторное управление) асинхронных тяговых двигателей;
- высокие динамические показатели, защиту от юза и буксования;
- возможность рекуперации энергии в контактную сеть или на тормозные резисторы.

Конструктивно весь привод, кроме тяговых двигателей, размещен в тяговом контейнере и включает:

- четыре тяговых инвертора;
- инверторы вспомогательных приводов для двигателей насоса, вентилятора, компрессора, зарядного устройства, аккумуляторной батареи;
- первичный преобразователь напряжения 540 В постоянного тока с гальванической развязкой;
- элементы фильтров инверторов;
- коммутационные аппараты;
- компьютер тягового привода;
- адаптеры управления для инверторов;

• датчики тока, напряжения, температуры;
• тормозные резисторы.

Охлаждение тяговых преобразователей, дросселей тормозных резисторов жидкостное и воздушное.

Габариты контейнера 1800×4090×700 мм.

Масса 2500 кг.

Максимальный входной ток 1500 А.

На составе установлены два компрессора (в составе серийных вагонов – пять моторкомпрессоров) с улучшенной системой очистки и осушки сжатого воздуха. Применяется тахограф для регистрации режимов ведения поезда машинистом и работы оборудования состава, хранения соответствующей информации и последующего анализа в электродепо на автоматизированном рабочем месте.

В кабине машинистов предусмотрена система кондиционирования воздуха.

Для покрытия пола вагонов применен износоустойчивый линолеум с повышенной шероховатостью поверхности.

Кабина машиниста выполнена в соответствии с современными эргономическими требованиями. Вагоны имеют современный оригинальный экстерьер. На вагонах поезда устанавливается также следующее оборудование:

• цифровая информационно-переговорная система разработки НЛП «Сармат», г. Ростов-на-Дону, включающая систему информационного оповещения (световое табло), громкоговорящей связи и радиооповещения, и систему экстренной связи «пассажир-машинист»;

• автоматическая система пожарной сигнализации (АСПС) разработки фирмы ТИСС», Санкт-Петербург, с размещением датчиков и огнетушителей в оборудовании тягового контейнера, аккумуляторной батареи и аппаратных отсеках;

• система видеообзора платформы из кабины машиниста;

• система кондиционирования кабины машиниста.

Механическое оборудование поезда с АТП отличается от серийных вагонов наличием зубчатой муфты между тяговым двигателем и редуктором, а пневматическое оборудование – наличием крана машиниста DAKO BSE с элетропневмовентилями и винтового высокопроизводительного компрессора Atmos.

Комплексная система управления, разрабатываемая и поставляемая НИИТМ, по согласованному техническому заданию должна функционировать в трех режимах:

• основной режим автоведения;

• управление движения поездом машинистом под контролем системы с ограничением скорости до величины допустимой скорости движения;

• управление движением поезда машинистом под контролем системы с ограничением скорости до 20 или 35 км/ч.

Комплексная система включает подсистему контроля и диагностики работы поездного оборудования.

В комплексной системе должны выполняться следующие требования по безопасности:

• устойчивость к двум последовательным отказам;

• высокая аппаратная надежность;

• аппаратурная и программная защита от несанкционированных действий.

Технико-эстетические особенности вагонов

1. Головной вагон имеет увеличенную по длине на 400 мм кабину машиниста за счет увеличения на этот размер длины кузова.

2. Для придания кузову вагона более динамичной зрительно формы применены накладные детали из стеклопластика (тюнинг), органично слившиеся с объемом кузова и создавшие впечатление обтекаемости пластичной головной части поезда. Белые фары, установленные на лобовой стене, разделены на две группы: три в верхней (над окнами) части стены и две – встроены в фартуки, что позволяет равномерно освещать тоннель дальним и ближним светом.

3. В лобовой стене кабины машиниста (слева по ходу поезда) выполнена дверь, раскрывающаяся наружу, имеющая в свету размер 700 мм и обеспечивающая требование возможности эвакуации пассажиров в тоннель (в том числе и инвалидов в колясках) на случай экстремальной ситуации. Выход на пути через указанную дверь обеспечивается с помощью съемного трапа, который хранится на задней стене кабины машиниста.

4. Расположение оборудования в кабине машиниста отвечает эргономическим требованиям.

5. Для машиниста установлено в кабине рабочее кресло, имеющее несколько регулируемых положений, обеспечивающих выполнение эргономических требований и снабженное механизмом виброгашения.

6. В крыше над кабиной машиниста по оси вагона установлен кондиционер, обеспечивающий комфортный воздушно-температурный режим для работающего машиниста.

7. Зеркала заднего вида имеют стеклопластиковые обтекатели. Доступ к левому зеркалу – через боковую дверь кабины машиниста, к правому – через форточку переднего правого бокового окна.

8. В отделке интерьера пассажирского салона применены детали из стеклопластика, дающие возможность получить более лаконичное решение отделки, без алюминиевых раскладок и накладных наличников окон и дверей, что способствует уменьшению «визуального шума» и придает новизну восприятию интерьера в целом.

9. Диваны имеют сиденья, выполненные в антивандальном исполнении.

10. Щековины диванов – из стеклопластика, имеют пластичную форму. Внутренние стенки щековин решены в цвете материала сидений, что создает зрительное впечатление целостности объемов диванов.

11. Освещение салона (люминесцентное) решено в виде двух параллельных световых линий, установленных на средней части потолка. Светильники световых линий имеют «чистую» форму лицевых поверхностей, без значительно выступающих элементов объемов и крепежа и, благодаря небольшим размерам в сечении (100х45 мм), не создают громоздкости формы.

12. В торцевой части вагона (на выступе потолка) установлено информационное электронное табло.

13. Перечисленные особенности головного вагона (за исключением относящихся к зоне кабины машиниста) характерны и для промежуточного вагона. В настоящее время построено 18 кузовов.

Одновременно с поставкой пассажирских вагонов ЗАО «Вагонмаш» осуществляет изготовление контактно-аккумуляторного электровоза. Вагон-электровоз внешне повторяет внешний вид пассажирского вагона, но имеет две кабины по концам, а в салоне – специальное оборудование, включающее тяговую аккумуляторную батарею, обеспечивающую возможность питания тяговых асинхронных электродвигателей в отсутствии электроснабжения от контактного рельса.

Тяговые преобразователи также выполнены на IGBT-транзисторах, и каждый управляет своим асинхронным двигателем. Преобразователи могут рекуперировать энергию в контактную сеть или на тяговую батарею и на тормозные резисторы, обеспечивается контроль юза и боксования. Охлаждение преобразователей – воздушное, с помощью встроенных вентиляторов. Реактор общего фильтра, реакторы фильтров индивидуальные, тормозные резисторы и вся коммутационная аппаратура, относящаяся к приводу, размещены в отдельных конструктивах.

Информация о режимах работы и отказах привода обеспечивается сигнализацией на светодиодах. Связь между контроллерами привода и органами управления пульта машиниста осуществляется по проводам разовыми командами через контакты реле. Объединены в один конструктив ящик с тяговыми преобразователями и ящик с контроллерами электропривода, т. е. вместо четырех контейнеров тягового привода на электровозе устанавливаются два, что значительно сократило количество монтажных соединений.

Устанавливается вновь блок питания собственных нужд для питания цепей управления и подзаряда вспомогательной батареи 75 В, что позволит увеличить пробеги электровоза без необходимости заряда вспомогательной батареи.

Прототипом для названного вагона-электровоза послужил головной образец, построенный по заказу Петербургского метрополитена в творческом Союзе Петербургских предприятий.

Электровоз прошел приёмочные испытания и принят в эксплуатацию в электродепо «Автово» Петербургского метрополитена. Замечаний и отказов, связанных с тяговым приводом, в процессе эксплуатации с декабря 2002 г. практически нет.

Предварительно проработана с Казанским, Киевским и Петербургским метрополитенами программа 1-го этапа обучения персонала.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ВАГОНОВ МЕТРОПОЛИТЕНА

Ю. П. Солдатов,
заместитель генерального директора ЗАО «Метровагонмаш»

Состояние эксплуатационного парка вагонов метрополитенов России и стран СНГ вызывает серьезную тревогу у разработчиков конструкции этих вагонов.

Парк подвижного состава метрополитенов России и стран СНГ в настоящее время насчитывает порядка 7500 вагонов. Из них более 2500 (33 %) — старых серий типа «Е» и их модификаций, ресурс которых практически выработан.

Уже к настоящему времени в эксплуатации находится более 500 вагонов с превышением нормативного срока службы.

В связи с этим, для самых крупных метрополитенов — Московского, Петербургского и Киевского — исключительно остра проблема обновления парка вагонов, проведение модернизации и капитальных ремонтов вагонов, поскольку на этих метрополитенах сосредоточена основная масса выработавших свой ресурс вагонов, и в течение ближайших пяти лет может произойти прогрессирующее старение парка.

Ныне, в условиях становления рыночных отношений, с учетом состояния парка подвижного состава, от разработчиков конструкции вагонов метрополитена потребовался нетрадиционный подход к разработке подвижного состава, переосмысливание тенденций развития конструкций вагонов.

За последние годы, в связи с постоянным ростом городов, расширением их территории и увеличением подвижности населения, изменилась ситуация по возросшим требованиям обеспечения перевозки массовых пассажирских потоков.

Эти требования выливаются в существенное повышение функциональных возможностей метрополитена, увеличение провозной способности линий метрополитена.

Дальнейшее увеличение провозной способности метрополитенов может быть обеспечено повышением тягово-энергетических, динамических и тормозных характеристик подвижного состава, автоматизацией управления при гарантированном обеспечении безопасности движения.

Традиционная система разработок подвижного состава для нужд общественного транспорта, где каждый новый заказ выполняется под конкретного заказчика, стала невыгодной из-за высокой стоимости и больших сроков выполнения заказа. С другой стороны, прошли те времена, когда мы предлагали заказчику один вагон для всех вариантов эксплуатации. Теперь, при подготовке проекта, мы обязаны учитывать индивидуальные особенности каждой линии метрополитена: величину пассажиропотока, профиль трассы, экономическую возможность заказчика и т. д.

Реализуя эту концепцию, мы уже сейчас можем предложить заказчику:

- состав из вагонов «Яуза» моделей 81-720, 81-721 для линий с большим пассажиропотоком, асинхронным электроприводом или приводом на постоянном токе, с тиристорно-импульсной системой управления;
- для менее загруженных линий в поезда включаются прицепные вагоны;
- для обеспечения транспортных связей со спальными районами города, как вариант — вагоны легкого метро;
- в условиях исторически сложившейся застройки, как правило, центра города — вагоны мини-метро.

Новая концепция разработки и изготовления подвижного состава на базе модульных системных платформ исходит из общих направлений совершенствования общественного транспорта и предусматривает создание подвижного состава нового поколения на базе прогрессивных решений по дизайну, механическому, электрическому и пневматическому оборудованию и новейших достижений в области электроники и микропроцессорной техники.

В основу принципа модульных системных платформ заложено интегрирование в общий дизайн-проект стандартных и переменных модулей, которые с помощью контролируемых интерфейсов комбинируются для производства рельсового подвижного состава, способного гибко адаптироваться к требованиям заказчика.

Эта концепция предлагает заказчику широкий выбор из предварительного списка готовых характеристик и функций тех, которые наиболее полно отвечают его потребностям и представляют собой экономически выгодную альтернативу традиционному подходу к разработке и поставке новых транспортных средств.

Каждая системная платформа рассматривается как логическая группа модулей и функциональных требований, определяющих систему и подсистему подвижного состава. В разработанной методике реализован системный подход, который сочетает стандартизацию с ориентацией на пользователя.

Этот подход основан на трех ключевых элементах.

1. Стандартная номенклатура на уровне основных комплектующих систем: тяговый привод; система управления, безопасности и диагностики; тормозное оборудование; системы жизнеобеспечения. Каждая система построена по модульному принципу, что позволяет с минимальными затратами изменять мощность, тип и принципы управления поездом при изменении элементной базы и типа тяговых двигателей.

2. Основные подсистемы с переменными техническими и физическими характеристиками, выполняющими одинаковые функции: кузов; ходовая часть; кабина машиниста; пульт управления; двери; тягово-сцепные приборы.

3. Элементы конструкции, создаваемые «под заказчика»: внешний и внутренний дизайн; оборудование интерьера; пассажирские диваны; уровень комфортности.

Эта методика позволяет проявлять уникальную гибкость, своевременно отвечая на растущие потребности заказчика.

На вагонах «Яуза» была реализована концепция создания базовой конструкции рельсового подвижного состава нового поколения для транспортных комплексов городов, малодеятельных участков железных дорог, пригородного и межобластного сообщения.

Вагоны метрополитена «Яуза» и «Русич» выполнены в виде модульной конструкции, позволяющей рационализировать изготовление вагона, получать различные модификации.

Вагон с модульной кабиной машиниста выполняет в поезде функции головного и обеспечивает машинисту оперативную готовность и комфорт, надежность и эффективность управления, безопасность в экстренных ситуациях. Рабочее место машиниста, включающее пульт управления и кресло, выполнено в виде самостоятельного модуля, который может совершенствоваться и заменяться независимо от кабинного модуля.

Созданные оригинальные конструктивные решения вагонов серии «Яуза» и «Русич» позволяют вести их дальнейшую модернизацию с развитием и улучшением основных параметров, прогнозируемых в области метровагоностроения на ближайшие десятилетия. Перспективность этого направления доказана при разработке и изготовлении поезда с асинхронным приводом фирмы «Альстом» и компрессором фирмы «Кнорр-Бремзе». Полученные в ходе испытаний данные убедительно свидетельствуют о широкой универсальности вагонов под установку любого типа тягового привода, в том числе с использованием необходимого количества прицепных вагонов в поезде.

Концепция конструкции основных узлов вагона (кузов, ходовая часть, тормозное оборудование, внутренняя отделка и др.) позволяет применять различные варианты узлов и оборудования для изделий транспортного машиностроения без нарушения целостности конструкционной системы и утраты ее базовых преимуществ. Ярким примером этого является разработка и изготовление на АО «Метровагонмаш» в кратчайшие сроки на базе головного вагона «Яуза» рельсовых автобусов типа РА-1 и РА-2.

СКБ метро с учетом опыта разработки конструкции вагонов и мировых тенденций развития городского рельсового транспорта создана конструкция вагонов легкого метро модели 81-740, 81-741.

Вагоны легкого метро относятся к новому классу рельсового городского транспорта, отличающегося гибкостью адаптации к местным условиям и перекрывающим провозную способность в пределах от обычного трамвая до классического метрополитена (10-25 тыс. пасс./ч в одном направлении).

В настоящее время этот вид городского рельсового транспорта является наиболее динамично развивающимся за рубежом (в Европе и Америке).

Для крупных городов России легкий рельсовый транспорт становится предпочтительным решением для повышения эффективности городских перевозок, снижения капитальных вложений и эксплуатационных расходов.

Путевая структура, близкая по конструкции к железнодорожной, как правило, с собственной полосой движения, проходит по эстакадам, улицам или в тоннеле мелкого заложения.

Подвижной состав для линий легкого метро удовлетворяет требованиям облегченной конструкции, с минимальным воздействием на путь и окружающую среду.

В конструкцию вагонов легкого метро заложены современные достижения мирового развития метровагоностроения — широкое внедрение электроники и автоматики, прогрессивные системы электропривода и управления, повышение уровня надежности и обеспечение приоритетных требований безопасности перевозки пассажиров.

По вопросу модернизации старых типов вагонов и проведению капитальных ремонтов вагонов следует отметить следующее.

Под модернизацией подразумевается внесение в конструкцию подвижного состава кардинальных изменений, направленных на улучшение технико-экономических характеристик и более полное удовлетворение потребностей пассажиров.

Модернизацию вагонов, как правило, проводят по следующим причинам:

- технически устарели основные узлы;
- вагоны не отвечают требованиям пассажиров в отношении комфорта;
- высокие эксплуатационные расходы делают нерентабельной дальнейшую эксплуатацию вагонов;
- экономическая ситуация не позволяет полностью заменить устаревшие вагоны новыми;
- отдельные узлы и детали вагона пригодны для дальнейшего использования.

Несмотря на любую из вышеперечисленных причин, модернизация экономически целесообразна только при проведении капитальных ремонтов.

Модернизация, проводимая в ходе капитального ремонта, позволяет найти компромисс между необходимым снижением эксплуатационных расходов и минимизацией затрат. А совместная работа заказчика и исполнителя над решением этой проблемы является необходимым условием успеха.

Примером совместной работы исполнителя и заказчика над снижением величины расходов может служить назначение сроков модернизации с таким расчетом, чтобы она совпадала с плановым средним или капитальным ремонтами, проводимыми по обычному графику технического обслуживания и ремонта подвижного состава.

Следует отметить, что сейчас возрастает значение модернизации, выполняемой в депо, эксплуатирующие вагоны. Это объясняется не только тем, что такой подход позволяет метрополитену более эффективно использовать деповские производственные мощности, иметь четкое представление о ходе работ, но и тем, что уменьшается время изъятия подвижного состава из эксплуатации.

Подход к модернизации во многом может быть различен, но, в общем случае, в течение срока службы вагона уже не ограничивается простым ремонтом.

С одной стороны, модернизация в современных условиях предоставляет возможность применения новых технологий в старом подвижном составе, например, перехода к микропроцессорным системам управления тяговым приводом, которые улучшают эксплуатационные характеристики, упрощают ремонт и техническое обслуживание, новые, но уже отработанные системы безопасности и т. д. С другой стороны, в железнодорожной промышленности быстро развивается сектор, поставляющий изготовителям и эксплуатации новые узлы, агрегаты и детали, установка которых на действующий парк вагонов может значительно улучшить его показатели и продлить срок службы.

Учитывая сказанное, а также уникальное положение АО «Метровагонмаш» как разработчика и изготовителя всех типов вагонов, эксплуатирующихся на линиях метрополитенов России и СНГ, заводом разработаны две концепции модернизации.

Первая базируется на комплексном изучении состояния и определении остаточного ресурса вагонов постройки до ввода в эксплуатацию вагонов серии 81-717/714. Это вагоны серии «Е» и их модификации.

Кардинальная модернизация этих вагонов экономически нецелесообразна, а локальная замена отдельных узлов, при существующей высокой культуре обслуживания на Московском метрополитене, позволяет продлить их эксплуатацию минимум на 5—7 лет за назначенным сроком службы. Такую модернизацию целесообразно проводить в условиях депо.

Вторая концепция относится к вагонам серии 81-717/714. В процессе 20-летнего изготовления они постоянно совершенствовались. Первые сотни вагонов уже несколько лет проходят КР на нашем предприятии. Здесь возможности модернизации неисчерпаемы и ограничиваются только финансовыми средствами заказчика, с которым в настоящее время прорабатываются варианты модернизации, намеченной на 2005—2010 годы.

Отдельно необходимо отметить роль разработчиков подвижного состава в последующих его модернизациях.

Как правило, разработчик и производитель — одно лицо, которое проходит все стадии проектирования, расчетов, испытаний и технологической отработки производства и наиболее полно представляет возможности последующей модернизации вагонов. И хотя производитель заинтересован в производстве новых вагонов на современном техническом уровне, трудно сделать вывод, когда выгодна модернизация, а когда — строительство новых вагонов. Решающую роль здесь играют требования, которые выдвигают эксплуатирующие службы.

В настоящий момент, при проведении КР для Мосметрополитена, вагоны подвергаются модернизации по следующим направлениям: замена устаревших светильников; сидений салона — на пожаробезопасные; деревянных элементов конструкции кузова и салона; рам тележек — на новые; стояночных тормозов — на блок-тормоза; узла крепления водила автосцепки с ШС-60 — на новую конструкцию; аккумуляторных батарей; усиление рам вагонов, в частности, шкворневых балок и других элементов.

По желанию заказчика объем модернизации может быть существенно расширен, например, замена морально устаревших аппаратов электрооборудования современными (ДИП вместо БПСН; установка блока питания фар; блока управления двигателем компрессора); установка системы пожаротушения «Игла»; антивандальных трудногорючих пластиковых сидений; системы БУР; модернизация подвески раздвижных дверей; дистанционные замки торцевых дверей; система аварийной эвакуации пассажиров на путь.

В заключение хотелось бы выразить готовность АО «Метровагонмаш» — разработчика и изготовителя вагонов метро — к максимальному удовлетворению всех требований заказчиков.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ТЯГОВЫЙ АСИНХРОННЫЙ ПРИВОД ВАГОНА МЕТРОПОЛИТЕНА

А. И. Грицаев,
главный конструктор
ЗАО «Метровагонмаш»

Совершенствование системы тягового привода подвижного состава метрополитенов

В настоящее время в нашей стране основной парк электроподвижного состава метрополитенов составляют вагоны с тяговыми двигателями постоянного тока и контакторно-резисторным управлением. В частности, это вагоны метрополитена моделей 81-714/717 производства ЗАО «Метровагонмаш», которые хорошо зарекомендовали себя в эксплуатации, однако имеют ряд присущих им недостатков.

Совершенствование тягового привода электроподвижного состава метрополитена в нашей стране и за рубежом идет по пути создания бесконтактных систем регулирования тяговых двигателей, выполняемых с использованием силовых статических преобразователей.

Основное преимущество таких систем перед контакторно-резисторным управлением: пуск без потерь, возможность автоматического управления, рекуперативное торможение, снижение потребления электроэнергии и эксплуатационных расходов. В нашей стране это вагоны метрополитена моделей 81-720/721 типа «Яуза» производства ЗАО «Метровагонмаш» с коллекторными тяговыми двигателями и тиристорно-импульсной системой управления разработки АЭК «Динамо».

Хотя двигатели постоянного тока уже долгое время демонстрируют свою эксплуатационную пригодность для электрической тяги, нельзя упускать из виду их недостатки, которые определяются, главным образом, наличием механического коллектора. К этим недостаткам относятся:

- сравнительная ненадежность коллекторного узла и щеточного аппарата;
- ограниченная по условиям коммутации и механической прочности мощность двигателя в отведенных габаритах;
- высокие расходы на ремонт и техническое обслуживание в условиях эксплуатации.

Положительные результаты применения тиристорно-импульсных систем управления коллекторными тяговыми двигателями позволили развернуть интенсивные работы по созданию тягового привода с асинхронными двигателями, которые лишены указанных недостатков.

Однако реализация статических преобразователей частоты для тягового асинхронного привода на тиристорах, как не полностью управляемых полупроводниковых элементах, встретилась с большими техническими трудностями и в нашей стране не получила своего завершения.

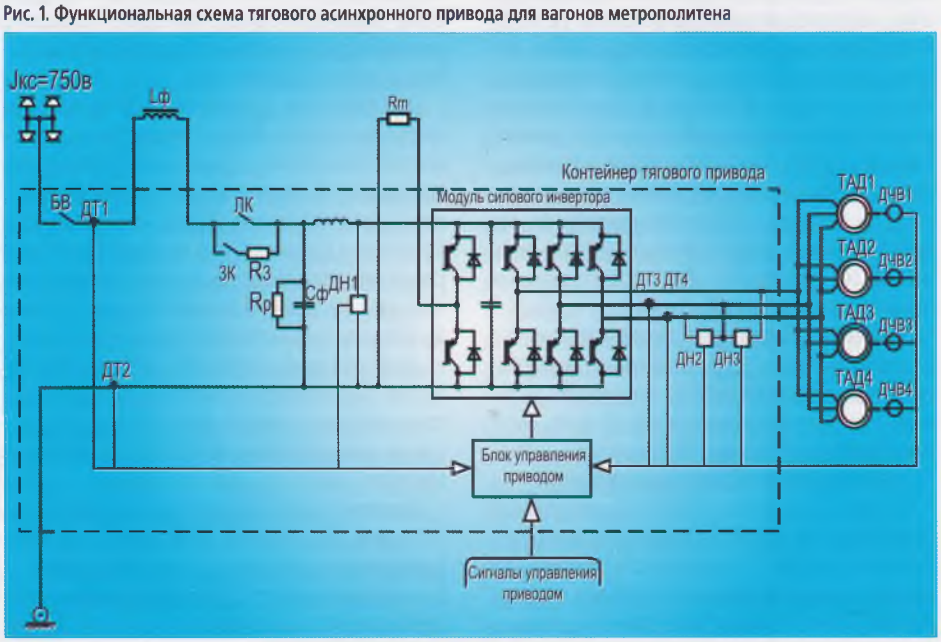
Современное состояние развития компонентов тягового привода

Благодаря значительным достижениям в области силовой электроники, за рубежом разработаны и освоены промышленностью силовые полностью управляемые приборы: IGBT-ключи (биполярные транзисторы с изолированным затвором) и выполненные на их базе IGBT-модули для построения силовых преобразователей. Применение IGBT-модулей в асинхронном приводе позволяет резко упростить схему преобразователя частоты и спроектировать его с малыми весогабаритными показателями, резко повысить надежность его работы по сравнению с тиристорными преобразователями.

Не меньший прогресс в области управляющей микроэлектроники позволил ведущим зарубежным фирмам выпустить на рынок целый ряд новых, сверхпроизводительных микроконтроллеров, специально ориентированных на решение задач управления и регулирования в приводах с асинхронными двигателями. Это позволяет резко сократить объемы аппаратных средств системы управления, повысить ее надежность и ввести ряд дополнительных сервисных функций по диагностике и техническому обслуживанию электрооборудования привода.

Таким образом, в настоящее время созданы все предпосылки для успешной реализации проектов, связанных с внедрением асинхронного тягового привода на подвижном составе. Поэтому, не случайно, все ведущие западные фирмы, занимающиеся выпуском подвижного состава, работают практически только в этом направлении.

Рис. 1. Функциональная схема тягового асинхронного привода для вагонов метрополитена



Вагоны метрополитена моделей ЗАО «Метровагонмаш» с тяговым асинхронным приводом

С целью оценки эффективности применения асинхронного тягового привода на подвижном составе метрополитена ЗАО «Метровагонмаш» совместно с фирмой ALSTOM выполнила разработку модификации вагонов «Яуза» модели 81-720/721А с асинхронными тяговыми двигателями. Комплект электрооборудования асинхронного тягового привода был разработан и изготовлен фирмой ALSTOM для трехвагонного опытного поезда.

Проведенные успешно испытания в 1999–2000 гг. в Московском метрополитене этого опытного поезда подтверждаются протоколами испытаний и заключением ВНИИЖТ. По заключению экспертной комиссии внедрение данных вагонов на метрополитене позволит:

- снизить расход электроэнергии на 13,5% (а при применении рекуперативного торможения – до 40%);
- снизить эксплуатационные расходы;
- повысить существующие показатели надежности подвижного состава;
- повысить показатели комфортности поездов в эксплуатации.

Сравнительные результаты тягово-энергетических испытаний вагонов

81-720/721 с тяговым асинхронным приводом фирмы ALSTOM и приводом с коллекторными тяговыми двигателями показывают полное преимущество асинхронного привода.

Подобные работы ЗАО «Метровагонмаш» выполнило с фирмой HITACHI в 2001 г., получив аналогичные результаты испытаний.

В настоящее время изготовлены и пущены в эксплуатацию двенадцать 3-вагонных поездов наземного метро «Русич», которые оснащены тяговым асинхронным приводом фирмы ALSTOM.

Основными недостатками вагонов, укомплектованных асинхронным приводом импортного производства, являются:

• цена вагоно-комплекта тягового асинхронного привода;

• отсутствие специалистов по ремонту и техническому обслуживанию оборудования импортного привода в эксплуатации.

С целью обеспечения метрополитена современным надежным и экономичным подвижным составом с асинхронным тяговым приводом, при одновременном снижении затрат на его производство, руководство ЗАО «Метровагонмаш» определило основное направление решения этой проблемы: создание асинхронного тягового привода отечественного производства, головным разработчиком которого является ЗАО «Метровагонмаш». Разработка привода выполняется с применением современной импортной элементной базы силовой и управляющей электроники.

Тяговый асинхронный привод ЗАО «Метровагонмаш» для вагонов метрополитена

Для решения поставленной задачи на ЗАО «Метровагонмаш» создано собственное специализированное конструкторское подразделение и электротехнический цех по изготовлению, наладке и испытаниям комплекта оборудования тягового асинхронного привода вагонов метро.

В январе 2003 г. ЗАО «Метровагонмаш» выполнило разработку комплекта электрооборудования тягового асинхронного привода для модификации вагонов «Яуза» модели 81-720/721 с асинхронными тяговыми двигателями. Для проведения испытаний в мае 2003 г. был собран опытный 3-вагонный поезд с отечественным асинхронным приводом.

Функциональная схема привода (рис. 1) включает в себя:

• четыре тяговых асинхронных двигателя (*ТАД*), включенных параллельно к одному силовому инвертору напряжения;

• контейнер тягового инвертора, включающий:

– модуль силового инвертора напряжения (*МСИ*) с вентилятором охлаждения,
– блок управления приводом (*БУП*),
– быстродействующий выключатель (*ББ*),
– линейный контактор (*ЛК*),
– зарядный контактор (*ЗК*),
– зарядный резистор ($R_З$),
– разрядный резистор ($R_Р$),
– датчики тока и напряжения (*ДТ, ДН*),
– конденсатор фильтра ($C_Ф$);
– дроссель сетевого фильтра ($1L_Ф$);
– тормозной реостат ($R_Т$) с вентилятором охлаждения.

Краткая характеристика основного оборудования

Тяговый асинхронный двигатель ТАД280М4. Разработчик и производитель – АЭК «Динамо» (Москва).

Основные параметры	Норма
Номинальная мощность, кВт	170
Номинальная частота, Гц	43
Номинальное напряжение, В	530
Номинальное скольжение, %	1,6
Коэффициент полезного действия	0,92
Коэффициент мощности	0,85
Частота вращения (синхронная), 1/мин	1290
Максимальная частота вращения, 1/мин	3400

Силовой инвертор выполнен на IGBT – модулях фирмы «Eupec» (Германия) на напряжение 1700В. Инвертор разработан и изготовлен на ЗАО «Метровагонмаш».

Основные параметры	Норма
Номинальная мощность, кВт	800
Напряжение питания силовой цепи постоянного тока, В: максимальное номинальное минимальное	975 750 550
Выходное напряжение, В	0...530
Частота коммутаций ШИМ, Гц	2400
Выходная частота, Гц	1...120

Блок управления приводом разработан на импортной элементной базе SMD компонентов ведущих западных производителей. Основное вычислительное и управляющее ядро блока выполнено на базе двух контроллеров фирмы «Texas Instruments» (США). Это TMS320LF2407A — контроллер с фиксированной точкой и TMS320VC33 — контроллер с плавающей точкой. Блок управления полностью в цифровом виде реализует алгоритмы частотно-токового управления асинхронными двигателями с элементами векторной математики. Измерение температуры и потока двигателей не требуется. Блок управления с программным обеспечением разработан и изготовлен на ЗАО «Метровагонмаш».

Выключатель быстродействующий — серийный ВБ-630 с конструктивной доработкой крепления аппарата в контейнере.

Линейный контактор электромагнитного типа с экономичным резистором фирмы «Secheron» (Швейцария) на напряжение 1500 В и ток 800 А.

В качестве датчиков электрических величин использованы датчики тока и напряжения фирмы «LEM» (Швейцария).

Емкость конденсатора фильтра составляет 32000 мкф (1600 х 2). Производитель — фирма «EPCOS AG» (Германия).

Индуктивность дросселя сетевого фильтра при токе 1000А составляет 8 мГн. Разработчик и изготовитель — АЭК «Динамо» (Москва).

Сопротивление тормозного реостата RT = 0,58 Ом. Производитель — фирма «Microelettrica Scientifica» (Италия) или «МЕР» (Чехия).

Силовой монтаж внутри контейнера выполнен с помощью медных шин и кабелей. Наконечники на кабели установлены методом обжимки специальным инструментом фирмы «Weidmuller» (Германия).

Монтаж управляющих цепей выполнен на разъемах с контактами под обжимку и быстрозажимных клеммниках фирмы «Weidmuller».

В июне — июле 2003 г. 3-вагонный поезд с тяговым асинхронным приводом прошел приемочные тягово-энергетические испытания на экспериментальном кольце ВНИИЖТа (г. Щербинка).

Результаты положительные. Вагоны изготовления ЗАО «Метровагонмаш» показали в условиях экспериментального кольца ВНИИЖТа функциональную работоспособность и соответствие реализуемых ими тягово-энергетических показателей и показателей по назначению требованиям Технического задания на создание асинхронного тягового привода в составе вагонов моделей 81-720/721.

В настоящее время по результатам МВК на ЗАО «Метровагонмаш» изготовлен и готов к испытаниям опытный 3-вагонный поезд наземного метро «Русич», оснащенный отечественным асинхронным приводом. В мае уйдет на испытания опытный 7-вагонный поезд из модернизированных вагонов типа «Яуза», так же оснащенный отечественным асинхронным приводом ЗАО «Метровагонмаш».

Выводы

1 Дальнейшее совершенствование подвижного состава метрополитена должно идти по пути его оснащения асинхронным тяговым приводом, который позволяет снизить потребление электроэнергии и эксплуатационные расходы, повысить существующие показатели надежности подвижного состава с приводом постоянного тока.

2. Создание подвижного состава с АТД для метрополитена предпочтительно осуществить на базе привода отечественной разработки, выполненной с использованием современных импортных комплектующих.

ООО «ВЛАДЕС»

ПРОЕКТНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ МОСКВЫ

А. В. Никольский,
генеральный директор компании
ООО «ВЛАДЕС»

Фирма «ВЛАДЕС» была создана 16 апреля 1992 г. За время своего существования она прошла путь от скромного строительного кооператива до крупной проектно-строительной компании, в которой работают на сегодняшний день более 300 человек. Коллектив формировался из специалистов Московского метростроя и выпускников Горного института и Института инженеров транспорта (МИИТ). ООО «ВЛАДЕС» — член Тоннельной ассоциации России с 2000 г.

За прошедшие годы компания «ВЛАДЕС» расширилась и утвердилась как высокопрофессиональная проектно-строительная фирма, одним из главных направлений деятельности которой является реализация специальных методов производства работ:

- усиление оснований существующих зданий и сооружений;
- противооползневая защита, усиление железнодорожных насыпей и автомобильных дорог;
- улучшение физико-механических свойств грунтов путем их уплотнения и цементации (химическое закрепление);
- водопонижение;
- устройство грунтовых анкеров;
- устройство ограждений котлованов.

Значительное количество работ выполняется фирмой по собственным проектам.

С 1999 г. по сегодняшний день ООО «ВЛАДЕС» принимает самое активное участие в выполнении городских строительных заказов в Москве, в т. ч. на объектах третьего транспортного кольца: развязке на Волгоградском проспекте, на улице Большая Тульская, на Ленинском и Кутузовском проспектах, на Беговой улице и в районе Лефортово.

При строительстве третьего транспортного кольца, пересекающего подземные тоннели Московского метрополитена, ООО «ВЛАДЕС» были выполнены укрепительные мероприятия по защите тоннелей метро. Согласованные действия сотрудников фирмы с эксплуатационными организациями метрополитена позволили без перерывов в движении поездов и в сжатые сроки выполнить работу.

Устройство грунтовых анкеров, водопонижение, закрепление грунтов и ликвидация аварийных ситуаций – вот одни из многих видов работ, выполненных ООО «ВЛАДЕС» на строительстве третьего кольца. При реконструкции станции «Воробьевы горы» фирма была приглашена для выполнения работ по усилению несущей способности фундаментов вестибюлей на правом и левом берегах Москвы-реки. Более 40 тыс. м буроинъекционных свай и укрепительных инъекций стали результатом ее работы. Ликвидация аварийной ситуации на станции метро «Царицыно» в 2000 г., усиление оснований жилых и административных зданий в Москве и Московской области; крепление котлованов при возведении современных зданий: Самсунг-Центр, «Алексеевский дом», Медицинский центр балетной травмы и реабилитации, филиал Наркологической больницы №17, офис «Содбизнесбанка», жилой комплекс «Леонардо», магазин «Метро Кэш энд Кэрри», торговый комплекс «Пятая Авеню» – вот неполный перечень работ, выполненных коллективом фирмы за последние годы.

Одним из основных видов работ организации является водопонижение. В тесном контакте с институтами «Гидроспецпроект» и «Метрогипротранс» фирмой успешно реализованы работы по водопонижению на основных строительных площадках Москвы: участках третьего транспортного кольца, строительстве подземных сооружений, транспортных тоннелях. Водопонижение производится на высоком техническом уровне, без создания аварийных ситуаций в условиях плотной городской застройки.

Накопленный опыт в области строительного водопонижения и правильная организация работ характеризуют компанию ООО «ВЛАДЕС» как надежную и профессиональную фирму.

Монтаж под ключ склада блоков тоннельной обделки на строительной площадке в Лефортово

Устройство буроинъекционных свай на станции «Воробьевы горы»

ТРЦ на улице Маршала Бирюзова

Крепление котлована при строительстве жилого комплекса «Леонардо» на ул. Профсоюзная

ООО «ТРАНСПОРТ»: ОПЫТ ПЛЮС ПРОФЕССИОНАЛИЗМ – ГАРАНТИЯ КАЧЕСТВА

Чурадзе Тамаз Константинович *– руководитель проектной организации ООО «Транспорт» (Грузия), заведующий кафедрой «Мосты и тоннели» Грузинского технического университета, доктор технических наук, профессор трудовую деятельность начал с 1958 г. будучи студентом вечернего факультета Тбилисского института инженеров железнодорожного транспорта бетонщиком, а затем производителем работ треста «Тбилстрой». После окончания института по специальности «Мосты и тоннели» в течение 15-ти лет работал в системе бывшего Министерства энергетики и электрификации СССР: инженером в тресте «Грузгидроэнергострой», главным инженером проекта в Тбилоргэнергострое и руководителем группы в научно-исследовательском институте ТНИСГЭИ. После защиты кандидатской диссертации в 1982–1986 гг. работал профессором Анабийского университета в Алжире на кафедре разработки месторождений полезных ископаемых.*

Это сравнительно молодая проектная организация, ныне отмечающая свое десятилетие, основана сотрудниками транспортного факультета Грузинского технического университета. Это был сложный и непредсказуемый период в новейшей истории Грузии, когда, после распада СССР, наблюдался общий резкий спад в экономике. Крупные проектные организации оказались на грани катастрофы, и даже такие известные институты как «Кавгипротранс», «Тбилгипроавтодортранс», «Тбилгидропроект», «ТбилЗНИИЭП» и другие, где в свое время рождались смелые по своим техническим решениям инженерные проекты, утратили свои функции. Их, практически, заменили вновь созданные небольшие самостоятельные проектные организации, которые, благодаря малочисленности штатного состава, сумели приспособиться к новым экономическим реалиям. В числе таких новообразований было и ООО «Транспорт».

Изменение структуры организации проектного дела сыграло стабилизующую роль в предотвращении утечки из страны высококвалифицированных инженерных кадров. В ООО «Транспорт», в частности, сконцентрировались лучшие кадры грузинских инженеров-проектировщиков. В их числе – один из старейшин грузинской школы метростроения, Лауреат Государственной премии СССР А. И. Курашвили, главные инженеры проекта Тбилисского метрополитена и подземных объектов гидротехнических сооружений Храмской, Ингурской, Жинвальской ГЭС (Грузия), Асуанского гидроузла (Египет) и Саргсанской ГЭС в Иране.

Предмет особого внимания работников ООО «Транспорт» — сотрудничество с Тбилисским метрополитеном, главной проблемой которого является борьба с коррозией бетона тоннельных конструкций. В этом направлении работы были начаты еще в 1968 г. на кафедре «Тоннели и метрополитены» Грузинского технического университета под руководством проф. А. П. Даушвили и продолжены проф. Т. Г. Читаишвили в ООО «Транспорт». В результате этих работ был предложен оригинальный способ защиты бетонных конструкций нагнетанием антикоррозионного раствора за обделку по им же разработанной технологии. Это способствовало сохранению и восстановлению нормируемой работоспособности и надежности данного класса искусственных сооружений, эксплуатируемых почти 50 лет.

За последние годы в Грузии сложились особые условия — необходимо

Рис. 1. Портал автодорожного тоннеля в г. Тбилиси

обеспечить высокую надежность искусственных сооружений при жестком ограничении финансовых, материальных и трудовых затрат. Это обстоятельство было учтено при разработке мероприятий по восстановлению нормальных условии движения в камере съездов станции «Гурамишвили» Тбилисского метрополитена, основание которой претерпевало нарушение из-за деформации пород. «Сработал» характерный для специалистов ООО «Транспорт» подход к решению поставленной задачи — была найдена возможность избежать сооружения мощного обратного свода, что было связано, помимо больших расходов и затруднении в движении поездов, с трудно предсказуемым изменением напряженно-деформированного состояния обделки.

Грузия — страна горных тоннелей. На железной дороге проложены 46 тоннелей. Сурамский тоннель протянулся на 3996 м и считается одним из уникальных в Европе. На автодорогах государственного значения расположено более 15 км тоннелей, одним из которых является городской тоннель в Тбилиси (рис. 1). Только на линии Зестапони – Чиатура Грузинской железной дороги эксплуатируются 21 железнодорожных тоннеля общей длиной 3772 м. На довольно больших участках этих тоннелей обделка повреждена силовыми трещинами и даже находится в запредельном состоянии. Специалистами ООО «Транспорт» разработаны эффективные мероприятия по усилению деформированных обделок транспортных тоннелей. Одним из них является система усиления обделки (рис. 2), претерпевшей трещинообразование, сущность которой заключается в следующем. В обделке или в устойчивом массиве пород устанавливаются анкера (*2*) по всей внутренней поверхности обделки. Монтируется сетка из кольцевой рабочей (*3*) и продольной распределительной арматуры (*4*) с таким расчетом, что после нанесения набрызг-бетонного слоя (*5*) оставался кольцевой зазор для нагнетания раствора (*6*) под необходимым давлением. В результате происходит предварительное напряжение набрызг-бетонного слоя. Применение описанного способа усиления конструкции возможно не только в случае, когда материал старой, разбитой трещинами обделки не потерял к моменту реконструкции своих прочностных характеристик, но и в случае их снижения, так как возможность предварительного напряжения набрызг-бетонного слоя позволяет придать конструкции желаемую несущую способность.

Сферу деятельности сотрудников ООО «Транспорт» составляют также проектно-изыскательские работы по железным дорогам, мостам, путепроводам, подпорным стенам, инженерным сооружениям по трассе нефте и газопроводов. Нашими сотрудниками был разработан один из вариантов трассы железной дороги Тбилиси – Карс, железнодорожные мосты на р. Риони Грузинской железной дороги, вантовые пешеходные мосты в Сванетии и Боржоми оригинальной конструкции, в которой распор, возникающий от внешних нагрузок в балке жесткости, через специальную оттяжку передается на анкерный массив. В разработанной системе в балке жесткости и оттяжке создается предварительное напряжение растяжения, что значительно снижает возникающие в балке жесткости сжимающие напряжения и позволяет уменьшить ее высоту. На новую конструкцию моста разработчиками получен патент Р2620.

В портфеле проектировщиков ряд новых заказов. Представляют интерес работы по обеспечению безопасной эксплуатации транспортных тоннелей. Задача заключается в обеспечении долговечности и надежности подземных конструкций. С этой целью разработаны мероприятия: по предотвращению трещинообразования в бетонных конструкциях и проникновению в них агрессивных грунтовых вод, герметизация швов обделки и антикоррозионная защита конструкций и оборудования (в том числе и катодная защита); разработан метод гидроизоляции обделок при повышенном давлении грунтовых вод, а также вопросы масштабной цементации заобделочного пространства. Кроме того, проведены работы, нацеленные на предотвращение возгорания в тоннелях, позволяющие определять потенциально опасные участки и осуществлять их контроль. Разработаны методы прогнозирования развития пожара в тоннелях, а также средства и способы, гарантирующие пожаробезопасность подземных сооружений.

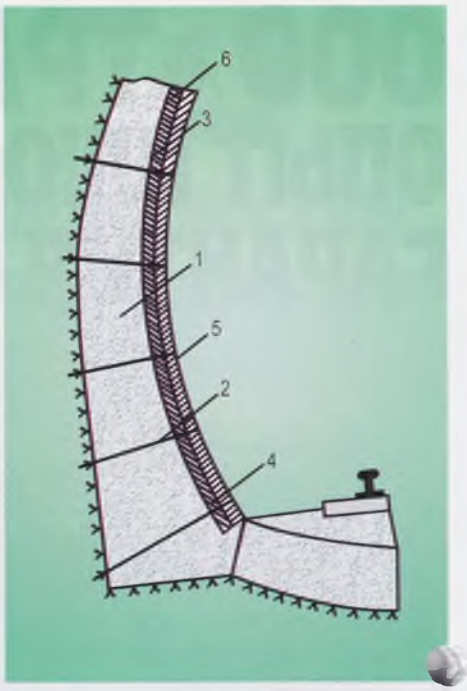


Рис. 2. Модель усиления обделки, претерпевшей трещинообразование

«Работы, выполненные ООО «Транспорт», - говорит профессор Чурадзе, - отличаются не только высоким качеством и современным видением решения проблемы. Как правило, они экономны, что делает их привлекательным для государственных и индивидуальных заказчиков. Расширение межгосударственных связей открывает перспективы сотрудничества со многими зарубежными коллегами. Но мы, прежде всего, хотим найти партнеров в России и готовы начать сотрудничество с российской фирмой или компанией. Это имеет особое значение еще и потому, что за последнее десятилетие утрачены давние деловые и дружеские контакты с нашим северным соседом. Мы тесно сотрудничали с Метрогипротрансом, ЦНИИСом, Мосметростроем, Ленметростроем, московским Подземпромгазом, с кафедрами соответствующего профиля ЛИИЖТа и МИИТа и другими коллективами в России. Мы намерены восстановить эти связи, наладить новые с тем, чтобы совместно решать задачи экономического развития наших стран».

Видеть завтрашний день, ориентироваться на перспективу — одна из важных заповедей коллектива ООО «Транспорт». Сегодня перед ними стоит сложная задача, – как разгрузить от транспортного потока проспект Руставели, главную магистраль Тбилиси, прорезающую центр города, средоточие административной и культурной жизни города и страны. Выход они видят в одном — в освоении подземных пространств. Спустить под землю городскую инфраструктуру, стоянки для автотранспорта, многочисленные кафе, рестораны, зрелищные заведения — только так можно облегчить «дыхание» этого перегруженного района города, зажатого горами и полного архитектурными памятниками. Решение этой проблемы планируется совместно с дочерним предприятием немецкой фирмы «Обермайер».

РАСЧЕТ ОБДЕЛОК ТОННЕЛЕЙ, СООРУЖАЕМЫХ ГОРНЫМ СПОСОБОМ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

Н. Н. Фотиева, Н. С. Булычев, А. С. Самналь, П. В. Деев
Тульский государственный университет

Основной особенностью расчета обделок тоннелей мелкого заложения является необходимость учета влияния земной поверхности и находящихся на ней зданий и сооружений на напряженное состояние конструкций. Это существенно усложняет построение аналитических методов расчета, базирующихся на современных представлениях механики подземных сооружений о взаимодействии подземной конструкции и окружающего массива грунта (пород) как элементов единой деформируемой системы, т. е. на тех же принципах, что и разработанные ранее методы расчета обделок тоннелей глубокого заложения широко применявшиеся при проектировании ряда крупных подземных объектов. Вместе с тем создание таких методов представляется весьма актуальным, поскольку их использование позволит производить расчет обделок тоннелей как глубокого, так и мелкого заложения на единой методологической основе.

В настоящее время в Тульском государственном университете разработаны методы расчета обделок тоннелей произвольного поперечного сечения, не испытывающих влияния близко расположенных подземных сооружений, и обделок параллельных взаимовлияющих тоннелей круглого поперечного сечения с учетом влияния земной поверхности на напряженное состояние конструкций.

Методы основаны на новых аналитических решениях соответствующих плоских задач теории упругости для полубесконечной линейно-деформируемой среды, моделирующей массив, ослабленной отверстием произвольной формы (с одной осью симметрии), подкрепленным кольцом из другого материала, моделирующим обделку тоннеля (рис. 1), или произвольным числом любым образом расположенных круговых отверстий разных радиусов, подкрепленных концентрическими кольцами разной толщины, выполненными из разных материалов, моделирующими обделки параллельных взаимовлияющих круговых тоннелей (рис. 2).

Во всех рассматриваемых задачах полагается, что кольца деформируются совместно со средой, то есть на линиях контакта выполняются условия непрерывности векторов смещений и полных напряжений; внутренние контуры колец свободны от действия внешних сил.

Действие собственного веса грунта моделируется наличием в среде начальных напряжений, определяющихся по формулам:

$$\sigma_x^{(0)} = -\lambda\gamma(H-y),\ \sigma_y^{(0)} = -\gamma(H-y), \qquad (1)$$

где γ — удельный вес грунта,
H — глубина заложения тоннеля (в случае нескольких тоннелей — глубина заложения одного из тоннелей, в центр которого помещено начало координат),
λ — коэффициент бокового давления в ненарушенном массиве грунта.

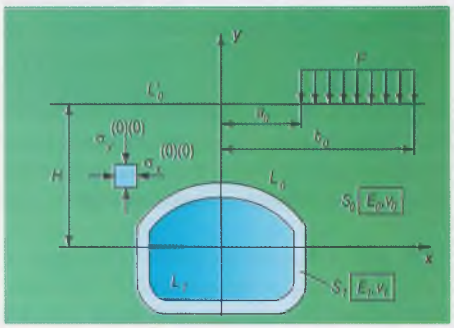


Рис. 1. Расчетная схема для определения напряженного состояния обделки тоннеля произвольного поперечного сечения

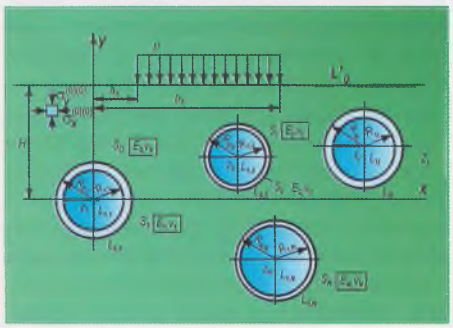


Рис. 2. Расчетная схема для определения напряженного состояния обделок параллельных круговых тоннелей

Давление грунтовых вод моделируется наличием начальных напряжений:

$$\sigma_x^{(0)} = \sigma_y^{(0)} = -\gamma_w(H_w - y), \qquad (2)$$

где γ_w — удельный вес воды,
H_w — уровень грунтовых вод.

Действие веса здания или сооружения моделируется вертикальной нагрузкой интенсивности P, равномерно распределенной на соответствующем участке границы полуплоскости. При этом рассматриваются два случая — когда здание возводится вблизи уже построенного тоннеля, и когда тоннель сооружается вблизи уже существующего здания. В последнем случае перемещения основания, возникающие до строительства тоннеля, исключаются из граничных условий задачи, связывающих смещения.

С целью приближенного учета влияния расстояний l_j ($j = 1, ..., N$) от возводимых обделок до забоев выработок (в задаче, изображенной на рис.1, $N = 1$) в результаты расчета конструкций на действие собственного веса грунта и веса зданий, существовавших на поверхности до проведения тоннелей, вводятся корректирующие множители, определяемые для каждой обделки по эмпирической формуле, полученной на основе численного моделирования:

$$\dot{\alpha}_j = 0,6\exp(-138 l_j / R_{0,j}),\ (j = 1,...N), \qquad (3)$$

где R_{0j} — средний радиус выработки в случае тоннеля некругового поперечного сечения (рис. 1).

Приближенный учет ограниченного размера здания в направлении осей тоннелей осуществляется путем введения в результаты расчета некоторых корректирующих множителей k_j (j=1,..., N), получаемых для каждой обделки как отношение вертикального напряжения в точке сплошного полупространства при действии на поверхности нагрузки, равномерно распределенной по прямоугольной площади $b \times l$ ($b=b_0 - a_0$), расположенной под центром площади на уровне оси соответствующего тоннеля/ к тому же напряжению, вызываемому бесконечной нагрузкой ($l = \infty$), соответствующей условиям плоской деформации. Формулы для определения этих коэффициентов имеют вид:

$$k_j = f(\xi_j, \eta) / f(\xi_j, \infty), \qquad (4)$$

где

$$\xi_j = H_j / b,\quad \eta = l / b, \qquad (5)$$

$$f(\xi_j, \eta) = \frac{2\eta\xi_j(\eta^2 + 8\xi_j^2 + 1)}{(\eta^2 + 4\xi_j^2)(1 + 4\xi_j^2)\sqrt{\eta^2 + 4\xi_j^2 + 1}} + \\ + arctg\frac{\eta}{2\xi_j\sqrt{\eta^2 + 4\xi_j^2 + 1}},$$

$$f(\xi_j, \infty) = \frac{2\xi_j}{1 + 4\xi_j^2} + arctg\frac{1}{2\xi_j}.$$

Описанные выше задачи теории упругости, положенные в основу предлагаемых методов расчета, решены с использованием теории аналитических функций комплексного переменного, аналитического продолжения комплексных потенциалов, регулярных в нижней полуплоскости вне отверстий, в верхнюю полуплоскость, модификации метода Д. И. Шермана решения задач для многосвязных областей, аппарата интегралов типа Коши, конформных отображений и комплексных рядов. В результате решение задач сводится к хорошо сходящемуся итерационному процессу, в каждом приближении которого используется либо замкнутое решение для кругового кольца, либо разрешающая система линейных уравнений для некругового кольца, подкрепляющего отверстие в полной плоскости, при граничных условиях, содержащих некоторые дополнительные слагаемые, представляемые в форме рядов Лорана, неизвестные коэффициенты которых уточняются на каждом шаге итераций.

Влияние реологических свойств грунта может быть учтено на основе теории линейной наследственной ползучести с использованием метода переменных модулей (Амусин и др., 1974), учет последовательности проведения и крепления параллельных тоннелей может быть выполнен тем же путем, как и для

тоннелей глубокого заложения.

Для расчета обделок, испытывающих влияние движущихся по поверхности транспортных средств, используются решения описанных выше задач для случая поверхностных нагрузок, действующих после сооружения тоннеля, причем движение транспортного средства в направлении, перпендикулярном осям тоннелей, учитывается путем последовательного изменения положения нагрузки по отношению к т оннелям и построения огибающих эпюр максимальных сжимающих (отрицательных) и растягивающих (положительных) нормальных тангенциальных напряжений, возникающих на внутреннем контуре поперечного сечения каждой из обделок за все время движения, с использованием соответствующего динамического коэффициента $k^{\sim}$, полученного на основе известного решения задачи о движении нагрузки вдоль границы полуплоскости без отверстия. Этот коэффициент определяется путем следующих операций:

$$c_1^2 = \frac{2G(1-\nu_0)}{\rho(1-2\nu_0)},\ c_2^2 = \frac{G}{\rho};\ \beta = \sqrt{1-\frac{v^2}{c_1^2}},$$

$$\gamma = \sqrt{1-\frac{v^2}{c_2^2}};\ B = \frac{(1+\gamma^2)^2}{4\beta\gamma},\ \theta = \frac{G}{1-\nu_0};$$

$$k^{\sim} = \frac{(1-\gamma^2)\theta}{4G\gamma(1-B)}, \qquad (6)$$

где G — модуль сдвига грунта,

ν_0 — коэффициент Пуассона грунта,

ρ — плотность грунта,

v — скорость движения транспортного средства.

Если транспортное средство движется в направлении, параллельном осям тоннелей, огибающих эпюр не требуется, и напряженное состояние обделок определяется непосредственно из решения задач, изображенных на рис.1 или рис. 2, с использованием корректирующих множителей k_j, $k^{\sim}$.

Разработанные методы расчета обделок тоннелей запрограммированы и реализованы в виде двух программных комплексов, предназначенных соответственно для расчета обделок тоннелей произвольного поперечного сечения (комплекс FOPED) и обделок параллельных круговых тоннелей (комплекс FOS) с учетом влияния земной поверхности.

Ниже в качестве примеров приводятся результаты расчетов обделки, форма поперечного сечения и размеры которой, а также расположение здания, существовавшего до проведения тоннеля, приводятся на рис. 3.

Исходные данные для расчета приняты следующими: E_0 = 100 МПа, ν_0 = 0,35, λ = 0,8, γ=0,018 МН/м³, E_1 = 30000 МПа, ν_1 = 0,2, l_0=2 м, R_0 = 5,4 м (α^* = 0,36).

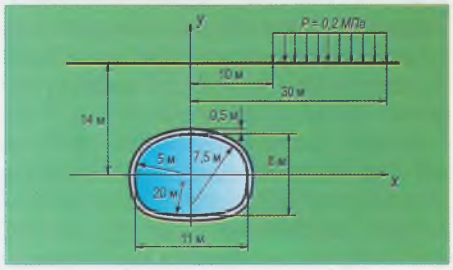


Рис. 3. Поперечное сечение тоннеля, сооружаемого вблизи существующего здания

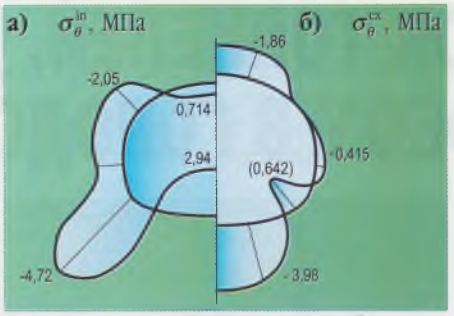


Рис. 4. Эпюры напряжений на внутреннем (а) и на внешнем (б) контурах поперечного сечения обделки тоннеля, вызываемых действием собственного веса грунта

На рис. 4 приведены эпюры нормальных тангенциальных напряжений $\sigma_\theta^{(in)}$ на внутреннем контуре поперечного сечения обделки (а) и $\sigma_\theta^{(ex)}$ — на наружном (б).

На рис. 5 показаны эпюры нормальных тангенциальных напряжений $\sigma_\theta^{(in)}$ на внутреннем контуре поперечного сечения обделки (а) и $\sigma_\theta^{(ex)}$ — на наружном контуре (б) от действия веса здания, существовавшего до проведения тоннеля.

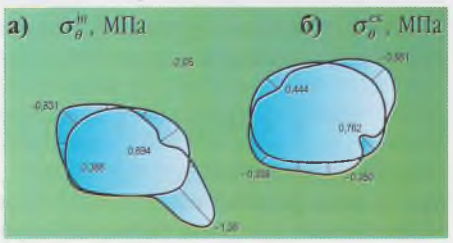


Рис. 5. Эпюры напряжений на внутреннем (а) и на внешнем (б) контурах поперечного сечения обделки тоннеля, сооружаемого вблизи существующего здания

В следующем примере рассмотрено движение двух поездов длиной b = 200 м и общей шириной l = 6 м со скоростью v = 250 км/ч в направлении, перпендикулярном оси тоннеля. На рис. 6а даны эпюры экстремальных т. е. максимальных сжимающих (сплошная линия) и максимальных растягивающих (пунктирная

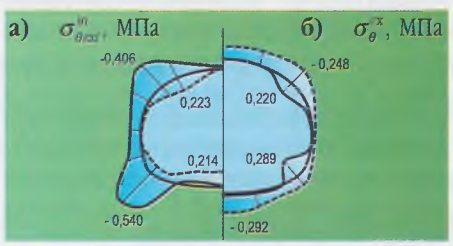


Рис. 6. Эпюры экстремальных напряжений на внутреннем контуре поперечного сечения обделки (а), и соответствующих им напряжений на внешнем контуре (б)

линия) нормальных тангенциальных напряжений, возникающих на внутреннем контуре поперечного сечения обделки. На рис. 6б показаны эпюры напряжений на внешнем контуре, полученных при тех положениях нагрузки, при которых в соответствующих точках внутреннего контура возникают экстремальные напряжения.

Приведем результаты расчета обделок двух параллельных круговых тоннелей, расположение и размеры которых показаны на рис. 7.

Расчеты производились при следующих исходных данных: E_0 = 300 МПа, ν_0 = 0,3, λ=0,43, α_1^* = α_2^*= 0,5, γ = 0,017 МН/м³, E_1=E_2= 27000 МПа, ν_1 = ν_2 = 0,2.

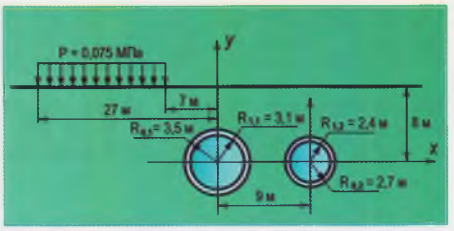


Рис. 7. Расположение и размеры обделок параллельных тоннелей

Рассматривался случай, когда вблизи уже построенных тоннелей сооружается здание размером вдоль осей тоннелей l = 40 м, вес которого создает нагрузку интенсивностью P=0,075 МПа.

Результаты расчетов показаны на рис. 8, причем сплошными линиями даны эпюры нормальных тангенциальных напряжений $\sigma_\theta^{(in)}$, МПа, возникающих на внутренних контурах поперечных сечений обделок вследствие действия собственного веса грунта, а пунктирными линиями — эпюры тех же напряжений, обусловленных весом сооружаемого здания.

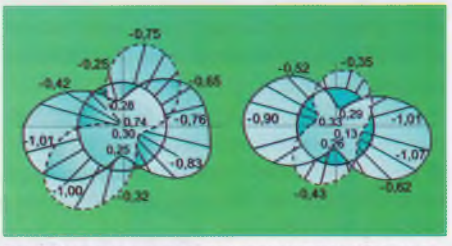


Рис. 8. Напряжения на внутренних контурах обделок от действия собственного веса грунта (сплошные линии) и веса сооружаемого здания (пунктирные линии)

В заключение отметим, что область применения метода расчета обделок некруговых тоннелей мелкого заложения ограничена требованием, чтобы окружность, описанная вокруг внешнего контура кольца, моделирующего обделку, не пересекала и не касалась границы полуплоскости. Вместе с тем, поскольку увеличение глубины заложения тоннелей в предлагаемых методах расчета ничем не ограничено, они могут использоваться для определения напряженного состояния обделок тоннелей как мелкого, так и глубокого заложения, причем в последнем случае точность получаемых результатов расчета конструкций на действие собственного веса пород увеличивается вследствие учета линейного изменения начальных напряжений, обусловленных действием гравитационных сил, по глубине, что может быть существенно для тоннелей большого сечения. При этом отпадает сама необходимость разделения тоннелей, сооружаемых горным способом, на глубокие и мелкие, которое весьма условно, поскольку влияние земной поверхности на напряженное состояние подземных конструкций зависит от многих факторов, в частности — от поперечных размеров тоннеля, веса близко расположенных зданий или сооружений и от деформационных характеристик грунта (пород).

К РЕШЕНИЮ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ МЕХАНИКИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Т. К. Чурадзе, д. т. н., проф.,
зав. кафедрой «Мосты и тоннели»
Грузинского технического университета,
В. А. Тархнишвили, д. т. н., проф. ГТУ
К. Т. Чурадзе, к. т. н., доц. ГТУ
М. В. Грдзелишвили, к. т. н., доц. ГТУ

При общей постановке задачи о напряженно-деформированном состоянии породного массива вокруг выработки, последняя рассматривается как однородная изотропная среда, в которой под действием напряжений, вызванных проведением выработки, могут возникнуть упругие и неупругие деформации.

Для транспортных тоннелей достаточной длины решается задача, в которой рассматриваются напряжения и деформации в плоскости, перпендикулярной оси выработки. Деформации в направлении оси выработки полагают равными нулю.

Решение существенно упрощается в случае отсутствия объемных сил. Вследствие этого задачи подобного рода обычно сводятся к получению и последующему сложению двух решений, что возможно по принципу суперпозиции для упругих напряжений. Первое из этих решений — это определение напряжений (σ_{XO} и σ_{YO}) на контуре воображаемого отверстия заданной формы поперечного сечения в сплошном упругом изотропном массиве, находящемся под действием собственного веса. Второе — вычисление напряжений σ_X, σ_Y, σ_Z, и перемещений U и V в бесконечной невесомой области вокруг исследуемого отверстия, когда к его контуру приложены усилия равные σ_{XO} и σ_{YO}. Сумма полученных решений дает искомые напряжения и перемещения вокруг отверстия в весомом массиве.

Кроме сложения двух напряженных состояний полагают, что плоскость, в которой лежит сечение выработки, бесконечна. Причем напряжения на бесконечности считаются равными напряжениям в ненарушенном массиве на данной глубине выработки. Такая замена объемных сил равномерно распределенными усилиями, приложенными бесконечно далеко от рассматриваемого отверстия, вносит в результат некоторую погрешность. Однако исследования показали, что если

$$H \geq 20a, \qquad (1)$$

где a — радиус сечения выработки,
H — глубина выработки от дневной поверхности, то ошибка за счет пренебрежения собственным весом становится ничтожно малой.

Так как расчет напряжений на контуре воображаемого отверстия достаточно прост (напряжения численно равны напряжениям в массиве пород до проведения выработки), то наибольшие математические трудности связаны с определением напряженного состояния вокруг отверстия в невесомой бесконечной плоскости с различными схемами нагружения. Эта задача еще более усложняется, если отверстие имеет некруговую форму поперечного сечения выработки.

В настоящей работе предложена идея, которая позволит упростить определение напряженно-деформированного состояния вокруг поперечных сечений различных форм, а также определить напряжения в обделке тоннелей некругового очертания.

Суть данной идеи заключается в том, чтобы расчет подземных сооружений некругового поперечного очертания свести к подобной задаче для кругового очертания, проиллюстрировав на двух одномерных задачах теории упругости.

Первой является задача, представляющая собой пластинку с эллиптическим отверстием, когда ее короткая полуось параллельна направлению растяжения. Ее решение впервые дали С. Е. Инглис и Г. В. Колосов (1914 г.). В этом случае максимальные значения нормально-тангенциальных напряжений возникают в точках контура отверстия у большой полуоси эллипса:

$$\sigma_\theta = P\left(1 - 2\frac{a}{b}\cos 2\theta\right), \qquad (2)$$

где P – интенсивность напряжений, действующих в пластине на бесконечности,
a и b – соответственно, большая и малая полуоси эллипса,
θ – полярный угол.

Второй рассмотрим задачу Кирша, которая позволяет установить картину распределения напряжений вокруг круглого отверстия радиусом R в односторонне растянутой пластинке:

$$\sigma_\theta = \frac{P}{2}\left(1 + \frac{R^2}{r^2}\right) - \frac{P}{2}\left(1 + \frac{3R^4}{r^4}\right)\cos 2\theta. \qquad (3)$$

Здесь r — полярный радиус. Остальные обозначения те же, что в предыдущем случае.

Допустим, что в эллиптическом отверстии $a = 2b$, $b = R$, центр координатных осей находится в центре эллипса, а ось $0X$ направлена вдоль короткой полуоси. Тогда $\cos 2\theta = -1$ и соответственно $\sigma_{\theta\,max} = 5P$. В случае круглого отверстия $\sigma_{\theta\,max} = 3P$, к которому надо прибавить еще значение σ_θ при $r = 2R$, т. е. $\sigma_\theta = 1{,}25P$. Окончательно максимальное напряжение будет равно:

$$\sigma_{\theta\,max} = 3P + 1{,}25P = 4{,}25P. \qquad (4)$$

Расхождение в значениях между напряжениями, полученными по упрощенному способу и точным методом, составляет 15 %.

Рассмотрим момент, когда $a = 3b$, $b = R$. Тогда, по формуле (2) получим: $\sigma_{\theta\,max} = 7P$. В случае предложенного способа следует принять удвоенное значение максимального значения напряжения у кромки (т. е. при $r = R$), вычисленное по формуле (3). К полученному результату следует добавить значение, найденное по формуле (3) при $r = 3R$, т. е.

$$\sigma_{\theta\,max} = 2 \cdot 3P = 1{,}07 \cdot P = 7{,}07 \cdot P. \qquad (5)$$

В этом случае расхождение равно всего 1%.

И наконец, когда $a = 4R$, $b = R$. В этом случае будем иметь по точному методу: $\sigma_{\theta max} = 9{,}0P$, а по предложенному — $\sigma_{\theta max} = 10{,}0P$, т. е. расхождение составит 11 %.

Минимальное значение напряжения во всех случаях равно $\sigma_{\theta max} = -P$ в точках контура отверстия при $\theta = 0$ и π.

В результате можно составить следующую формулу для определения напряжений вокруг отверстий с очертанием выпуклого многоугольника со скругленными углами:

$$\sigma_{\theta\,max} = m\sigma_{\theta\ по\ (3)\ при\ r=R} + \sigma_{\theta\ по\ (3)б\ при\ r=a}, \qquad (6)$$

или

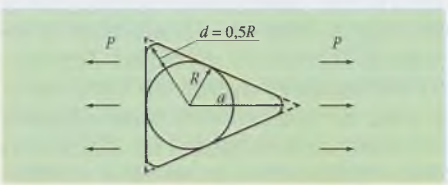
$$\sigma_{\theta\,max} = mP(1 - 2\cos 2\theta) + \frac{P}{2}\left(1 + \frac{R^2}{a^2}\right) - \frac{P}{2}\left(1 + \frac{3R^4}{a^4}\right)\cos 2\theta, \qquad (7)$$

где a — радиус окружности, описанной вокруг отверстия пластинки;
R — радиус вписанной окружности или как полуролет выработки;
$m = a/R - 1$ — коэффициент, который равен единице при $a/R < 2$ и $m = 1;\ 2;\ 3;\ldots$ при $2 \leq a/R < 3$; $3 \leq a/R < 4$ и т. д. соответственно.

Если $0{,}5 < R/a \leq 1$, что практически имеет место во всех видах поперечного сечения транспортных тоннелей, тогда выражение (7) с учетом $\sigma_{\theta max} = -P$, можно окончательно переписать в виде общей формулы для определения нормально-тангенциального напряжения по предложенному способу вокруг отверстия произвольного очертания:

$$\begin{aligned}\sigma_\theta &= \frac{P}{2}\left\{2 - 4\cos 2\theta + \left[\left(1 - \frac{R^4}{a^4}\right) - \left(1 - \frac{R^2}{a^2}\right)\left(1 + \frac{3R^4}{a^4}\right)\cos 2\theta\right]\sin^2\theta\right\} = \\ &= \frac{P}{4}\left[5 - \frac{R^4}{a^4} - \left(9 - \frac{R^4}{a^4}\right)\cos 2\theta - \left(1 - \frac{R^2}{a^2}\right)\left(1 + \frac{3R^4}{a^4}\right)\right](1 - \cos 2\theta)\cos 2\theta.\end{aligned} \qquad (8)$$

Справедливость полученной формулы проверим путем сопоставительного анализа задачи, представленной в виде односторонне растянутой пластинки с отверстием в виде равностороннего треугольника со скругленными углами (см. рис.).



В этом случае максимальное напряжение равно $\sigma_\theta = 3{,}56P$, а то же значение, полученное по предложенному способу, т. е. по (8), $\sigma_\theta = 3{,}62P$. Расхождение составляет 1,6 %, что вполне приемлемо для инженерных расчетов.

Приведенные в статье рассуждения и полученные формулы позволяют упрощенным способом решать некоторые задачи механики подземных сооружений, которые в настоящее время встречают наибольшие математические трудности, а иногда даже и аналитически непреодолимые.

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ОБДЕЛКИ ЭСКАЛАТОРНОГО ТОННЕЛЯ ИЗ МОНОЛИТНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА, ПРОЙДЕННОГО С ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ ЗАМОРАЖИВАНИЕМ СЛАБЫХ ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ГРУНТОВ

В. Н. Кавказский,
инженер,
Петербургский государственный
университет путей сообщения

В Санкт-Петербурге станции метрополитена глубокого заложения расположены в толще протерозойских глин и соединяются с поверхностью эскалаторными тоннелями, которые пересекают толщи водонасыщенных четвертичных отложений. Это обусловливает применение предварительного искусственного замораживания грунтов при их сооружении. Поэтому обделка эскалаторных тоннелей выполняется сборной из чугунных тюбингов. В процессе уплотнения грунтов при размораживании она, ввиду малой продольной жесткости, приводит к значительным деформациям по длине тоннеля. Такие деформации являются причиной нарушения его герметичности по кольцевым швам обделки, а также приводят к существенным отклонениям оси тоннеля от проектного положения. Последнее обстоятельство вынуждает увеличивать внутренний диаметр тоннеля, для того чтобы сохранить проектное положение разбивочной оси эскалаторов. Негативные последствия, вызванные процессом размораживания, можно свести к минимуму, если в качестве материала обделки применить монолитный железобетон, т. к. при этом существенно увеличивается продольная жесткость обделки. Кроме того, в условиях постоянно растущего дефицита и стоимости чугунного литья актуальность замены чугунных обделок эскалаторных тоннелей на обделки из более дешевого и доступного материала становится очевидной.

Достижения в области технологии изготовления бетонов высоких классов по прочности и водонепроницаемости, положительные результаты применения новых гидроизоляционных материалов, свидетельствуют о возможности принятия эффективных решений для обеспечения прочности и водонепроницаемости железобетонной тоннельной обделки. Однако специфика технологии сооружения эскалаторных тоннелей в водонасыщенных грунтах с предварительным их замораживанием не позволяет осуществить замену материала обделки без тщательного анализа ее напряженно-деформированного состояния. Особенности статической работы эскалаторных тоннелей с обделкой из монолитного железобетона и технология их сооружения в указанных условиях требует принятия в процессе проектирования таких решений, для которых недостаточно и практически невозможно использовать метод аналогий и повторных решений из практики строительства эскалаторных тоннелей с чугунной обделкой. В этом случае большое значение приобретают научные методы исследования, позволяющие обоснованно осуществить замену чугунной тюбинговой обделки эскалаторного тоннеля на монолитную железобетонную. Такими методами являются *математическое и физическое моделирование.*

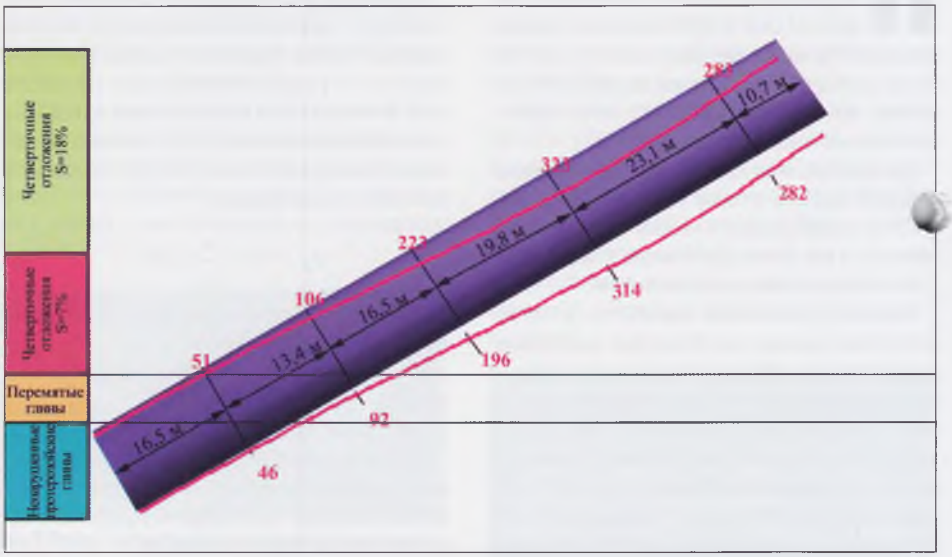


Рис. 1. Смещение щелыги свода и лотка обделки по длине эскалаторного тоннеля

Рис. 2. Деформации обделки на уровне горизонтального диаметра по длине эскалаторного тонне

Особенности статической работы обделки эскалаторных тоннелей с учетом технологии их сооружения невозможно отразить в полной мере при использовании традиционных методов расчета. Это вынуждает прибегать к различного рода допущениям, идеализирующим действительную физическую картину явления. Вопросы о правильности использования той или иной расчетной схемы в случае математического моделирования в условиях неравномерных осадок обделки эскалаторных тоннелей, вследствие уплотнения грунтов при размораживании, могут быть решены с помощью метода физического моделирования. Для изучения напряженно-деформированного состояния обделки эскалаторного тоннеля из монолитного железобетона и характера взаимодействия с окружающим в процессе размораживания грунта наиболее приемлем *метод физического мо-*

делирования с использованием эквивалентных материалов.

Моделирование методом эквивалентных материалов основано на замене естественных грунтов натуры и материалов конструкций искусственными материалами модели, показатели физико-механических свойств которых находятся в соотношении определяемых на основании теории подобия. При решении поставленной задачи необходимо было воспроизвести в модели процесс уплотнения грунтов при размораживании. Этот процесс имитировали следующим образом. При построении модели в «грунтовом массиве» по периметру наклонного хода в пределах зоны льдогрунтового ограждения размещали компенсационные стержни определенного сечения. Площадь сечения и количество этих стержней в каждом грунтовом слое модели назначались таким образом, чтобы при их извлечении объем грунта в пределах льдогрунтового ограждения уменьшался в соответствии с коэффициентом относительного уплотнения каждого грунтового слоя в натуре.

Интегральная геомеханическая модель грунтового массива представлена напластованиями грунтов четвертичных отложений со средневзвешенными значениями коэффициентов относительного уплотнения после размораживания 18% (мощность слоя 17 м) и 7,5% (мощность слоя 15,5 м). Ниже расположен переходной слой перемятых глин мощностью 5 м со значением коэффициента относительного уплотнения после размораживания 7%. Коренные грунты, в которых находится нижняя часть обделки эскалаторного тоннеля, представлены протерозойскими глинами. Необходимые физико-механические характеристики эквивалентного материала для изготовления модели грунтового массива и обделки тоннеля устанавливались с учетом масштаба моделирования (1:50). Модель монолитной железобетонной обделки эскалаторного тоннеля из материала, изготовленного на основе эпоксидной смолы в соответствии с принятым масштабом моделирования, имела длину 2 м, наружный диаметр 228 мм и толщину 14 мм. Модель обделки эскалаторного тоннеля была изготовлена из материала на основе эпоксидной смолы.

В результате экспериментальных исследований на моделях из эквивалентных материалов выявлены величины смещений шелыги свода и лотка по длине эскалаторного тоннеля (рис. 1). Изменение суммарных деформаций в поперечном сечении тоннеля по его длине на уровне горизонтального диаметра показано на рис. 2.

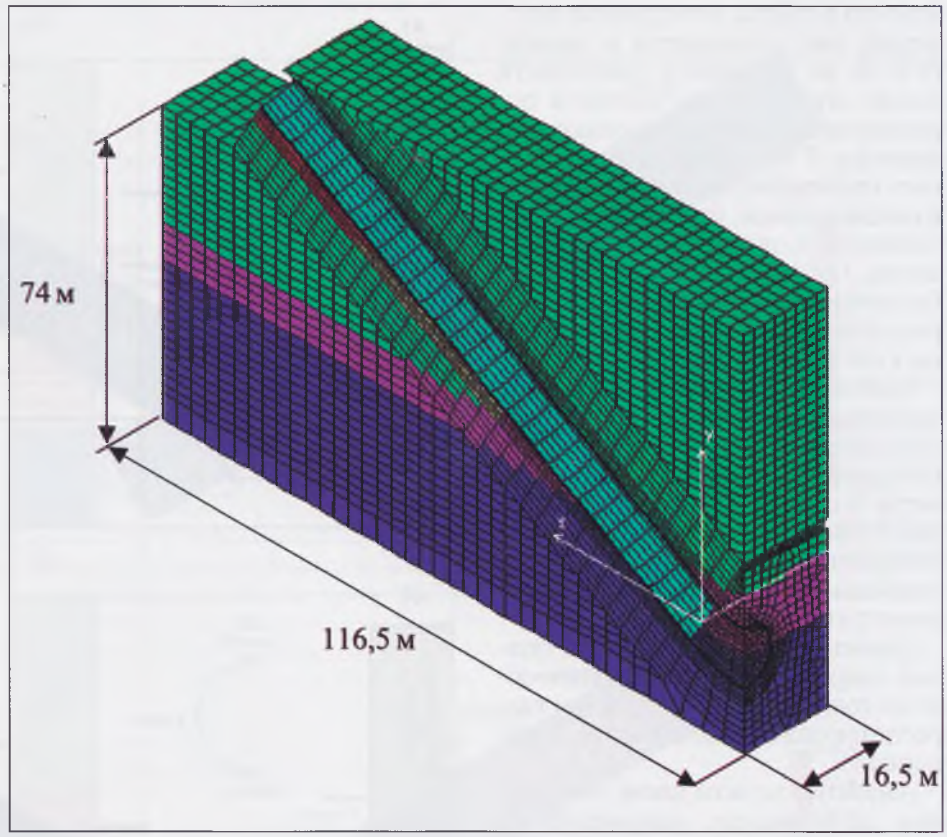


Рис. 3. Расчетная схема МКЭ

После того, как на моделях из эквивалентных материалов были установлены характер и величины смещений обделки эскалаторного тоннеля, вызванных уплотнением грунта после его оттаивания, исследовались напряжения в обделке с помощью математического моделирования. Моделирование осуществлялось в объемной постановке задачи, т. к. традиционные методы анализа статической работы обделок эскалаторных тоннелей, ограничиваясь рамками плоской задачи, не отражают реальное напряженно-деформированное состояние жесткой трубы, в условиях переменных по длине нагрузок и неравномерных осадок. Такой подход позволил получить характер распределения продольных напряжений по внутренней и внешней поверхностям обделки, а также выявить степень их влияния на характер напряженно-деформированного состояния кольцевых сечений. *Математическое моделирование* проводилось *методом численного анализа с использованием МКЭ.*

В математической модели значения величин, определяющих характер деформирования монолитной железобетонной обделки эскалаторного тоннеля, были заданы такими же, как и зафиксированные при проведении эксперимента на физической модели.

Грунтовый массив моделировался объемными конечными элементами. Такими же элементами моделировалась и обделка тоннеля, что позволило повысить точность определения напряжений в ее сечениях. Поскольку задача симметрична относительно плоскости «XY», рассматривалась половина конструкции обделки и окружающего ее грунтового массива.

Расчетная схема задачи представлена на рис. 3.

Конструкция обделки наклонного хода длиной 100 м разбита на 30 полуколец длиной по 3 м. По толщине каждый ее сегмент разбит на 8, а по окружности – на 16 рядов объемных элементов. Общее количество элементов обделки составляет 4352. Такая сетка разбивки позволила получить более точную картину распределения деформаций и напряжений, как по толщине обделки, так и на контакте ее с грунтом.

Так как тоннель расположен в обводненных грунтах четвертичных отложений, в расчетной схеме по наружной поверхности участка тоннельной обделки задавалось гидростатическое давление как распределенная нагрузка.

По результатам расчета НДС пространственной конструкции монолитной железобетонной обделки, расположенной в оттаивающих грунтах, получены картины распределения главных напряжений по наружной и внутренней поверхностям обделки.

Как видно из рисунка рис. 4, наибольшие значения главных растягивающих напряжений зафиксированы на участке обделки, расположенной в протерозойских глинах в кольцах № 1–3 по внутренней и в кольцах № 1–6 по внешней поверхностям вблизи горизонтального диаметра обделки. На участке тоннеля, располо-

женного в грунтах четвертичных отложений, они наблюдаются в кольцах № 8–14, на внутренней поверхности в своде, и в № 9–15 на наружной поверхности на уровне горизонтального диаметра. В указанных участках главные напряжения σ_1 ориентированы в тангенциальном направлении, и величина их уменьшается по мере уменьшения глубины заложения тоннеля. Растягивающие напряжения, ориентированные вдоль тоннеля, зафиксированы в его лотке в кольцах № 15–24.

Наибольшие сжимающие напряжения зафиксированы в толще протерозойских глин в кольцах № 1–5 на наружной поверхности в верхней части диаметра. В кольцах № 1–14, расположенных в зоне перехода обделки тоннеля в четвертичные отложения, напряжения отмечены на уровне горизонтального диаметра обделки.

Сравнение результатов расчета главных напряжений, возникающих в обделке тоннеля в грунтах с учетом гидростатического давления и без учета, показало:

- снижение по всей длине конструкции растягивающих напряжений на 12% и сжимающих напряжений на 3%;
- повышение на 5% значений главных напряжений, как сжимающих, так и растягивающих, на участке, расположенном в протерозойских глинах.

Для выявления степени влияния продольных деформаций тоннеля на напряженно-деформированное состояние в поперечных сечениях обделки проведено сопоставление результатов расчета, полученных на основе рассмотренной выше объемной геомеханической модели, с результатами, полученными при расчете на плоских геомеханических моделях. Были рассмотрены четыре плоские модели, соответствующие кольцам № 5, 9, 14, 20, выделенных из обделки тоннеля в объемной геомеханической модели.

К верхней грани грунтового массива прикладывалась вертикальная нагрузка интенсивностью $P = \gamma H \cos 60°$, что соответствовало проекции вертикальной нагрузки на нормаль к поверхности обделки (H – глубина заложения расчетного сечения обделки).

По результатам расчета получена картина распределения тангенциальных (кольцевых) напряжений (σ_θ) в объемной (рис. 5) и плоской постановке задач (рис. 6).

Результаты расчета величин тангенциальных напряжений σ_θ, полученных на плоских и объемных моделях, представлены в табл. Из неё видно, что результаты, полученные на плоских моделях, где статическая работа обделки определялась только под действием вышележащего веса грунта и физико-механических характеристик окружающих грунтов, существенно отлича-

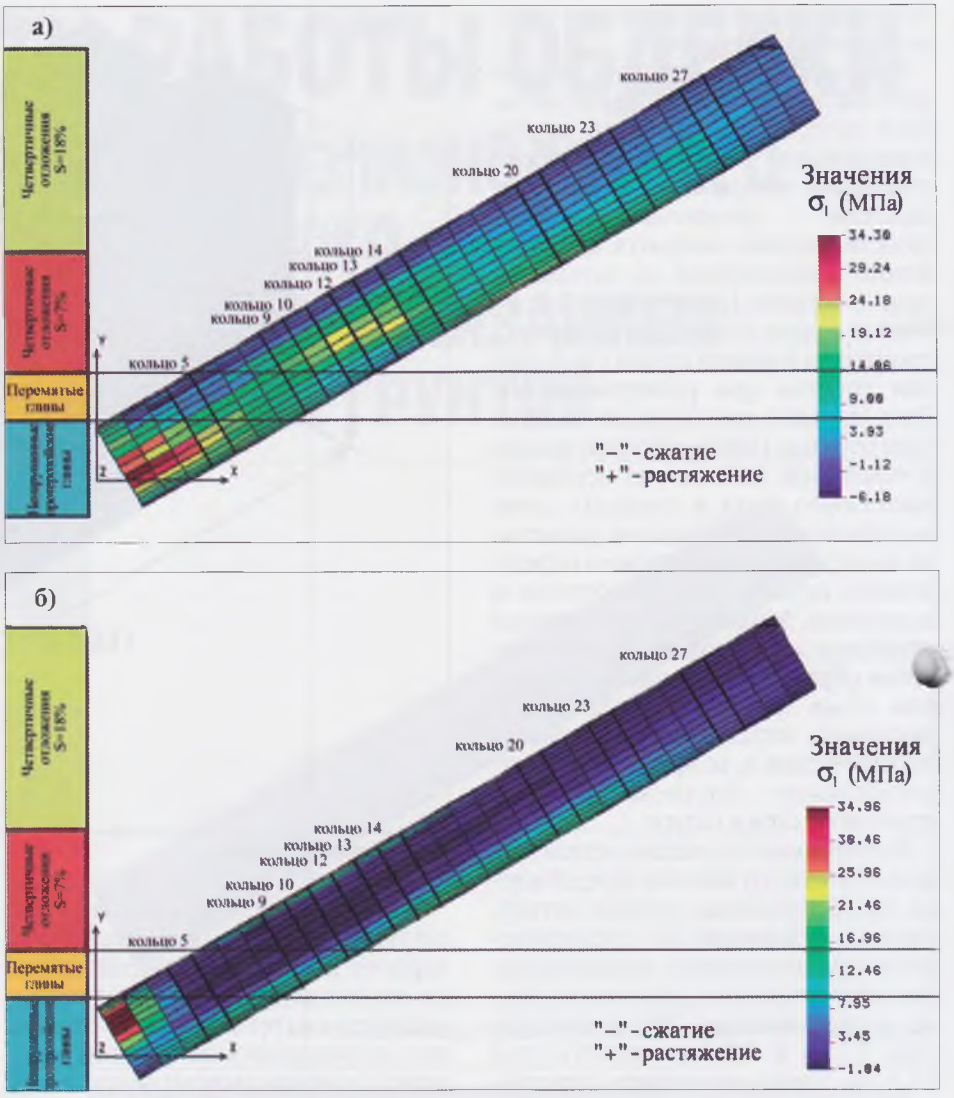


Рис. 4. Изменение напряжений σ_1 по внешней (а) и внутренней (б) поверхности эскалаторного тоннеля

Таблица

Тангенциальные напряжения в поперечном сечении обделки тоннеля на внешнем и внутреннем контуре

№ сечения	Расчетная схема			
	плоская		объемная	
	$\sigma_{\theta\ внеш}$ (МПа)	$\sigma_{\theta\ внутр}$ (МПа)	$\sigma_{\theta\ внеш}$ (МПа)	$\sigma_{\theta\ внутр}$ (МПа)
кольцо № 5				
1	-1,0	0,2	-19,3	-1,4
2	11,0	-25,6	1,1	-26,6
3	-1,0	0,2	-19,3	17,5
кольцо № 9				
1	1,1	0,3	-26,2	23
2	11,5	-25,7	14,9	-24,4
3	-1,0	0,2	-26,4	18,1
кольцо № 14				
1	-0,8	0,2	-19,9	16,0
2	11,0	-21,3	5,8	-20,4
3	-0,9	0,2	-25,2	24,9
кольцо № 20				
1	-0,4	0,1	-4,4	1,7
2	5,9	-11,9	2,4	-1,0
3	-0,5	0,1	-3,4	1,8

ются от нагрузки, полученной при расчете пространственной конструкции.

Наибольшие растягивающие и сжимающие напряжения в плоской расчетной схеме зафиксированы вблизи горизонтального диаметра обделки кольца № 9, расположенного в протерозойских перемятых глинах на границе с четвертичными отложениями. В то же время, в объемной модели на этом же участке тоннеля наибольшие сжимающие напряжения зафиксированы на внешней поверхности в сводовой части обделки и в лотке, а также на внутренней поверхности на уровне горизонтального диаметра тоннеля. Кроме того, значительные растягивающие напряжения прослеживаются на внутренней поверхности лотка. Из представленных данных видно, что растягивающие напряжения при решении объемной задачи превосходят напряжения, зафиксированные при решении плоской задачи, более чем в 18, а сжимающие – в 25 раз. Это объясняется тем, что кольцо № 9 расположено в зоне наибольших деформаций, вызванных пространственной работой конструкции. Аналогичный характер распределения напряжений отмечается в кольце № 5, которое расположено на границе плотных и перемятых протерозойских глин. Здесь расхождения составляют: растягивающие – более чем в 17 раз, сжимающие – в 19.

Кольцо № 20 расположено на границе слоев четвертичных отложений с разными коэффициентами уплотнения вследствие применения искусственного замораживания. В плоской расчетной схеме кольца наибольшие растягивающие напряжения зафиксированы в сечении 2. В объемной, напротив, в сечениях 1 и 3, что с преобладанием продольных деформаций по всей длине конструкции.

Таким образом, в ходе проведенных исследований на физических и математических моделях установлено, что неравномерные деформации обделки из монолитного железобетона в продольном направлении существенно изменяют напряженно-деформированное состояние обделки в ее поперечных сечениях.

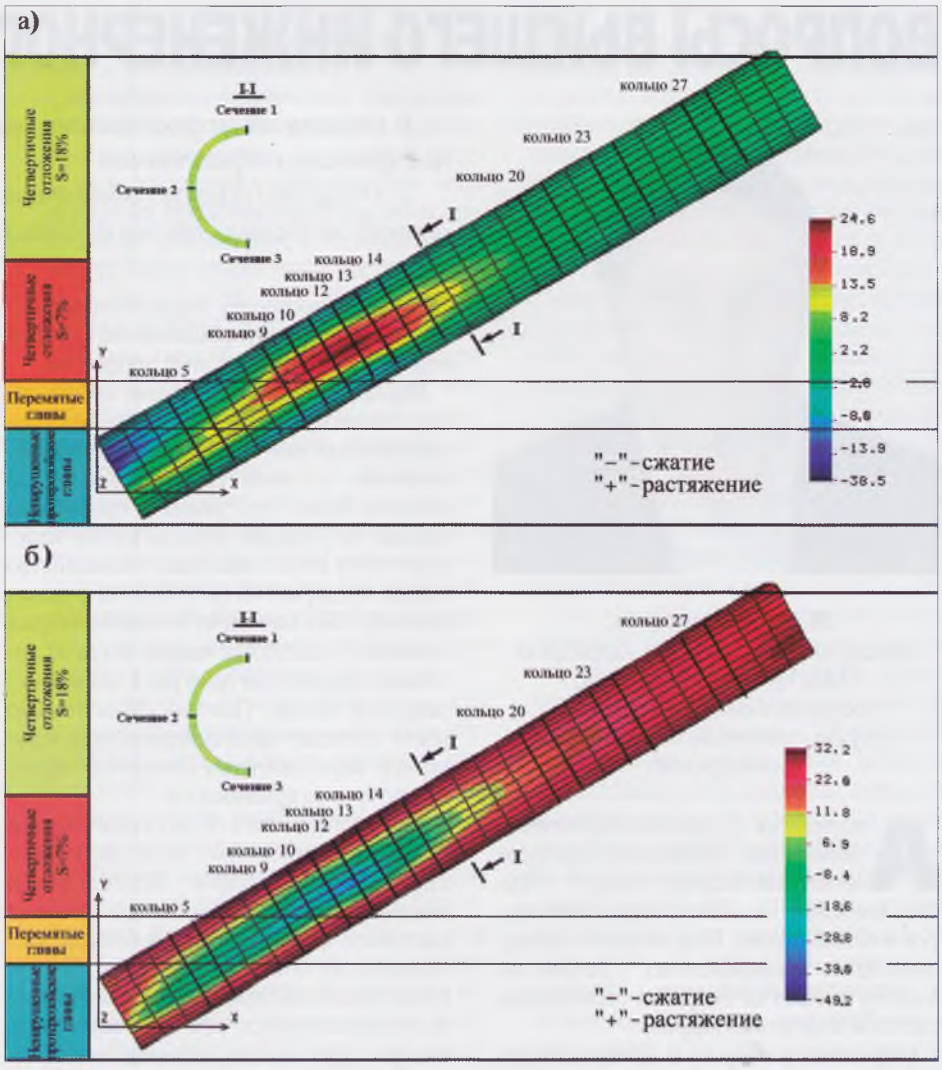


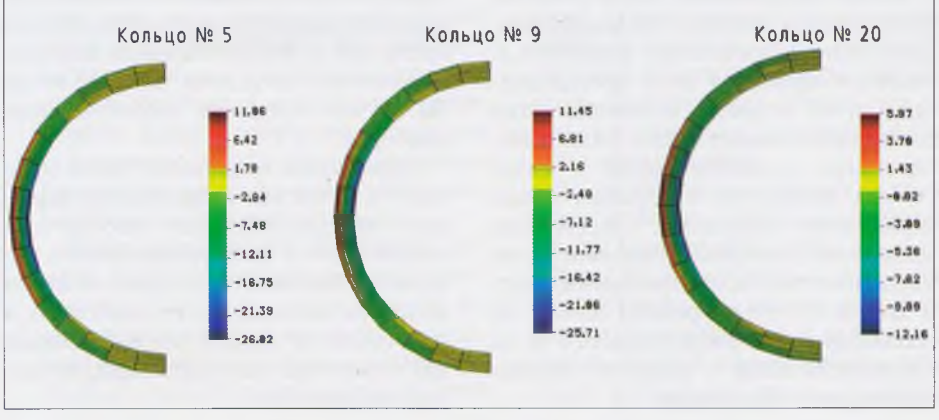
Рис. 5. Изменение тангенциальных напряжений по внешней (а) и внутренней (б) поверхности обделки эскалаторного тоннеля (МПа)

Отсюда следует, что методы, используемые в расчете обделок эскалаторных тоннелей, основанные на построении плоских расчетных схем, не соответствуют действительным условиям работы конструкции из монолитного железобетона, расположенной в грунтах с различными деформационными характеристиками и работающей в условиях неравномерных осадок. В этом случае достоверная информация о напряженно-деформированном состоянии конструкции может быть получена только по результатам расчета, выполненного в объемной постановке задачи.

Таким способом произведен расчет арматуры обделки. Зоны наиболее интенсивного армирования соответствуют кольцам № 5—14 (зона выхода обделки из перемятых глин в четвертичные отложения), где выявлены максимальные напряжения в обделке. Наибольший процент продольного армирования на этих участках составляет 1,76%, поперечного — 1,23%. На остальных участках наклонного хода процент армирования будет значительно меньше. Начиная с 20..22 кольца и до верхнего оголовка наклонного хода требуется лишь конструктивное продольное и поперечное армирование (0,5%).

Таким образом, проведенный комплекс исследований позволил обосновать возможность и целесообразность сооружения обделки эскалаторного тоннеля в инженерно-геологических условиях Санкт-Петербурга из монолитного железобетона.

Рис. 6. Изменение тангенциальных напряжений по толщине обделки эскалаторного тоннеля. Плоская модель (МПа)



ВОПРОСЫ ВЫСШЕГО ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

И. Г. Овчинников,
профессор, д. т. н., зав. кафедрой «Мосты и транспортные сооружения», Саратовский государственный технический университет

В современном российском обществе идет постепенное изменение функции образования.

Вообще оно должно обеспечить профессиональную и территориальную мобильность населения. Происходит ли это сейчас?

Анализируя трудности современной экономики, пробуксовку предпринимаемых реформ, следует обратить внимание на систему подготовки кадров в нашей стране. Ведь скорость реформирования в современных условиях во многом зависит от скорости перестройки системы подготовки кадров.

Обратимся к вопросу о качестве системы профессиональной подготовки кадров. Очевидно, что оно в значительной мере определяется умением владеть знаниями и возможностью их быстрого обновления. То, что сейчас наметился возврат к ценностям, даваемым высшим образованием, можно объяснить двумя причинами. Во-первых, с высшим образованием легче найти престижную и высокооплачиваемую работу, а во-вторых, разумно организованная система образования обеспечивает как бы демпфирование на рынке труда.

Качество системы профессиональной подготовки приобретает все большую актуальность еще и потому, что она связана с накоплением, преобразованием и передачей информации, а эти виды деятельности становятся экономически более целесообразными.

Вероятно, и продолжительность профессионального образования и периодичность переподготовки должна определяться с учетом этих факторов, а значит, перед преподавателями вузов встают весьма важные и нетривиальные вопросы: чему обучать студентов, как долго и через какое время повторять обучение. Ответить на них непросто, для каждой специальности нужно изучать скорость старения (или обновления) технической информации, изменение потребности в тех или иных знаниях. Значит, для определенных групп профессий нужно проводить маркетинговые исследования, ориентированные на систему подготовки кадров для этой профессии.

Многие вузы имеют желание проводить периодическое повышение квалификации выпущенных ими специалистов, и потому начинают готовить своих студентов по «укороченным» программам, ориентированным на будущую периодическую переподготовку. Но, к сожалению, большинство наших предприятий (а точнее их руководителей) пока еще живут в системе старых понятий о подготовке кадров, когда их готовили практически один раз и «на всю оставшуюся жизнь». Поэтому относительно новая система, предусматривающая регулярную переподготовку специалистов, пока еще трудно приживается.

Мы полагаем, что в области инженерной подготовки существуют свои «фундаментальные» дисциплины Преподаванию именно таких дисциплин и надо уделять в настоящее время усиленное внимание, увеличивать их объем и количество. В этом случае мы обеспечиваем возможность каждому обучающемуся, при необходимости, быстро через систему переподготовки перейти от одного вида деятельности к другому в рамках одного круга профессий (например, строительных, энергетических, машиностроительных и т. д.) и обеспечить занятость на рынке труда.

Следовательно, качество образования может (и должно) оцениваться востребованностью выпускников данной специальности на рынке труда, величиной и динамикой роста их заработной платы, достаточной устойчивостью спроса на предоставляемые ими услуги, скоростью получения работы и возможностью быстрого продвижения по службе.

Качественно-эмоциональная оценка состояния высшего дорожно-мостового образования в России

Высшее образование в России финансируется государством по остаточному принципу, поэтому финансовое положение, и особенно заработная плата преподавателей в вузах, готовящих инженеров путей сообщения, оставляет желать лучшего. Материальное оснащение кафедр устарело, учебная литература не отражает новые нормативные документы, современные технологии и материалы. Кадровый состав в вузах имеет во многом солидный возраст, и активность его направлена больше на выживание в нынешних условиях, а не на совершенствование и развитие высшего инженерного образования.

На дорожных и мостовых кафедрах вузов существует разрыв поколений. Работают две группы преподавателей, два поколения: старые, опытные (50—65 лет) и молодые, пока еще неопытные (25—35 лет). Преподаватели первой группы плохо знают новые информационные технологии, не умеют пользоваться интернетом, плохо владеют иностранными языками, а, значит, не знают современных мировых технологий. Молодые преподаватели знают в определенной мере и информационные технологии, и умеют пользоваться интернетом, но при этом они практически не имеют представления о реальной работе предприятий, об особенностях применяемых на производстве и в проектных организациях технологий.

Целесообразно было бы отправить их на стажировку на предприятия, но это опасно тем, что, если они окажутся хорошими специалистами, то их переманят, предложив более выгодные условия, если окажутся плохими, то мало что почерпнут. Да и учиться на предприятиях сейчас не так просто. Сложившуюся ситуацию можно охарактеризовать так: у преподавателя вузовской кафедры задача как можно больше узнать, систематизировать и довести до сведения обучающихся, а у сотрудников предприятий — задача узнать, изучить и использовать в работе новую информацию, по возможности не делясь ею с конкурентами.

При нынешней зарплате работать на кафедры в вузы идут не всегда те, кто нужен, а чаще те, кто согласны работать за эти деньги, не заботясь о результатах. Если раньше я, как заведующий кафедрой или декан, мог пригласить работать на кафедру заместителя управляющего трестом, ведущего проектировщика, и они почитали это за честь, то сейчас это нереально.

На наших кафедрах приборы и оборудование старое, но достаточно сложное, на нем надо уметь работать, заработная плата учебного вспомогательного персонала (лаборантов) менее тысячи рублей в месяц. Как за эти деньги найти квалифицированных лаборантов, которые могли бы научить студентов работе на этих приборах?

Руководители предприятий часто обращаются ко мне, как к заведующему кафедрой, с просьбой подобрать наиболее подготовленного и квалифицированного выпускника. Как я могу это сделать, если они ничего не заплатили за его подготовку и изначально не создали условий кафедре для подготовки высококвалифицированных специалистов?

О необходимости количественной оценки состояния высшего дорожно-мостового образования в России

Для получения надежной количественной информации о состоянии выпускающих кафедр дорожно-мостового профиля в вузах, нужной больше не Министерству образования России, а нашим потребителям — Министерству транспорта и его подразделениям, которые на основании ее анализа могут решить один из важнейших вопросов — кадровый, предлагается:

- провести анализ и составить общую картину состояния высшего дорожно-мостового образования в России (в каких вузах, каких специалистов готовят и сколько, как и куда их распределяют работать, состояние кадрового потенциала, учебной и материально-технической базы на выпускающих кафедрах);
- проанализировать наличие и эффективность работы инженерных и научных школ на кафедрах за последние 3—5—10 лет (количество аспирантов, количество защит диссертаций, количество опубликованных статей и изданных монографий и пр.);
- проанализировать возрастной состав кафедр и эффективность их работы (количество студентов на одного преподавателя, количество дипломников на одного преподавателя);
- исследовать кадровый состав (профессора, доктора, доценты, кандидаты, их возраст и активность каждого, получаемую ими заработную плату);
- проанализировать материально-техническую базу кафедр (лаборатории, их оснащенность современным оборудованием, степень его использования и т. д.).

Собрав необходимую информацию и проделав такой количественный анализ, можно более корректно оценить уровень оснащенности, кадровый состав и его потенциал для решения стоящих перед дорожно-мостовой отраслью проблем.

Некоторые мероприятия по улучшению состояния высшего дорожно-мостового образования в России

Может быть, как это принято в теории решения изобретательских задач, надо разработать структуру ИДЕАЛЬНОЙ выпускающей кафедры, включая три стандартные компонента: кадры, учебно-методическое и материально-техническое обеспечение.

Кадры на кафедре. Сколько оптимально надо иметь преподавателей, чтобы эффективно организовать процесс обучения, организации учебных и производственных практик, курсового и дипломного проектирования. Каково соотношение: профессор — доцент — ассистент. Сколько надо иметь заведующих лабораториями, лаборантов, инженеров в современных условиях.

Учебно-методическое обеспечение. Наличие учебников, учебных пособий и методических разработок, срок их давности, тематика, учет новых нормативных документов в них, новых технологий, наличие электронных вариантов учебно-методической литературы, использование компьютерных технологий при выполнении курсового и дипломного проектирования.

Материально-техническое обеспечение учебного процесса. Для обучения проектированию инженерных сооружений необходимо оснащение компьютерными методологиями проектирования (системы кредо-диалог, программные комплексы по расчету сложных инженерных сооружений — ЛИРА, SKAD, ANSYS, SAP 2000, LUSAS, ETAP, СЕРИАЛ, КОСМОС и др.).

Нужны современные геодезические приборы, макеты, модели, показывающие конструктивное исполнение сложных сооружений, структуру отдельных элементов, характер армирования и т. д. Необходимы учебные и научные видеофильмы по различным технологиям, освещающие и процесс строительства в целом и особенности отдельных технологических операций, специальные компьютерные игровые программы, позволяющие освоить отдельные особенности технологических процессов.

Но главное — нужны специалисты, владеющие этими приборами, системами, устройствами, чтобы научить студентов ими пользоваться.

Преподаватели инженерных вузов и кафедр по нашей специальности уже многие десятилетия лишены возможности обмена опытом своей работы. Между тем в Европе, Америке, Японии существует целый мир технической педагогики, накоплен обширный методический опыт, отражаемый в нескольких десятках периодических изданий. Однако этот мир практически закрыт для отечественного преподавателя.

Имеет смысл провести структурную перестройку системы высшего инженерного образования с передачей всех прав по организации учебного процесса непосредственно выпускающим кафедрам, руководимым профессорами, желающими заниматься методологическими вопросами. Поднятие роли профессора не только в стенах вуза, но и в обществе в целом — необходимое условие возрождения высшей инженерной школы.

Инженерное образование должно быть непрерывным, т. е. продолжаться в течение всей профессиональной деятельности. Именно профессорско-преподавательский состав в первую очередь должен руководствоваться этим принципом. Во многих странах ведутся поиски новой системы, стимулирующей повышение квалификации преподавателей, развитие их эрудиции, расширение сферы компетентности. Преподаватель должен сам обладать теми качествами, которые хочет привить своим студентам.

Но для этого надо разработать систему стимулирования труда преподавателей. Что здесь можно предложить?

Вероятно, целесообразно создать систему стипендий для поддержки активно работающих преподавателей. И назначать ее с учетом степеней, званий и, главное, приносимой пользы. Для оценки этой пользы можно разработать рейтинговую систему, позволяющую по объективных данным (количеству обучающихся и защитившихся аспирантов, количеству статей, монографий, учебных пособий, участию в работе диссертационных советов, приглашению для чтения лекций и т. д.) оценить вклад преподавателя в учебный процесс. Размер стипендии на 1—3 года может зависеть от этого рейтинга и должен быть весьма ощутимым.

Аналогично можно установить соответствующие стипендии аспирантам, оговорив, что стипендиаты должны после окончания аспирантуры проработать определенное время в соответствующих вузах или дорожно-мостовых организациях. Студенты также могут получать свои «поощрительные» стипендии с условием, что после окончания вуза они будут обучаться в аспирантуре или работать в определенной организации.

Без хорошо организованной технологической (производственной) практики невозможно научить студента нормальному пониманию технологических процессов проектирования, строительства, работы в коллективе. Если ранее (лет 25—30 назад) эти практики имели продолжительность от 2-х до 6-ти месяцев, то сейчас, в соответствии с Государственным образовательным стандартом на все, подчеркиваю, все практики (учебные, технологические, преддипломные) отводится всего 20 дней, самая длинная — до 1 месяца. Студентам не разрешают оставаться на практике в счет учебного времени, даже если они находятся на уникальном объекте и задержка на 1—2 недели позволит им принять участие в важной технологической операции.

Как можно за такое короткое время что-либо понять?

Одним из путей решения проблемы является такой. При получении лицензии или подряда требовать от предприятий (вплоть до вписывания этого условия в контракт) обязательной организации технологической практики для определенного количества студентов, а также организации стажировки для преподавателей с оплатой проезда и заработной платы для студентов. Пусть это будет как бы учебная нагрузка предприятий, если они сами не понимают необходимости подготовки кадровой смены.

Сейчас количество абитуриентов для каждой специальности устанавливает сам вуз, а точнее — его ректор. При этом практически игнорируются реальные потребности регионов в специалистах, нет маркетинговой проработки, и потому государство финансирует инженерное образование исходя не из национальных интересов, а из стихийно складывающегося контингента студентов инженерных специальностей. С учетом вышесказанного, следует разработать методику определения потребности отрасли, региона в соответствующих специалистах и давать заказ вузу на их набор и подготовку.

В. В. Неретин

Коллектив ОАО «Горнопроходческих работ № 1» с глубоким прискорбием сообщает, что 11 мая 2004 г. после тяжелой и продолжительной болезни на 65-м году жизни скончался генеральный директор ОАО «ГПР–1», Заслуженный строитель Российской Федерации **Валерий Васильевич Неретин.**

В. В. Неретин окончил Московский горный институт по специальности горный инженер-строитель. Свою трудовую деятельность начал в институте ЦНИИподземмаш рядовым инженером. В 1967 г. пришел работать в СУ–19 треста «Горнопроходческих работ № 1», где прошел путь от горного мастера до управляющего трестом. В 1992 г был избран генеральным директором ОАО «ГПР–1» и бессменно возглавлял его на протяжении всех последних лет.

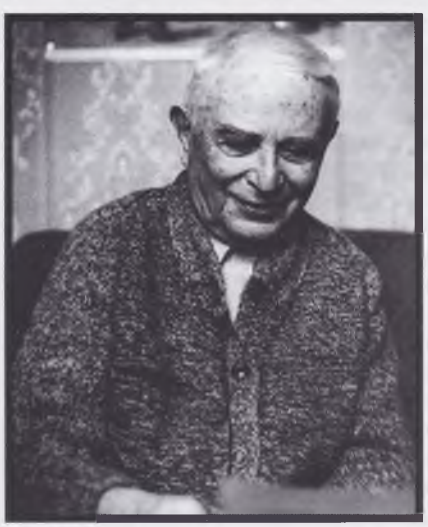
На всех участках работ зарекомендовал себя высококвалифицированным специалистом, отличным организатором производства, принципиальным и инициативным руководителем. Валерия Васильевича всегда отличало чувство ответственности за порученное дело.

Много сил и энергии отдал Валерий Васильевич обучению молодого поколения горных инженеров, внедрению новой горнопроходческой техники, развитию технологической и производственной базы ОАО «ГПР–1», внедрению новых прогрессивных технологий. В последнее время под его руководством коллектив ОАО «ГПР–1» первым освоил и отработал технологию строительства подземных сооружений методом «стена в грунте» по схеме «сверху-вниз», прокладку инженерных коммуникаций с помощью бурошнековых установок и многое другое.

Труд В. В. Неретина высоко оценен государством. Ему было присвоено почетное звание «Заслуженный строитель РФ», он награжден орденами «Знак Почета», «Дружбы народов», многими медалями.

Светлая память о Валерии Васильевиче Неретине навсегда сохранится в наших сердцах.

В. С. Пикуль



На 92-м году жизни скончался один из первых проектировщиков Московского метрополитена **Вадим Саввич Пикуль**.

Он пришел в проектную группу при техническом отделе Московского метростроя в 1937 г. после окончания МИИТа. В. С. Пикуль – автор многих проектных разработок трасс, конструкций и механизмов. В 1940 г. В. С. Пикуль защитил кандидатскую диссертацию при МИИТе и остался в институте на преподавательской работе.

В годы Великой Отечественной войны служил на Ленинградском фронте, познал все тяготы Ленинградской блокады. После окончания войны участвовал в восстановлении разрушенных искусственных сооружений. В 1946 г. Вадим Саввич вернулся в МИИТ на факультет «Мосты и тоннели», где подготовил сотни специалистов-тоннельщиков. В 1953 г. В. С. Пикуль перешел в отделение тоннелей и метрополитенов ЦНИИСа, где проработал почти 30 лет. Он занимался вопросами механизации тоннельных работ, имеет авторские свидетельства в области тоннелестроения, внедренные в практику.

В. С. Пикуль награжден многими правительственными орденами и медалями. Он был постоянным автором нашего журнала.

Тоннельная ассоциация России и редакция журнала «Метро и тоннели» выражают глубокое соболезнование его родным и близким.

WIRTH

NFM TECHNOLOGIES

WIRTH GROUP

ТПМК для всех типов грунтов

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

Крупнейший в мире тоннелепроходческий комплекс с бентонитовым пригрузом диаметром 14,87 м и массой 3200 т успешно завершил проходку тоннеля длиной 7,5 км под голландским массивом Грене Харт за 20 месяцев. Наилучшая скорость проходки – 500 м в месяц.

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

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

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

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

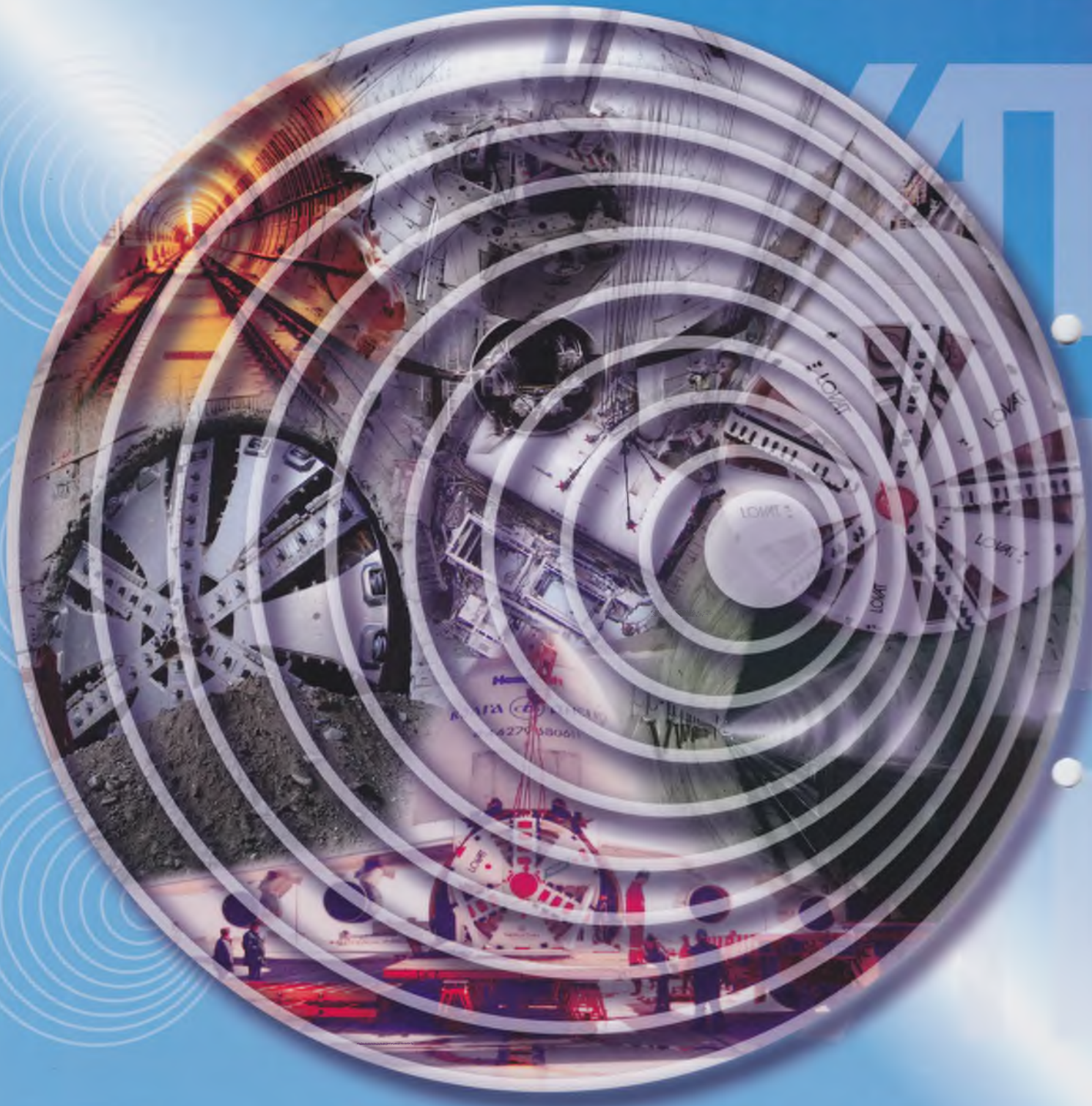
Успешное завершение проекта Вал Виола, Италия. Длина тоннеля 18 км. Применялся телескопический ТПМК диаметром 3,6 м. Среднемесячная скорость проходки – 1000 м.

Wirth Maschinen – und Bohgerate-Fabrik GmbH

Представительство в России:

тел.: (095) 929-6574, 724-7481, тел/факс: (095) 929-6548, e-mail: ecodrill@zmail.ru

Тоннелепроходческие комплексы



LOVAT Inc.

Ловат Инк. представлен в России

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

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

факс: (095) 253-9771

ИНТЕРТОРГ