

ВОЗМОЖНОСТЬ

прорыва

**МОЩЬ, СКОРОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ
ТОННЕЛЕПРОХОДСКИХ 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.

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



LOVAT Inc.



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. Пуголов, 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

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

№ 6 2003

Новости

2

В Тоннельной ассоциации России

4

Городские автодорожные тоннели

Строительство автодорожного тоннеля в г. Уфе

6

В. П. Абрамчук, А. Ю. Педчик, Н. В. Баранов, В. Ф. Бочаров

На строительстве мини-метро

ТПМК «Ловат» на сооружении тоннелей мини-метро

10

Т. Н. Шургая

Горные тоннели

Новые способы временной крепи при проходке тоннелей

12

В. В. Данилов

Коммунальные тоннели

Новые технологии при строительстве коммунальных тоннелей в Москве

16

О. С. Егоров, Р. А. Валиев

Строительство канализационного тоннеля в С-Петербурге

17

Ю. М. Попов

Технологии

Инъекционное закрепление грунтов в тоннелях, строящихся с помощью ТПМК

18

М. Рыжевский

Метрополитены

Вагоны метрополитена с тяговым приводом повышенной надежности

22

В. А. Петров, А. Г. Николаев, В. А. Мнацаканов

Оптимизация подбора отрезков тяговых цепей при ремонте эскалаторов

25

Е. В. Новиков

Транспорт мегаполисов

Роль метрополитена в решении транспортной проблемы г. Боготы (Колумбия)

26

А. К. Торрес Прада, Д. М. Голицынский

Пожаробезопасность

Тоннели и их пассивная огнезащита

29

Ю. В. Кривцов, О. Б. Ламкин

Из истории строительства

Зона «Размыв». Что привело к затоплению (продолжение)

32

Н. И. Кулагин, А. И. Салан, К. П. Безродный, Ю. Я. Крюковский

Объявления

36

СОДЕРЖАНИЕ



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ:

Разработка штроссы
центральной штроссы
строящегося автодорож-
ного тоннеля в г. Уфе
(читайте на стр. 6)

В МОСКВЕ ОТКРЫТА ПЕРВАЯ ВЕТКА ЛЕГКОГО МЕТРО

В Москве 27 декабря 2003 г. торжественно открылась первая ветка легкого метро, построенная в районе Южное Бутово. Общая протяженность трассы составляет 10,8 км, из них 8,2 – проходят по эстакаде. Всего на линии планируется восемь остановок, пять из которых уже открыты.

Мэр Москвы Ю. М. Лужков и другие руководители столичного правительства стали первыми пассажирами торжественно открытой ветки легкого метро в Бутове. Градоначальники прокатились от станции «Старокачаловская» до «Бунинской аллеи». Теперь время пути до подземки для южнобутовцев сократится с получаса до десяти минут. Несмотря на то, что название нового вида скоростного пассажирского

транспорта содержит слово «метро», на обычную подземку он похож разве что техническими характеристиками. Внешне же легкое метро больше напоминает монорельсовую дорогу. Эстакада, по которой ходят поезда, расположена над землей на высоте 10 м вдоль жилых домов, но местные жители могут не бояться шума. От него их будут защищать специальные шумопоглощающие панели, установленные на всей протяженности трассы.

Как рассказал начальник столичного метрополитена Д. В. Гаев, который также присутствовал на открытии новой ветки, «легким» метро называется потому, что объем перевозок, который может производить надземный транспорт, ниже, чем в



классической подземке: порядка 30 тыс. человек в час. По затратам на строительство Бутовская ветка тоже оправдала определение «легкое». 11-километровая линия обошлась властям втрое дешевле, чем точно такая же

подземная. Единственное, что оказалось дороже, – вагоны (из-за большого количества электроники и импортных комплектующих). Поезда состоят из трех вагонов, в каждом из которых по два салона.



С ВВОДОМ В СТРОЙ СЕВЕРОМУЙСКОГО ТОННЕЛЯ НА БАМе ОТМЕЧЕН ЗНАЧИТЕЛЬНЫЙ РОСТ ГРУЗОВОГО ПОТОКА

За месяц эксплуатации Северомуйского тоннеля поток грузов на БАМе возрос на 14%. Сейчас около 30 тыс. железнодорожников на сотне станций и разъездов дальневосточного участка БАМа обеспечивают значительный рост грузопотока дороги – леса, угля, нефтепродуктов, обеспечивают их доставку в тихоокеанские порты России. Дальневосточная дорога начала активную подготовку к празднованию в августе 2004 г. 30-летия начала строительства Байкало-Амурской железнодорожной магистрали и 20-

летия «Золотой стыковки» БАМа. Намечается проведение международной научно-практической конференции о роли БАМа в развитии России XXI в. Планируется отправка из Хабаровска специального поезда с почетными пассажирами – ветеранами магистрали – по станциям и поселкам, торжества в столице БАМа – Тынде. Самый крупный в России Северомуйский железнодорожный тоннель протяженностью 15 км 343 м был открыт на БАМе 4 декабря 2003 года.



СТАНЦИЯ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА «ПЛОЩАДЬ РЕВОЛЮЦИИ» БУДЕТ ПОЛНОСТЬЮ ОТКРЫТА В КОНЦЕ 1-го ПОЛУГОДИЯ 2004 г.

Об этом сообщил 18 декабря 2003 г. на пресс-конференции начальник Московского метрополитена Д. В. Гаев. По его словам, около половины капитальных работ на станции завершены, предстоит лишь закончить машинный зал.

Также Д. В. Гаев сообщил, что в 2004 г. в столичном метро будут проведены реставрационные работы на одной из двух станций – «Новокузнецкой» либо «Маяковской». Скорее всего, отметил он, сначала работы начнутся на ст. «Новокузнецкая», а затем будет проведена реконструкция ст. «Маяковская», после того, как в конце 2004 г. там будет открыт второй выход. Кроме того, в планах метрополитена – реконструкция вестибюлей на первой и второй линиях метро.



Начальник столичного метрополитена отметил, что для обеспечения безопасности пассажиров на метро в 2004 г. будет расширено применение систем аудио- и телесвязи с антикризисным центром при Московском метрополитене, а также усилен контроль за безопасностью технических сооружений.



В МОСКВЕ НАЧАЛОСЬ ПРОЕКТИРОВАНИЕ 4-го ТРАНСПОРТНОГО КОЛЬЦА

Новую грандиозную стройку собираются начать в Москве в 2005 г., как только будет окончательно построено 3-е транспортное кольцо.

Мэрия Москвы выделила деньги на строительство первого участка 4-го транспортного кольца – от Волгоградского проспекта (пересечение с Люблинской ул.) до Открытого шоссе. Трасса 60-километровой магистрали начнется развязкой у метро и железнодорожной станции «Текстильщики»,

пройдет по прямой к Малому кольцу Московской железной дороги, где к ней примкнет «дорога-связка» с 3-м кольцом. Затем новая магистраль начнет повторять контуры железнодорожного кольца.

По словам представителя НИИПИ Генплана Москвы, юго-западная часть кольца как таковая уже существует – Минская ул., Ломоносовский и Нахимовский проспекты, но кольцо планируется без светофоров, а многоуровневая развязка есть только на пересече-

нии Нахимовского проспекта с Варшавским и Каширским шоссе. Недостающие будут строиться в последнюю очередь, как сейчас происходит на 3-м кольце с Шереметьевским тоннелем и расширением тоннеля под Ленинградским проспектом. В северной части, как и в восточной, кольцо будет полностью совпадать с Малым кольцом МЖД. Только после пересечения с Волоколамским шоссе «четверка» уйдет (скорее всего, по ул. Берзарина) на ул. Народного

Ополчения. В этом же районе к кольцу «пристыкуется» вторая «связка» с 3-м кольцом (она пройдет от Москва-Сити по кольцу МЖД). На пересечении с проспектом Маршала Жукова (он станет частью Краснопресненского проспекта) будет построена развязка. Затем дорога пройдет по кромке «острова» Нижние Мневники, нырнет в глубокий тоннель под Москву-реку и Филевский парк, где соединится с Минской улицей.



ПО ТОННЕЛЮ НА УЧАСТКЕ «ЛЕСНАЯ» - «ПОЩАДЬ МУЖЕСТВА» С-ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА ПРОЙДЕТ УКРЕПЛЯЮЩАЯ ПОДОШВА

На всем протяжении восстанавливаемого тоннеля (длиной 1 км 700 м) линии метро на участке «Лесная» - «Площадь Мужества» будет проложена укрепляющая подошва, для возведения которой до мая 2004 г. проведут работы по закладке 21 тыс. м³ бетона, а также нескольких сотен тонн арматуры. После демонтажа ТПМК осадок, протечек и нарушений отделки в тоннеле не обнаружено.

Высоко оценив работы по восстановлению линии метрополитена, первый заместитель председателя Госстроя РФ А. Петраков признал, что без силовой железобетонной подошвы, позволяющей всему тоннелю менять форму под давлением тектонических пород, грунта его эксплуатация была бы проблематичной. По заверению А. Петракова работы по укладке арматуры и бетона в ниж-

ний сегмент тоннельного пространства обязательно будут завершены до мая 2004 г. Так же он подчеркнул, что общая стоимость восстановительных работ проекта «Размыв» составляет 1 млрд 100 млн руб., но не освоенными остаются 700 млн руб., часть из которых и будет направлена на финансирование бетонирования нижнего сегмента.



Новосибирское метро реконструируют за счет коммерсантов

В 2004 г. в Новосибирске начнется реконструкция пяти входов в метро. Это позволит получить дополнительно 4800 м² торговых площадей. Мэрия города планирует получить от предпринимателей за предоставление им права реконструкции примерно 35-40 млн руб., которые будут направлены на строительство метро. После ввода зданий в эксплуатацию 15% площади инвесторы должны будут безвозмездно передать мэрии.



ЮГСК ЗАВЕРШИЛА РЕКОНСТРУКЦИЮ ДВУХ ПЕТЛЕВЫХ ТОННЕЛЕЙ НА КАВКАЗЕ

В конце 2003 г. под Туапсе завершена реконструкция двух из трех Петлевых железнодорожных тоннелей.

Для преодоления Кавказского хребта и выхода к Черному морю в начале прошлого столетия русские инженеры предложили проложить трассу сквозь него в виде стальной спирали, в трех местах пронизывающей гору тоннелями разной протяженности: 169, 356 и 1027 м. С тех пор за ними и закрепились имена собственные: Малый, Средний и Большой Петлевые тоннели. И хотя в середине прошлого столетия они уже однажды подвергались ремонту, спустя еще почти полвека стало ясно, что дальнейшая эксплуатация этих сооружений небезопасна. Угроза аварий нависла над тоннелями: они постоянно обводнялись, каменная кладка почти вековой давности давно истощала срок службы, не говоря уже о том, что эти объекты, неспособные пропускать современные большегрузные и крупногабаритные поезда, устарели и морально. Все это никак не отвечало тому значению, которое ныне приобрело южнороссийское направление транспортной системы страны. Поэтому принятое несколько лет назад МПС РФ ре-

шение о капитальном ремонте тоннелей стало вполне логичным, естественным и экономически оправданным.

Спустя два года с начала ремонтных работ, 26 декабря 2003 г., два из трех Петлевых тоннелей - Малый и Средний - в торжественной обстановке были сданы в эксплуатацию специалистами и проходчиками базирующегося в Сочи подрядного АО «Южная горно-строительная компания», учредителем и генподрядчиком которого является ОАО «Вамтоннельстрой».

В ходе реконструкции были демонтированы верхнее строение пути и кабельные линии, осуществлена перепроходка тоннелей, их уширение; произведено устройство временной арочно-бетонной крепи, выполнена самая передовая на сегодня пленочная гидроизоляция. Затем - армирование и сооружение чистой монолитной железобетонной обделки.

Перепроходка тоннелей велась буровзрывным способом с применением гидравлических самоходных буровых установок фирмы «Тамрок» (Финляндия) и «Фурукава» (Япония) с раскрытием от 4 до 6 забоев с двух порталов каждого тоннеля. Отгрузка разработанной породы про-

изводилась порододоставочными машинами «ТОРО-301ДМ» (Финляндия), что обеспечивало ее быструю уборку в забоях, сквозной проезд и доставку материалов в любую точку выработки, несмотря на узкое по ширине сечение тоннеля.

Временная крепь (арки из балки №30, 36 с черновым бетоном) позволила обеспечить надежное крепление горных выработок по частям и безопасный пропуск подвижного состава в период летнего движения по окончании двух «окон». Применение оклеечной изоляции «Карбофол» (Австрия) в сочетании с отечественным «Геотекстилем» полностью исключило воздействие воды на конструкцию тоннельной обделки и помогло организованно отвести воду в лотки.

Возведение постоянной монолитной железобетонной обделки осуществлялось с помощью 12-метровых механизированных опалубок «Сага-Когио» (Япония) с двух порталов каждого тоннеля одновременно. Качество уложенного бетона с применением добавок исключило наличие усадочных трещин. Бетон укладывали механизированным способом - насосами СБ-207 с доставкой автобетоно-

возами с двух бетонных заводов Н-500, расположенных на базовых площадках.

В ходе капитального ремонта Среднего и Малого Петлевых железнодорожных тоннелей разработано 34 тыс. м³ горной массы; уложено 19 тыс. м³ монолитного бетона; изготовлено и установлено 2 тыс. т арок, каркасов и других изделий из металла.

Реконструкция Большого Петлевого тоннеля начата в 2003 г. и ведется с минимальным представлением «окон», когда прекращается движение. Основной объем сооружения тоннеля (890 м) производится из двух штолен, расположенных на Южном и Северном порталах по новой оси в 30 м от существующего тоннеля.

Участок перепроходки (расширение габаритов) существующего тоннеля со стороны Северного портала (130 м) сооружается в «окно» с применением буровой установки порталного типа «Тамрок» (Финляндия) с устройством защитного экрана из труб с использованием бурового станка «Тонэ-Боринг» (Япония).

Порода разрабатывается современными горнопроходческими комбайнами АТМ-75 фирмы «Вест Альпине Бергтехник» (Австрия).



ОБСУЖДЕНИЕ ЗАКОНА «О ТЕХНИЧЕСКОМ РЕГУЛИРОВАНИИ»

С 1 июля 2003 г. вступил в силу Федеральный закон «О техническом регулировании». Он принят Государственной Думой и одобрен Советом Федерации в декабре 2002 г.

Обсуждение этого закона прошло 29 октября с. г. на семинаре, организованном Тоннельной ассоциацией России совместно с Корпорацией «Трансстрой». В нем приняли участие руководители Госстроя России, Госгортехнадзора России, специалисты строительных, проектных и научных организаций.

Этот закон регулирует отношения, возникающие при разработке, принятии, применении и исполнении, как обязательных требований к продукции, процессам ее производства, эксплуатации, хранения, перевозки и реализации, а также на добровольном применении этих требований. Он определяет права и обязанности участников этого процесса, регулируемых принятым Федеральным законом.

С сообщениями об основных положениях Федерального закона «О техническом регулировании» на семинаре выступили начальник Управления технического нормирования, стандартизации и сертификации в строительстве Госстроя России В. В. Тищенко, начальник Управления по надзору в горнорудной промышленности Госгортехнадзора РФ А. И. Перепелицин и начальник отдела этого Управления А. Н. Минкин.

В своем выступлении В. В. Тищенко отметил, что закон «О техническом регулировании» сориентирован, прежде всего, на оказание поддержки предпринимательству. Поэтому пришлось упорядочить работу многих ведомств, работающих в строительном нормировании, прекратить хозрасчетную деятельность надзорных органов, сократить непомерный объем различных видов сертификации и прочих платных процедур, чтобы не только снизить нагрузку на предпринимателей, но и позаботиться о реальной защите прав потребителей. В этом направлении Госстроем разработан новый

СНиП 10-01-2003 взамен действующего СНиП 10-01-94, который решает целый ряд организационно-правовых вопросов.

В связи с этим изменяются функции Федеральных органов исполнительной власти, в том числе Госстроя России. Теперь Госстрой в сфере технического регулирования имеет право издавать только акты, которые будут применяться на добровольной основе. Функции утверждения стандартов по строительству, которые также будут носить добровольный, т. е. рекомендательный характер, переходят к национальному органу по стандартизации.

Следует отметить, что требования существующих строительных норм и правил, строительных и государственных стандартов по обеспечению безопасности в соответствии с целями закона сохраняют свою обязательность согласно п. 1 ст. 46 закона «О техническом регулировании». Они действительны до того момента, когда будут приняты соответствующие новые технические регламенты, принятые Президентом, которые заменят существующие в действующих нормах требования. Это должно произойти в течение семи лет. По истечении этого срока, если не будут разработаны технические регламенты, обязательные нормы превратятся в добровольные.

Госстандартом России подготовлен проект программы разработки технических регламентов на 2003–2010 год. В составе проекта 219 регламентов, в том числе около 20 – по строительству. Возможно, будет больше. Сложность состоит в том, как уложить в эти регламенты обязательные требования по безопасности из многих тысяч действующих технических нормативных документов. Методические принципы решения проблемы специалистам известны, и мы уже начали их применять на своем уровне, издав в прошлом СНиП 10-01-94, а теперь уже СНиП 10-01-2003.

В то же время может оказаться, что в наших условиях при наличии 220 или более техни-

ческих регламентов предпринимателям будет трудно решать с инспекторами по надзору возникающие разногласия по конкретным инженерным проблемам, а, как известно, их в производстве не мало. Принятые после 1992 г. законы дают право надзорным органам принимать обязательные технические нормы без необходимых согласований. Конечно, мы и наши коллеги из других ведомств стараемся действовать согласованно, и все же накладки бывают. Необходимо будет отработать систему контроля всех согласований.

По этому вопросу Госстрой России внес соответствующие предложения, и он находится в стадии решения. Упорядочить работу надзорных органов необходимо, и сейчас в этом направлении ведется большая работа.

На поступающие запросы в области сертификации и аккредитации следует сказать – сертификаты, ранее выданные органами, аккредитованными в том числе Госстроем России, действительны. Не нужно думать, что они каким-то образом утратят силу. В соответствии с законом действуют и аттестаты аккредитации. Порядок аккредитации, безусловно, изменится. Будет создаваться единая система. Но до принятия соответствующих Постановлений Правительства РФ и изменений в нескольких десятках действующих законов. В проекте СНиП 10-01-2003 сделана попытка найти ответы в пределах возможностей Госстроя России. При этом нужно понимать, что новый СНиП создается на основе и с учетом требований закона «О техническом регулировании» с тем, чтобы реализовать его положение в строительстве.

В СНиПе будут приводиться также требования к эксплуатационным характеристикам зданий и сооружений, основанные

на требованиях потребителей. Своды правил, как и раньше, будут описывать только способы, с помощью которых можно решать те или иные задачи.

Госстрой считает необходимым сохранить порядок разработки территориальных строительных норм. Это делается на основе требований Конституции РФ, Градостроительного кодекса и ряда других законов. Для их создания можно будет пользоваться Федеральными нормами рекомендательного характера. Такая практика существует во многих странах: делаются типовые модельные коды, на основе которых власти земель, например, в Германии, или власти того или иного штата в США принимают обязательные нормы. Госстроем зарегистрировано около 150-ти территориальных строительных норм, и в этом деле накоплен, несомненно, положительный опыт.

Порядок разработки строительных норм и правил практически не меняется. Проблемы с реализацией закона, конечно, будут. Но и совершенствовать дело технического регулирования тоже нужно, – сказал в заключение В. В. Тищенко.

Специалисты Госгортехнадзора по надзору в горнорудной промышленности и спецработ сообщали, что еще до выхода закона «О техническом регулировании» был проведен анализ всех нормативных документов на предмет их соответствия требованиям этому закону. Было принято решение, что наряду с разработкой технических регламентов, утверждаемых на государственном уровне, ввести систему «Технологических регламентов» на отдельные виды и технологии подземных работ в горнорудной промышленности.

В соответствии с этим решением разработаны Методические рекомендации «О порядке разработки, согласования и утверждения регламентов технологических производственных процессов при ведении горных работ подземным способом».

Целью этого документа является систематизация необходимых условий и приемов для бе-

зопасного выполнения работ для каждого производственного процесса в организациях (предприятиях), разрабатываемых в качестве регламентов технологических процессов.

В регламенты включаются меры, выполнение которых направлено на обеспечение безопасной работы шахт на всех стадиях производственных процессов при полном соответствии их содержания уровню принятых проектных решений для объектов горных работ, прогрессивным методам и схемам организации работ, разрабатываемых для обеспечения безопасного и высокопроизводительного их выполнения, с учетом отечественного и зарубежного опыта.

В них отражаются мероприятия по обеспечению:

- систем контроля за производственными процессами, прогнозирования возникновения и развития аварий, инцидентов, случаев травматизма;
- прогнозирования и предупреждения внезапных выбросов газа, горной массы, прорывов вод, горных ударов и других геодинамических проявлений;
- пожарной безопасности;
- установленного пылегазового режима;
- безопасных условий работ в подземных горных выработках, комплексе надшахтных зданий и сооружений, на подрабатываемых территориях в нормальном режиме и в аварийных ситуациях;
- локализации и ликвидации аварий и их последствий.

В соответствии с этим в проектах шахт и рудников на ведение горных работ следует предусмотреть регламенты на все основные и вспомогательные производственные процессы. При их отсутствии они разрабатываются эксплуатирующей организацией.

Подчеркивалось, что это первый шаг в практической реализации закона «О техническом регулировании» в подземном строительстве. В настоящее время рассматривается вопрос о возможном применении этой системы для тоннельного строительства.

В заключение руководители Управлений Госстроя РФ и Госгортехнадзора ответили на целый ряд вопросов участников семинара.

В феврале 2004 г. Тоннельная ассоциация России вступит в 15-й год своей деятельности. В соответствии с Уставом высшим органом ТА является конференция, в компетенцию которой входят: определение основных направлений деятельности ассоциации, внесение изменений и дополнений в Устав, заслушивание отчета о работе правления, избрание его нового состава и председателя. Конференция созывается один раз в 4 года. Действующее в настоящее время правление было избрано в марте 2000 г.

Вопрос о проведении 3-й отчетной конференции рассматривался на расширенном заседании Президиума правления Тоннельной ассоциации России, прошедшем 9 октября 2003 г.

Участники заседания согласились с предложением Исполнительной дирекции провести отчетно-выборную конференцию Тоннельной ассоциации 11 марта 2004 г. Была утверждена повестка дня конференции.

На заседании Президиума правления обсуждалось участие в проведении Международной выставки «Подземный город – 2004». Она будет проходить с 10 по 13 марта в Москве в Центральном выставочном зале «Манеж».

Организаторы выставки: выставочная компания «Глобал Экспо» и Тоннельная ассоциация России при поддержке правительства Москвы. Для ее проведения готовится Распоряжение правительства Москвы о создании Оргкомитета под председательством первого заместителя мэра Москвы в правительстве Москвы В.И. Ресина с участием Комплекса архитектуры, строительства и реконструкции Москвы и Департамента градостроительной политики.

Цель выставки – показать достижения в освоении подземного пространства крупных городов в России и за рубежом, познакомить с оборудованием и технологиями работ в подземном строительстве и привлечь внимание инвесторов к вопросам финансирования этих работ.

Одновременно в выставочном комплексе «Сокольники» будет проходить Международ-



ный промышленный форум «GEOFRM+», где предусматривается специализированный раздел – выставка технологий и оборудования для строительства тоннелей.

После обсуждения участниками заседания Президиума правления принято решение: рекомендовать членам Тоннельной ассоциации России участвовать в обеих выставках.

Присутствующие на заседании одобрили предложение генерального директора ЗАО «Геологоразведка» С. В. Изюмова об организации секции «Геологические и геофизические методы исследований при строительстве тоннелей и подземных коммуникаций».

Секция является Общественным отделением Тоннельной ассоциации и осуществляет свою работу под руководством Президиума правления ТА России. Членами Секции являются, как правило, члены ТА России.

Секция:

- содействует расширению и применению геофизических методов при геологических изысканиях и производстве подземных работ;
- осуществляет экспертную оценку материалов по геологическим исследованиям при проведении различных экспертиз, проводимых ТА России;
- привлекает через Тоннельную ассоциацию организации и фирмы, где необходимо провести геофизические исследования на договорных началах;

- систематически публикует в журнале «Метро и тоннели» материалы о проводимых геологических исследованиях с применением геофизических методов;

- в своей работе руководствуется Положениями, вытекающими из Устава ТА России;
- для руководства работы Секция на своем заседании избирает руководителя, заместителя и ученого секретаря.

Тоннельная ассоциация России:

- координирует работу Секции и организаций, которые разрабатывают и применяют геофизические методы;
 - распространяет положительный опыт работы по применению геофизических методов при инженерно-геологических изысканиях;
 - поддерживает и распространяет работы и рекламу Секции через журнал «Метро и тоннели» и сайт ТА в Интернете;
 - заключает договора с предприятиями, где надо выполнить геофизические методы и привлекает предприятия, которые ведут эти работы.
- На период организационной работы по созданию Секции ее руководителем утвердили С. В. Изюмова – генерального директора ОАО «Геологоразведка», к. т. н.
- В заключение новым членам Тоннельной ассоциации России были вручены дипломы и знаки.



СТРОИТЕЛЬСТВО АВТОДОРОЖНОГО ТОННЕЛЯ В г. УФЕ

В. П. Абрамчук,
А. Ю. Педчик, Н. В. Баранов,
ФГУП УС-30
В. Ф. Бочаров,
исполнительная дирекция ТАР

ФГУП УС-30 продолжает строительство городского автодорожного тоннеля в г. Уфе, который явится частью трассы Запад-Восток, проходящей через город. Двухочковый тоннель (рис. 1) протяженностью 1 км на глубине 20–30 м сооружается в сложных инженерно-геологических условиях. По трассе встречается зона переувлажненных пластичных глин, гипсы, переслаивание слабоустойчивых мергелей, глин и известняков, в районе восточного портала пересекается оползневой грунтовый массив.

Для ускорения ввода автомобильной трассы в эксплуатацию городом принято решение пускать тоннель по частям. В 2006 г. намечается закончить строительство первой очереди – северного «очка» тоннеля с организацией в нем двухстороннего движения автотранспорта вплоть до завершения строительства южного.

Проходка северной и центральной опорных штолен организована со стороны западного портала и от проход-

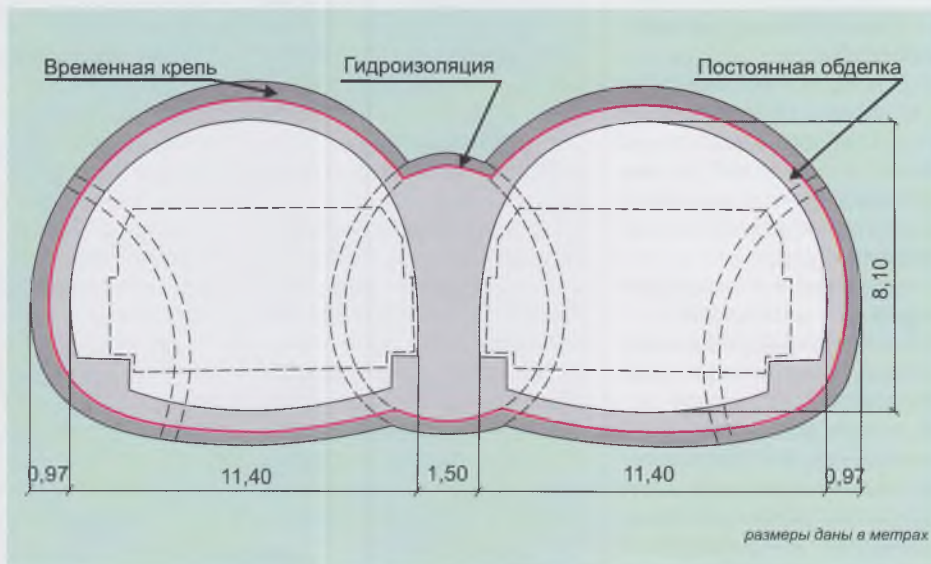


Рис. 1. Поперечное сечение тоннеля

ческого ствола в направлениях к западному и восточному порталам.

В настоящее время близка к завершению проходка северной и центральной опорных штолен.

Строительство ведется с применением новой для российских тоннельщиков технологии – новоавстрийского тоннельного метода (НАТМ). Технология строительства и конструктивные чертежи временной и постоянной обделок разработаны австрийской фирмой «Бетон унд Монирбау» (БУМ), специальное

измерительное геодезическое оборудование и инструмент поставлены также этой фирмой.

При сооружении тоннеля используется как российское, так и импортное оборудование, поставленное немецкой фирмой «Хайман Унтертаге Техник» (ХУТ).

Разработка грунта в забое ведется штупным методом с применением комбайнов ГПКС и тоннельных экскаваторов фирмы «Либхер», транспорт породы производится погрузочно-доставочной

машиной ПД-8. Временная обделка набрызг-бетонной толщиной 25–30 см, армирована двумя слоями арматурной сетки. Набрызг-бетонирование – сухое, посредством аппарата «Алива 263» с использованием ускорителя схватывания типа «сигунит», установка анкеров агрегатом «Максиматик».

Последовательность раскрытия сечения тоннеля показана на рис. 2.

Наибольшие сложности встретились при проходке опорных штолен на участке пластичных глин. Технология работ была разработана проектной организацией УС-30. Возведенная усиленная временная набрызг-бетонная крепь получила значительные деформации. Принято решение о создании вокруг контура сооружаемого тоннеля зоны закрепленного грунта посредством струйных технологий с последующей проходкой калотты под его защитой. Работы по закреплению грунта выполняются силами ОАО ССП «Регион», г. Пермь.

Таким образом, строительство тоннеля подошло к наиболее сложной и ответственной фазе – раскрытию выработки на полный профиль и возведению постоянной обделки тоннеля.

На всем протяжении строительства тоннеля австрийские и немецкие коллеги неоднократно, в порядке авторского надзора за ходом строительства, посещали объект и высказывали полезные рекомендации по производству работ. В свою очередь российские специалисты несколько раз выезжали для ознакомления со строительством тоннелей, осуществляемых силами фирмы «Бетон унд Монирбау» в Австрии. Мы благодарны нашим зарубежным партнерам за исчерпывающие консультации по ново-австрийскому методу, включая ознакомление с имеющимися у фирмы «ноу-хау».

В этот ответственный период строительства тоннеля в Уфе прошла очередная встреча с нашими партнерами. Несмотря на сверхплотную загрузку (фирма «БУМ» ведет работы по строительству подземных сооружений в Германии, Англии, США и у себя дома в Австрии), с 1 по 3 декабря 2003 г. строительство посетили ведущие специалисты Кристиан Нойман и Райнер Антреттер, а также руководитель фирмы «ХУТ» Манфред Хайман (см. фото в конце статьи).

В обсуждении вопросов приняли участие ведущие специалисты ФГУП УС-30 во главе с начальником В. П. Абрамчуком и главным инженером А. Ю. Педчиком,

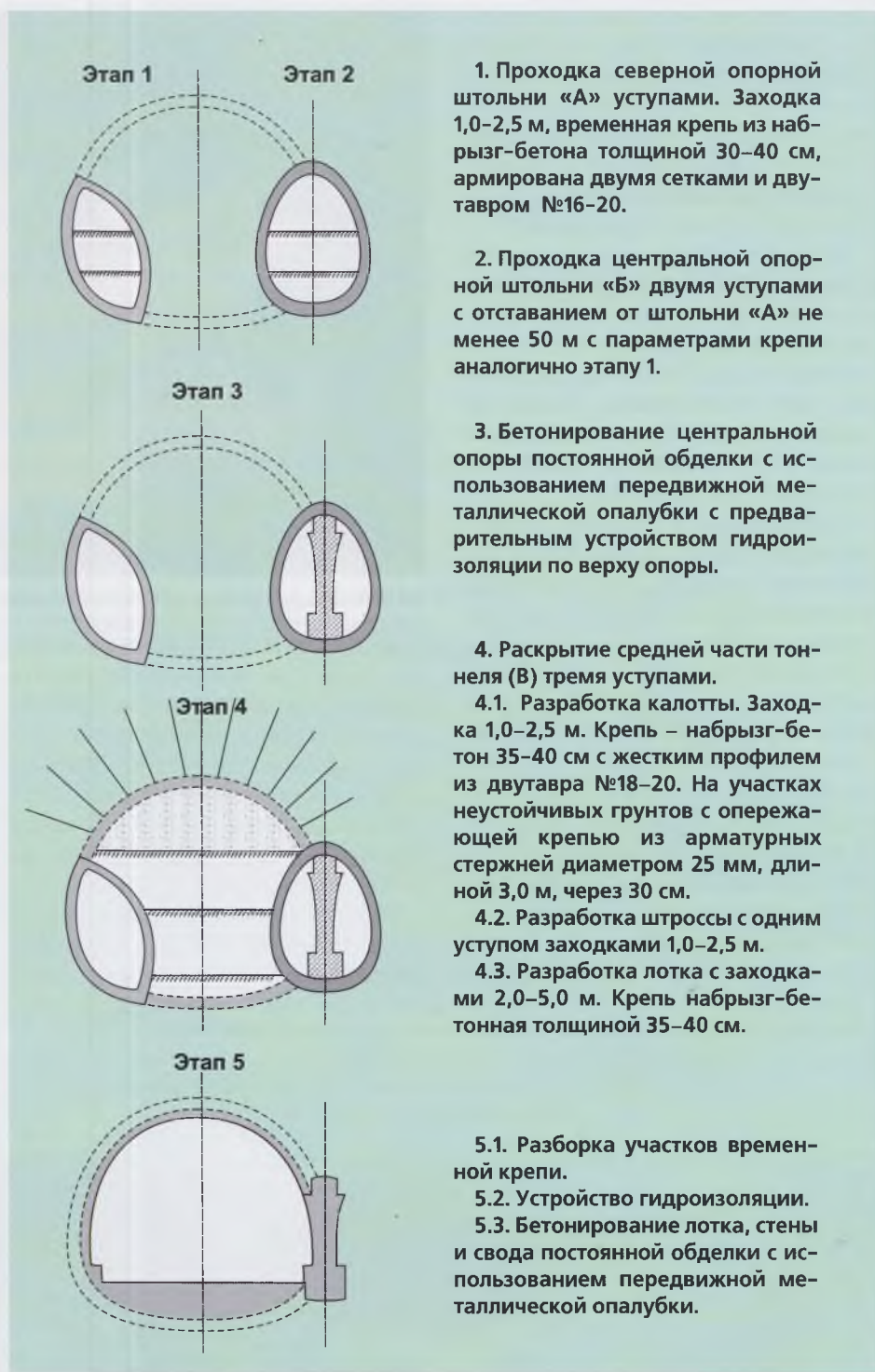


Рис. 2. Последовательность раскрытия сечения тоннеля

ученый секретарь Тоннельной ассоциации В. Ф. Бочаров.

Наши коллеги внимательно осмотрели все участки строительства, при этом особое внимание было уделено качеству выполняемых работ, уровню исполнительского мастерства рабочих, организации контроля качества. Со стороны К. Ноймана имели место конкретные замечания по производству работ, но, в целом, работа российских специалистов была оценена положительно. Австрийские специалисты передали материалы о собственном опыте подобных работ, включая и «ноу-хау».

1. Проходка северной опорной штольни «А» уступами. Заходка 1,0–2,5 м, временная крепь из набрызг-бетона толщиной 30–40 см, армирована двумя сетками и двутавром №16–20.

2. Проходка центральной опорной штольни «Б» двумя уступами с отставанием от штольни «А» не менее 50 м с параметрами крепи аналогично этапу 1.

3. Бетонирование центральной опоры постоянной обделки с использованием передвижной металлической опалубки с предварительным устройством гидроизоляции по верху опоры.

4. Раскрытие средней части тоннеля (В) тремя уступами.

4.1. Разработка калотты. Заходка 1,0–2,5 м. Крепь – набрызг-бетон 35–40 см с жестким профилем из двутавра №18–20. На участках неустойчивых грунтов с опережающей крепью из арматурных стержней диаметром 25 мм, длиной 3,0 м, через 30 см.

4.2. Разработка штроссы с одним уступом заходками 1,0–2,5 м.

4.3. Разработка лотка с заходками 2,0–5,0 м. Крепь набрызг-бетонная толщиной 35–40 см.

5.1. Разборка участков временной крепи.

5.2. Устройство гидроизоляции.

5.3. Бетонирование лотка, стены и свода постоянной обделки с использованием передвижной металлической опалубки.

Фирма «БУМ» обладает большим опытом конструирования механизированных металлических опалубок для возведения постоянной обделки тоннеля. УС-30 также располагает квалифицированными кадрами и базой для их изготовления. Состоялся интересный обмен мнениями по этому вопросу, который, возможно, приведет к кооперации в изготовлении опалубок для сводовой части тоннеля и его лотка.

Большой интерес у строителей вызвало предложение Р. Антреттера и М. Хаймана о дополнительном укомплектовании работ по раскрытию тоннеля на пол-

ное сечение механизмами и оборудованием, в частности, набрызг-бетонный агрегат на шасси с дистанционным управлением, сменное оборудование к экскаватору «Либхер» (ножницы) для резки временной набрызг-бетонной отделки и элементов стального профиля, а также некоторого другого оборудования.

Перед решающим этапом стройки в начале 2004 г. решено направить в Австрию группу специалистов УС-30 для консультаций по изготовлению механизированных опалубок, организации работ по раскрытию тоннеля на полный профиль, устройству гидроизоляции и бетонированию постоянной отделки по технологии НАТМ.

Одновременно в Германию должна отправиться группа маркшейдеров для обучения методам геотехнических и маркшейдерских измерений с использованием приборов технологии НАТМ.

Специалистов ФГУП УС-30, Тоннельной ассоциации со специалистами фирм «Бетон унд Монирбау» и «Хайман Унтертаге Техник» связывают не только взаимно полезные партнерские отношения, но и добрые товарищеские. Во время визита наши зарубежные партнеры в Москве побывали в Третьяковской галерее, увидели тоннели 3-го транспортного кольца, в г. Уфе прослушали оперу «Фигаро» в великолепном



Вид на сбойку между центральной и северной штольнями

республиканском музыкальном театре. Во время ответных визитов россияне знакомят с красивой австрийской столицей – Веной, с неповторимым городом Инсбруком – одной из спортивных столиц зимних олимпиад, где находится офис и база фирмы «БУМ», с небольшим уютным немецким городком Везель, где работает наш партнер М. Хайман.

Во время визита в Инсбрук в феврале 2004 г. специалисты УС-30 и Тоннельной ассоциации определяют программу совме-

стных действий на текущий год. Сегодня ясно уже одно – австрийские и немецкие партнеры изъявили желание принять участие в Международных выставках по тематике строительства подземных сооружений в марте 2004 г. в Москве в Центральном Манеже и в Выставочном комплексе в Сокольниках.

На выставках можно будет более подробно ознакомиться с этими фирмами.

Партнерство и сотрудничество продолжаются.

МТ

Специалисты УС-30 и представители фирм «Бетон унд Монирбау», «Хайман Унтертаге Техник»





международная выставка

ПОДЗЕМНЫЙ ГОРОД 2004

10 – 13 марта 2004 года

ОРГАНИЗАТОРЫ:

Выставочная компания «Глобал Экспо»,
Тоннельная ассоциация России, Выставочный Центр «Машиностроение»

ЦВЗ «Манеж»

При содействии Министерства промышленности, науки и технологий РФ,
Министерства природных ресурсов РФ, Госстроя РФ и организационной
поддержке Правительства Москвы

В настоящее время в крупных российских городах, в виду острой нехватки свободных площадей, возникла необходимость рационального использования и подземного пространства города

ЦЕЛЬ ВЫСТАВКИ

- Показать существующие достижения в освоении подземного пространства крупных городов в России и за рубежом
- Привлечь внимание инвесторов к вопросам финансирования работ по освоению подземного пространства
- Показать оборудование и технологии работ в подземном строительстве
- Отразить вопросы промышленной и пожарной безопасности при возведении подземных объектов
- Демонстрация техники и технологий для геопрогноза, охраны окружающей среды и мониторинга за состоянием возводимых конструкций и поверхности при возведении подземных сооружений

ОСНОВНЫЕ ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ:

- Объемно - планировочные и архитектурно - строительные решения построенных сооружений при освоении подземного пространства в Москве, городах России и за рубежом. Проекты будущих подземных комплексов
- Технологии подземного строительства
- Техника и оборудование для подземного строительства
- Вентиляционные системы и оборудование
- Подъемно-транспортное оборудование
- Геотехнические и экологические проблемы освоения подземного пространства
- Пожарная и промышленная безопасность при производстве подземных работ
- Эксплуатация подземных сооружений
- Отделочные материалы

Для участия в выставке приглашаются: руководители и специалисты субъектов Федерации и муниципальных образований, занимающиеся вопросами создания городской инфраструктуры и транспорта; российские и зарубежные компании, специализирующиеся на подземном строительстве, проектно-изыскательских работах; производители и поставщики технологий, оборудования и материалов для подземного строительства; инвестиционные фонды; научно-исследовательские и проектные организации.

**Оргкомитет уверен, что выставка «Подземный город 2004»
станет именно тем местом, где смогут впервые встретиться все участники этого рынка:
инвесторы, заказчики и подрядчики - российские и зарубежные**

Для получения дополнительной информации обращайтесь в Оргкомитет выставки:

119019, Москва, Гоголевский бульвар, 23, оф. 17, ООО «Глобал Экспо»

Тел: +7 (095) 101 2274 Факс: + 7 (095) 291 2175

E-mail: irb@global-expo.ru, lubavid@global-expo.ru; <http://www.global-expo.ru>



11 октября 2003 г. ТПМК «ЛОВАТ»
успешно завершил проходку
правого перегонного тоннеля



ТПМК «ЛОВАТ»

НА СООРУЖЕНИИ ТОННЕЛЕЙ МИНИ-МЕТРО

Т. Н. Шургая,
главный инженер
ООО СМУ «Ингеоком»

На строительной площадке Московского международного центра «Москва-Сити» в мае 2001 г. начались подготовительные работы по сооружению первоочередного участка линии мини-метро.

Решение о прокладке первого участка мини-метро в столице было принято в связи с необходимостью связать городскую транспортную подземную сеть с новым строящимся деловым центром в Москве.

Старт проходке был дан в июле 2002 г. из предварительно сооруженной с ограждением из буросекущихся и бурунабивных свай монтажной камеры размерами 44×14,5 м и глубиной 23 м.

Строительство перегонного тоннеля от ст. «Международная» в сторону ст. «Киевская» Филевской линии было осуществлено с применением механизированного тоннелепроходческого комплекса (ТПМК) «Ловат RME

232 SE» серии 14600 с грунтовым пригрузом. Эта машина предназначена для проходки перегонных тоннелей метрополитена в водоносных, песчано-глинистых грунтах с возведением водонепроницаемой обделки из сборных железобетонных блоков высокой точности. ТПМК обеспечивает так же проходку в полускальных и скальных грунтах с коэффициентом крепости по Протодяконову $R \leq 4$.

Непосредственный контакт монтажной камеры с центральным ядром ММДЦ-Сити позволил смонтировать щитовой комплекс с полной его эксплуатационной длиной около 70 м.

Протяженность перегонного тоннеля, пройденного с помощью ТПМК «Ловат», составила 1836 пог. м, длина кривых радиусом 200–220 м с уклоном 0,048‰ на участке 535 м.

Использование грунтового пригруза потребовалось при сооружении тоннелей от ПК 9 до ПК 13+87, причем на участке в 368 м проходка тоннеля на кривой радиусом 220 м совместилась с уклоном 0,048 и на длине 216 м – с уклоном 0,030.

На всем протяжении ТПМК работал в самых различных инженерно-геологических условиях: начиная с водоносного известняка с прослойками глины и мергеля с переходом в устойчивые глинистые смешанные грунты (глины с включением полускальных и скальных грунтов) с водопритоком до 50 м³/ч и на выходном на поверхность участке – в водонасыщенных неустойчивых грунтах (пески, супеси, в том числе с прослойками устойчивых грунтов).

Столь сложные сочетания плана, профиля и инженерно-геологических условий трассы на строительстве традиционного метрополитена в Москве практически не встречаются.

Конструкция щита с грунтопригрузом позволила осуществить проходку под действующим тоннелем Филевской линии, где минимальные расстояния от шельги свода до низа лотка эксплуатируемого тоннеля составили 2 м. На этом участке щит осуществил проходку на подъеме 0,048‰ с кривой 220 м в исключительно сложных инженерно-геологических условиях с выходом из

воскресенских глин в ратмировские водонесные известняки и продолжением проходки на выходе под эксплуатируемым тоннелем в водонесных неустойчивых грунтах.

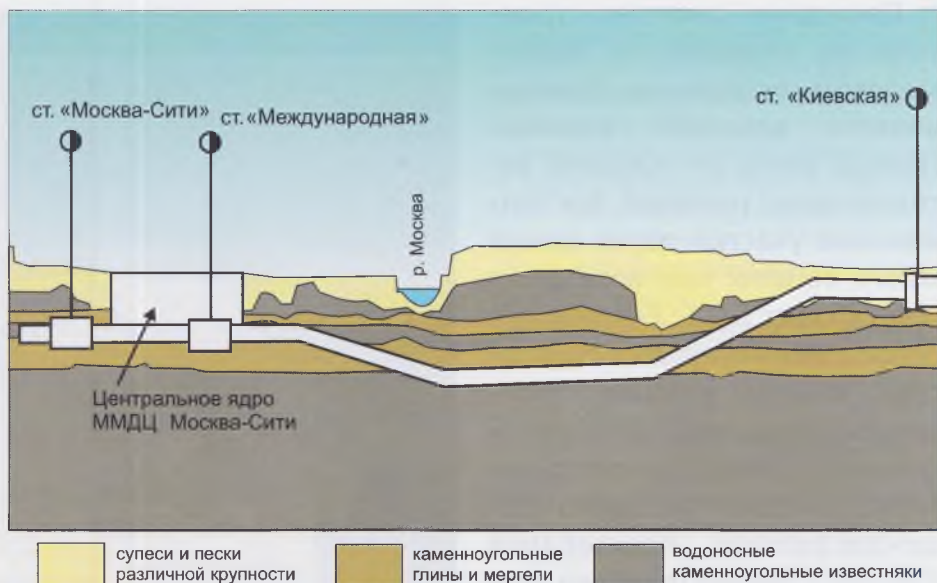
Вместе с тем следует отметить, что строители столкнулись с целым рядом технических сложностей, не позволивших поначалу достигнуть высоких скоростей:

- наличие шнека взамен ленточного конвейера для обеспечения работы грунтопригруза и необходимость в оснащении рабочего органа мощной комбинацией резцов и шарошек при движении щита в крепких водонесных известняках превращало разрабатываемую породу в растворобразное состояние. При перегрузке этого раствора из шнека на ленточный конвейер более половины его объема размывалось с ленты, и возникала необходимость в дополнительных работах по уборке грязи с лотка тоннеля;

- в условиях наличия крутых радиусов 200–220 м применение первоначально рекомендованных цементно-песчаных растворов для заобделочного заполнения оказалось нецелесообразным, т.к. их схватывание в течение 4–6 ч создавало в собранной за щитом обделке жесткую конструкцию, которая нередко не выдерживала неравномерного усилия от домкратов щита и подвергалась деформациям.

Выход был найден с помощью менеджера по проекту мини-метро от фирмы «Ловат», по предложению которого в кратчайшие сроки на стройплощадке был возведен растворосмесительный узел для изготовления песчано-известнякового раствора с применением добавок, обеспечивающих схватывание не ранее двух суток.

ТПМК «Ловат RME 232 SE» серии 14600, с помощью внесенной в его компьютер программы, оснащенной навигационной системой ZED-260, обеспечивающей ведение щита



Продольный профиль первоочередного участка мини-метро от ст. «Киевская» до ст. «Москва-Сити»

та с отклонениями, меньше указанных нормативных допусков.

В реальных условиях проходки, особенно при столь сложных изгибах трассы в плане и профиле, большое влияние на фактические отклонения оси щита от проектной оси тоннеля оказывает квалификация машиниста ТПМК. Тем не менее, проходка была осуществлена без существенных отклонений от проектной трассы, а сбойка в районе примыкания к Филевской линии – с отклонениями, меньше допустимых.

Для откатки на уклонах 0,048 были использованы самотормозящиеся вагонетки фирмы «Мюльхойзер», которые в комбинации с германскими дизельными вагонами фирмы «Бедиа» позволили безаварийно осуществить проходку.

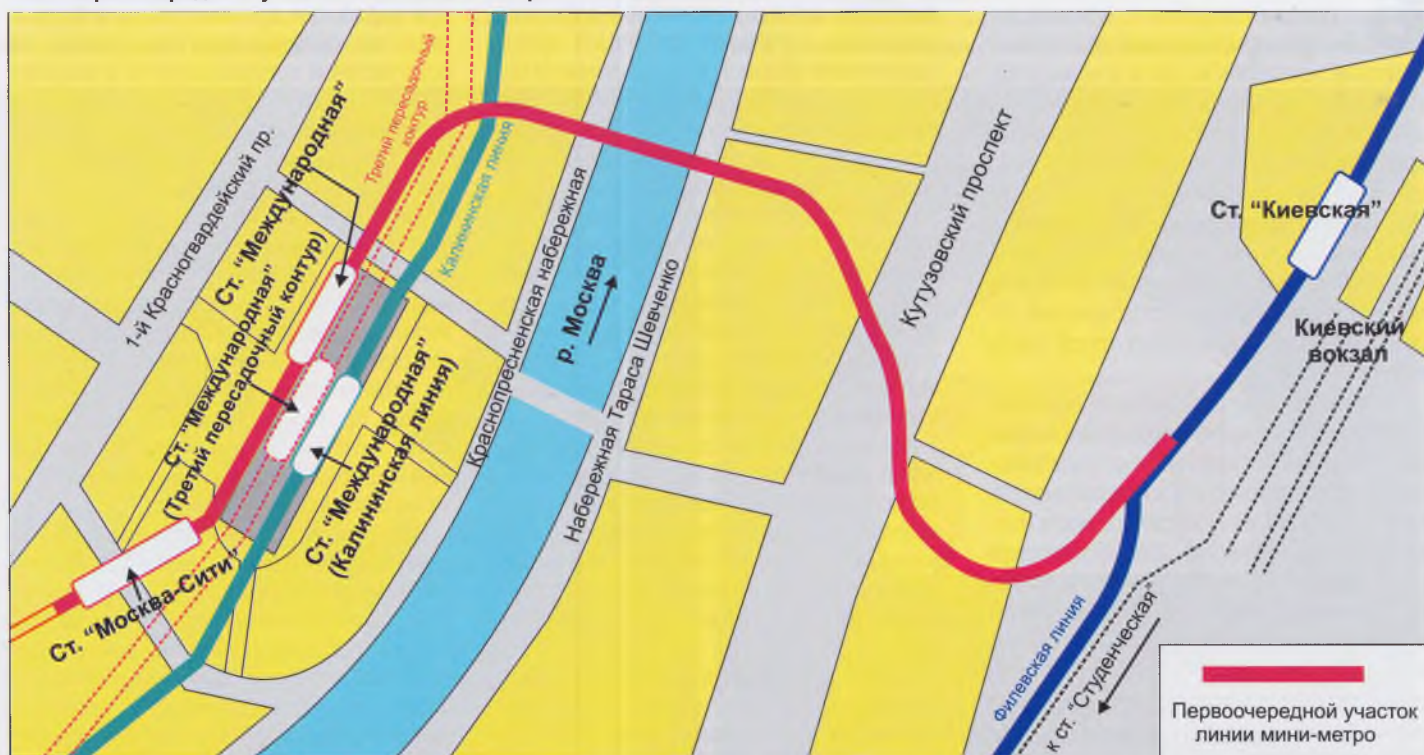
Производство высокоточных блоков тоннелей обделки освоено в формах, изготовленных в Италии, на заводе железобетонных конструкций Объединения «Ингеоком». На блоки в заводских условиях наклеиваются распределительные прокладки из ДВП и неопреновые гидроизоляционные прокладки фирмы «Феникс».

Максимальная скорость проходки составила 288 м в месяц.

В настоящее время ведутся ремонтно-восстановительные работы тоннелепроходческого комплекса и подготовка к сооружению 1-го пути тоннеля мини-метро длиной 550 м с выходом на поверхность на примыкание к станции «Киевская» Филевской линии.



План первоочередного участка линии мини-метро от ст. «Киевская» до ст. «Москва-Сити»



Последние семь лет строительство тоннелей на Черноморском побережье Кавказа ведется довольно активно. Прежде всего, это касается автодорожных тоннелей. Все тоннельные участки дорог имеют много общего: они возводятся под габарит Г-8,5; Г-9 под две полосы движения. Инженерно-геологические условия строительства большинства тоннелей сложные, находятся в зонах активно живущих разломов Общекавказского простираия 290–310°. Трассы тоннелей расположены в аргелитах, алевролитах, мергелях и известняках, в зонах тектонических нарушений, мощность которых составляет несколько десятков метров, как правило, обводненных.

Тоннель №2 Федеральной автодороги Адлер–Красная Поляна
ОАО «Минскметропроект», ООО «Тоннельдорстрой»



НОВЫЕ СПОСОБЫ ВРЕМЕННОЙ КРЕПИ ПРИ ПРОХОДКЕ ТОННЕЛЕЙ

В. В. Данилов,

главный инженер
ООО «Тоннельдорстрой»

Большинство тоннелей сооружается уступным способом с применением буровзрывного метода, с поэтапным раскрытием забоя и возведением временной крепи без отставания от забоя. В выборе технологии и определении параметров крепи принимают участие ведущие проектные организации: ОАО «Минскметропроект», ОАО «Ленметрогипротранс», ОАО «Метрогипротранс», Московский государственный университет путей сообщения, Петербургский государственный университет путей сообщения.

Упорядочивание вопросов проектирования и расчета временной крепи и приведение их в соответствие с современными достижениями науки нами рассматривается как одна из важнейших задач подземного строительства. Для обеспечения соответствия параметров временной крепи инженерно-геологическим условиям и принятой технологической схеме проходки тоннеля, задачу о ее несущей способности необходимо решать, рассматривая работу крепи во взаимодействии с грунтовым массивом на всех этапах

проходческого цикла: от раскрытия забоя до устройства постоянной обделки.

Для этого Петербургским государственным университетом путей сообщения по заданию ООО «Тоннельдорстрой» был выполнен анализ напряженно-деформированного состояния временной крепи (первичной обделки) из монолитного бетона при проходке автодорожного тоннеля в скальных грунтах способом опережающей калотты. Анализ проведен посредством математического моделирования пространственной системы «крепь-грунтовой массив» с использованием метода конечных элементов (МКЭ). Цель этой работы – обосновать возможность временного крепления калоттной части тоннеля первичной обделкой из монолитного бетона взамен предусмотренной в проекте арочно-бетонной крепи.

Исследования заключались в разработке рекомендаций по конструктивно-технологическим решениям временной крепи при сооружении автодорожного тоннеля в скальных грунтах различной степени трещиноватости и определили необходимость решения следующего круга задач:

- на основе анализа инженерно-геологических условий по трассе тоннеля выделить для исследования те участки, где прочностные и деформационные свой-

ства грунтов, а также глубина заложения выработки требуют дифференцированного подхода к оценке ее устойчивости;

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

- выбрать и обосновать геомеханическую модель грунтового массива для математического моделирования, а также расчетную схему для исследования напряженно-деформированного состояния грунтового массива и временной крепи из монолитного бетона на различных этапах проходки: раскрытие калоттной части сечения, бетонирование временной крепи калотты, разработка уступа, бетонирование стен;

- по результатам математического моделирования оценить степень устойчивости незакрепленной выработки и определить напряженно-деформированное состояние временной крепи из монолитного бетона с учетом технологии ее возведения при проходке тоннеля в инженерно-геологических условиях, соответствующих глубине заложения от 60 до 210 м.

В результате анализа напряженно-деформированного состояния грунтового массива с учетом его физико-механических характеристик установлено, что расчетная схема должна строиться в зависимости от начального напряженного состояния массива и степени его трещиноватости при различной глубине заложения тоннеля. При построении геомеханической модели массив рассматривался как неоднородная линейно деформируемая среда. Правомерность применения такой модели грунта подтверждена расчетом. При этом учитывались как природная трещиноватость массива, так и искусственная, вызванная воздействием взрыва.

При построении модели временной крепи принимались во внимание переменные прочностные и деформационные характеристики бетона в зависимости от времени его твердения.

Результаты исследований дают основание считать, что в условиях статических нагрузок временная крепь при проходке тоннеля способом опережающей калотты может быть выполнена из монолитного бетона класса В25 с гарантированным нарастанием прочности бетона во времени в соответствии с графиком.

Исключение из проходческого цикла процессов, связанных с установкой арок из прокатного профиля или арматурных каркасов, существенно снизит трудоемкость работ и сократит время проходки до 24 ч. В результате среднемесячная скорость проходки калотты составит не менее 90 м/мес. Экономия металла достигнет 1465 кг на 1 пог. м тоннеля.

Внедрение рекомендации является одной из основных задач повышения эффек-

тивности горнопроходческих работ при строительстве тоннелей на обходе г. Сочи.

В продолжение совершенствования методов возведения временной крепи ООО «Тоннельдорстрой» заключило договор с фирмой «Концерн «Суперкомпозит» на применение материалов нового поколения суперкомпозитов. Они представляют собой композиционные материалы, состоящие из неорганической матрицы и армирующих волокон. В качестве матрицы может быть использован цементный мелкозернистый бетон, арматуры – стеклянные или углеродные высокомодульные волокна. Технология изготовления суперкомпозитов – это многостадийный высокопроизводительный процесс с небольшими энерго- и трудозатратами. Продукция производства представляет собой гнутые листы заданной прочности, толщины и радиуса изгиба (рис. 1). Технология изготовления суперкомпозитных гнутых листов уникальна и представляет собой ноу-хау. В основе новых возможностей лежат, с одной стороны, высокие прочностные свойства суперкомпозитов, их высокая коррозионная стойкость, морозостойкость, долговечность, с другой стороны, высокая технологичность и экономичность. Специально разработанное оборудование обеспечивает гибкость производственного процесса, быстрый переход на выпуск листов с измененными параметрами по размерам, радиусу, прочности, ударной прочности, трещиностойкости, стойкости к заданной агрессивности грунта и др. Одним из видов применения суперкомпозитных гнутых листов является их использование в виде замкнутых цилиндрических оболочек, собираемых и склеиваемых непосредственно на строительной площадке или в забое. Про-

межутки между замкнутой суперкомпозитной оболочкой и породой имеет размеры, заданные расчетами. Он заполняется бетоном или бетонами с различными наполнителями. Суперкомпозит выполняет гидроизоляционную защиту. Такая оболочка выдерживает гидростатическую нагрузку 20 атмосфер (рис. 2).

Устройство временной крепи из суперкомпозита позволяет:

- отказаться от применения временной бетонной обделки с металлическими арками, т.к. конструкция из суперкомпозита будет воспринимать горное давление;
- исключить применение гидроизоляционного материала «Агруфлекс», т.к. суперкомпозитные материалы обладают высокой гидроизоляционной способностью;
- значительно снизить трудоемкость работ и сроки строительства объекта.

Исследования ученых Петербургского государственного университета путей сообщения, расчеты Минскметропроекта совместно с участием специалистов ООО «Тоннельдорстрой» привели к решению одной из важнейших задач – возведению постоянной обделки на полное сечение.

Проектные сечения тоннелей Г-8,5 и Г-9 по технологическому принципу и безопасности их сооружения разрабатываются способом нижнего уступа.

Такая технология определяет возведение временной и постоянной крепи в два этапа: калотта штроссы с образованием холодного шва и дополнительной стыковки гидроизоляционной пленки. Для обеспечения проектной несущей способности крепи в месте расположения холодного шва требуется выполнение дополнительных бетонных конструктивов, удорожающих конструкцию в целом.

Рис. 1. Общий вид крепи из композитных блоков

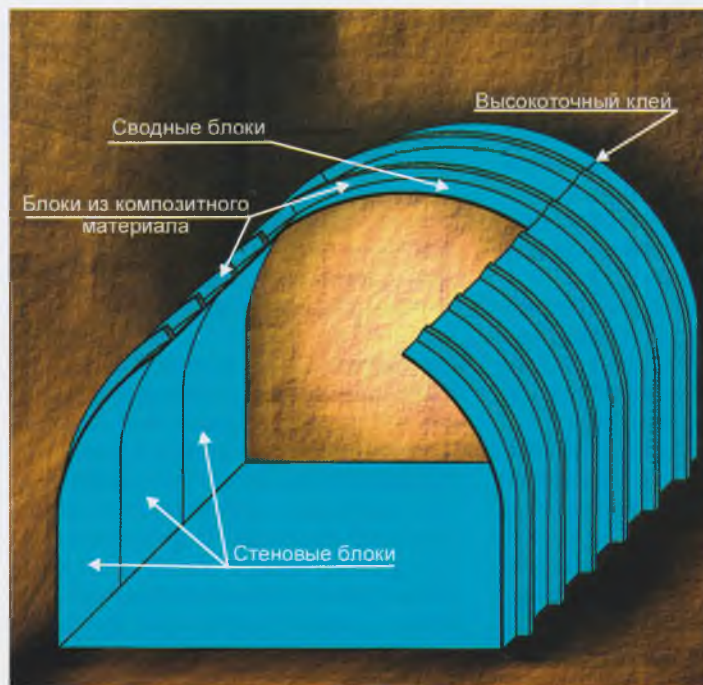
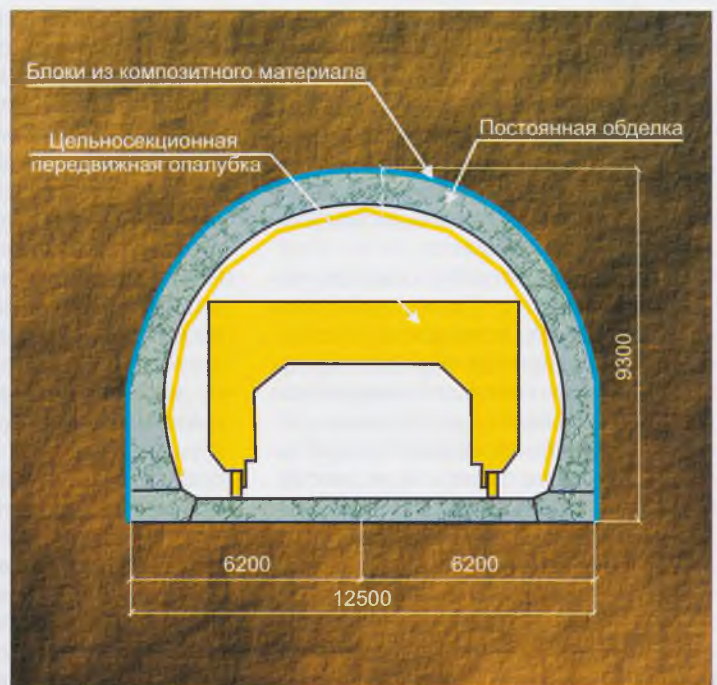


Рис. 2. Бетонирование тоннеля с композитными блоками в качестве гидроизоляции



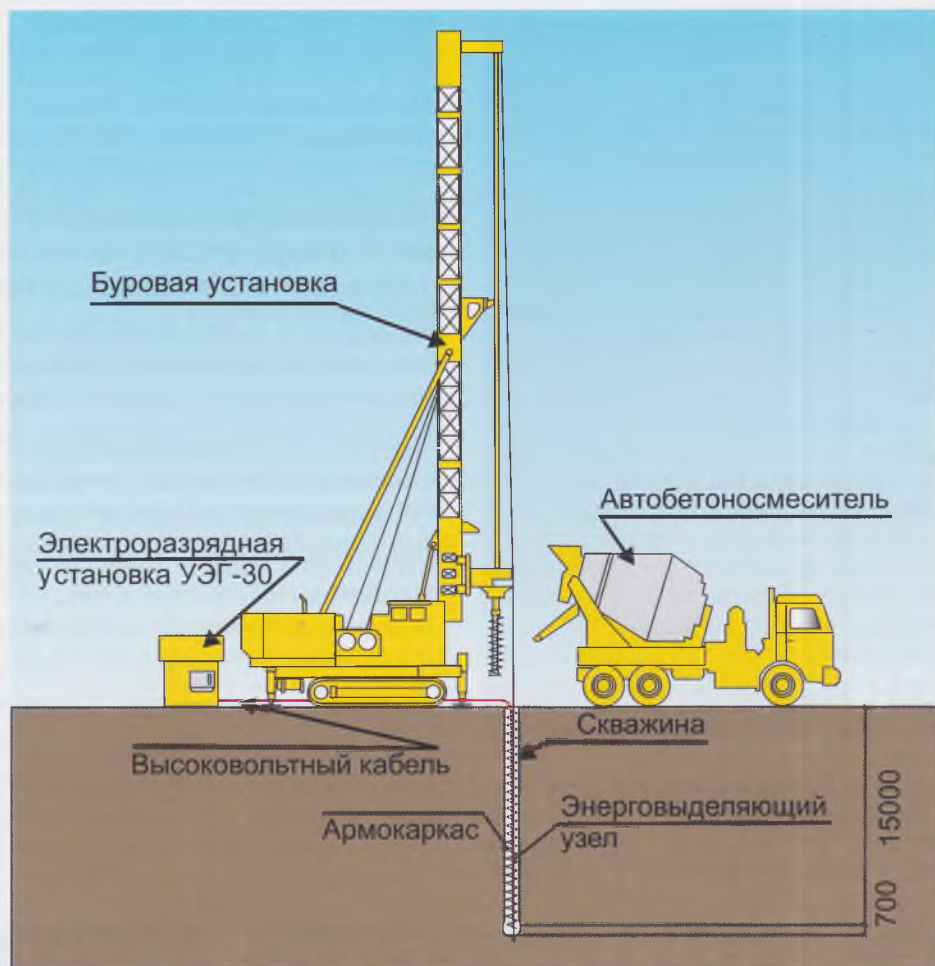


Рис. 3. Технологическая схема устройства буронабивных свай с помощью электроразрядной установки УЭГ-30

Бетонирование обделки свода и стен одновременно дает ряд преимуществ: исключает дополнительный стык гидроизоляции и холодный шов по линии калотты штросса, спокойная укладка бетонной смеси с помощью бетононасосов СБ-207 позволяет проводить непрерывный контроль и вибрирование смеси непосредственно за опалубкой, увеличить скорость бетонирования более 90 пог. м/мес.

В короткий срок специалистами ОАО «Минскметрострой» и ООО «Тоннельдорстрой» разработан проект и изготовлена самоходная механизированная опалубка СМН-290. За счет технологически обоснованного решения бетонирование тоннеля длиной 770 пог. м было выполнено в течение 9 месяцев.

На основе достижений российских ученых мы не только стараемся приобрести оборудование или технологии, но создаем и совершенствуем образцы горных машин. Помимо опалубки бетонирования свода стен тоннеля, разработана конструкция унифицированной буровой рамы для проходки тоннеля на полное сечение, либо калоттной части. Эта буровая рама используется не только для бурения забоя, монтажных работ, но и для перемещения, монтажа опалубки на длину 3 м.

В настоящее время общеизвестно и доступно применение добавок по ускорению набора прочности бетона и эконо-

мия вяжущих. Специалистами ООО «Тоннельдорстрой» с научными лабораториями ВПК ведется поиск технологии использования электроактивирования воды для затворения бетонных смесей и повышения активности цемента за счет дополнительного измельчения с целью повышения прочности бетона.

В этом плане сделаны первые шаги — нами приобретена геотехническая электроразрядная установка УЭГ-30, которая разработана совместно со специалистами Международного института прикладной физики и высоких технологий и Российского научного центра «Курчатовский институт». Она предназначена для обработки скважин и бетона в процессе изготовления буронабивных свай с улучшенными характеристиками (рис. 3).

Принцип действия установки основан на использовании мощных импульсных электрических разрядов в бетонной смеси для создания электрогидравлических ударов. При этом происходит уплотнение грунтовых стенок скважин, развитие боковой поверхности свай, повышение прочностных характеристик бетона на 40–60% в сравнении с контрольными образцами и сцепления бетона с арматурой.

На основании проведенных специалистами НИИОСП им. Герсееванова расчетов по оценке несущей способности буронабивных свай, изготовленных по традици-

онной технологии и электроразрядной технологии в глинистых грунтах, несущая способность последних выше в 1,8–4,0 раза, чем у обычных. С учетом требований Мосгорэкспертизы, проведенных сметных расчетов и анализа полученных данных, стоимость 1 пог. м свай ЭРТ выше, чем обычных буронабивных свай на 29%, тогда как стоимость одной тонны несущей способности в среднем ниже в 2,3 раза.

Работы на УЭГ-30 выполняются бригадой из двух человек: оператора установки и электрика.

Установка смонтирована в утепленном металлическом корпусе — контейнере, в котором располагаются узлы генератора импульсных токов, осветительные и нагревательные приборы. Переносной электроразрядный (энерговыделяющий) узел (ЭВУ) подвешивается на лебедку буровой машины для спуска в скважину. ЭВУ соединяется с установкой высоковольтным коаксиальным кабелем передачи энергии.

Достоинства электроразрядной технологии для геотехнического строительства:

- разработанная и научно обоснованная геотехническая технология не имеет аналогов в мире. Она позволяет производить конструкции с высокими эксплуатационными характеристиками при сравнительно низких удельных затратах;

- отнесенная к объему несущая способность свай, устраиваемых с помощью ЭРТ, выше, чем у свай, устраиваемых традиционными методами;

- технология и оборудование для устройства свай с помощью ЭРТ являются безопасными и надежными, обеспечивают высокое качество производимых конструкций;

- уникальная технология дает возможность устраивать в водонасыщенных песчаных грунтах уширение пяты и ствола свай или уплотненные забои;

- электроразрядная обработка повышает эксплуатационные характеристики бетонной смеси, используемой для заливки свай, а также окружающих ее грунтов. Набор прочности бетона после обработки происходит быстрее, значительно возрастает активность его составляющих при твердении, что приводит к увеличению прочности бетонов в 1,5 раза при неизменном расходе вяжущей составляющей;

- электроразрядная технология может также использоваться для устройства анкеров повышенной несущей способности.

Строительство тоннельных переходов в районе Черноморского побережья Кавказа имеет свою специфику в части размещения порталов. Гидрографическая сеть района представлена многочисленными реками, балками, с уровнем режимом, характеризующимся кратковременными, но контрастными изменениями потоков до 1–5 м/сек, вызывающих

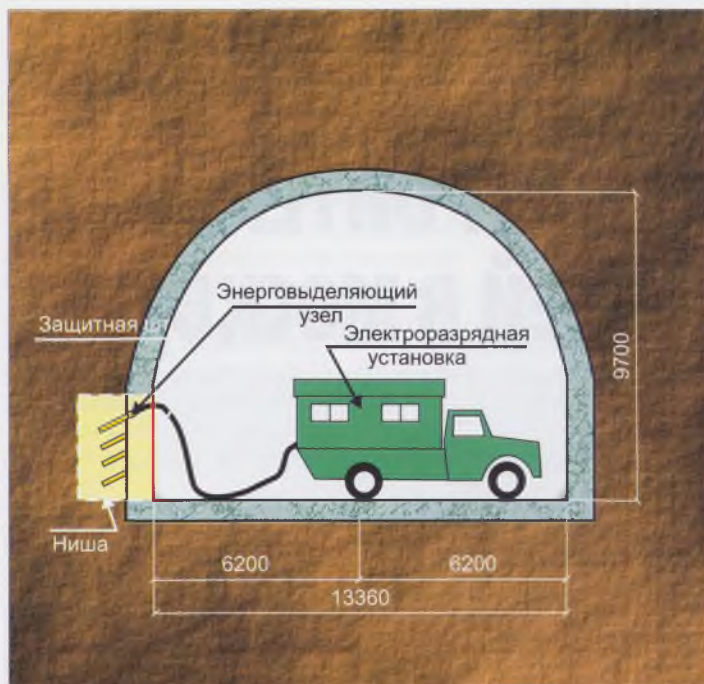


Рис. 4. Разрушение пород с применением мобильной электроразрядной установки УЭМ-200

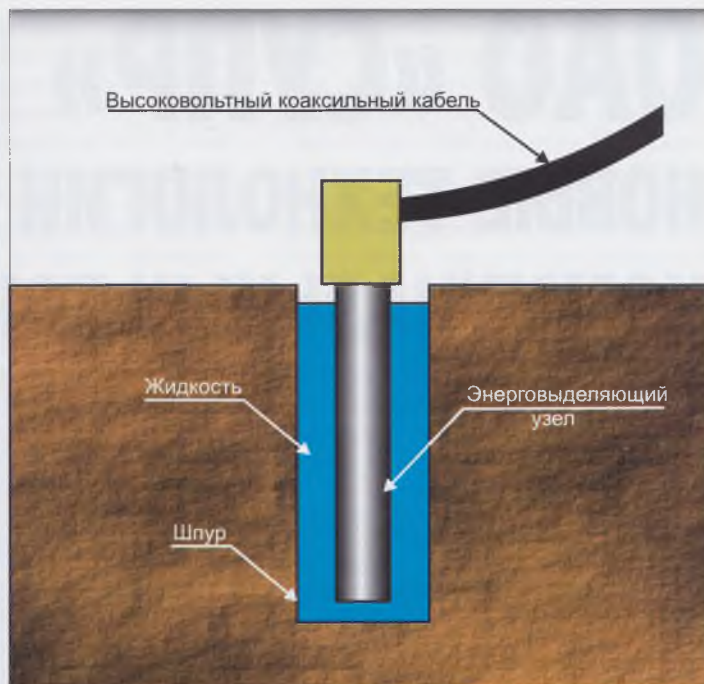


Рис. 5. Энерговыводящий узел электроразрядной установки

разрушение оснований искусственных сооружений, расположенных в водоразделах. Наличие крутопадающих склонов, в подножии которых расположены делювиально глинисто-щебеночные отложения мощностью до сотен метров, в осенне-зимний и весенний климатические периоды вызывают активизацию оползневых процессов.

Именно так, лавируя между сложными условиями, проектировщики закладывают порталы на склонах. Поэтому до разработки припортальных выемок выполняется значительный объем работ по устройству противооползневых сооружений.

Исходя из инженерно-геологических условий, комплекс противооползневых сооружений можно условно разделить на две категории:

- припортальные укрепительные, расположенные на врезке тоннеля и подходах по горным склонам;
- берегоукрепительные для защиты объектов и порталных площадок от размыва в районе русла горных рек.

Припортальные сооружения выполняются в виде подпорных стен на буронабивных сваях или мощным связывающим ростверком ригель-балкой, служащего фундаментом тела подпорных стен.

Глубина буронабивных свай колеблется от 12 до 18 м при диаметре 630 мм. Высота тела подпорных стен находится в пределах от 1,5 до 17 м.

В связи со значительными размерами припортальной выемки, объемы укрепления склона составляют до 1000 м³ конструктивного монолитного железобетона, которые выполняются с отдельными перерывами в течение всего периода строительства тоннеля. Массивные сооружения зачастую могут быть уменьше-

ны при сооружении подходной галереи из железобетона.

Большое внимание уделяется реализации мероприятий, предотвращающих размыв берегов горных рек и оснований прибрежных объектов. Практика строительства в районах Черноморского побережья Кавказа показала, что в период паводка уровень воды рек поднимается до 4 м. Габрионные укрепления из каменной наброски зачастую подмываются течением и разрушаются на отдельных участках.

ООО «Тоннельдорстрой» совместно с институтом «Минскметропроект» разработан и реализован проект берегоукрепления из тетраподов с каменной наброской, значительно повышающий устойчивость и долговечность сооружения.

Внедрение новых технических решений на строительстве объекта дорожестроительных традиционных, но снижает затраты в период его эксплуатации.

Проходка тоннелей вблизи существующих коммуникаций автомобильных и железных дорог, промышленных и гражданских объектов, тектонических формаций различной сложности вызывает необходимость разрушения отдельных элементов конструкций, скальных выступов на оползневых склонах. Как правило, производство таких работ предусматривает применение буровзрывного способа с продолжительным периодом согласований и выполнения ряда мероприятий по соблюдению мер безопасности.

Международным институтом прикладной физики и высоких технологий совместно с Российским научным центром «Курчатовский институт» создан опытно-промышленный образец мобильной электроразрядной установки для разрушения горных пород и железобетона УЭМ-200 (рис. 4). Суть электрогидравлического ме-

тода (известного также как электроразрядный или плазменный) состоит в использовании электроэнергии, выделяемой в плазменном канале электрического разряда в конденсированных средах при протекании через него мощного импульса тока. Применительно к разрушению блоков горных пород или бетона электрический разряд создается в заполненных водой шпурах, пробуренных в блоке (рис. 5).

Неоспоримые достоинства метода – это отсутствие выделения вредных веществ, разрушительных акустических и сейсмических ударных волн, наличие контроля над этим процессом вложения энергии.

УЭМ-200 успешно прошла испытания на объектах ООО «Тоннельдорстрой» при разрушении временной подпорной стены. При этом разлет обломков породы составил 5–7 м. Производительность установки до 20 м³/ч. Стоимость внедрения – 3,2 млн руб.

В заключение необходимо отметить следующее.

В последнее время в сметную стоимость строящихся объектов включают незначительные средства или не вкладывают их на цели научного сопровождения проекта и внедрение новых технологий и конструкций.

Так, при стоимости объекта 2-й очереди обхода г. Сочи 8,5 млрд руб. на научное сопровождение выделяется только 10 млн или 0,01% от общей суммы.

Такое положение не стимулирует внедрение новых технологий в производство и является зачастую только инициативой подрядчика.

Наука и производство идут параллельными путями, хотя их совместная деятельность должна находить отражение на всех строящихся объектах XXI века.

ОАО «СУПР»

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ КОММУНАЛЬНЫХ ТОННЕЛЕЙ В МОСКВЕ

О. С. Егоров,
главный инженер
Р. А. Валиев,
главный технолог

Сооружение нового подводящего канализационного коллектора диаметром 3,2 м к Черкизовской насосной станции было запланировано в 1992 г. Однако, внимательно рассмотрев проект, многие специализированные организации тогда отказались от участия в строительстве в связи с исключительной сложностью гидрогеологических условий проходки тоннеля. И только в 1997 г., в связи с началом прокладки Восточного полукольца 3-го транспортного кольца Москвы, в зону которого входит и проектируемый канализационный коллектор, активизировались действия заказчиков и строителей.

Взяв строительство тоннеля на подряд и детально изучив особенности гидрогеологии, специалисты ОАО «СУПР» пришли к общему мнению, что традиционные методы здесь неприменимы. Для проходки каждого участка в 25 м проектом предусматривалось сначала заморозить грунтовые воды в массиве, на что уходило более месяца, и только после этого производить работы по прокладке тоннеля в промороженном грунте, крепость которого достигала 150–200 кг/см², а это еще около месяца. Даже при выполнении всех работ параллельно скорость проходки коллектора составляла примерно 27–30 п. м в месяц. А длина только первого этапа 920 п. м.

И тогда строительная площадка превратилась в полигон для испытания и освоения нового современного оборудования и высоких технологий.

Проходка тоннеля щитовым комплексом CSM «Bessac D043» (специально приобретенного во Франции в 1998 г. для этого проекта), возведение сборной ж/б обделки из высокоточных блоков с резиновым уплотнением позволили достичь темпов 90–110 м/мес.

Возведение ограждающих конструкций методом «стена в грунте» и буросекущихся свай диаметром 800 мм позволили эффективно и быстро проходить вертикальные выработки, глубина которых достигала 17–18 м.

Технология jet-grouting (струйной цементации) и нагнетание специальных растворов при помощи лакерных труб позволили быстро вводить и выводить щитовой комплекс из вертикальных выработок, а также



ТПМК фирмы CSM «BESSAC» в стартовом котловане

проводить тоннельные работы с минимальными просадками 0,5–1 см (так были пройдены участки под автомагистралями с интенсивным не только авто-, но и трамвайным движением).

Но особенно хотелось бы остановиться на двух перспективных направлениях, над которыми сейчас работают специалисты нашей организации.

Это – проходка вертикальных выработок круглого сечения методом «стена в грунте» и «опускного колодца», а также нанесение специальных растворов методом «мокрого торкретирования».

Так, в мае-июне 2003 г. в содружестве с «Советинстрой» СУПР на 2-м этапе строительства вышеописанного коллектора (длинной 870 п. м и пройденного без промежуточных шахт) соорудил камеру К2/4 диаметром 12 м и глубиной 14,5 м методом «стена в грунте». Это первый опыт возведения ограждающей конструкции данным методом столь малого диаметра. Форма круга и толщина стен 800 мм, согласно расчетам специалистов института «Мосинжпроект», позволили отказаться от дополнительного внутреннего усиления двутавровыми балками, что дало существенную экономию металла и времени для строительства.

Применение при бетонировании панелей, соединительных элементов «stop water» обеспечило полную изоляцию, предотвратив малейшее поступление грунтовой воды

при гидростатическом давлении на днище более 1 бара.

После проходки тоннеля с технологическими целями была пройдена шахта кругового сечения в плавунных грунтах с помощью опускного «ножа» и последующей сборкой ж/б колец диаметром 4,3 м с резиновыми уплотнениями. Конструкция «ножа» была создана и изготовлена специалистами СУПРа на собственной производственной базе.

Разрабатывая грунт экскаватором грейферного типа внутри шахты, металлический «нож» равномерно опускался на проектную отметку, а ж/б сборные кольца, собираемые на поверхности земли с помощью шпилек и болтовых соединений, создавали прочную и водонепроницаемую конструкцию крепления будущей камеры. Демонтировав «нож», забетонировав днище и выполнив лотковую часть, строительство камеры можно считать практически законченным.

Данные технологии, на наш взгляд, являются весьма перспективными в связи с экономическими (отказ от специальных видов работ с водонасыщенными грунтами, отсутствие дополнительных работ по креплению вертикальных выработок), а также временными факторами строительства.

Много лет считалось, что после первичного крепления тоннелей блоками с целью усиления прочностных характеристик, а также для гидроизоляции и увеличения толщины бетонной поверхности, необходимо в кол-

латорных тоннелях возводить вторичную отделку, называемую «рубашкой», из монолитного железобетона толщиной 20–22 см.

Однако за последние годы технология изготовления блоков крепления, а именно высокая геометрическая точность ($\pm 0,3$ мм), качество бетона (прочность до 600 кг/см^2) и водонепроницаемость $W=30$, а также применение резиновых уплотнений, полностью предотвратили поступление воды в строящиеся тоннели. Технология нагнетания за блочное пространство специальных высокодисперсных смесей (НИИ Мосстроя), защищающих и гидроизолирующих внешнюю поверхность коллектора, позволяют говорить о переходе от тяжелого усиления

конструкции ж/б «рубашкой», уменьшающего рабочий диаметр коллектора, на покрытие блоков специальным раствором методом «мокрого» торкретирования.

Послойное пневмонанесение пескобетона толщиной 25–30 мм с усилением сеткой по ГОСТу 5336-80 дает возможность при тех же конструктивных характеристиках существенно уменьшить толщину бетонных конструкций, тем самым значительно увеличить проходной диаметр тоннеля, а также исключить расход материалов на возведение, так называемой, железобетонной «рубашки». Увеличение внутренних размеров позволит произвести переход на значительно меньшие диаметры щитовых комплексов,

что повлечет за собой кардинальные изменения сметных цен строительства.

Так, сейчас на реконструкции старого подводящего коллектора к ЧНС в Северо-Восточном округе специалистами Мосинжпроекта была впервые использована технология мокрого торкретирования вместо ж/б рубашки и, в содружестве с НИИ ЖБ и ООО «Мастер-Бетон», определен регламент работ и состав бетонных смесей.

Изменение строительных технологий в результате новых научно-технических решений неизбежно. Думается, что положительный опыт этих работ уже в скором будущем отразится на директивных и проектных решениях.

ИТ

СТРОИТЕЛЬСТВО ДУБЛЕРА КАНАЛИЗАЦИОННОГО КОЛЛЕКТОРА В РАЙОНЕ ПЛОЩАДИ МУЖЕСТВА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Ю. М. Попов,
департамент инвестиций
и строительства ГУП
«ВодоканалСПб»

Строительство объекта продиктовано в первую очередь условиями, в которых оказался ныне действующий коллектор в районе строительства обходных тоннелей метрополитена на аварийном участке между станциями метро «Лесная» и «Площадь Мужества».

Несмотря на то, что строительство обходных линий метрополитена осуществлялось с применением современного механизированного щитового комплекса и технология проходки считается безосадочной, существует теоретическая возможность возникновения неожиданных ситуаций при эксплуатации действующего канализационного коллектора и вновь построенных линий метрополитена, расположенных под

ним. Чтобы полностью исключить даже такую вероятность, было принято решение о срочном строительстве дублера канализационного коллектора в районе площади Мужества в 2003 году.

Трасса коллектора проложена в северной части города в Выборгском и Калининском районах и проходит по Полюстровскому проспекту, Гражданскому проспекту и по ул. Бутлерова до ул. Верности в юго-западном направлении. Длина его составляет 4,5 км, срок окончания работ – 2005 год.

Сложность проблеме придают особые инженерно-геологические условия Санкт-Петербурга. Территория строительства коллектора совпадает с областью распространения грунтов глинистых, супесчаных и песчаных, зачастую обладающих низкой несущей способностью. Для этой территории характерно следующее геологическое напластование: с поверхности залегает слой на-



План трассы строящегося коллектора

сыпного грунта, ниже дельтовые, преимущественно мелкие и пылеватые пески (мощностью до 20 м), подстилаемые толщей слабых балтийских суглинков и супесей. Кровля относительно прочных морских отложений находится на глубине до 30 м от поверхности. Особенность геологического напластования заключается в том, что глинистые грунты различной прочности содержат линзы и прослойки водонасыщенных песков, воды в которых не связаны с напорным горизонтом. Напорные воды приурочены к слою песков. На всех глубинах могут встречаться валуны до 2 м в диаметре.

В настоящее время генеральный подрядчик ООО «СТИС» приступил к освоению строительных площадок и проходке шахтных стволов, из которых будет осуществляться проходка тоннелей с помощью тоннелепроходческого комплекса AVN-2000D, специально приобретенного в Германии. Комплекс поз-

воляет вести работы в самых сложных геологических условиях. Технология проходки тоннелей обеспечивает полное отсутствие осадки поверхности, но несмотря на это трасса коллектора запроектирована таким образом, чтобы здания и сооружения не попали в зону подработки. В качестве отделки тоннеля будут использоваться железобетонные трубы, производство которых налажено на заводе ЗАО «Метробетон», наружным диаметром 2500 мм и внутренним – 2000 мм с дополнительной футеровкой внутренней поверхности трубы полиэтиленом толщиной 4 мм производства Австрийской фирмы AGRU. Применение футеровки позволит защитить железобетонные трубы от вредного воздействия транспортируемой по ним сточной жидкости и значительно увеличить срок эксплуатации сооружаемого тоннельного канализационного коллектора.

ИТ

ТПМК AVN 2000D фирмы «Херренкнехт АГ»



ИНЪЕКЦИОННОЕ ЗАКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ В ТОННЕЛЯХ, СТРОЯЩИХСЯ С ПОМОЩЬЮ ТПМК

М. Рыжевский,

канд. техн. наук,
инженер STV Inc., США

При использовании любых традиционных методов проходки тоннелей в прочных трещиноватых и сильно раздробленных скальных, в особенности, водоносных образованиях могут потребоваться предварительные опережающие меры по укреплению скального массива. Эти меры, осуществляемые до или после проходки, могут включать инъектирование растворов с целью как стабилизации массива, так и регулирования притока грунтовых вод в выработку. Инженерно-геологическая информация, предоставленная в связи с реализацией проекта Ист-Сайдского транспортного подхода (ИСП) в Нью-Йорке, показывает, что тоннель под Манхэттеном пересекает несколько тектонических разломов, в том числе один весьма обширный, с сильно раздробленными водонасыщенными грунтами, где ожидаются как неустойчивость грунтового массива, так и сильный приток воды в выработку. Проходка таких зон с помощью буровых тоннелепроходческих комплексов (ТПМК) может создавать серьезные проблемы. Перед началом прохождения таких зон следует рассмотреть вариант инъекционного укрепления грунтов, обеспечивающего минимизацию риска потери массивом устойчивости.

ГЕОЛОГИЯ

Для создания геологической модели Манхэттенского участка проекта ИСП был осуществлен комплекс мер, в том числе тщательный поиск архивных материалов, изучение геологических карт района, проведение геофизических исследований, бурение разведочных скважин в нескальных и скальных грунтах, отбор образцов и их анализ на месте и в лабораторных условиях. Было установлено, что участок является более сложным, чем это следовало из опубликованных материалов, при этом наиболее интенсивные разломы, сдвиги, сме-

В настоящей статье описываются технология и последовательность инъекционного укрепления грунтов при проходке тоннелей. Представлены оригинальные методы, одобренные Управлением ИСП до начала проходки Манхэттенских тоннелей с помощью ТПМК.



План Ист-Сайдского транспортного проекта (ИСП)

щения и складки обнаружили в районе улиц 57 и 58 Стрит между Парк Авеню и 2-й Авеню.

В ходе тектонического развития Манхэттенские сланцы были раздроблены и смещены. Обнаруженные здесь разломы представляют собой отдельные, иногда неширокие структуры со смещением одной или нескольких плоскостей относительно друг друга. Между улицами Восточная 57-я и Восточная 58-я Стрит трасса пересекает мощную зону сдвига. Эта зона характеризуется наличием раздробленных пород шириной от 3 м и более, при этом влияние разлома распространяется на ширину порядка 30 м, где ожидаются интенсивные разрушения. Четко выраженная брекчия

скреплена милонитом. Трещины заполнены кварцем и милонитом. Граница брекчи и ненарушенного скального массива прослеживается хорошо, однако в зоне влияния развиты системы швов, как заполненных, так и не заполненных минеральным материалом. Кроме этой, обнаружено еще несколько сдвиговых зон. Малые сдвиговые зоны раздробленной породы имеют толщину порядка 30 см, зона их влияния, включающая системы швов, заполненных, частично заполненных или не заполненных минеральным материалом, и плоскости скольжения, достигает ширины порядка 3 м. Вдоль тоннелей выделено и представлено несколько геологических зон, характеризующихся

близкими характеристиками скального массива. Поскольку эти геологические зоны были установлены на основе данных бурения, границы каждой зоны являются приближенными.

Уровни воды, замеренные в разведочных скважинах, находятся на глубине от 5 м ниже поверхности улиц до менее 1,5 м ниже лотка существующих водоотводных сооружений. Источники подпитки грунтовых вод под Манхэттеном – поверхностный сток, протечки в сетях бытовой и ливневой канализации и водопровода, а также расположенные в данном районе реки Восточная и Гудзон. На некоторых участках трассы система поверхностного стока включает реку Гарлем и Нью-Йоркский залив.

Гидрогеологические условия скального массива регулируются через систему трещин. На водопроницаемость отдельных его частей оказывает влияние ряд факторов, в том числе близость различных поверхностей, изменения, приведшие к сдвигу минералов с поверхности трещин или, напротив, к помещению туда минералов, от материала стенок трещин, подвергнувшегося растрескиванию или дроблению при образовании складок и при сдвигах. Эти геологические процессы могут увеличивать или уменьшать водопроницаемость отдельных швов. Образования не местного масштаба, например, милонит, также работают как локальные гидравлические барьеры, тогда как основные сдвиговые зоны служат для аккумуляции грунтовых вод и их перемещения.

Коэффициент фильтрации определяется путем проведения испытания с заглушкой скважин, расположенных по трассе сооружения. Для скального массива наиболее вероятны значения коэффициента фильтрации от 10–5 до 10–7 см/с, для сдвиговых зон – от 10–4 до 10–6 см/с. Обычно считают, что вдоль трассы имеются редко расположенные, но глубоко проникающие трещины с коэффициентом фильтрации 10–4 см/с, по которым движется вода со скоростями, большими, чем было определено при фильтрационных испытаниях. Некоторые трещины заполнены глиной и иным материалом. Движущаяся вода может вымыть этот материал с образованием в массиве полостей, характеризующихся коэффициентом фильтрации порядка 10–2 см/с. Грунтовые воды будут встречены и при бурении четырех наклонных стволов.

СООБРАЖЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО ХАРАКТЕРА

Предполагаемое поведение скального массива каждой из указанных геологических зон описано отдельно. Принят во внимание тот факт, что на большей части своей длины тоннели будут пройдены с использованием ТПМК при



Рис. 1. Установление характеристик грунтового массива перед ТПМК

ограниченном применении буровзрывного метода.

Опыт строительства объектов в Нью-Йорке и результаты реализованной программы инженерно-геологических исследований вдоль трассы свидетельствуют о том, что грунтовый массив вдоль трассы находится в хорошем и устойчивом состоянии, гидрогеологические условия средние. Неустойчивые грунты ожидаются только в сдвиговых зонах, которые будут служить также источником существенного притока грунтовых вод. Оценка устойчивости скального массива и притока грунтовых вод выполнена по данным испытаний скважин с их заглушкой и по степени трещиноватости массива. Устойчивый приток грунтовых вод к каждому из четырех тоннелей оценен в 300–3000 л/мин на каждые 300 м длины тоннеля.

Для предотвращения вывала блоков и рыхлого скального материала из верхнего свода и стенок тоннелей предусмотрена временная крепь. Она представляет собой полностью набивные анкера и анкера из смол в сочетании с металлическими сетками, заполненными или не заполненными набрызг-бетоном, а в отдельных случаях применения буровзрывного метода – решетчатые балки или армированный волокном набрызг-бетон. Проходка тоннелей в неустойчивых скальных образованиях, когда, вследствие наличия часто встречающихся складок, швов, участков рыхлой породы или из-за общей неустойчивости массива, в нем возникают зоны раздробленного водонасыщенного материала и время сохранения тоннеля в неукрепленном состоянии ограничено, может потребоваться применение специальных мето-

дов опережающего улучшения свойств скального массива или ограничения притока грунтовых вод. В случаях, когда состояние скального массива требует его опережающего укрепления, применение инъекционных методов позволяет, наряду с обеспечением устойчивости выработки, регулировать приток грунтовых вод.

ИНЪЕКЦИОННЫЕ МЕТОДЫ

Инъектирование – это известная и опробованная в современном тоннелестроении технология, применимая для большинства инженерно-геологических условий. Суть технологии заключается в замещении воды или воздуха, находящихся в грунте (в порах, пустотах, трещинах, швах), жидким веществом, твердеющим в течение короткого времени. Таких веществ много, однако, наиболее распространены цементный раствор, силикат натрия и химические смолы.

Инъектированием преследуются две основные цели: во-первых, регулирование притока в выработку грунтовой воды или создание препятствия на пути подземного водного потока, и, во-вторых, увеличение сопротивляемости скального массива сдвигу с обеспечением тем самым устойчивости выработки, уменьшение осадок и иных подвижек грунта и максимальное использование свойств скального массива для обеспечения эффективности проходки.

При строительстве тоннелей мелкого заложения инъектирование часто проводят с поверхности, для того чтобы проходка и инъектирование производились одновременно. Этот способ будет применен при строительстве тоннелей мелкого заложения на одном из участков объекта Квинз. Обычная схема

инъектирования – ряды скважин, расстояние между которыми определяется местными условиями, образующие квадраты. Если условия не позволяют работать с поверхности или, как в случае Манхэтгена, тоннели имеют очень глубокое заложение, инъектирование осуществляется из забоя тоннеля. Толщина инъекционного кольца вокруг тоннельной выработки меняется в зависимости от грунтовых условий и от того, какая из двух указанных выше целей преследуется прежде всего.

ОПЕРЕЖАЮЩЕЕ ИНЪЕКТИРОВАНИЕ

Способы осуществления опережающего инъектирования из тоннельного забоя разработаны для тоннелей практически любого типа поперечного сечения, формы, диаметра и метода проходки. Цель – улучшение физических свойств скального массива или создание перед забоем и вокруг тоннельной выработки некоторой зоны, ограниченной слоем инъекционного раствора соответствующей прочности, водопроницаемости и долговечности. Обычно методика опережающего инъектирования предполагает заполнение всех или возможно большего числа трещин, швов и пустот на расстоянии 10–25 м перед забоем тоннеля и в пределах верхних 180 или 360° вокруг тоннельной выработки. После завершения опережающего инъектирования на одном участке разработку грунта можно вести на 70–80% длины этого участка. После завершения разработки проинъектированного участка перед забоем бурится рекогносцировочная скважина и определяется необходимость проведения инъектирования для следующего участка тоннельной выработки. Цикл повторяется до тех пор, пока этого требуют геологические условия. Для получения «сухого» тоннеля может потребоваться осуществление инъектирования после проходки.

Эффективность опережающего инъектирования в очень большой степени зависит от доступности тоннельного забоя для бурового и инъекционного оборудования. При использовании буровзрывного метода проходки доступ к забою обычно не затруднен. Для тоннелей, выполняемых с помощью ТПМК, затрудненный по понятным причинам доступ буровой техники ко лбу забоя является одной из основных причин неудачного инъектирования. ТПМК редко проектируют с учетом необходимости осуществления в зоне забоя бурения в инъекционных целях. Однако современные ТПМК предусматривают возможность осуществления опережающего бурения поверх щита и даже, хотя и редко, через планшайбу (технически весьма сложное решение).

Если планируется проведение опережающего инъектирования, важно четко

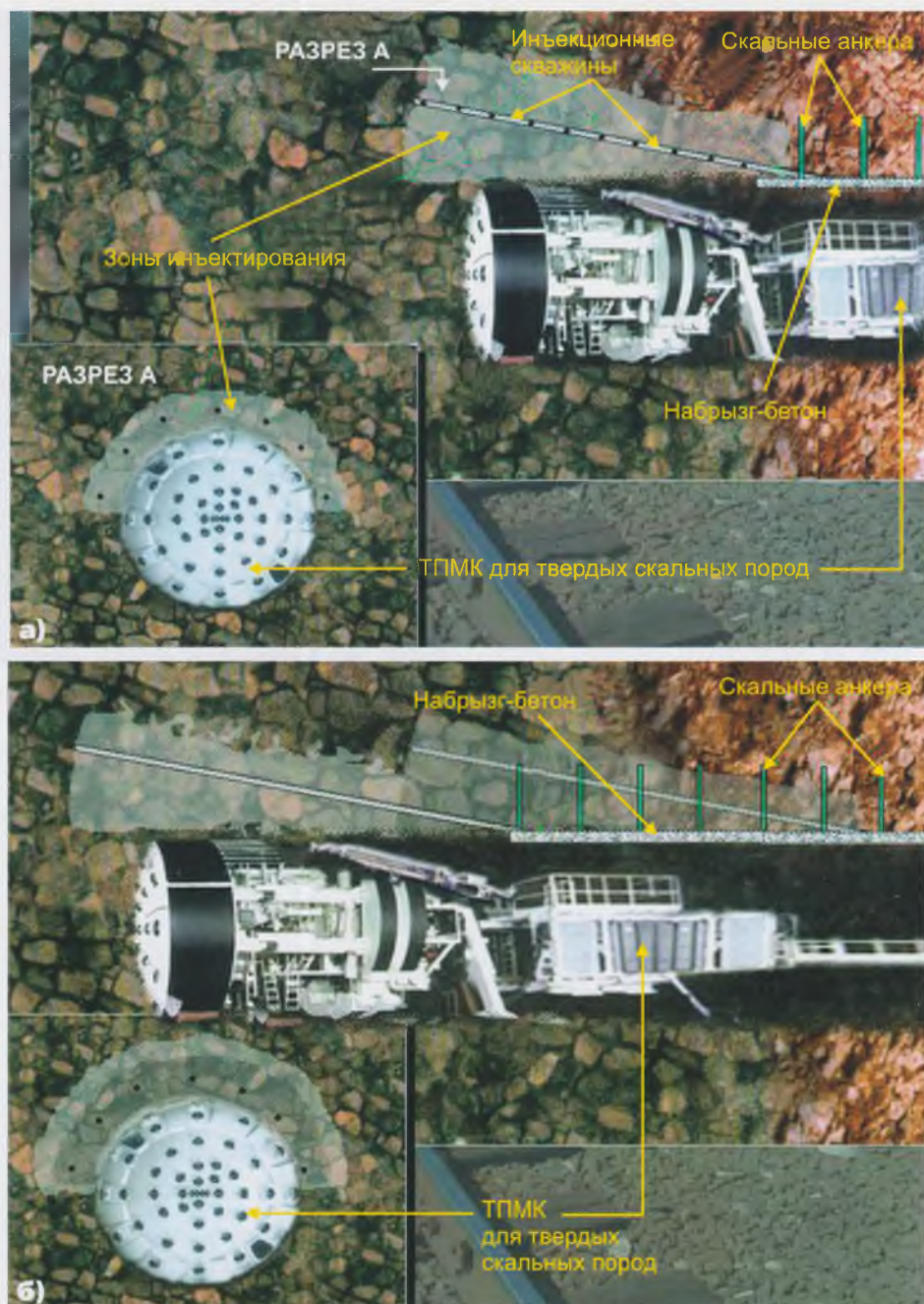


Рис. 2: а) – первая серия опережающего инъектирования перед ТПМК;
б) – следующая серия опережающего инъектирования

знать границы и объем подлежащего укреплению грунта, а также его расположение относительно тоннельного забоя. С этой целью необходимо, прежде всего, выполнить рекогносцировочное бурение перед планшайбой и установить характеристики скального массива перед забоем, а также наличие грунтовых вод, места их выхода, скорости течения и величины напора (рис. 1).

Проходка тоннелей в сильно трещиноватых и раздробленных скальных породах с приемлемыми гидрогеологическими условиями требует лишь улучшения характеристик скального массива до величин, обеспечивающих его устойчивость. В таком случае чаще всего над щитом выполняют опережающее инъектирование в зоне верхней половины поперечного сечения (180°).

Глубина инъектирования определяется углом, под которым может работать буровой станок. Технические условия таких станков обычно устанавливают минимальный угол наклона скважин относительно оси тоннеля равным 5–10°. Чем больше этот угол, тем глубже войдет бур в стенку тоннельной выработки.

Если рекогносцировочное бурение показывает, что приток грунтовых вод превышает прогнозирувшиеся ранее величины, то с целью регулирования гидрогеологического режима может оказаться необходимым выполнить бурение инъекционных скважин по всему периметру осуществляемой с помощью ТПМК выработки. Иными словами, вероятность появления грунтовых вод является решающим фактором выбора типа

оборудования и назначения его характеристик.

Как уже отмечалось выше, расчетный приток грунтовых вод к каждому из четырех тоннелей определен в объеме 300–3000 л/мин на каждые 300 м длины тоннеля. На стадии строительства такой расход допустим, и в данном случае для предотвращения вывала скального материала позади щита ТПМК может оказаться достаточным лишь обеспечить устойчивость скального массива. С учетом этого на объекте было предусмотрено опережающее инъецирование лишь поверх планшайбы (рис. 2а, б).

Управление ИСП утвердило последовательность выполнения инъекционных работ при разработке неустойчивых скальных образований, заключающуюся в бурении перед ТПМК рекогносцировочных скважин, опережающем инъецировании потенциально неустойчивой зоны перед и над щитом, и инъецировании зоны обратного свода за щитом, где это необходимо для регулирования притока грунтовых вод в тоннель.

Работы начинаются с бурения вблизи ожидаемой перед забоем зоны нестабильного скального образования или разлома первой рекогносцировочной скважины, имеющей длину до 30 м и выполняемой в месте поперечного сечения, соответствующем 12-часовому положению стрелки часов. Если эта рекогносцировочная скважина свидетельствует о потенциальной опасности, такой как наличие слабой скальной породы (более высокий темп бурения), потеря бурительной жидкости, приток через рекогносцировочную скважину грунтовых вод темпом более высоким, чем ожидалось, то бурят еще две скважины длиной до 30 м в местах, соответствующих 9- и 3-часовому положению стрелки часов. Если дополнительные скважины подтверждают наличие опасности, принимается решение о проведении опережающего инъецирования.

На объекте ИСП инъецирование было назначено по следующим причинам:

- неожиданная, свыше 50%, потеря бурительной жидкости (резкое изменение объема жидкости, возвращающейся на поверхность, обычно означает, что буровой инструмент проник в горизонт высокой водопроницаемости);
- устойчивый (в течение более получаса) приток грунтовых вод через некоторые из пробуренных перед тоннельным забоем рекогносцировочные скважины в объеме свыше 100 л/мин или 3 л/мин/м. Полный приток грунтовых вод через все пробуренные скважины, измерившийся в течение более получаса, превысил 200 л/мин.

Поскольку, исходя из вышеназванных обстоятельств, рекомендовано опережающее инъецирование, необходимо будет пробурить над тоннелем по его оси

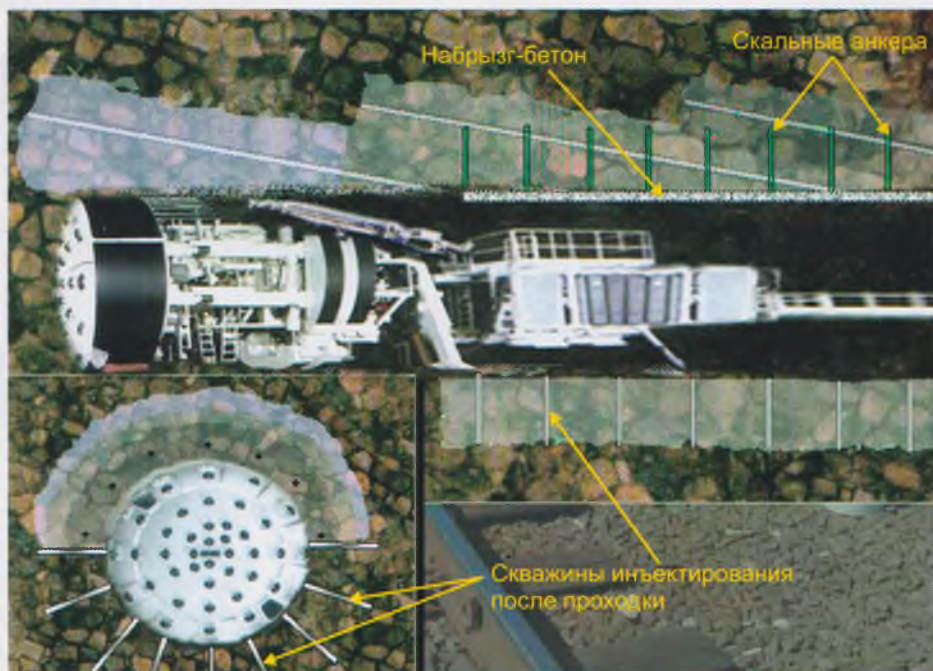


Рис. 3. Инъецирование после проходки

инъекционные скважины так, как показано на рис. 2а, сечение А. Скважины бурятся через забой тоннеля под углом от 5 до 10° к его оси на длине не менее 10 м от планшайбы. Расстояние между скважинами определяется местными характеристиками скального массива и пенетрационными параметрами инъецируемого вещества. Исходя из предыдущего опыта работы в аналогичных грунтовых условиях, рекомендуемое максимальное расстояние между инъекционными скважинами составляет 1,5 м.

Исходя из предыдущего опыта и результатов проводившихся ранее испытаний, в качестве инъецируемого вещества рекомендован цементный раствор. Цемент проникает в трещины толщиной до 0,3 мм, имеет такие же пенетрационные или фильтрационные характеристики, что и силикаты или акриловые смолы, его использование значительно долговечнее, экономически эффективнее и экологически благоприятнее. Основными компонентами цементного раствора являются вода и портландцемент типов I и II. Свойства цементного раствора можно менять путем добавки цемента других типов, например, типа III (быстротвердеющий), типа IV (с малым выделением тепла) или типа V (устойчивый к химическому воздействию). Меняя водоцементное отношение, несложно изменить скорость появления на поверхности раствора цементного молока, его пластичность и прочность при полном затвердевании. Смешение основных компонентов с добавками, такими как бентонит, силикат натрия, дисперсанты, замедлители и ускорители схватывания, также меняет свойства раствора. Новой разновидностью цемента является цемент сверхтонкого помола, позволяющий преодолевать труд-

ности использования портландцементных растворов в грунтах с низкой проницаемостью.

ИНЪЕЦИРОВАНИЕ ПОСЛЕ ПРОХОДКИ

Для большинства тоннельных объектов не допускается монтировать основные конструкции при наличии грунтовых вод в значительном объеме. С целью уменьшения притока грунтовых вод, в дополнение к опережающему инъецированию, применяют инъецирование после проходки. Конечно, опережающая инъекционная защита всей поверхности тоннельной выработки, выполняемой с помощью ТПМК, более эффективна, чем инъецирование после проходки, однако устройство такой защиты значительно уменьшает темп проходки. Поэтому на объекте ИСП при строительстве Манхэттенских тоннелей применено инъецирование за забоем, выполняемое одновременно с движением щита или на более поздних стадиях (рис. 3). Проводить инъецирование только после проходки – это трудоемкое, дорогое и зачастую неэффективное решение, зато в сочетании с опережающим инъецированием оно может быть весьма эффективным. Необходимость в создании защиты обычно возникает, если измеренный приток грунтовых вод в тоннель находится в пределах от 0,5 до 10 л/мин на 100 м тоннеля. Эта необходимость определяется также чувствительностью окружающей среды к объекту строительства, что зачастую предъявляет к инъецированию высокие требования. Обычно в таких случаях рекомендуется сочетание опережающего инъецирования с инъецированием после проходки и мероприятиями по водоотводу.

ВАГОНЫ МЕТРОПОЛИТЕНА МОДЕЛИ 81-540.7/541.7 С ТЯГОВЫМ ПРИВОДОМ ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ

В. А. Петров, А. Г. Николаев,
ООО «ТОМАК, ЛТД»
В. А. Мнацканов,
канд. техн. наук

Традиционные тиристорно-импульсные системы управления (ТИСУ) тяговыми двигателями постоянного тока и инверторные системы управления (ИНСУ) асинхронными тяговыми двигателями (АД) создают пульсации тягового тока. На вагонах метрополитена, оборудованных этими системами, приходится устанавливать фильтры массой от 1 до 1,5 т, чтобы ограничивать мешающее влияние пульсаций на работу систем сигнализации и связи метрополитена. Непроизводительные потери электроэнергии в фильтрах складываются с электроэнергией, затрачиваемой на их «перевозку» на вагонах, с их собственной стоимостью и стоимостью их обслуживания. Это снижает технико-экономические показатели вагонов.

Каждый вагон мод. 81-540.7/541.7 за счет отсутствия тяжелых фильтров и меньшей, чем у вагонов с ТИСУ или ИНСУ, массы электрооборудования дополнительно перевозит 10–20 пассажиров. Это значит, что метropоезд из 5–8 вагонов мод. 81-540.7/541.7 «бесплатно» перевозит от 50 до 150 человек, т. е. имеет в своем составе «бесплатный» вагон. Для экономики метрополитенов сейчас это очень кстати, поскольку многие пассажиры пользуются льготным проездом.

Затраты в электродепо на ремонт и обслуживание электрооборудования ТИСУ и ИНСУ в несколько раз превышают затраты на эксплуатацию электрооборудования серийных реостатных вагонов. А само обслуживание ТИСУ и ИНСУ не под силу обычному персоналу электродепо. Так, фирме «Альстом» (Великобритания) пришлось взять в аренду электродепо и заменить в нем весь персонал своими специалистами, когда выяснилось, что обычный персонал с обслуживанием поставленных ею вагонов с АД не справляется и что их

К 300-летию Санкт-Петербурга на ЗАО «Вагонмаш» с участием ОАО «Электросила» и ООО «ТОМАК, ЛТД» были построены вагоны метрополитена мод. 81-540.7/541.7. Их тяговый привод постоянного тока оснащен многофункциональными тиристорно-импульсными регуляторами тяги РТМ-350/350. Принципиально новым является то, что эти регуляторы работают как программируемые контроллеры и не требуют установки на вагоны массивных LC фильтров и сглаживающих дросселей.



Внешне головные вагоны 81-540.7 отличаются пластиковыми накладками на кабине

эксплуатация на линии Лондонского метрополитена приносит убытки.

Вагоны мод. 81-540.7/541.7 не создают в эксплуатации подобных проблем.

На них применены принципы регулирования тяги, не отличающиеся от принципов работы хорошо знакомого реостатно-контактного

Таблица 1

Наименование линии	Пробег вагонов, км/мес.	Количество отказов инверторов за 480 тыс. км пробега
Hibiya	7800	1,71
Yurakucho	8800	0,65
Nanboku	8200	0,81
Среднее 3-х линий	8250	1,26
Сокольническая, 4 двигателя ТДМ-1Э	12500	0,35
Превосходство ТДМ-1Э над инверторами «Хитачи»	по интенсивности: 12500/8250 = 1,5 раза	по надежности: 1,26/0,35 = 3,6 раза

Примечание. 1,26 – среднее число отказов с учетом пробегов на каждой линии; ТДМ-1Э – коллекторный тяговый двигатель постоянного тока производства ОАО «Электросила»

контроллера. Только контроллер здесь не контактный, а бесконтактный (электронный) и программируемый. Он в десятки раз надежнее в работе, чем контактные аппараты, и прост в обслуживании.

Регуляторы РТМ-350/350 выполняют на вагонах много функций: контролируют тягу в зоне низких скоростей, чтобы удобно, плавно и комфортно для пассажиров тронуть вагоны с места, экономично и эффективно регулируют тягу в зоне средних и высоких скоростей и, одновременно с этим, обеспечивают быстроедействие защиты тяговых двигателей в режимах тяги и торможения. В режимах тяги они не дублируют штатную защиту от аварийных режимов, а работают на опережение, предупреждая возникновение аварийных ситуаций. Это повышает безопасность движения вагонов.

При переходе вагонов на выбег обеспечивается плавный сброс тяги и создаются комфортные условия для поездки пассажиров. Новым качеством тягового привода с РТМ-350/350 является возможность эффективно регулировать тягу вагонов в зоне высоких скоростей без разборки их силовой электрической схемы. Это очень удобно машинистам.

В режиме реостатного торможения регуляторы РТМ-350/350 не допускают перегрузок и повышенных напряжений на коллекторах тяговых машин. Они надежно защищают тяговые двигатели от аварийных режимов.

Проведенные тягово-энергетические испытания показали, что вагоны мод. 81-540.7/541.7 по показателям тяги превосходят все вагоны метрополитена, выпускаемые сегодня отечественной промышленностью. Во время разгонов и торможений были достигнуты заданные техническим заданием ускорения и замедления на уровне 1,23–1,3 м/с² и реализованы требуемые ТЗ тормозные пути. Проведенные замеры показали, что динамика разгона у новых вагонов на 5–10% лучше, а расход электроэнергии на тягу на 5–10% меньше, чем у серийных реостатных вагонов и вагонов с ТИСУ.

Расход электроэнергии на тягу у вагонов с АД (при стандартной для испытательной скорости сообщения 48 км/ч) меньше, чем у вагонов мод. 81-540.7/541.7, на 5–10%. Но при реально существующих в эксплуатации скоростях сообщения, 40–42 км/ч, вагоны мод. 81-540.7/541.7 будут расходовать электроэнергии меньше, чем вагоны с АД.

Важнейшим в эксплуатации является вопрос надежности тягового привода. Если развитие тяги на метрополитене пойдет по пути замены на вагонах реостатно-контактных контроллеров программируемыми реостатно-бесконтактными контроллерами (РБК), то надежность работы вагонов с РБК по сравнению

с ТИСУ повысится в 5–6 раз, а по сравнению с вагонами с ИНСУ – в 1,5 раза.

Вывод о более высокой надежности программируемых РБК по сравнению с ТИСУ основывается на сравнении статистики отказов систем ТИСУ со статистикой отказов электрооборудования серийных реостатных вагонов, у которых, как и у систем с РБК, основным аппаратом регулирования тяги является реостатный контроллер.

Количество отказов комплекта электрооборудования с ТИСУ в 1999 г. составило 105 на 1 млн км пробега (Скибинский В. А. и др. Опыт эксплуатации вагонов серии 81-718/719 на линиях Харьковского метрополитена. «Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте», 2000, №3). Согласно статистике, собранной за 1998 г. в электродепо «Черкизово» Московского метрополитена, надежность работы электрооборудования серийных реостатных вагонов метрополитена мод. 81-717.5М/714.5М характеризуется цифрой 54,5 отказа на 1 млн км пробега. Значит, надежность работы электрооборудования серийных вагонов с реостатно-контактными контроллерами вдвое превосходит надежность работы электрооборудования вагонов с ТИСУ.

Предварительный вывод о том, что программируемые РБК по надежности превзойдут системы ИНСУ, также основан на статистике эксплуатации, представленной в Сертификате аккредитации фирмы «Хитачи», где эксплуатационная надежность изготовленных ею и эксплуатируемых в Японии тяговых

инверторов (ИНСУ) характеризуется следующими цифрами (табл. 1).

Анализ табл. 1 показывает, что надежность тяговых двигателей ТДМ-1Э превосходит надежность тяговых инверторов фирмы «Хитачи» в 3,6 раза. И это несмотря на то, что интенсивность их эксплуатации в 1,5 раза превышает интенсивность эксплуатации инверторов. Поэтому заменять более надежные тяговые двигатели постоянного тока менее надежными инверторами не следует.

Для более строгого сопоставления надежности отечественных тяговых систем с РБК с японскими ИНСУ с АД фирмы «Хитачи», к указанным в табл. 1 показателям отказов инверторов прибавим отказы АД, а к отказам тяговых двигателей ТДМ-1Э – отказы РБК.

Статистику отказов АД фирма «Хитачи» в своем Сертификате аккредитации не приводит. Однако с достаточной точностью ее можно представить, пользуясь показателями надежно работающих в эксплуатации тяговых двигателей ТДМ-1Э: почти за год работы на метропоездах Сокольнической линии Московского метрополитена (электродепо «Черкизово») 270 тяговых двигателей ТДМ-1Э при общем пробеге ими 37,6 млн км дали семь отказов. Это всего один отказ на 5 млн км пробега. Отказы, вызванные ненадежной работой коллектора, составили около 40% от общего числа отказов двигателей ТДМ-1Э (три отказа из семи за 37,6 млн км пробега). Поэтому ожидаемое количество отказов АД (за вычетом из общего количества отказов ТДМ-1Э числа отказов по вине коллектора) составит около 0,2 отказа на 480 тыс. км пробега.

Таблица 2

	Аппараты управления (переключатели, контроллеры...)	Тяговый двигатель (ТДМ-1Э)	Силовая цепь	Вспомогат. высоковольт. цепи
Количество неисправн. за 3 года	19,5	0,088 × 4	0,48	0,7
Их доля, %	92,7	1,7	2,3	3,3

Характерные для вагонов мод. 81-717/714 цифры отказов основных узлов электрооборудования за три года эксплуатации (480 тыс. км пробега) приведены в табл. 2.

Анализ табл. 2 показывает, что доля 4-х тяговых двигателей ТДМ-1Э в числе отказов электрооборудования одного вагона составляет 1,7% и что коллекторный тяговый двигатель является самым надежным среди тяговых аппаратов вагона. Для повышения надежности электрооборудования отечественных вагонов метро в первую очередь следует снижать отказы аппаратов управления: их доля в числе отказов составляет более 90%.

Реостатно-бесконтактные контроллеры наилучшим образом решают именно эту задачу. Они на порядок проще по управлению, алгоритму работы, схемно и конструктивно, чем инверторы (ИНСУ) и работают в гораздо менее напряженных тепловых режимах. Поэтому интенсивность их отказов будет, как минимум, вдвое ниже интенсивности отказов инверторов.

Суммарное количество отказов на одном вагоне при пробеге 480 тыс. км (3 года работы) указано в табл. 3.

Сопоставление суммарных цифр отказов показывает, что отечественный тяговый привод постоянного тока с РБК, собранными (как и инверторы) из импортных комплектующих, будет работать на вагонах метро в 1,5 раза надежнее, чем импортный асинхронный тяговый привод ($1,46/0,98 = 1,5$).

Если РБК будут собраны из отечественных комплектующих, то их надежность составит 1,86 отказа на 480 тыс. км пробега. Цифра 1,86 получена на основе статистики отказов тиристорных регуляторов РТ-300/300 из отечественных полупроводников, которые уже 25 лет работают на вагонах метро мод. 81-717/714. Суммарное число отказов отечественного тягового привода постоянного тока с РБК из отечественных комплектующих составит 2,21 отказа на 480 тыс. км пробега (см. табл. 3). По надежности работы он практически не уступит импортному асинхронному приводу.

Если принять на веру статистику отказов, представленную в Сертификате аккредитации фирмы «Хитачи», то импортные АД и инверторы совместно будут давать на вагоне метро один отказ за 2 года работы. На линии Nibiya при гораздо меньшей интенсивности эксплуатации подвижного состава, чем в метро, один отказ инвертора на вагоне возникнет за 3 года работы: на 20 вагонах за 3 года было зарегистрировано 20 отказов инверторов. При в 1,5 раза большей интенсивности эксплуатации 20 отказов на 20-ти вагонах возникнет за 2 года работы. Значит, в электродепо с парком 150 вагонов отказ инвертора



Таблица 3

Тип привода		Отказы РБК и инверторов	Отказы тяговых двигателей	Суммарное число отказов
Привод постоянного тока	импортн. комплект.	контроллер РБК 0,63	0,35	0,98
	отечеств. комплект.	контроллер РБК 1,86	0,35	2,21
Асинхронный привод	импортн. комплект.	инвертор ИНСУ 1,26	0,2	1,46

Примечание. 0,63 – это половина от 1,26; 0,2 – ожидаемая интенсивность отказов АД; остальные цифры взяты из табл. 1.

будет возникать, в среднем, один раз в неделю, плюс отказы АД.

Если взять за основу статистику отказов по тяговым двигателям ТДМ-1Э и тиристорным регуляторам РТ-300/300, то получится, что отечественный тяговый привод с РБК, собранным из отечественной электроники, будет давать один отказ за 1,5 года работы (по тяговым двигателям и РБК). Это приемлемый для эксплуатации показатель с учетом того, что тяговый привод с РБК в 10 раз дешевле асинхронного, требует меньших затрат на поиск причины отказа и в 10-20 раз дешевле по стоимости его восстановления после отказа.

Ведущие иностранные фирмы пошли на разработку дорогостоящего асинхронного привода с целью использовать его в первую очередь на мощных высокоскоростных электровозах и электропоездах. Это позволило им не только решать некоторые технические проблемы высокоскоростного движения, но и вывести конкурентную борьбу на этом рынке на новый, технологически недостижимый для многих их конкурентов уровень. А затем скомпенсировать понесенные затраты за счет монопольных цен на вагоны с АД.

Тяге средних мощностей и средних скоростей привод переменного тока не обязателен и зачастую невыгоден. Тут не меньшие возможности для повышения надежности имеются у тягового привода постоянного тока при оснащении его силовой электроникой. Этот путь требует гораздо меньших капиталовложений. Но он не был основательно проработан иными фирмами, поскольку не подходил им по конъюнктурным соображениям. По этим же соображениям асинхронный привод стали внедрять даже там, где его появление ни технически, ни экономически не оправдано, убеждая по ходу потенциальных заказчиков и конкурентов в единственности асинхронного пути. Здесь явно просматривалась боязнь получить в качестве конкурента модернизированный силовой электроникой привод постоянного тока.

Отечественной промышленности вряд ли следует втягиваться в эту борьбу, т. к. ни она сама, ни эксплуатация финансово и технологически не готовы к этому. «Победа» в такой борьбе ничего кроме убытков не принесет. А электродепо метрополитенов этой «победы» сегодня просто не выдержат.

ВЫВОДЫ

1. Вагоны метро с АД будут иметь более высокую надежность в эксплуатации по сравнению с вагонами старых моделей, с морально устаревшими реостатно-контактными контроллерами и переключателями. По отношению к вагонам новых моделей с РБК, РТМ и двигателями постоянного тока вагоны с АД не будут иметь преимуществ по надежности, по экономии электроэнергии и по затратам в эксплуатации.

2. Оптимальный на сегодня путь повышения надежности тягового привода отечественных вагонов метро – замена механических аппаратов управления современными электронными РБК и РТМ, работающими по принципу программируемых контроллеров. Этот путь намного проще, дешевле и эффективнее, чем переход на привод переменного тока с АД. К его реализации готова отечественная промышленность, он удобен и выгоден эксплуатации, не требует снятия с вагона самого надежного тягового аппарата (тягового двигателя постоянного тока) и замены его дорогостоящими инверторами с АД.

3. Вагоны с РБК будут сцепляемы с вагонами эксплуатируемого парка и в итоге окажутся для эксплуатации более приемлемыми и более конкурентоспособными, чем вагоны с АД.

4. Вагоны метрополитена мод. 81-540.7/541.7 – первый шаг в этом направлении.

5. Вышеуказанные выводы вытекают из того очевидного факта, что «отечественное железо» с намотанной на нем медной проволокой (тяговый двигатель ТДМ-1Э) работает в эксплуатации надежнее, чем импортный тяговый инвертор.



ОПТИМИЗАЦИЯ ПОДБОРА ОТРЕЗКОВ ТЯГОВЫХ ЦЕПЕЙ ПРИ РЕМОНТЕ ЭСКАЛАТОРОВ

Е. В. Новиков,

главный технолог

ремонтно-механической службы
Харьковского метрополитена

Измерение координат направляющих ходового полотна эскалаторов

Основными проблемами выверки ходового полотна являются:

- измерение «завалов» одной направляющей относительно другой;
- измерение отклонений от плоскости ходового полотна по вертикали;
- повторяемость измерений;
- точность измерений.

Известные способы измерений координат ходового полотна с помощью теодолита имеют ряд недостатков, не позволяющих с достаточной степенью точности измерить координаты точек. Кроме того, велика зависимость от освещенности и длины наклона. При переустановке теодолита изменяется измерительная база, и координаты ранее измеренных точек не повторяются.

В Харьковском метрополитене применяется система измерений с использованием теодолита с увеличенной оптической кратностью, что повышает точность измерений, и двух измерительных штанг с оптическими мишенями, имеющими подсветку.

Измерительная штанга представляет собой штангу с двумя базовыми опорами на направляющие ходового полотна и две освещенные мишени в одной плоскости с ценой деления 1 мм.

На штанге, по оси эскалатора, расположена площадка параллельная базовой опорной плоскости. Она имеет риск, перпендикулярную плоскости мишеней, а также место для установки измерительного уровня.

С помощью двух отвесов одновременно от осевой струны эскалатора устанавливается каждая штанга в нижней и верхней зонах наклона.

Теодолит размещается по оси эскалатора и в плоскости, образованной мишенями верхней и нижней штанг. Угол наклона этой плоскости соответствует установившемуся в процессе эксплуатации углу наклона полотна.

Нижняя штанга по точкам измерения перемещается вверх по наклону, и по мишеням измеряются координаты точек.

На эскалаторах с большой высотой подъема выверка проводится в несколько этапов, и приходится демонтировать теодолит. Использование двух штанг при повторной установке теодолита позволяет получить полную повторяемость измерений, выполненных ранее, и, соответственно, обеспечить точность.

Данный комплекс оборудования и приспособлений увеличивает точность измерений, а также снижает трудоемкость процесса выверки направляющих эскалатора.

Оптимизация подбора отрезков тяговых цепей эскалаторов

При комплектовании тяговых цепей эскалаторов всех типов (ЭТ, ЛТ, Н, ЭМ, ЭП и др.), имеющих две параллельные ветви, обязательно выполнение условия подбора отрезков по длине.

Допустимая предельная разность длин для парных отрезков цепи — 0,5 мм, а также допустимое накопление разности длин плетей на любом участке цепи не более 0,5 мм.

Наиболее распространенная методика подбора пар отрезков цепи по группам (до 4-х отрезков), с компенсацией разности длин между ними до «0», не обеспечивает выполнения условий допустимой разности длин между плетями цепей, если считать с любого шага и в разных направлениях.

Этот метод имеет ряд недостатков:

- требуется проверка накопления разности длин плетей с любого шага и в разных направлениях выявляет превышение допустимых значений;

- необходимо иметь дополнительное количество отрезков цепей для подбора, что требует дополнительных финансовых затрат;

- значительные затраты времени для подбора отрезков цепи и высокая квалификация инженера.

Так, число различных между собой сочетаний отрезков цепи определяется формулами:

$$C_m^n = \frac{m}{n(m-n)}, \quad (1)$$

где C_m^n — число различных сочетаний между собой отрезков цепей,

m — число элементов (отрезков цепей),

n — число элементов в группе (пара отрезков цепи: левая - правая).

$$C_M^N = \frac{M}{N(M-N)}, \quad (2)$$

где C_M^N — число различных сочетаний между собой пар отрезков цепи,

M — число сочетаний элементов (пар отрезков цепи) из формулы (1), C_m^n ,

N — число элементов в группе (число пар отрезков цепей в эскалаторе).

Например, для наименьшего эскалатора ЭТ-5 при 12-ти парах отрезков цепи число сочетаний отрезков цепи составляет 276, число сочетаний пар — $2,8 \times 10^{19}$.

Невыявленные превышения допустимой накопленной разности длин плетей тяговых цепей вызывают:

- перекося ступеней и, как следствие, деформацию их каркаса, нарушение сопряжения ступеней с входными площадками;

- волнообразную выработку направляющих ходового полотна из-за передергивания цепей разной длины тяговыми звездочками;

- смещение полотна относительно продольной оси при изменении направления движения эскалатора и, как следствие, изменение эксплуатационных зазоров «фартук-ступень», затирание ступеней о фартук балюстрады.

Разработанная компьютерная программа оптимизированного подбора отрезков тяговых цепей позволяет:

- подобрать отрезки цепей из всего массива, устанавливаемых на эскалатор отрезков цепей, с минимальной разницей длин между собой и минимальным накопленным удлинением при расчете с любого шага и в разных направлениях;

- уменьшить расходы на создание массива цепей, из которого необходимо комплектовать плети цепей;

- снизить требования к квалификации технического персонала, производящего расчет и подбор отрезков цепей, уменьшить время подбора и вероятность ошибок;

- выполнить обратную задачу расчета по фактически собранной цепи (в случае допущенной ошибки при сборке плетей);

- выявить разность удлинения цепей на эскалаторе, определить превышение допустимой разности длин плетей на отдельных участках и оценить причину деформации ступеней, а также принять решения о переконфигурации тяговых цепей;

- оформить результаты расчета в виде ведомости, отражающей порядок расположения отрезков цепи, разность длин отдельных участков, накопленное удлинение, общую длину левой и правой цепи;

- формировать ведомость укладки отрезков цепей в контейнеры для перевозки на станцию в том порядке, который соответствует схеме сборки плетей, обеспечив минимальные трудозатраты и снизив вероятность ошибок при сборке плетей;

- произвести подбор отрезков цепей с учетом вариантов длины (4Т-4Т; 3Т-3Т; 8Т-8Т; 7Т-7Т);

- создать каталог плетей тяговых цепей для всех эскалаторов;

- внести изменения в машинный расчет при необходимости;

- уменьшить деформацию ступеней, образование явления «нерасклада цепей», волнообразный износ направляющих, удары ступеней во входных площадках, смещение ходового полотна при изменении направления движения.

Проблема общественного транспорта для густонаселенных столиц южноамериканского континента сегодня стоит как никогда остро. Между тем общеизвестно, что единственным способом радикального решения транспортных проблем мегаполисов является сооружение метрополитена.



РОЛЬ МЕТРОПОЛИТЕНА В РЕШЕНИИ ТРАНСПОРТНОЙ ПРОБЛЕМЫ г. БОГОТЫ (КОЛУМБИЯ)

А. К. Торрес Прада,
инженер

Д. М. Голицынский,
доктор техн. наук,
профессор, ПГУПС

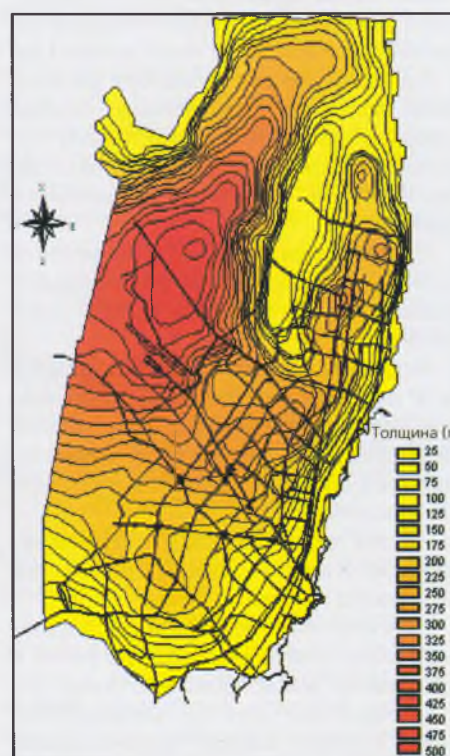
Богота – столица Республики Колумбия, находится на высоте 2600 м над уровнем моря и в настоящее время занимает площадь около 480 км². В Боготе насчитывается уже около 7 млн жителей.

Количество зарегистрированных частных автомобилей в столице в последние годы быстро возрастает, что является основной проблемой городского транспорта. В настоящее время в Боготе было зарегистрировано более 900 тыс. частных автомобилей и только 31 тыс. автобусов. Частные автомобили, занимая 95% пропускной способности местных дорог, транспортируют только 20% населения.

72% жителей ездят на автобусах, а каждый человек в среднем тратит более часа на путь со средней скоростью передвижения 12 км/ч. Считается, что для ре-



Разделение территории г. Боготы по виду грунта



Толщина осадочных грунтов в г. Боготе

шения транспортной проблемы необходимо менять существующую систему, которая должна включать и метрополитен.

Структура автодорожной системы столицы состоит из четырех различных сетей и её пересечений. Эти сети составляют свыше 15 тыс. км автодорожных рядов.

Планируемая система транспорта Боготы включает:

- первую линию метро (ПЛМ),
- линии движения автобусов системы «Трансмиленио»,
- дороги для велосипедистов,
- пригородные поезда,
- систему городской парковки автобусов,
- автотранспортные вокзалы.

В настоящее время успешно эксплуатируется новая система общественного транспорта в Боготе – «Трансмиленио». Она отличается следующими особенностями: в ней используются современные модели автобусов вместимостью до 160 пассажиров, движение автобусов производится по закрытым для других видов городского и индивидуального транспорта магистральям, что существенно сокращает время прохождения маршрута. На главной линии системы «Трансмиленио» перевозится 15 тыс. пассажиров в час в одну сторону со средней скоростью движения автобусов 27 км/ч. Однако, несмотря на достоинства новой системы, с учетом роста количества населения (до 10 млн жителей к 2020 г.) города и объемов пассажиропотоков, только строительство метрополитена может обеспечить эффективное стабильное решение городской проблемы массового транспорта. Линии метрополитена не только разгрузят улицы города, но и обеспечат увеличение скорости сообщения в 2–3 раза, перевоза от 25 до 40 тыс. пассажиров в одном направлении (при 4-х и 5-ти вагонах в составе поезда).

Инженерно-геологические условия района г. Боготы достаточно сложные. Он располагается на осадочных грунтах, образующих обширное плоскогорье, окруженное возвышенностями из грунтов типа песчаника, глин и конгломератов. Плоская зона в северной и северо-восточной части представлена главным образом пластичной глиной и однородным илом. В южной части находятся илестые, глинистые и песчаные грунты с прослойками линз из песка и гальки с включениями вулканического пепла и органического материала. В основании возвышенностей с востока и юга залегают толщи осадочных конгломератов, как результат разлома, климатического воздействия, выветривания скальных грунтов и воздействия водных потоков. Толщина слабых осадочных грунтов, образующих плоскую зону города, доходит до 400 м.



«Трансмиленио» – новая система общественного транспорта г. Боготы

Колумбия находится в одной из самых активных сейсмических зон Земли, которая называется Кольцом Тихого Океана. Колумбийская территория расположена между тремя большими тектоническими плитами (Южно-Американская, Наска и Карибская), которые в настоящее время сближаются между собой с различными скоростями.

Выделяют два фундаментально различных типа сейсмических воздействий: во-первых, землетрясения, связанные с тектонической зоной Наски и землетрясения, связанные с системой сбросов, которые затрагивают сложную и деформированную континентальную земную кору по длине и ширине колумбийских горных цепей.

Землетрясения силой в VII (MSK) баллов – статистически самые частые в местностях плоскогорья Боготы. Максимальная сила землетрясения, зарегистрированная в Боготе, составляет IX баллов.

В центральной части крупнейших городов в условиях плотной застройки, при наличии архитектурных, исторических памятников и разного рода охранных зон, как правило, прокладывают линии метрополитена глубокого заложения, несмотря на их высокую стоимость и значительные трудозатраты. В такой ситуации находится центральная часть города Боготы, где необходимо запроектировать подземную линию метрополитена с учетом особенностей инженерно-геологических условий, гетерогенности грунта и свойств материалов, связанных с геотехническими и сейсмическими аспек-

тами. Поэтому вопросы выбора конструкции и технологии сооружения тоннелей метрополитена приобретают особое значение.

Одна из самых сложных проблем – координация работы метрополитена с наземными видами транспорта. Инфраструктура системы «Трансмиленио» будет являться интегральной частью запланированной системы транспорта Боготы вместе с линиями метрополитена, который будет играть большую роль по охране естественных ресурсов и экономии финансовых средств города. Кроме того, метро имеет две особенности, очень важные для будущего нормального развития Боготы, – надежное функционирование и высокая провозная способность.

Кроме рассмотренных аспектов, к исходным данным, необходимым для построения сети линий метрополитена, относятся сведения о топографии и рельефе местности, инженерно-геологических и гидрогеологических условиях, а также выбор материалов, отражающих особенности архитектурно-планировочных решений и городской инфраструктуры (существующая и проектируемая).

Чтобы правильно определить динамику пассажиропотоков внутри города, необходимо проанализировать рост плотности населения его различных районов. Средняя плотность сегодня составляет 190 человек на гектар, но население неравномерно по площади весьма неравномерно – от 175 до 300 чел./га. В пригородных зонах наблюдается прирост населения более быстрыми темпа-

ми, чем в центральной части города, и составляет до 3,5% в год.

В настоящее время население Боготы передвигается, главным образом, используя "коридоры" автодорог. Через главные магистрали и улицы сети дорог города реализуется около 9 млн поездок в день. Из них 5,5 млн приходится на общественный транспорт, 2,5 – на автомобильный и остальные – на различные альтернативные средства (мотоцикл, велосипед и пешком). Прогнозируется, что количество ежедневных поездок к 2015 г. достигнет 11,4 млн. При этом следует отметить, что доля общественного и альтернативного транспорта в перевозках составляет 67% от общего количества поездок.

Кроме того, по главным магистралям ожидается к 2015 г. более 5 млн поездок пассажиров в сутки на автобусных маршрутах. Совокупность поездок на этих магистралях соответствует 80% от поездок на общественном транспорте города. Например, на проспекте «Каракас» (главная магистраль центра города) пассажиропотоки к 2015 г. достигнут 800 тыс. чел./сут. С учетом неравномерности распределения пассажиров по направлениям и увеличения их числа в часы пик, можно ожидать устойчивые пассажиропотоки до 35 тыс. чел./ч в одном направлении.

Данные о перспективных пассажиропотоках на большинстве магистралей города и величине пассажирооборота между его районами свидетельствуют о том, что провозная способность пассажирского транспорта Боготы находится на критической отметке. Очевидно, что без метрополитена невозможно успешное решение проблемы городских массовых пассажирских перевозок, что будет сдерживать дальнейшее развитие Боготы, как крупного административного, коммерческого и делового центра Южной Америки.

Минимальная протяженность линий метрополитена г. Боготы на ближайшую перспективу определена по предложенной эмпирической зависимости. Основными параметрами являются: прогнозируемый пассажирооборот метрополитена – A_m , млн пасс./год, (доля от суммарного годового пассажирооборота в городе $\sum A_i$) и заданная транспортная напряженность линий – T , (млн пасс./км в год.)

Прогнозируемый пассажирооборот метрополитена:

$$A_m = \sum A_i \alpha \beta k_n k_c, \quad (1)$$

где α и β – параметры, определяющие долю спроса на общественные перевозки всеми видами транспорта и на перевозке метрополитена от суммарного годового пассажирооборота города.

Спрос на общественные перевозки по статистическим данным приближается

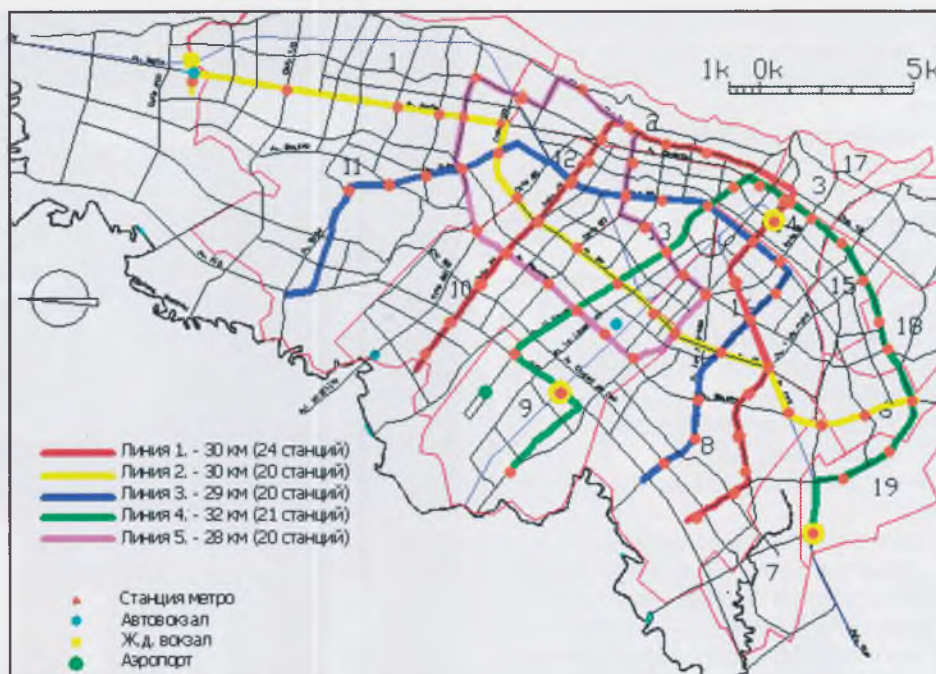


Схема линий метрополитена г. Боготы

к 60% ($\alpha=0,6$). Анализ данных эффективности работы метрополитенов в городах России и СНГ дает основание принять параметр $\beta=0,30$.

k_n и k_c – коэффициенты, учитывающие, соответственно, «пиковую» нагрузку и сезонное увеличение пассажирооборота. Коэффициенты k_n и k_c в условиях Боготы, согласно статистике, равны, соответственно, 1,15 и 1,1.

С учетом опыта проектных решений новых метрополитенов в городах России, а также исходя из комфортности перевозок, величина транспортной напряженности линий принята $T=6$ млн пасс./км в год.

Тогда минимальная эксплуатационная длина линий метрополитена на ближайшую перспективу:

$$L_s = A_m / T, \text{ (км)} \quad (2)$$

Подставляя указанные значения параметров в формулу (2) и произведя вычисления, получим полную эксплуатационную длину линий:

$$L_s = \sum A_i \alpha \beta k_n k_c / T = (4154 \times 0,6 \times 0,3 \times 1,15 \times 1,1) : 6 = 157 \text{ (км)}. \quad (3)$$

Таким образом, для решения транспортной проблемы длина линий метрополитена в Боготе к 2015 г. должна составлять не менее 157 км.

На основе анализа плотности распределения жителей по районам города, существующей и перспективной сети автомобильных магистралей, провозной способности общественного транспорта, величины пассажиропотоков и пассажирооборота, с учетом определяющего социального фактора, нами разработана и обоснована диаметрально-коль-

цевая схема линий метрополитена Боготы. Она включает 5 линий, 105 станций, из которых 19 – являются пересадочными.

Первая линия соединяет северо-запад города с центром на расстоянии 10 км, затем проходит через центр города на участке приблизительно 8 км и пересекает юго-запад города на участке 12 км. Линия метро обслуживает зоны центра столицы и другие важные коммерческие, деловые, промышленные и развлекательные объекты.

В центральной части города трасса проходит в условиях плотной застройки при наличии архитектурных, исторических памятников и разного рода охранных зон. Тоннели на этом участке первой линии следует проложить на глубоком заложении. С учетом инженерно-геологических и гидрологических условий, а также возможности пересечения зон с густой сетью подземных коммуникаций и глубоких фундаментов отдельных зданий и сооружений, глубина заложения линии составит от 20 до 45 м.

При выходе трассы за пределы центральных районов в периферийные рационально перейти на мелкое заложение линии. В этом случае предлагается проходка тоннелей на глубине 8–10 м и сооружение станций открытым способом в котлованах.

Оптимальный выбор конструктивно-технологических решений перегонных тоннелей первой линии метрополитена Боготы необходимо определить на основе подробного анализа градостроительных особенностей и инженерно-геологических условий по трассе линии с учетом мирового опыта строительства метрополитенов.

ТОННЕЛИ И ИХ ПАССИВНАЯ ОГНЕЗАЩИТА

Развитие современной транспортной инфраструктуры крупных городов и промышленных центров приводит к необходимости строительства большого количества автодорожных тоннелей, представляющих собой сложный комплекс подземных сооружений. Опыт эксплуатации транспортных тоннелей, особенно расположенных в пределах города, указывает на высокую вероятность аварий и дорожно-транспортных происшествий в них, которые нередко сопровождаются пожарами с тяжелыми последствиями (табл. 1).

Ю. В. Кривцов, д. т. н.

О. Б. Ламкин, к. т. н.

Потенциальную пожарную опасность тоннелей обуславливает значительное количество горючих материалов, насыщенность техническими устройствами, высокая энерговооруженность. Пожар в тоннеле может иметь разный характер и интенсивность: от горения одного легкового автомобиля с небольшим количеством топлива (баком) до автоцистерны с бензином. В тоннелях возможны пожары с большой интенсивностью, когда температура повышается до 1350° С и тепловой поток составляет более 300 кВт/м². По мере увеличения количества автомашин и движения на дорогах, объема перевозок опасных грузов риск аварии, а, следовательно, и пожара, растет.

Пожары в тоннелях отличаются от пожаров в надземных зданиях более бы-

рым нарастанием среднеобъемной температуры, более высокой температурой, разрушением отделки, угрозой обрушения конструкций, сильным задымлением, большей продолжительностью. При пожарах в тоннелях возникают более неблагоприятные для несущих строительных конструкций условия тепло- и газообмена. Пожары, как правило, носят затяжной характер и требуют привлечения большого количества сил и средств для их ликвидации.

До последнего времени за рубежом и в нашей стране подходы к противопожарной защите, в том числе и пассивной, конструкций тоннелей, особенно несущих, практически не отличались от подходов к защите промышленных и гражданских зданий. Вместе с тем, детальные исследования пожаров в тоннелях, проведенные в Германии, Франции, Великобритании и Нидерландах показали, что такие подходы не вполне справедливы. Стандартная температурная

кривая пожара отвечает условиям его развития в надземных сооружениях и позволяет лишь прогнозировать поведение конструкций при пожаре в тоннелях.

В связи с этим, в ряде стран в последнее время были приняты новые модельные кривые развития пожара ZTV (Германия), HCM (Франция), RWS (Нидерланды) и EUROCODE (ЕЭС). В наибольшей степени реальным условиям развития пожара в тоннеле отвечает кривая RWS, по которой в настоящее время испытывается большинство средств для огнезащиты тоннелей (рис. 1).

Поведение бетона в условиях пожара характеризуется следующими процессами (рис. 2). При 150° С начинается образование внутренних трещин бетона, развивающихся по всей толщине сжатой конструкции вследствие ее нагруженности. По мере повышения температуры до 200–250° С, в зависимости от марки бетона и типа конструкции, про-

Таблица 1

КРУПНЕЙШИЕ ПОЖАРЫ В ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЯХ

Название тоннеля, год пожара	Длина, м	Страна	Причина	Продолжител. пожара	Число пострадавших	Уничтоженный транспорт	Повреждения тоннеля
BP – A6 1976	430	Франция	Грузовик с пленкой				
Velsen 1978	770	Нидерланды	Столкновение машин	1 ч 20 мин.	5 погибших 5 раненых	2 грузовика 24 легк. авт.	30 м
Pecorile 1983	600	Италия	Столкновение машин		8 погибших 22 раненых	10 легк. автомобилей	Легкие повреждения 200 м
Frejus, 1983	12868	Франция-Италия	Грузовик с пластиком	1 ч 50 мин.			
Gothard 1984	16231	Швейцария	Грузовик с пластиком	24 мин.		Тяжелый грузовик	30 м
Felthertas-sen, 1984	5130	Австрия	Авария автобуса	1 ч 30 мин.		1 автобус	Легкие повреждения
L Arme 1986	1105	Франция	Авария тяжелого грузовика		3 погибших 3 раненых	1 т.грузовик 1 легк.авт.	100 м
Gumefens 1987	340	Швейцария	Авария	2 ч	2 погибших	2 т.грузовик 1 легк. авт.	Легкие повреждения
Serra Ripoli 1993	442	Италия	Столкновение нескольких машин	2 ч 30 мин.	4 погибших 2 раненых	5 т.грузовиков 11 легк. авт.	Легкие повреждения
Castellar 1994	570	Франция	Грузовик с бумагой	1 ч		Тяжелый грузовик	Пострад. оборудов.
Pfander 1995	6719	Австрия	1 грузовик		3 погибших 4 раненых	4 легк. авт.	Легкие повреждения
Isola delle Femmine 1996	148	Италия	Авария грузовика	взрыв	5 погибших 10 раненых	1 автобус 10 авт.	Пострад. оборудов.
Mont Blanc 1999		Швейцария	Столкновение большегрузных автомобилей	взрыв, до суток	39 погибших	до 100 автомобилей	350 млн евро закрыт 30 мес.

исходит взрывное отслаивание бетона, сопровождающееся уменьшением его толщины. При 250° С начинается опасное ослабление упрочняющей арматуры. При температуре бетона 380° С происходит полная потеря прочности бетона и несущей способности конструкции.

Растрескивание и продвижение фронта разрушения продолжается и после снятия тепловой нагрузки в течение нескольких десятков минут, причем граница раздела – дополнительный слой бетона – бетон, арматура и армирующие сетки не являются препятствием для распространения внутренних трещин и продвижения фронта разрушения.

Практика эксплуатации подземных сооружений показывает, что добиться абсолютно надежной их гидроизоляции не представляется возможным. Поэтому бетон несущих конструкций в процессе эксплуатации объекта имеет повышенную влажность. В этом случае возникает опасность его взрывообразного разрушения при пожаре, что приводит к выходу из строя бетонных и железобетонных конструкций уже через 15 мин от начала огневого воздействия.

Взрывчатое растрескивание бетона во время пожара приносит серьезные повреждения конструкции вместе со значительной экономической потерей и риском для жизни человека. Как правило, растрескивание происходит по двум причинам. Первая – это развитие сжимающего напряжения на разогретой стороне вследствие тепловых градиентов. Вторая – образование парового давления. Кроме этого, растрескивание в бетоне происходит под давлением, вызываемым внешним воздействием.

Для защиты железобетонных конструкций наиболее применимыми могут быть обетонирование и обработка специальными огнезащитными штукатурными составами, поскольку эти способы наиболее целесообразны с точки зрения комплексной защиты бетона от всех видов воздействия.

В рамках реализации такого подхода в Европе уже введены в действие нормы RILEM 124 SRC «Стратегия ремонта бетонных конструкций» и на их основе ENV 1504-9, 1998 «Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций», предусматривающие комплексную защиту бетона не только от эксплуатационной коррозии, но и от ослабления и разрушения в чрезвычайных ситуациях.

Способ огнезащиты обетонированием, в том числе и легкими бетонами, основан на простом увеличении толщины защитного слоя бетона при изготовлении изделий, либо после монтажа конструкции. Однако, на взгляд специалистов TNO, ZTV, HCN, он не всегда хорош из-за следующих обстоятельств. Высокая прочность связи бетонного покрытия

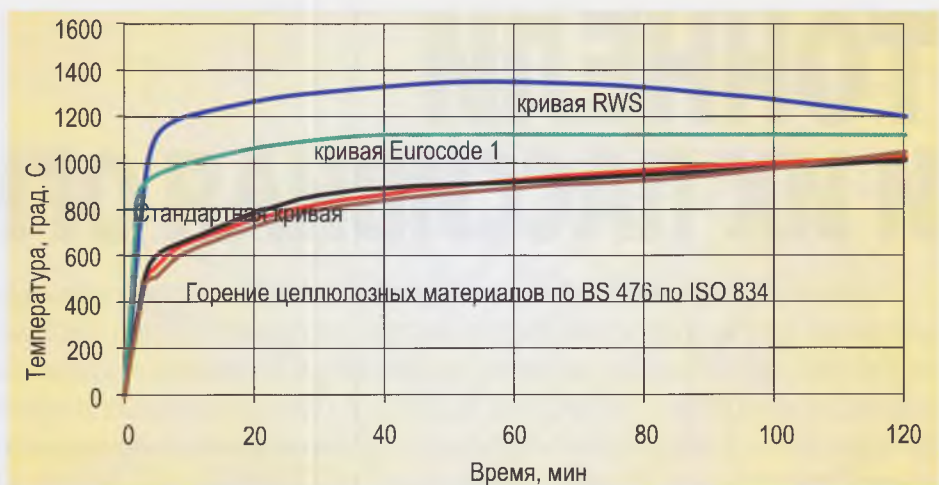


Рис. 1. Кривые изменения температур по методам

с поверхностью защищаемой конструкции в этом случае играет отрицательную роль, так как прочная граница раздела фаз не препятствует распространению и развитию внутренних трещин от покрытия конструкции к её материалу. Это приводит к необходимости повышения коэффициента запаса прочности до величины, значительно больше принятой в настоящее время, либо больших затрат на ремонт. Таким образом, нанесение даже легкого бетона на поверхность защищаемых конструкций, несмотря на ряд достоинств с точки зрения эксплуатации, мало применимо для защиты тоннелей, особенно глубокого заложения.

Применение в качестве огнезащитного покрытия легких штукатурных составов предпочтительнее по причине того, что с пламенем контактирует не склонная к образованию трещин штукатурка, сглаживающая кривую нагрева поверхностного слоя бетона и уменьшающая градиент температуры в нем.

По этой причине образование и развитие внутренних трещин в бетоне значительно задерживается, а для некоторых составов и вовсе исключается. Кроме огнезащитных свойств самой штукатурки, значительное влияние на скорость прогрева системы в целом оказывает задержка тепловой волны на грани-

Рис. 2. Процессы, происходящие в бетоне во время пожара



1. Водяной пар является стабильным и неделимым компонентом бетона перед нагревом



2. Водяной пар начинает проникать через капилляры по мере нагрева бетона



3. Вода появляется в виде пара на горячей поверхности и в виде конденсата на холодной, когда температура бетона только начинает повышаться



4. Отслаивание начинается, когда бетон резко высыхает отдельными местами



5. Отслаивание продолжается по мере воздействия на бетон, т. е. по мере повышения температуры бетона



6. Тоннельная конструкция, защищенная от отслаивания огнезащитным покрытием

це раздела слоев с различной плотностью и теплофизическими характеристиками. Лучшие по сравнению с бетонами защитные свойства штукатурок полностью подтверждаются проводимыми экспериментальными исследованиями.

На основе всестороннего изучения мирового опыта и специфики эксплуатации тоннелей в Москве специалистами НПО «Ассоциация Крилак», совместно с ЦНИИСК, Военной академией химической защиты, Военно-инженерной академией, АГЗ МЧС и Академией ГПС разработана специальная защитная система для конструкций тоннелей от хрупкого разрушения бетона, базисом которой является штукатурный огнезащитный состав «Монолит» (ТУ 5762-022-40366225-00), (рис. 3).

Он представляет собой распыляемую однокомпонентную смесь на основе целевых добавок и минерального вяжущего (портландцемента). Перед нанесением смесь затворяется водой. После нанесения образуется легкое монолитное покрытие, которое долговечно, не трескается и не отслаивается при пожаре или механическом воздействии. Из покрытия не выделяются вредные вещества при хранении, при нанесении и в процессе эксплуатации. Цвет от светло- до темно-серого; минимальная толщина – 8 мм без арматуры, 15 мм с арматурой (металлической сеткой из нержавеющей стали, оцинкованной сеткой или сеткой с пластмассовым покрытием); теоретический расход –

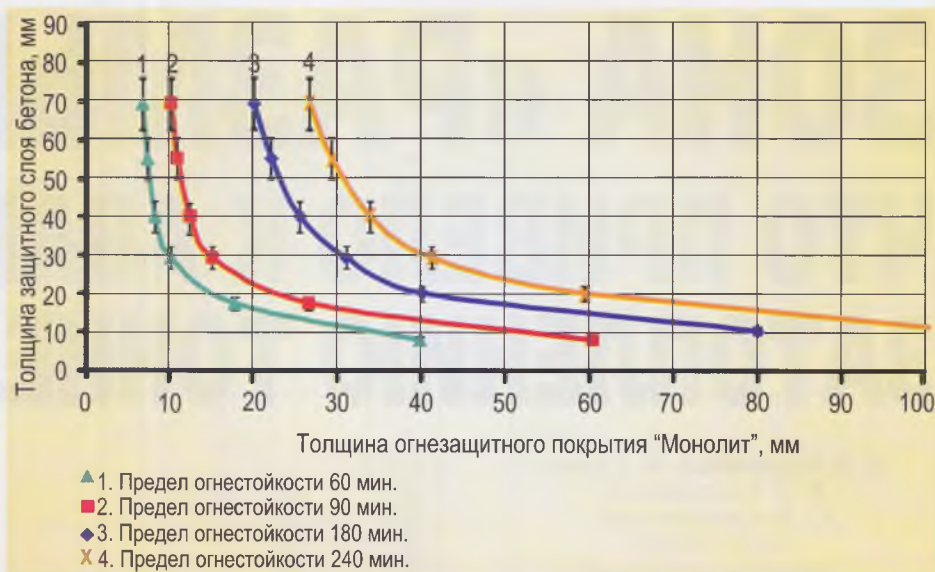


Рис. 3. Пределы огнестойкости железобетонных конструкций в зависимости от толщины огнезащитного слоя покрытия «Монолит» и толщины защитного слоя бетона

55 м²/т при толщине 30 мм; плотность в сухом виде по ГОСТ 5802-86 – 550 кг/м³; коэффициент теплопроводности по ГОСТ 7076-87 – 0,20 Вт/мК при 20° С; удельная теплоемкость – 1,20 кДж/кгК; прочность при сжатии по ГОСТ 5802-86 – 3,3 МПа; температурный интервал эксплуатации – от –40° до +60° С.

Нанесение осуществляется установками Putzmeister P11 или им подобными на очищенную бетонную поверхность.

При необходимости допускается окрашивание поверхности покрытия гидрофобными, декоративными и другими красками.

Состав «Монолит» прошел все испытания по ГОСТ 30247.1-94 во ВНИИПО на предел огнестойкости R180 и сертифицирован в 26 ЦНИИ МО на предел огнестойкости EI 240 и рекомендован к применению для защиты Лефортовского тоннеля УПС г. Москвы и ВНИИПО МЧС России.

МТ

Тоннельное строительство России и стран СНГ в начале века: опыт и перспективы

Tunnelling in Russia and CIS Countries at the beginning of the century: experience and prospects

Более пятисот страниц трудов Международной научно-практической конференции, которая состоялась в Москве в конце октября 2002 г.

Цена 900 руб. + почтовые расходы



Over 500 pages of proceedings of the International Conference which took place in Moscow in late October 2002.

Price 30 usd + postage

По вопросам приобретения обращаться:
тел.: +7 095 929-6482, факс: 929-6548
e-mail: tunnels@metrostroy.ru

For additional information please contact:
tel: +7 095 929-6482, fax 929-6548
e-mail: tunnels@metrostroy.ru

ЗОНА «РАЗМЫВ»

ЧТО ПРИВЕЛО К АВАРИЙНОМУ ЗАТОПЛЕНИЮ ТОННЕЛЕЙ

(продолжение, начало
в «МирТ» № 5, 2003)

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

Начиная с 1976 г. проводили наблюдения за водопритоками и поступлениями грунта в оба перегонных тоннеля в зоне «Размыва».

В 1976 г. общий водоприток в оба тоннеля достиг $226 \text{ м}^3/\text{сут.}$, к 1979 – снизился до $99 \text{ м}^3/\text{сут.}$ (рис. 1).

В это время велись работы по ликвидации течей. Причём, в первые два года водоприток в верхний тоннель был больше, чем в нижний. Это, по-видимому, было связано с тем, что целик между тоннелями ещё не оттаял, и гидравлической связи между оттаившим грунтом вокруг тоннелей не было. С 1978 г. картина меняется, и водоприток в нижний тоннель становится больше, чем в верхний, то есть появилась гидравлическая связь, и нижний тоннель принял на себя большие дренажные функции. С 1980 г. с небольшими колебаниями водоприток в оба тоннеля стабилизировался и до начала 1995 г. был постоянен.

С февраля 1995 г. водоприток в нижний тоннель стал резко возрастать: в апреле – $508 \text{ м}^3/\text{сут.}$, в ноябре – $770 \text{ м}^3/\text{сут.}$. С января 1995 г. начался вынос грунта в тоннель и колебался от $0,15$ до $2 \text{ м}^3/\text{сут.}$. В верхний тоннель до октября 1995 г. водоприток претерпел незначительные изменения и стал прогрессировать в ноябре и декабре 1995 г. Резко увеличивалось поступление грунта в тоннель: в начале ноября – $0,6 \text{ м}^3/\text{сут.}$, в конце – $10 \text{ м}^3/\text{сут.}$, в середине декабря – $40 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Всего за время эксплуатации в верхний тоннель поступило 483821 м^3 воды, в нижний – 793976 м^3 , песка в оба тоннеля – 886 м^3 .

Теперь рассмотрим, как проходили деформации тоннелей. Сначала остановимся на их осадках в наиболее характерных с максимальными осадками точках:

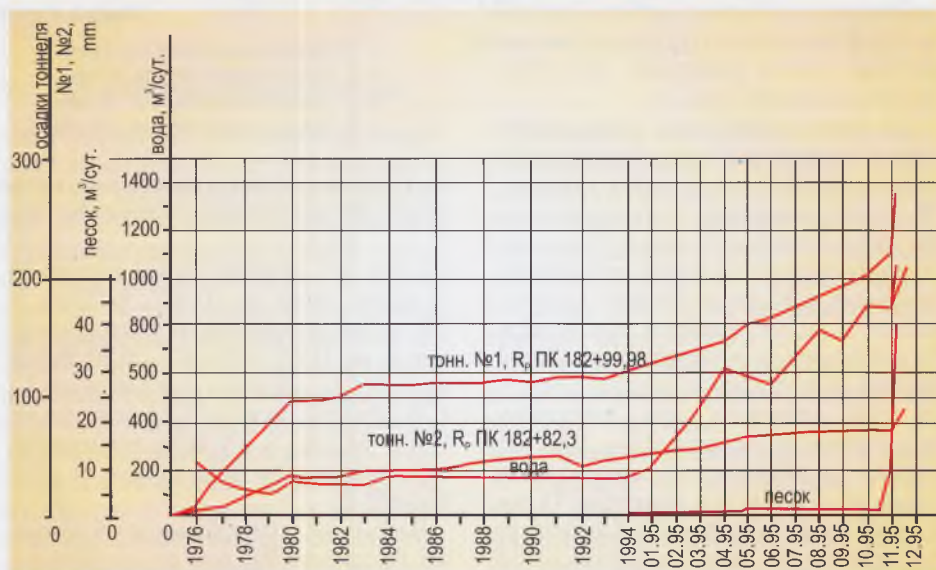


Рис. 1. Осадки тоннелей и суммарный дебит поступления воды и песка в тоннели

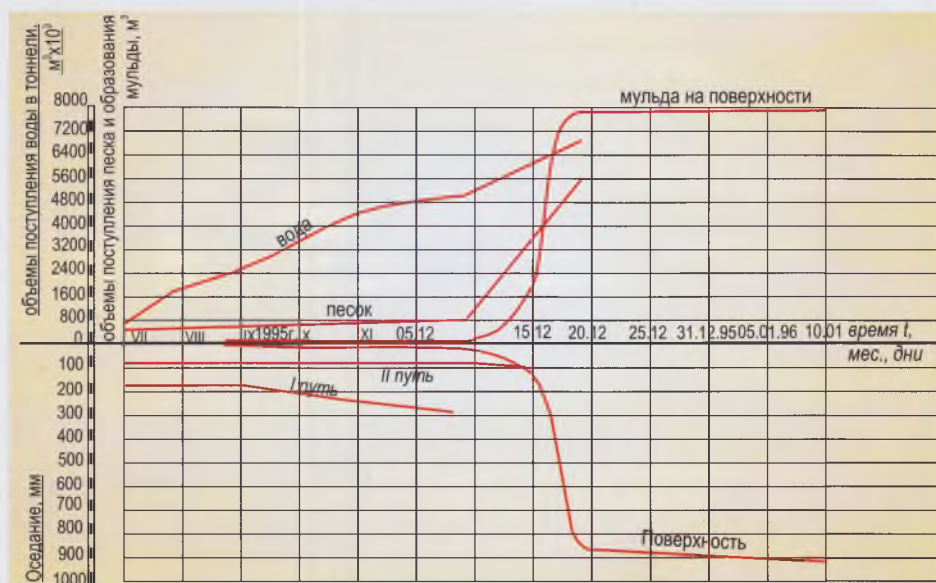
ПК 182+99,98 – тоннель № 1 (верхний) и ПК 182+82,31 – тоннель № 2 (нижний).

Первый этап с 1976 по 1983 г. связан с оттаиванием грунта (рис. 1). Верхний тоннель за это время осел на $109,9 \text{ мм}$, нижний – на $38,8 \text{ мм}$. Это связано с тем, что под нижним тоннелем мощность оттаиваемого грунта составляла 6 м , а под верхним – 12 м . Затем с 1983 по 1994 г.

скорость оседания была незначительной, и суммарные осадки для верхнего тоннеля составили $122,33 \text{ мм}$, для нижнего – $47,2 \text{ мм}$, т. е. за этот период приращение соответственно $12,4$ и $8,4 \text{ мм}$.

С января-февраля 1995 г. скорость осадок стала увеличиваться, но ремонтные работы, проводимые в нижнем тоннеле, к ноябрю 1995 г. позволили прекратить

Рис. 2. Параметры мулдьы оседания и графики поступления воды и песка в тоннель № 1



Год измерения	Пикет сечения (Ш – осадки шельги свода, Д – изменения горизонтального диаметра)																	
	183+14,79		183+10,57		183+04,85		182+99,98		182+94,90		182+90,55		182+85,00		182+80,58		182+70,60	
	Ш	Д	Ш	Д	Ш	Д	Ш	Д	Ш	Д	Ш	Д	Ш	Д	Ш	Д	Ш	Д
1986	-9	-	-32	-	-25	-	-30	-	-24	-	-15	-	+11	-	-5	-	-5	-
1992	-9		-32		-25		-30		-24		-15		+11		-5		-5	
1994	-6	+2	-23	+46	-25	+25,5	-29	+27	-21	-17,5	-10	+15,5	-8	+16,5	-2	+5	-2	+4
1995	-9	+12	-38	+51	-25	+25	-30	-26	-20	+19	-17	+11	-7	+15	-11	+6	-10	+6

его оседание. Верхний же тоннель, по которому осуществлялось движение, стал претерпевать интенсивное оседание, и к моменту его затопления оно достигло 292 мм. После затопления верхнего тоннеля нижний также вновь стал садиться, и его заполнили водой, максимальная осадка здесь составила 122 мм. Верхний тоннель начали затопливать 9 декабря, нижний – 16 декабря 1996 г. Участок оседания как верхнего, так и нижнего тоннелей в 1995 г. имел протяженность около 60 м.

Очень важно то, что на остальной части, а это около 380 м верхнего тоннеля и около 340 м – нижнего, происходило следующее. Тоннель №1 (верхний) после оттаивания массива сел в среднем на 9 мм, №2 – на 7 мм. И эти величины практически не менялись вплоть до их затопления.

Теперь следует остановиться на деформациях обделки тоннеля. Проследим их на примере тоннеля №1. Как показывают измерения внутренней геометрии в плоскости, перпендикулярной оси тоннеля, с 1986 по декабрь 1995 г. произошли незначительные изменения (табл. 1). Так максимальная осадка шельги свода составила 6 мм, а горизонтальный диаметр максимально увеличился на 51 мм.

Напряженно-деформированное состояние обделки в плоскости, перпендикулярной оси тоннеля, было в основном сформировано после полного оттаивания массива. Причем наибольшие деформации обделки приурочены к зоне аварии в период строительства тоннелей.

Оседания поверхности ощутимо начались с 9 декабря 1995 г., то есть с момен-

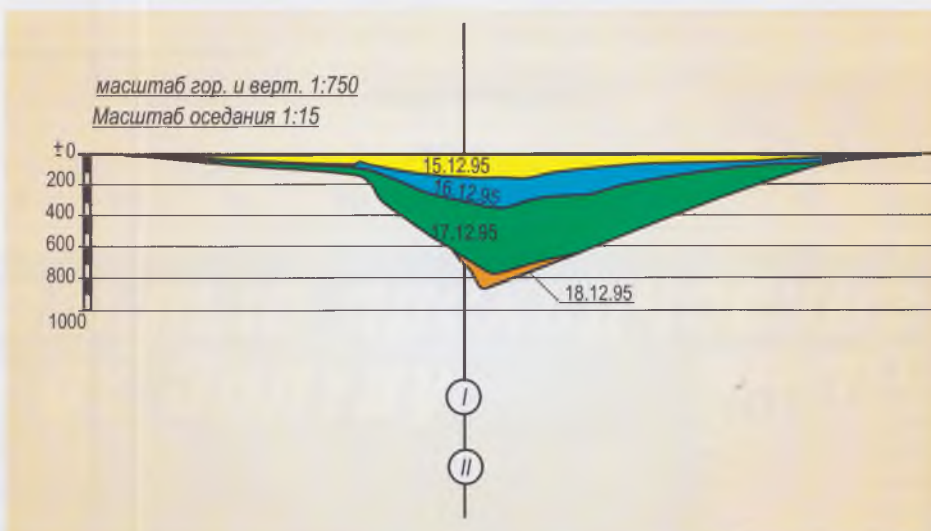


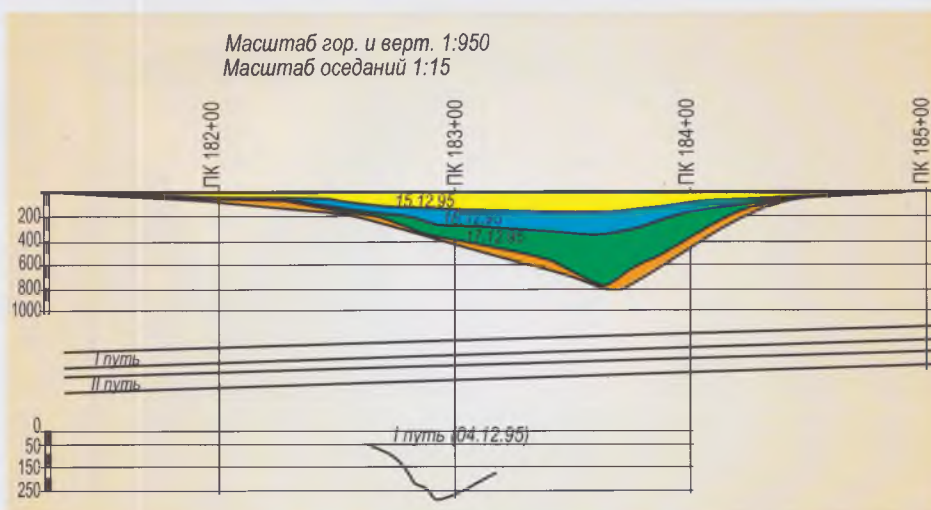
Рис. 3. Поперечный разрез: развитие мульты оседания

та затопления верхнего тоннеля. Затвор закрыли, но он был недостаточно герметичен, и через него проходила водогрунтовая пульпа. Для возможности бетонирования перемычки перед затвором была

проложена труба с задвижкой на конце для выпуска воды.

Самый активный процесс осадок происходил с 15 по 19 декабря (рис. 2). Это косвенно свидетельствует о дополни-

Рис. 4. Продольный разрез: развитие мульты оседания, оседание тоннеля №1



с грунтом в тоннель. К 19 декабря бетонирование перемычек было закончено, и задвижку закрыли, прекратив выпуск водогрунтовой пульпы из тоннеля.

За это время было выпущено в тоннель № 1 порядка 5700 м³ грунта, на поверхности образовалась мульда оседания объемом 8 тыс. м³, максимальные осадки достигали 900 мм.

Интерес представляет сопоставление положений мульды на поверхности и мест тоннелей с максимальными оседаниями. В сечении, перпендикулярном оси тоннелей, эпицентр мульды сдвинут на расстояние около 5 м от вертикальной оси тоннелей (рис. 3). В продольном же направлении эпицентр мульды находился в районе ПК 183+60, а максимальные оседания тоннеля № 1 – на ПК 182+90 (рис. 4). Весьма возможно, что

именно в районе ПК 183+60 возникли новые мощные нарушения в обделке тоннеля № 1 после начала его затопления, через которые стала поступать вода с грунтом с большим дебетом.

Ленинградской лабораторией ЦНИИС во время строительства в продольной и кольцевой арматуре были установлены струнные датчики деформаций. В верхнем тоннеле на ПК 183+14 – в продольной арматуре, на ПК 183+19 – в кольцевой; в нижнем тоннеле – наоборот: на ПК 183+14 – в кольцевой, на ПК 183+19 – в продольной. Последние измерения до 1995 г. были выполнены в 1987 г. По сравнению с 1987 г. ряд измерений в 1995 г. показал, что в кольцевой арматуре, как в верхнем, так и в нижнем тоннеле напряжения увеличились. Причём достаточно интенсивно они росли в те-

чение 1995 г. (табл. 2, 3). Только в одном стержне напряжения близки к предельным, т. е. несущая способность обделки в поперечном направлении, можно считать, достаточна для восприятия горного давления.

По измерениям напряжений в продольной арматуре какой-то общий вывод сделать затруднительно, особенно для нижнего тоннеля. В верхнем – до 1987 г. включительно наблюдалось увеличение сжимающих напряжений в арматуре свода, затем в 1995 г. сжимающие напряжения уменьшились почти в два раза. В лотковой же части наблюдается в 1987 г. уменьшение растягивающих напряжений, а в 1995 г. – дальнейшее их снижение и переход в сжимающие. Это можно объяснить тем, что в лотковой части могли быть полости с оголением

Таблица 2.
Напряжения в арматуре верхнего тоннеля (кг/см²), α – угол установки датчиков от вертикали

Кольцевая арматура									Продольная арматура		
α , град.									α , град.		
Дата	0°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	0°	90°	180°	270°
ХII-76	-500	-550	-600	100	-550	-500	-150	-150	-150	200	-150
ХII-77	-300	-750	-800	300	-650	-550	150	0	-300	150	-200
ХII-78	0	-400	-800	500	-600	-400	800	-250	-200	50	-200
ХII-79	150	150	-400	1000	-550	-400	1700	-350	-350	50	-450
ХII-80	200	700	-400	900	-550	-250	1750	-700		600	-500
ХII-81	200	600	-450	800	-450	-150	1700	-900		1200	-500
ХII-82	200	600	-500	1150	-450	-150	1850	-1100		1400	-600
ХII-83	200	600	-500	1200	-450	-150	2200	-1100		1400	-700
ХII-84	200	550	-600	1250	-450	-150	2200	-1100		1400	-600
ХII-85	250	550		1300	-450	-150	2250	-1100		1400	-600
ХII-87	250	550	-650	950	-450		2550	-1150		1100	
III- 95	300	600	-750	1350	-450		3000	-850		850	
VI- 95	300	600	-750	1500	-400		3100	-800		400	
XI- 95	450	700		2000	-350		3650	-600		-270	

Таблица 3.
Напряжения в арматуре нижнего тоннеля (кг/см²), α – угол установки датчиков от вертикали

Кольцевая арматура									Продольная арматура		
α , град.									α , град.		
Дата	0°	90°	135°	180°	225°	270°	315°	0°	90°	180°	270°
ХII-77	700	-1150	-500	350	-1100	-900	-400	-300	50	100	-150
ХII-78	700	-1750	-850	800	-1100	-1500	-600	-200	0	150	0
ХII-79	750	-1900	-900	950	-1100	-1600	-750	-100	0	100	-150
ХII-80	800	-2000	-900	1100	-1150	-1650	-850	-100	-50	0	-200
ХII-81	650	-1850	-850	1100	-1100	-1500	-450	0	-50	-150	-300
ХII-82	700	-1850	-900	900	-1100	-1500	-900	150	-50		-300
ХII-83	750	-1900	-900	950	-1100	-1500	-900	100	-100		-350
ХII-84	800	-1900	-900	950	-1100	-1550	-700	200	0		-300
ХII-85	800	-1900	-950	950	-1100	-1550	-700	150	0		-300
ХII-87	900	-1950	-950	600	-1100	-1600	-700		0		-300
III- 95	1300	-2300	-950	900	-1150	-1750	-800		-100		-400
VI- 95	1350	-1650	-1000	800	-1200	-1800	-800		-100		-450
XI- 95	1450	-1900	-1100		-1250	-2100	-600		0		-450

с оголением арматуры, которая работала, как отдельные нити без совместности с бетоном, а в последующем мог произойти обрыв сечений на некотором удалении от измеряемого. Снижение сжимающих напряжений в своде связано с тем, что тоннель на каком-то участке начинал работать не как балка, а претерпевал растяжение по всему поперечному сечению.

Наличие полостей в железобетонной рубашке было обнаружено при ведении инъекционных работ. Так, например, в шпур на ПК 182+99 (тоннель №2, нижний) было закачено 0,5 м³, а в интервале ПК 182+85–ПК 183+02 – 1,5 м³ раствора. При проведении миграционных испытаний (нагнетанием трассера) в лотковой части железобетонной обоймы тоннеля №2 получена скорость течения воды 0,4–0,5 м/сек.

Методом сверхширокополосной (СШП) георадиолокации с поверхности по трассе тоннелей были проведены работы по оконтуриванию массива, подвергнувшегося сдвигениям и разуплотнению в результате аварий 1974 и 1995 гг. Зондирование осуществляли до глуби-

ны 88–91 м. Отражённый от подповерхностных структур сигнал свидетельствует о значительном нарушении текстуры (взаимного расположения минеральных составляющих) грунтов и выдержанности геологических границ на участке его проявления. Описанные свойства наблюдались в 38 точках зондирования. Площадь на поверхности, охваченная такими характерными признаками, составляет около 2800 м², по трассе тоннелей на глубине их заложения распространяется по длине порядка 60 м (на участке, где были наибольшие оседания).

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. Из 400 с лишним метров длины каждого из тоннелей только 60 м тоннеля №1 и 60 м тоннеля №2 подверглись разрушительным деформациям. Причём эти 60 м расположены в зоне аварии 1974 г. с выпуском в тоннели около 44 тыс. м³ грунта. Остальные участки находились в нормальном эксплуатационном состоянии.

2. Причины аварии 1995 г. в порядке их значимости:

- выпуск в 1974 г. более 40 тыс. м³ грунта в тоннели, что привело к разуплотнению большого массива вокруг них, без полной последующей ликвидации этого разуплотнения;

- расположение тоннелей одного над другим;

- организация постоянно действующего в течение всей эксплуатации тоннелей отвода воды из-под металлоизоляции. Создание условий, когда нижний тоннель стал работать дренажной выработкой по отношению к верхнему, что привело к уплотнению грунтов (понижению пористости) между тоннелями и под нижним тоннелем. Уплотнение грунтов вызвало их осадку и деформации обделки;

- наличие в железобетонной обойме каверн, полостей и создание путей фильтрации воды;

- отсутствие постоянно действующего геотехнического мониторинга, обеспечивающего безопасную эксплуатацию тоннелей;

- замораживание грунтов, как разрушающий грунт специальный способ ведения работ.



Микротоннельные проходческие комплексы от Золтау

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 Bohrgerate-Fabrik GmbH

тел.: (095) 929-6673, 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 так же студентов-тоннельщиков.

Цена - 300 рублей
+ почтовые расходы

По вопросам приобретения обращаться:

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

СОВРЕМЕННЫЕ

щитовые машины
с активным пригрузом забоя
для проходки тоннелей в сложных
инженерно-геологических условиях

А. Г. Валиев
С. Н. Власов
В. П. Самойлов



Москва 2003

А.А. Шилин, М.В. Зайцев,
И.А. Золотарев, О.Б. Ляпидевская

Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений при строительстве и ремонте

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.



МЕЖДУНАРОДНЫЙ
ПРОМЫШЛЕННЫЙ
ФОРУМ

GEOFORM+

ОБЪЕДИНЯЕТ ЧЕТЫРЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВЫСТАВКИ



ГЕОЛОГИЯ
ГЕОДЕЗИЯ
КАРТОГРАФИЯ

10-13 МАРТА
2004

РОССИЯ, МОСКВА, КВЦ «СОКОЛЬНИКИ»

GEOmap

Международная
специализированная
выставка в области
геодезии, картографии,
геоинформационных
систем и систем
управления

GEOtunnel

Международная
специализированная
выставка технологий и
оборудования для
строительства тоннелей

GEOtech

Международная
специализированная
выставка технологий и
оборудования для
поиска и разведки
полезных ископаемых

GEOcontrol

Международная
специализированная
выставка оборудования
и инструментов для
анализа окружающей
среды



Организаторы: ЗАО «МВК»



Федеральная служба
геодезии и картографии России (GEOmap)



Тоннельная ассоциация России (GEOtunnel)

При поддержке:



Министерство природных ресурсов РФ

СОКОЛЬНИКИ

Информационные спонсоры:



www.geoexpo.ru

МВК – МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВОЧНАЯ КОМПАНИЯ
Тел./факс: (095) 105-34-86, 268-99-04, e-mail: kna@mvk.ru



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 Лефтортовского тоннеля $\varnothing$ 14,2 м



Щит с грунтопригрузом, Мадрид, Испания, $\varnothing$ 9,33 м



ТПМК для скальных пород, Готтард, Швейцария $\varnothing$ 8,83 м



HERRENKNECHT AG
D-77963 SCHWANAU

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

[HTTP://WWW.HERRENKNECHT.DE](http://www.herrenknecht.de)

ЗАО «ХЕРРЕНКНЕХТ ТОННЕЛЬСЕРВИС»

107497, Москва, Россия,
ул. Бирюсинка, д. 4

телефон (+7) 095 462 38 78
факс (+7) 095 462 57 44