

Учредители журнала

Тоннельная ассоциация России
Московский метрополитен
Московский метрострой
Мосинжстрой
Трансинжстрой

Редакционный совет

Председатель совета

Г. Я. Штерн

Заместитель председателя

В. М. Абрамсон

Члены совета:

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

Редакционная коллегия:

С. А. Алпатов, А. А. Гончаров,
А. В. Ершов, М. Г. Зерцалов,
Н. И. Кулагин, Е. Н. Курбацкий,
Г. Н. Матюхин, В. Е. Меркин,
А. Ю. Педчик, Г. Н. Полянкин,
П. В. Пуголовок, А. Ю. Старков,
Б. И. Федунец, Ш. К. Эфендиев

Тоннельная ассоциация России

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

Издатель

ООО «Метро и тоннели»

тел./факс: +7 (495) 981-80-71
127521, Москва,
ул. Октябрьская, д. 80, стр. 3,
оф. 4206
e-mail: metrotunnels@gmail.com

Генеральный директор

О. С. Власов

Компьютерный дизайн и вёрстка

С. А. Славин

Фотограф

С. А. Славин

Журнал зарегистрирован

Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов
журнала только с письменного
разрешения издательства
© ООО «Метро и тоннели», 2013

№ 3 2013

Панорама 2

Международный форум

Тоннельный конгресс в Швейцарии 4

В Тоннельной ассоциации России

**XII Международная конференция
«Подземное строительство – 2013», Прага** 6

Подземное строительство Великобритании 8

Железнодорожные тоннели

Строительство Юкспорского тоннеля № 2 завершено 10
В. П. Абрамчук, А. Ю. Педчик, В. В. Костенко

Интервью

Открытие новых станций – знаковое событие для Казани 12

75 лет – не предел для творческой работы 14

Специальные способы работ

**Малогабаритные буровые станки Figaro Maschine
для работы в подземных выработках** 16
Д. А. Малинин, Д. Р. Газизов, А. С. Газизова

Бетонные конструкции

**Опыт ремонта бетона при реконструкции
Гимринского тоннеля** 18
А. А. Аманбаев

**Влияние усадочных деформаций и трещиностойкости
бетона на водонепроницаемость
транспортных тоннельных обделок** 22
И. В. Пиренко

**Контроль напряженно-деформированного
состояния обделок транспортных тоннелей** 25
Л. Л. Старчевская, В. В. Чеботаев, Е. В. Щекудов

Исследования

**Опережающее забой тоннеля изучение инженерно-геологиче-
ских и гидрогеологических условий методом ЭМИ СШП зонди-
рования и регистрации ЕИЭМПЗ** 28
К. П. Безродный, Ю. С. Исаев, А. Д. Басов,
К. В. Романевич, В. Б. Болтинцев,
В. Н. Ильяхин, С. В. Андрианов

Из истории строительства

**Инженерно-геологические проблемы строительства
Московского метрополитена** 32
Е. М. Пашкин

СОДЕРЖАНИЕ



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ

Юкспорский тоннель № 2
(см. с. 10)

РЕКОРД ЩИТОВОЙ ПРОХОДКИ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСКОВСКОГО МЕТРО

24 мая 2013 г. первая из трех ТПМК с грунтопригрузом фирмы Robbins, задействованная для проходки Московского метрополитена, завершила проходку тоннеля на перегоне ст. «Лермонтовский проспект» – ст. «Выхино». Представители городских властей и подрядчики праздновали не только досрочное завершение работ, но и рекордные достижения машины с щитом диаметром 6,2 м, предназначенной для работы с разнородным грунтом. В конце апреля 2013 г. ТПМК удалось за один день пройти 37,8 м, что стало вехой в истории эксплуатации ТПМК с грунтопригрузом диаметром от 6 до 7 м в России.

Помимо этого, машина, введенная в эксплуатацию в 2012 г., показала отличную производительность, пройдя 150 м за неделю и 621 м за месяц. По словам заместителя директора «СК МОСТ» Вадима Бочарова, «рекорд был установлен благодаря таким факторам, как характеристики грунта, опытная бригада рабочих, строгое соблюдение графика, бесперебойная работа непрерывного транспортера, а также надежность ТПМК Robbins. Выездная бригада компании Robbins также присутствовала на объекте, оказывая помощь в обучении рабочих правильной эксплуатации и техническому обслуживанию

высокопроизводительных ТПМК, оснащенных частотно-регулируемыми приводами. Мы можем использовать мощность, подачу и крутящий момент на все 100 %, ведь именно это является преимуществом машин Robbins». Сейчас машина разбирается в помещении приемной станции, а затем будет задействована для прохождения дополнительного участка тоннеля длиной 1,4 км в последнем квартале 2013 г.

Эта машина – лишь одна из нескольких ТПМК с грунтопригрузом фирмы Robbins, используемых в масштабном проекте по прокладке тоннелей метрополитена, в котором одновременно задействованы десятки ТПМК. Два щита с грунтопригрузом с щитом диаметром 6,6 м проводят проходку левого и правого тоннелей длиной 2 км каждый для подрядчика «Ингеоком». Третья машина, модифицированная компанией Robbins по заказу «Ингеоком» и получившая имя «Юлия», также выполняет проходку на 2-километровом участке тоннеля. Данные машины представляют собой первые ТПМК с грунтопригрузом фирмы Robbins, используемые на территории России.

Грунтовые условия в городе очень сложные – грунт состоит из мелкозернистого песка, гравия, суглинков, плотной глины и валунов. Щиты с грунтопри-



Специалисты «БТС-Гидрострой» празднуют завершение проходки

грузом предназначены именно для таких рабочих условий, при этом применение активной артикуляции позволяет выполнять выемку из кривых малого радиуса без риска деформирования сегмента. В целях снижения риска оседания на участках тоннелей, расположенных в зонах с высокой плотностью населения, применяется двухкомпонентная смесь для заполнения заобделочного пространства. Режущие головки для разнородного грунта, усиленные сменными износостойкими пластинами, позволяют заменять твердосплавные резы на

17-дюймовые дисковые шарошки в соответствии с рабочими условиями.

Программа развития Московского метрополитена, представленная общественности правительством Москвы в 2012 г., предусматривает сдачу 150 км новых линий метрополитена в течение следующих восьми лет. До сих пор работы велись круглые сутки – в проектах задействованы около 18 тыс. рабочих и специалистов. По прогнозам их число достигнет 35 тыс. к концу 2013 г. Только за один 2012 г. был построен эквивалент 50 км новых путей на 69 различных объектах. **ИТТ**

ХЕРРЕНКНЕХТ РАСШИРЯЕТ СФЕРУ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В начале 2013 г. французский производитель тоннельного мультисервисного транспорта компания Techni-Mital Systemes SAS (TMS) объявила о вхождении в состав компании «Херренкнехт АГ». TMS специализируется на производстве специального тоннельного транспорта на резиновых шинах для перевозки персонала, сегментов тоннельной обделки и всего остального необходимого оборудования.

С 2007 г. компании «Херренкнехт АГ» и TMS уже работали совместно на объектах в Нидерландах, Малайзии и в России (Сочинские тоннели и будущий проект строительства метро в Санкт-Петербурге).

Специалисты французской компании будут интегрированы в немецкую группу, что даст возможность Херренкнехту расширить перечень предлагаемой тоннельной продукции и сервиса в мире.

Самоходный мультисервисный транспорт имеет грузоподъемность от 15–40 т и оснащен двумя водительскими кабинами спереди и сзади. Транспорт оснащен мощными дизельными двигателями с системой очистки выхлопного газа (стандарт EPA 3 Tier3). Все несущие элементы транспортного средства производятся из усиленной стали.

Помимо тоннелепроходческих комплексов компания



Тоннельный мультисервисный транспорт

«Херренкнехт АГ» производит заводы по производству тоннельных блоков.

Приобретение компании TMS значительно расширяет возможности Херренкнехта по предоставлению полного спектра услуг для подрядчиков, способствует контролю качества за производственным циклом тоннельной проходки. **ИТТ**

НА ОБЪЕКТАХ МОСКОВСКОГО МЕТРОСТРОЯ

28 июня 2013 г. началась проходка правого перегонного тоннеля на участке Люблинско-Дмитровской линии метрополитена от депо «Лихоборы» до станции «Окружная». На церемонии запуска присутствовали Сергей Собянин, руководители Стройкомплекса Москвы и журналисты.

Тоннелепроходческий комплекс производственной фирмы «Херренкнехт», названный «Александрой», пройдет 2750 м. ТПМК 75-метровой длины с внешним диаметром 6,2 м оснащен грунтопригрузом и является оптимальным средством для сооружения тоннелей в смешанных грунтах. Сначала он пойдет от депо «Лихоборы» до станции «Верхние Лихоборы», затем свернет вправо на 90 градусов для строительства перегона к станции «Окружная».

Как пояснил заместитель генерального директора ОАО «Мосметрострой» Олег Мельников, всего в 2013 г. на участке продолжения Люблинско-Дмитровской линии на север от станции «Марьино Роща» до «Селигерской» будут работать шесть ТПМК. Через два месяца из той же монтажной

камеры параллельно «Александрой» двинется второй щит, чтобы вести проходку левого тоннеля. Затем, по плану, в сентябре от «Селигерской» до «Верхних Лихобор» стартует третий щит, и вслед за ним, из той же монтажной камеры, параллельно пойдет четвертый. Сейчас проектируется площадка для проходки при помощи двух ТПМК на станции «Селигерская».

По словам Сергея Собянина, благодаря продлению «салатовой» ветки метро удастся разгрузить северную и северо-восточную части города. Пользоваться новыми станциями будут около 500 тыс. человек.

Строительство северного участка Люблинско-Дмитровской линии протяженностью 10,3 км, начатое в 2011 г., включает, помимо электродепо, шесть станций: «Бутырская», «Фонвизинская», «Петровско-Разумовская» (с пересадкой на Серпуховско-Тимирязевскую линию), «Окружная», «Верхние Лихоборы», «Селигерская». Работы ведутся одновременно на всех площадках радиуса.

25 июня 2013 г. на территории шахты № 952А стартовал верти-



Тоннелепроходческий комплекс фирмы «Херренкнехт» на монтажной площадке

кальный стволопроходческий комплекс VSM-10000 для сооружения первого вентиляционного ствола на перегоне между станциями «Бутырская» и «Фонвизинская» Люблинско-Дмитровской линии Московского метро.

Новый стволопроходческий комплекс VSM-10000 для скоростной проходки стволов механизованным способом был специально изготовлен по заказу ОАО «Мосметрострой» на заводе компании Herrenknecht в немецком городе Шванау.

С его помощью будут построены все необходимые на трассе

вентиляционные стволы глубиной до 80 м. Прежде в условиях такой сложной геологии – обводненные пески – проходка вертикальных стволов горным способом осуществлялась лишь с предварительной заморозкой и цементацией грунта. Сроки строительства при этом существенно удлинялись. Теперь, с применением VSM-10000, можно без риска исключить этап закрепления неустойчивых пород. Проходка вентиляционного ствола займет по графику 45 суток.

Материал подготовлен пресс-службой Московского метрополитена

БЕЗОПАСНОСТЬ НА МОСКОВСКОМ МЕТРОПОЛИТЕНЕ

Станция «Тропарево» Сокольнической линии станет первым для Московского метрополитена участком, где пункты досмотра пассажиров спроектированы еще до начала строительства. Разработку раздела «Безопасность на транспорте» проектной документации для этой станции осуществило ОАО «Транс-ИТ». В рамках данного проекта был разработан полный комплекс проектно-сметной документации по созданию указанных досмотровых пунктов.

Проект реализуется в соответствии с Приказом Министерства транспорта России № 130 от 29 апреля 2011 г. «Об утверждении требований по обеспечению транспортной безопасности, учитывающих уровни безопасности для различных категорий объектов метрополитена» и обеспечит досмотр пассажиров и багажа при проходе в метро. Проект размещения и выбор досмотрового оборудования разрабатывается по соответствующим рекомендациям и согласо-

ваниям. Контракт на проектирование заключен между ОАО «Транс-ИТ» и дочерней структурой Мосметростроя – ООО «ПКБ Инжпроект». После завершения строительства станцию передадут в эксплуатацию Московскому метрополитену, который будет осуществлять досмотр в соответствии с инструментальной методикой. Это первый подобный проект для Московского метрополитена, согласованный с Мосгорэкспертизой и ФСБ России. За разработкой проектно-сметной документации следует конкурс на оснащение пунктов выборочного досмотра.

Важно отметить, что изначальное проектирование досмотровых пунктов на строящихся станциях метрополитена особенно актуально, так как их создание на действующих станциях метро осложнено необходимостью подбора оптимального места для размещения. Досмотровые пункты, с одной стороны, должны находиться вблизи турникетов, а с другой – не препят-

ствовать движению пассажиров. На действующих станциях, многие из которых являются памятниками архитектуры, охраняемыми государством, место для пунктов досмотра выбрать еще сложнее. Поэтому компромиссным решением является изменение типовой расстановки оборудования, к которой существуют жесткие технологические, санитарно-гигиенические требования и требования электромагнитной совместимости. В случае со строящимися станциями ситуация легче, однако и здесь требуется проведение оптимизации размещения оборудования, т. к. правительством Москвы поставлена задача экономии площади при строительстве метро.

Как известно, назначение досмотрового оборудования состоит в том, чтобы выявлять при досмотре пассажиров огнестрельное оружие, самодельные взрывные устройства, запрещенные к провозу вещества и т. д. Соответственно, роль этого оборудования на таком объекте как Мос-

ковский метрополитен, являющимся приоритетным объектом для совершения террористических актов, трудно переоценить.

В рамках реализации требований Приказа Министерства транспорта РФ № 130 от 29 апреля 2011 г. ОАО «Транс-ИТ» уже участвовало в разработке проектно-сметной документации и оборудования инженерно-техническими средствами пунктов выборочного досмотра пассажиров и багажа на метрополитенах Казани, Нижнего Новгорода и Волгоградском скоростном трамвае.

Выбор ОАО «Транс-ИТ» не случаен: у компании есть богатый опыт реализации сложных проектов на метрополитенах Казани, Омска, Волгограда, Алматы, Нижнего Новгорода и Санкт-Петербурга. Основной профиль работ – создание и внедрение уникального комплекса систем автоматики, сигнализации, связи и безопасности с применением инновационных технических решений.



ТОННЕЛЬНЫЙ КОНГРЕСС В ШВЕЙЦАРИИ



© Daniel Zihmann

Важным событием 2013 года для мировой тоннельной общественности стали прошедшие с 31 мая по 7 июня в городе Женева (Швейцария) Международный тоннельный конгресс и 39-я Генеральная ассамблея Международной ассоциации тоннелестроения и освоения подземного пространства.

Лучшие специалисты со всех континентов встретились для обмена информацией о новейших достижениях в сфере использования подземного пространства.

Местом проведения конгресса был выбран Международный центр Конференций Женева. К услугам участников были предоставлены великолепно оборудованный конференц-зал, выставочный зал, множество комнат для заседаний.

Официальными языками встреч традиционно являются английский и французский.

Доклады и публикации делались на английском языке.

Главная тематика конгресса: «Подземное пространство – путь в будущее».

В мероприятиях приняло участие более 1800 человек из 50 стран.

От Тоннельной ассоциации России в работе конгресса приняли участие 40 делегатов, в их числе специалисты от организаций: ОАО «Бамтоннельстрой», ОАО «Трансинжстрой», ОАО «Мосметрострой», ЗАО «ЮГСУ», ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс», ОАО «Метрострой» СПб и др.



© Daniel Zihmann

На двух заседаниях 39-й Генеральной ассамблеи присутствовали представители стран – членов МТА. Генеральная ассамблея подвела итоги работы за год, выбрала новых членов и место проведения ежегодных мероприятий. Новым президентом Международной тоннельной ассоциации был избран Сорен Эскезон (Дания). От России в работе Генеральной ассамблеи приняли участие председатель правления Тоннельной ассоциации России Г. Я. Штерн, руководитель

дирекции Тоннельной ассоциации России С. Г. Елгаев, эксперт МТА М. Ю. Беленький.

На церемонии открытия конгресса, которая состоялась 3 июня 2013 г., выступили руководители МТА и Администрации города Женева, звучала швейцарская классическая музыка.

На конгрессе ведущие мировые специалисты в области подземного строительства выступили с ключевыми докладами по решению актуальных проблем тоннелестроения на примере опыта своих стран.

Также прошли технические сессии по двенадцати важнейшим направлениям работы сообщества.

На 30 сессиях заслушано или представлено в стендовом виде 320 докладов по направлениям:

- Подземные работы – планирование и использование подземного пространства;
- Планирование и осуществление проекта – управления строительством, контроль рисков, оценка стоимости и планирование, заключение контрактов;
- Сооружение тоннелей – проходка, безопасность, обслуживание, восстановление, реконструкция и ремонт, проектирование и аналитические методы и расчеты;
- Внедрение новых технологий строительства.

Всего на технических сессиях было сделано 160 устных презентаций.

Все презентации опубликованы в виде рефератов в сборнике, а также представлены делегатам конгресса в полном объеме на USB носителе.

Одновременно с другими мероприятиями на заседаниях рабочих групп осуществлялся обмен передовым опытом по решению сложных проблем метро и тоннелестроения и освоения подземного пространства. Заседания проходили по следующим направлениям: исследования, здоровье и безопасность, содержание и ремонт, использование набрызг-бетона, механизированная (щитовая) проходка, подземное пространство и окружающая среда, качество, протяженные тоннели глубокого заложения.

Результатами деятельности рабочих групп является публикация отчетов, составление баз данных, обучение, постоянная разработка рекомендательных документов и других материалов, касающихся наиболее важных аспектов строительства и эксплуатации подземных сооружений.

Под эгидой конгресса проходила организованная МТА выставка.

На ней были представлены 110 экспонентов, осуществляющие свою деятельность в сфере строительства и эксплуатации подземных сооружений, обеспечения экономической чистоты и безопасности работ, разработки средств автоматизации и программного обеспечения, мониторинга, такие как Herrenknecht, BASE, Sika, HLL, Hornmet, Mascaferri, Sandvik и многие другие.

Участникам конгресса представились широкие возможности для посещения ряда крупных объектов строительства тоннелей и подземных сооружений, ознакомления с передовыми технологиями, применяемыми швейцарскими специалистами.

В целом российские участники Международного тоннельного конгресса высоко оценили его работу. Был установлен ряд важных деловых контактов.

Председатель ОС WTC 2013 Феликс Амберг поблагодарил российскую делегацию за активное участие в работе конгресса и пригласил всех на следующий конгресс, который пройдет с 9 по 15 мая 2014 г. в Бразилии.



© Daniel Zihmann



© Daniel Zihmann



© Daniel Zihmann

XII МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ПОДЗЕМНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО – 2013», ПРАГА

22–24 апреля 2013 г. в столице Чехии г. Прага прошла XII Международная конференция «Подземное строительство – 2013».

Организатором мероприятия традиционно выступила Международная тоннельная ассоциация совместно с Чешской тоннельной ассоциацией.

Задача конференции – объединение и обмен опытом между организациями, специализирующимися на подземном строительстве. Для этого в Прагу съехалось более 100 специалистов из 20 стран. Делегация Тоннельной ассоциации России также приняла активное участие в работе конференции. Принимающая сторона сделала все возможное, чтобы на конференции были максимально отражены новейшие тенденции развития отрасли тоннелестроения и подземного строительства.

На открытии конференции с приветственным словом выступили Вице-президент Международной тоннельной ассоциации и Президент Чешской тоннельной ассоциации Иван Хрдина (Ivan Hrdina), Чехия и член Исполкома Международной тоннельной ассоциации, бывший президент Международной тоннельной ассоциации Мартин Найтс (Martin Knights), Англия.

На выставке, которая прошла в рамках конференции, участвовали такие известные компании как BASF, Herrenknecht, Massaferrì, представившие свои передовые достижения в области метро- и тоннелестроения. Заметным блоком на выставке выступили производители стройматериалов: различные добавки в бетон, пластики, фибры и другие материалы, которые уже успешно применяются или только прошли испытания и внедряются в практику.

На конференции с ключевыми докладами выступили представители Чехии, Швейцарии и Великобритании.

В последующие два дня работа конференции проходила по секциям.

Следует отметить большие достижения чешских метростроителей, которые были отражены в докладах по строительству тоннельного комплекса Blanka, опыту работ при сооружении новой линии метрополитена в Праге и др.

С большим интересом участники конференции восприняли доклады представителей США, Хорватии, Словакии, Австрии и др., на которых были представлены передовые технологии, используемые при строительстве подземных сооружений.

Доклады сопровождалась красочными иллюстрациями.

Особое место в программе конференции было уделено техническим экскурсиям на подземные объекты города Праги.



Строительство новой линии Пражского метрополитена



Новая станция Пражского метро



Специалисты ОАО «Трансинжстрой» и ОАО «Минскметропроект» на строительстве подземного комплекса Бланка в г. Прага

Среди них экскурсия на крупнейший объект подземного строительства в Чехии – Бланка, на строительство новой линии метрополитена в Праге длиной 6 км с тремя станциями, на сооружение коллекторов в неготическом центре Праги, в региональном научно-техническом центре подземного строительства.

Опыт Чехии доказывает одно – в больших городах можно и нужно строить над землей. А результаты прошедшей конференции гово-

рят о том, что для возведения подземных сооружений есть все необходимое и, более того, эта отрасль с годами набирает обороты, развивается и позволяет реализовывать все более амбициозные и интересные проекты.

В целом российские участники высоко оценили итоги конференции. Было установлено множество новых деловых контактов. Большой интерес вызвали технические достижения и культурное наследие Чехии.



15–17
октября
2013 года,
Москва, ВВЦ,
павильон 75



Планирование, проектирование, архитектура
Подземный город
Строительство мостов и дорог
Бетоны и цементы в строительстве городов
Металлостроительство
Парковочные комплексы для города

www.city-build.ru

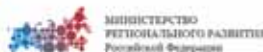
Организаторы:



Генеральный
технический партнер:



При поддержке:



ПОДЗЕМНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО ВЕЛИКОБРИТАНИИ (ПО МАТЕРИАЛАМ РАБОЧЕЙ ПОЕЗДКИ В ЛОНДОН)

Делегация Тоннельной ассоциации России с 7 по 13 апреля 2013 г. принимала участие в деловой поездке в Лондон с целью обмена опытом, а также ознакомления с технологиями строительства подземных сооружений в Великобритании – стране, находящейся на верхней ступени развития методов освоения подземного пространства в Европе. В ходе поездки было организовано посещение нескольких организаций, принимающих непосредственное участие в подземном строительстве, а также развитии этой отрасли.

Британская тоннельная ассоциация

На встрече в офисе Британской тоннельной ассоциации слушался доклад на тему: «Тенденции освоения подземного пространства в Великобритании. Презентация крупномасштабных проектов. Анализ текущей ситуации. Презентация крупных проектов в области тоннелестроения».

В ходе общения с членами БТА были презентованы продукты деятельности ассоциации, в том числе литература, посвящённая последним разработкам в области освоения подземного пространства, а также нормативные документы. Увиденное на встрече позволяет говорить о достаточно весомом месте БТА в развитии подземного строительства Великобритании.

Академия Crossrail

В процессе знакомства с проектом Crossrail было организовано посещение специализированной академии Crossrail Tunnelling Academy по подземному строительству, презентация проекта Crossrail, а также посещение строительной площадки, стартовой шахты и строящихся тоннелей в рамках вышеуказанного проекта.

Стоит отметить, что изучение именно этого проекта стало наиболее информативным элементом рабочей поездки. В ходе общения с участниками реализации проекта Crossrail были освещены вопросы организации строительства подземных объектов транспортной инфраструктуры Лондона, вопросы проектирования подземных сооружений, изучены способы и инструменты для составления ка-

лендарных планов с момента разработки общих схем на стадии «П» до пуска объекта в эксплуатацию, рассмотрены схемы финансирования подобных объектов. Ниже приведены основные сведения о Crossrail, как крупнейшем подземном объекте транспорта, строящемся в Лондоне в настоящее время.

Crossrail – железная дорога, которая пройдёт через весь город и соединит его западную часть с восточной, на некоторых участках она будет идти под землёй. Отправная точка – Собачий остров, который находится неподалёку от центра города и с трёх сторон омывается водами Темзы. По планам, проект должны завершить к 2018 г.

Специально для реализации этого проекта в 2001 г. была создана управляющая компания Crossrail Ltd.

Общая стоимость проекта Crossrail – \$25,6 млрд. Транспортные власти Лондона предоставят \$12,32 млрд, из них \$4,32 – TfL (Департамент транспорта Лондона). Остальное выделяют частные инвесторы. Например, управляющая британскими аэропортами компания ВАА уже согласилась выплатить 230 млн фунтов (\$368 млн). Эти деньги пойдут на финансирование дублирующей, частично проходящей под землёй железнодорожной ветки до аэропорта Хитроу.

Проект Crossrail важен для Лондона тем, что он соединит исторический центр города с финансовым. Он разгрузит метрополитен и увеличит на 10 % перевозку по Лондонской железной дороге. Проект продолжит развитие наземного метро. Кроме того, благодаря его реализации возникнут дополни-

тельные рабочие места. Crossrail сделает поездку до удалённых частей города быстрее, позволит уменьшить дорожные пробки, увеличит прибыльность железнодорожных перевозок. Проект одинаково необходим пассажирам и компаниям-операторам.

Протяжённость железнодорожной линии равна 118 км. При её строительстве будет проложено 40 км тоннелей. Для решения проблем с загруженностью города, сложным переплетением веток метро, топкой структурой почвы (город стоит на нескольких подземных реках) была создана специализированная академия Crossrail Tunnelling Academy. Из городского бюджета на её создание выделено \$12,6 млн. К 2015 г. подготовку в ней должны пройти 1000 человек, которые примут участие в инженерном обслуживании Crossrail и других подобных проектов.

Tunnelling and underground construction academy (TUCA) – учебный центр по подготовке квалифицированного персонала для организаций, специализирующихся в подземном строительстве

Во время посещения TUCA представителям российской делегации были презентованы стенды, на которых осуществляется подготовка машинистов подвижного состава подземных выработок, подготовка операторов машин по нанесению на брызг-бетонной крепи, оборудования для подготовки различных смесей, используемых при проходке тоннелей. Стенды, на которых проводится обучение, максимально приближены по своим характери-

Участники российской делегации на объектах лондонского подземного строительства



кам к условиям забоя подземных выработок, что позволяет осуществлять обучение без посещения строящихся объектов, что значительно упрощает процесс и сокращает время обучения.

Наличие подобного учебного центра обеспечивает постоянный приток на рынок труда квалифицированного персонала в такой узконаправленной области строительства как подземное.

Заключение

По результатам рабочей командировки в Лондон следует отметить, что подземное строительство Великобритании по праву считается одним из передовых в Европе. Кон-

структивное общение с английскими коллегами, а также информация, полученная при посещении строящихся объектов, четко проявляют все слабые стороны в развитии этой специальной отрасли строительства в России:

- отсутствие специализированных учебных заведений, обладающих достаточной базой оборудования для подготовки квалифицированного персонала для подземного строительства (в данном случае не имеются ввиду высшие учебные заведения, а именно среднетехнические и учебные комбинаты);
- малое процентное соотношение механизированного труда относительно ручного, что значительно увеличивает сроки строительства;

• низкое качество проектной документации;

- «слабая» организация строительства подземных объектов, выражающаяся и в непостоянном финансировании, и в отсутствии чёткого планирования;
- отсутствие изучения, прогнозирования рисков при строительстве для их снижения и минимизации;
- отсутствие нормативных документов, регулирующих подземное строительство в нынешнем виде, т. е. своевременная корректировка и разработка новой нормативной документации, которая бы учитывала развитие отрасли, появление новых технологий.



ВНИМАНИЮ СПЕЦИАЛИСТОВ

Тоннельная ассоциация России приглашает принять участие в 8-дневном научно-практическом семинаре «Опыт строительства метрополитенов и подземных сооружений. Тенденции. Перспективы», который состоится в Испании с 13 по 20 сентября 2013 г.

Семинар будет проводиться совместно с Тоннельной ассоциацией Испании, в нем предполагается участие руководителей и специалистов ведущих метро-тоннелестроительных организаций России, а также ученых транспортных вузов. В ходе семинара предполагается рассмотрение вопросов сотрудничества Тоннельной ассоциации Испании и России, ознакомление с передовыми технологиями, используемыми при строительстве метрополитенов в Барселоне и Мадриде. Будет проведена техническая экскурсия в Барселону.

Желающим принять участие в семинаре просим прислать или передать по e-mail: lgorh@rambler.ru или факсу: +7(499) 265 79 51 в Тоннельную ас-

социацию России до 1августа 2013 г. заявку на бланке организации с указанием одно- или двух-местного проживания.

Участникам семинара необходимо перечислить на счет Тоннельной ассоциации России оргвзнос в сумме 2400 евро за человека.

Оргвзнос включает: организацию и обслуживание семинара, приобретение авиабилетов, оплату всех трансферов, полупансион, оформление медицинского страхования и визы, двухместное размещение в отеле 4* на побережье Коста Брава Средиземного моря, две экскурсии (доплата за одноместное размещение 300 евро). Дополнительно оплачивается виза 95 евро на человека.

Оргвзносы переводятся до 15 августа 2013 г. в рублях по курсу ЦБ на день перечисления (НДС не облагаются). При перечислении средств позднее 15 августа 2013 г. сума оргвзноса будет составлять 2550 евро.

Наши реквизиты:

Тоннельная ассоциация России, ИНН/КПП 7708024555/770801001
 Р/с 40703810500000000279 в АКБ «БНКВ» г. Москва
 К/с 30101810300000000471
 БИК 044585471

Тоннельная Ассоциация России сообщает, что с 15 по 17 октября 2013 г. в Москве, на территории Всероссийского выставочного центра (павильон 75) состоится VII Международная выставка архитектуры, проектирования, строительства, городских технологий и развития инфраструктуры городов «CityBuild».

Основополагающим направлением выставки является Международная экспозиция «Подземный город», освещающая передовой опыт освоения подземного пространства, применения уникальных строительных технологий и современного тоннелепроходческого оборудования.

В рамках выставки традиционно состоится Международная научно-техническая конференция и конкурс «На лучшее применение передовых технологий при освоении подземного пространства».

Тоннельная ассоциация России, как соорганизатор выставки «Подземный город», приглашает специалистов принять участие в выставке в составе блока Тоннельной ассоциации, а также в Международной научно-технической конференции «Основные направления развития инновационных технологий при строительстве подземных сооружений на современном этапе. Тенденции. Проблемы. Перспективы» и конкурсе.

СТРОИТЕЛЬСТВО ЮКСПОРСКОГО ТОННЕЛЯ № 2 ЗАВЕРШЕНО

В. П. Абрамчук, начальник ФГУП «УС-30»

А. Ю. Педчик, первый зам. начальника ФГУП «УС-30»

В. В. Костенко, главный инженер, ФГУП «УС-30»



Федеральное государственное унитарное предприятие «Управление строительства № 30» завершило строительство Юкспорского (железнодорожного) тоннеля № 2, к прокладке которого приступило в мае 2010 г. Заказчиком данного проекта является ОАО «Апатит», входящее в состав ЗАО «ФосАгро-АГ».

Согласно первоначальному проекту его протяженность составляла 1627 м, и выходным порталом планировалось осуществить сбойку с обгонным тоннелем, входящим в комплекс выработок и сооружений Юкспорского тоннеля № 1, построенного еще в 50-е годы прошлого столетия. Собственно для повышения пропускной способности железнодорожной доставки рудной массы к обогащательной фабрике после реконструкции первого тоннеля и предназначен данный проект. О ходе его реализации мы уже неоднократно писали на страницах данного журнала.

Впоследствии проект был изменен в части стыковочного узла выходного портала тоннеля, который было решено состыковать с первым тоннелем непосредственно, что и привело к увеличению общей протяженнос-

ти тоннеля № 2 на 317 м за счет реконструкции части обгонного тоннеля и дополнительной проходки участка массива между обгонным тоннелем и тоннелем № 1.

Торжественные мероприятия по случаю данного события проходили 15 июня 2013 г. в районе входного портала тоннеля, однако в силу неблагоприятных погодных условий их основная часть была перенесена в сам тоннель, на участок его сбойки с первым тоннелем.

В торжествах участвовали, наряду с представителями заказчика и ФГУП «УС-30», глава городской администрации г. Кировска В. М. Горбачев, делегация Горного института КНЦ РАН во главе с его директором, академиком РАН Н. Н. Мельниковым и целый ряд других приглашенных специалистов, имевших отношение к данному строительству.

От заказчика присутствовали – генеральный директор ОАО «Апатит» К. В. Никитин, зам. генерального директора ЗАО «ФосАгро-АГ» Ю. П. Шапошник, директор по капитальному строительству Кировского филиала ЗАО «ФосАгро-АГ» А. В. Осипенко и многие другие специалисты ОАО «Апатит».

От ФГУП «Управление строительства № 30» в состав делегации, которую возглавлял первый зам. начальника А. Ю. Педчик, входили также главный инженер В. В. Костенко, зам. начальника по Северо-западному округу В. В. Полочанин, главный маркшейдер службы главного маркшейдера Е. А. Слободянюк, начальник СМУ-680 А. А. Максимов, главный инженер этого же подразделения П. И. Шаповал, главный инженер Проектного Бюро № 1, главный инженер проекта Д. В. Моисеев и другие, а также в полном составе работни-



Торжественная церемония передачи Юкспорского тоннеля № 2 заказчику



Участок сопряжения тоннелей № 1 и 2

ки участка № 5 СМУ-680, находящиеся в данный момент времени на вахте, во главе с его начальником Н. Я. Семеновым.

В своем выступлении генеральный директор ОАО «Апатит» К. В. Никитин отметил, что проект реализован в намеченные сроки и с хорошим качеством всех видов работ, вручив при этом руководству ФГУП «Управление строительства № 30» благодарственное письмо и памятный подарок.

В свою очередь, первый зам. начальника ФГУП «УС-30» А. Ю. Педчик поблагодарил руководство ОАО «Апатит» за тесное и конструктивное сотрудничество, доброжелательные отношения сотрудников предприятия на всех уровнях организации работ, а также отметил особые заслуги отдельных работников участка № 5 и специалистов сторонних организаций, принимавших участие в данном строительстве. Среди представителей последних можно выделить зав. лабораторией подземного строительства ГОИ КНЦ РАН, профессора, доктора технических наук Ю. А. Епимахова и ведущего сотрудника этой же лаборатории, доктора технических наук В. А. Фокина, с участием которых отработывались паспорта БВР при проходке тоннеля, обеспечивавшие высокое качество его оконтуривания.

Строительство данного тоннеля позволило получить ценный практический опыт, который может быть использован в дальнейшем на строительстве подземных сооружений в сложных инженерно-геологических условиях, в том числе в условиях высоконапряженных породных массивов.

Прежде всего, это касается применения технологии контурного взрывания. Высокий уровень действующих в массиве упругих напряжений в сочетании с изменчивостью других физико-механических характеристик породного массива не позволяют получить требуемый уровень качества оконтуривания горных выработок в рамках технологически приемлемых способов ведения проходческих работ по данной технологии в условиях реального строительства.

Сочетанием технологий обычного и контурного взрывания ФГУП «УС-30» удалось добиться необходимого качества проходчес-

ких работ. Более того, появились реальные представления о путях возможного дальнейшего совершенствования этой комбинированной технологии и технологии контурного взрывания в целом.

Несмотря на то, что мы уже обращали внимание на данное обстоятельство, нельзя в очередной раз не отметить, что на текущий момент отечественное подземное строительство оказалось в условиях некоторой не достаточно полной укомплектованности нормативно-технической документацией. Прежде всего, в отношении применения такой важной для проектирования и экономических расчетов характеристики, как коэффициент крепости горных пород и устанавливаемой на ее основе группы грунтов по СНИП. Это обусловлено принятием закона № 84-ФЗ «О техническом регулировании» и исключением из перечней документов, рекомендуемых к применению в строительстве, как на обязательной, так и на добровольной основе нормативов, регламентирующих данный вопрос.

Данная проблема в очередной раз в практике ФГУП «УС-30» проявила себя во всех ее аспектах и на строительстве Юкспорского тоннеля. И хотя общими усилиями заказчика и подрядчика удалось выработать компромиссный вариант ее решения, в том числе с привлечением специалистов сторонних организаций, неудовлетворенность, тем не менее, осталась у всех, главным образом из-за отсутствия четких регламентирующих понятий.

У ФГУП «УС-30» достаточно собственного опыта решений по данному вопросу, как, впрочем, может считать и любая из практикующих организаций, но все дело в том, что этот вопрос не имеет должного науч-



Участок построенного тоннеля

ного отражения на протяжении вот уже более 100 лет и, как следствие, – широкий диапазон мнений, не исключающий возникновения конфликтных ситуаций.

Поскольку категорирование грунтов по СНИП затрагивает широкий спектр вопросов, вплоть до физических представлений о крепости горных пород, необходимо, по всей видимости, провести в ближайшее время публичное обсуждение данной проблемы с участием всех заинтересованных сторон.

Нерешенность этого вопроса может служить серьезным сдерживающим основанием для дальнейшего развития отечественной практики подземного строительства. Во всяком случае, современные горно-строительные технологии уже способны учитывать индивидуальные отличия в свойствах и состояниях породных массивов в объемах одной усадки проводимых горных выработок. Надежность же оценки изменчивости инженерно-геологических условий индустриальной дискретности по-прежнему оставляет желать лучшего.



ОТКРЫТИЕ НОВЫХ СТАНЦИЙ – ЗНАКОВОЕ СОБЫТИЕ ДЛЯ КАЗАНИ



Станция «Авиастроительная»

Недавно на радость жителям Казани были открыты три новые станции метро, получившие названия «Яшь-лек», «Северный вокзал» и «Авиастроительная». Корреспондент журнала «Строители Татарстана» Эльмира Зиннулова получила подробную информацию о тонкостях строительства транспортных коммуникаций из первых уст – от генерального директора ОАО «Казметрострой» Марата Рахимова.



– Марат Мулахмедович, были ли проблемы во время строительства новых станций?

– Проблемы существуют на каждом объекте – от техногенных до технических, проектных. Но благодаря слаженной работе команды проектировщиков, технического заказчика, государственного заказчика в лице Министерства строительства, архитектуры и ЖКХ РТ и генподрядчика эти проблемы снимаются в рабочем режиме. Итогом нашего труда стало продление первой линии в обещанные сроки – 9 мая. Это знаковое событие, которое совершенно меняет город по части обеспеченности транспортом, делает Казань более привлекательной для жителей и бизнеса.

Пока станции запущены во временном режиме, хотя соответствуют всем нормам безопасности. Сейчас круглосуточно идут работы по возведению притоннельных сооружений, которые как раз являются очень большой проблемой. Каждое такое сооружение требует специальных видов работ, например, водопонижения, закрепления грунтов, ведь мы работаем в сложных гидрогеологических условиях.

– Вы работали не только в Татарстане. Скажите, какие особенности име-

ет местный грунт в отличие от других регионов?

– Действительно, Казань – это третья большая стройка в моей жизни, что говорит о стабильности и уверенности, с которой работает наш коллектив. Из 1460 человек после окончания работ никто не уволился.

Я работал в Ташкенте на строительстве метрополитена и на БАМе. В Ташкенте гидрогеологические условия определяются большой сейсмоопасностью, поэтому строительство там велось с упором на обеспечение сейсмостойкости конструкций. На БАМе мы столкнулись с неизведанностью территорий. Сейчас работаем в Москве, где проходка тоннелей затруднена из-за большой вязкости глинистых пород. Чтобы это преодолеть, используем больше пенообразующих материалов при проходке тоннеля. Кстати, в Москве сегодня вводят «испанский» метод строительства, предусматривающий сооружение несущих стен, не причиняющее неудобства городской застройке, транспортной структуре. Кладется плита, по которой открывается движение автотранспорта, а под плитой ведется строительство.

А город Казань находится в низине. Это значит, что должно учитываться давление

грунтовых вод. Много карстовых проявлений было отмечено на линии от площади Тукая до Кремлевской. Там вышли на водообильные, водонасыщенные доломиты. В этом и состоит сложность. Но мы научились преодолевать трудности, вплоть до того, что путем расчетов нашли состав водонепроницаемой высококачественной тоннельной отделки.

Можно споткнуться на ровном месте. Поэтому мы стараемся обеспечить соблюдение всех норм безопасности. В этом велика поддержка и Ростехнадзора, и Министерства I строительства, архитектуры и ЖКХ. Я уверен в конструкциях, в их надежности.

– В Уфе строительство метро было заморожено из-за его затратности. Насколько экономически оправдано строительство метро в Казани?

– Конечно, это строительство стоит дорого. Ни один метрополитен в России не был построен без государственной поддержки. Причина большой стоимости строительства заключается в необходимости соблюдения мер безопасности пассажиров. В Казани же внедрено всего 18 систем обеспечения безопасности.

Если говорить об оправданности, то сейчас метрополитен стал неотъемлемой частью столицы Татарстана. Наверное, соседям не хватило твердости и решимости, ведь они были готовы к строительству метро за год до нас. Когда я приехал сюда в 1997 г., это был город, достигший определенного уровня развития. Мы забили свою первую сваю, а потом долгие пять-шесть лет находили формы финансирования, поступавшие лишь десятками миллионов рублей. Затем Казань защитилась как город 1000-летия, и мы «выстрелили» тем, что уже были готовы строить.

Вначале, когда в Казани было всего пять станций, пассажиропоток составлял 30 тысяч человек, а когда перешли Казанку, стали возить 90 тысяч. Сейчас же прогнозы говорят о цифре 200 тысяч.

9 мая на открытии станций «Яшьлек», «Северный вокзал», «Авиастроительная» с нами была группа ветеранов, работавших на заводе КАПО им. Горбунова во время войны. Один из них, жизнерадостный человек, сказал: «Спасибо, что вы нам сделали длиннее ноги». Сейчас всего за 24 минуты можно проехать от станции «Горки» до «Авиастроительной». Город молодеет, каждый год на дорогах прибавляется 30–40 тысяч автомобилей. В настоящее время мы строим парковку на станции «Авиастроительная». Человек, который живёт за городом, сможет оставить машину на парковке и отправиться на работу на метро, как это происходит в Европе. Кроме того идёт разговор о том, что на станциях будут созданы транспортно-пересадочные узлы, включающие в себя и торговые, и развлекательные комплексы. Самое главное, что все эти идеи поддерживаются и Президентом Татарстана, и мэром Казани.

– Если говорить о цифрах, какова сметная стоимость строительства

станций «Яшьлек», «Северный вокзал», «Авиастроительная»?

– Порядка 12 миллиардов, но многие работы еще не доделаны. Я думаю, в поставленную смету 14 миллиардов рублей мы уложимся.

– Работы на станциях еще ведутся. Что еще предстоит сделать?

– Сейчас мы работаем над пуско-наладкой систем в условиях действующего метрополитена в течение 3–4 часов в ночное время. Мы увязываем новые станции с действующими. Вагоны движутся пока на небольшой скорости, потому что идет обкатка путей, послеосадочный ремонт. Очень скоро метрополитен увеличит скорость движения поездов, приведет ее в норму. Также доводим до совершенства системы вентиляции, электрообеспечения, аварийного освещения и т. д.

Ожидаем поставку лифтов, наклонных инвалидных площадок для спуска. Завершается благоустройство в районе станций.

– Есть ли перспектива строить у нас наземное метро?

– Наземное метро дешевле в строительстве, потому что не нужно выносить коммуникации, но его содержание в зимнее время обходится дороже. В России есть всего две линии наземного метро – в Москве. У нас в свое время хотели провести такую линию по проспекту Ибрагимова, но проект не был доведен до конца, видимо, из-за нерентабельности. Однако Казметрострой способен выполнить и такого рода задачи.

– Когда начнутся работы по созданию второй ветки?

– Пока идут переговоры. Определенно, к 2018 г. мы должны подойти к стадиону «Казань-Арена». Сейчас ведутся расчеты: определяется место посадки станций, вычисляется, каков будет пассажиропоток и т. д. На станцию «Дубравная» уже заключен контракт, идет ремонт тоннельного комплекса «Алтынчеч». Строительные площадки уже стоят, рабочие ждут задания.

– К слову о кадрах. Как ведется подготовка специалистов?

– Теоретическую часть знаний специалисты укрепляют в центрах профессионального обучения, которые есть в Казани. А практику получаем у себя. Кроме того, ведется дополнительное обучение по экологической и промышленной безопасности. Стажировка молодых кадров составляет два года и проходит на поверхности. Мы обеспечиваем своих работников жильем, вахтой, горячим обедом. Хорошие кадры найти трудно, но я горжусь, что у меня нет ни одного иностранного специалиста.

– Марат Мулахмедович, мы благодарим Вас за насыщенную беседу и желаем новых ярких свершений!

В связи с вводом в действие трех новых станций метрополитена генеральный директор ОАО «Казметрострой» Марат Рахимов награжден орденом «За заслуги перед Республикой Татарстан».



75 ЛЕТ – НЕ ПРЕДЕЛ ДЛЯ ТВОРЧЕСКОЙ РАБОТЫ

5 июня 2013 г. исполнилось 75 лет Игорю Яковлевичу Дорману, вице-президенту по научной работе проектно-изыскательского института «Метрогипротранс», доктору технических наук, профессору, академику Российской академии естественных наук (РАЕН), почетному транспортному строителю, лауреату премии Совета Министров СССР.

Редакция предлагает вниманию читателей содержание беседы с Игорем Яковлевичем Дорманом, давним автором нашего журнала в связи с его юбилеем.



– Игорь Яковлевич, в России есть традиция вспоминать к юбилею основные этапы биографии человека. За 75 лет Вы прошли сложный и очень интересный отрезок жизненного пути. Нельзя ли прокомментировать наиболее яркие моменты?

– Вполне естественно, что после окончания средней школы я пошел по стопам своего отца и в 1955 г. поступил на факультет тоннели и метрополитены МИИТа, который спустя пять лет закончил с отличием.

Далее – работа в Московском Метрострое в должности мастера, начальника смены, начальника участка.

Отец, более 50 лет отдавший науке и практике метростроения, постоянно требовал и от меня самосовершенствования и развития моей профессиональной карьеры.

Итак, следующий этап – аспирантура в ЦНИИСе, где один из основоположников отечественного тоннелестроения профессор В. Л. Маковский предложил мне тему для диссертации, связанную с щитовой проходкой перегонных тоннелей с использованием конструкции обделки из бесповного монолитно-прессованного бетона. Это было сделано в общем контексте государственной кампании по снижению себестоимости строительства, так как при данном способе полностью исключено применение арматурной стали.

Успешная защита диссертации совпала по времени с разрушительным землетрясением в Ташкенте в 1966 г. В связи с необходимостью строительства нового города, перед институтом ЦНИИС, куда я был направлен на работу, Минтрансстроем был поставлен вопрос о научном обосновании строительства метро в этом городе. С учетом моих «ташкентских корней» (отец и мать в свое время жили в Ташкенте, а отец учился в горном институте у патриарха горного дела проф. М. М. Протоdjяконова), я получил задание изучить проблему и принять участие в проектировании и строительстве местного метро.

Замечу, что начинать работу приходилось с нуля: ни нормативной документации, ни опыта на тот момент просто не имелось. В ЦНИИСе была создана специализированная лаборатория, руководить которой было доверено мне, где совместно с рядом научно-исследовательских и проектных институтов Москвы и Ташкен-

та, прежде всего Метрогипротрансом, были разработаны нормативные документы для проектирования и научного обеспечения строительства метрополитенов в сейсмоопасных регионах и разработаны эффективные сейсмостойкие конструкции перегонных и станционных тоннелей.

Полученные для Ташкента решения пригодились в дальнейшей работе на БАМе, на метрополитенах в Тбилиси, Ереване, Баку, Алма-Ате, Софии.

Результатом этих работ стала защита мною в 1983 г. докторской диссертации, а за комплекс работ по обоснованию сейсмостойкости Ташкентского метрополитена была присуждена премия Совета Министров СССР.

Параллельно с проблемами сейсмостойкости руководимая мной лаборатория исследовала проблему защиты городской застройки от динамического воздействия поездов метрополитена, что было актуально при прокладке линий метрополитена на мелком заложении в районах массовой жилой застройки.

По этому направлению совместно с НИИ оснований и подземных сооружений также впервые были созданы нормативные документы по проектированию.

Далее, лихие девяностые... Недостаточное финансирование исследований по проблематике динамики подземных сооружений, сокращение лаборатории и т. д. Словом, в творческом и научном плане интересного было мало.

В 1993 г. с началом строительства подземного комплекса на Манежной площади, расположенного внутри контура трех линий Московского метрополитена, я неожиданно получил приглашение от руководства института «Мосинжпроект» перейти к ним работать на должность главного специалиста по проектированию сложных подземных сооружений.

– Вы более 15 лет проработали в ГУП «Мосинжпроект». Какое направление Вашей деятельности в институте можно выделить как основное, определяющее?

– Институт, ранее занимавшийся проектированием, в основном, подземных коммуникаций, приступил к проектированию сложных подземных комплексов и тоннелей, существуя в новой для него отрасли, и здесь, как мне представляется, пригодился мой

опыт в области проектирования и исследований подземного строительства.

С моим непосредственным участием был разработан концептуальный подход к проектированию подземных сооружений в условиях плотной городской застройки, основанный на первоочередном сооружении объемлющих будущий подземный комплекс коллекторов для перекладки и строительства в них подземных коммуникаций как существующих, так и перспективных, позволявший ни на секунду не нарушать жизнеобеспечение города и «очистить» зону для подземного пространства.

Коллективу института удалось внедрить данную оптимальную, безопасную и эффективную концепцию комплексного строительства при проектировании подземных сооружений.

Позволю себе дать небольшие комментарии. Я убежден, что определяющим этапом является проектирование и строительство не собственно подземных объектов, а инженерных систем, обслуживающих эти объекты. Сегодня ни для кого не секрет, что из общих затрат на строительство около половины, а то и больше сил и средств уходит на перекладку существующих и прокладку новых подземных коммуникаций.

Уже один этот факт заставляет тщательно подходить к проектированию и собственно перекладке многочисленных коммуникаций с учетом их реального состояния, перспектив развития в увязке с планами городского строительства.

Примерами разработанной концепции стало проектирование подземного комплекса на площади Павелецкого вокзала, где сооружен объемлющий коллектор длиной более 500 м, позволивший полностью освободить около 2-х гектаров территории от подземных коммуникаций для возведения 5-ярусного подземного комплекса. Хотя на сегодняшний день первоначальный проект заморожен и по решению городских властей территория будет перепрофилирована, но работа не пропадет даром.

Такая же картина с проектированием и строительством объемлющего коллектора на площади Белорусского вокзала, а еще раньше при строительстве торгового комплекса «Охотный Ряд» под Манежной площадью.

– Для решения глобальных комплексных задач, наверно, в структуре института были проведены изменения, не так ли?

– Безусловно! Руководством Мосинжпроекта было принято решение о создании «института» комплексных ГИПов для решения в комплексе с учетом многообразия требований всех заинтересованных сторон. Жизнь доказала правильность такого решения.

– Игорь Яковлевич, за относительно короткую историю российской госу-

дарственности ГУП «Мосинжпроект» разработало немало ярких, уникальных проектов. Какие из них были реализованы с Вашим непосредственным участием?

– Отвечая на Ваш вопрос, я нахожусь в несколько затруднительном положении. Мой вклад – только небольшая частица громадной работы института по проектированию инженерных сооружений.

Перечислю наиболее интересные и сложные объекты, где я принимал непосредственное участие в качестве Комплексного главного инженера проекта. Это уже упоминавшиеся выше проектирование подземных комплексов на Манежной и Павелецкой площадях, Гагаринских автодорожного и железнодорожного тоннелей на трассе ТТК, Лефортовского тоннеля открытого способа работ на внутренней стороне ТТК, где щитовой тоннель внешней стороны ТТК проектировал институт «Метрогипротранс».

– В 2010 г. Вы перешли на работу в институт «Метрогипротранс». С чем это было связано?

– Действительно, после моей достаточно длительной и интересной работы в Мосинжпроекте наступило «затишье» в проектировании крупных подземных транспортных тоннелей, в то время как в Москве предполагалась интенсификация проектирования метрополитена.

Руководством института «Метрогипротранс» – ведущей организации по проектированию метрополитенов в СССР и России, кстати, 1 июня отметившей 80-летний юбилей, мне было сделано соответствующее предложение перейти на работу в должности вице-президента по научной работе, на что я с удовлетворением согласился.

В институте создан научно-исследовательский центр, научным руководителем которого я являюсь, задачей которого является научное сопровождение процесса проектирования, решение сложных расчетных задач, обеспечение экологической безопасности городской застройки от динамики метрополитена и др.

Мне было поручено с участием ведущих сотрудников института и других организаций возглавить работу по созданию современного нормативного документа по проектированию метрополитена – «Свод правил. Метрополитены», учитывая, что процессом проектирования метрополитена стали заниматься проектные организации строительного профиля, ранее не имевшие подобного опыта.

Сегодня нормативный документ создан, утвержден Минрегионом РФ и им активно пользуются проектные, строительные и эксплуатирующие организации.

В этом нормативном документе впервые в нормирования проектирования метрополитенов в едином объеме прописаны требования на стадиях изыска-

ний, трассирования, разработки объемно-планировочных и конструктивных решений, при проектировании станций, перегонных и эскалаторных тоннелей, при проектировании систем управления движением поездов, систем вентиляции, отопления, энергоснабжения, водоотлива, пожаробезопасности, требования на стадии строительства, на этапах монтажа и наладки электромеханического и сантехнического оборудования, устройства пути, систем безопасности, возможности пользования метрополитеном маломобильными группами населения и, наконец, на стадии приемки в эксплуатацию всего комплекса метрополитена.

– Игорь Яковлевич, Вы известный специалист в области подземного строительства. Как используются Ваши знания и опыт в научно-общественной деятельности?

– Мне оказана честь быть членом президиума и правления Тоннельной ассоциации России. Новым руководством стройкомплекса Москвы в 2011 г. я введен в состав Научно-технического совета по проектированию метрополитенов, а руководством воссозданного в 2012 г. Федерального агентства «Госстрой» в состав членов Нормативно-технического совета. Много лет являюсь членом Московского Дома ученых РАН.

– Ваш творческий вклад в дело освоения подземного пространства по достоинству оценен государством и коллегами. В этой связи интересно было бы узнать Ваше мнение относительно оценки собственной деятельности. Что для Вас наиболее значимо?

– В результате деятельности специалистов, так или иначе связанных со строительством, потомкам остаются возведенные сооружения и опыт в виде публикаций. К сожалению, в наше время писать и издавать книги стало занятием неблагоприятным, а ведь содержащийся на их страницах опыт может и должен быть использован следующими поколениями как некий фундамент.

Мной написаны и изданы четыре монографии в области сейсмостойкости и динамики подземных сооружений, опубликовано более 150 научных работ, получено около 20 авторских свидетельств и патентов в области подземного строительства, которые являются результатом многолетнего труда. Я счастлив, что могу принести пользу, передать свой опыт следующим поколениям.

И последнее. Надеюсь, что 75 лет не предел для творческой работы, а творческая атмосфера и особая «аура», созданная руководством Метрогипротранса в институте, позволит мне продолжать вносить посильный вклад в общий успех.



МАЛОГАБАРИТНЫЕ БУРОВЫЕ СТАНКИ FIGARO MASCHINE ДЛЯ РАБОТЫ В ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТКАХ

Д. А. Малинин, Д. Р. Газизов, А. С. Газизова, ООО «ССТ»

Производство инъекционных работ при строительстве тоннелей и других подземных сооружений (стволов шахт, подземных станций метрополитена, горных выработок) существенно отличается от аналогичных работ, выполняемых с поверхности земли.

В первую очередь это касается типа привода технологического оборудования. При работах на «дневной» поверхности применяются электродвигатели в стандартном исполнении, реже – дизельные двигатели.

В подземных условиях применение трехфазных электродвигателей невозможно в соответствии с существующими правилами безопасного ведения работ.

В настоящей статье приводится описание малогабаритного бурового станка Figaro Maschine FM 200, разработанного предприятием «Специальная строительная техника» для следующих видов работ:

- бурение скважин для предварительной стабилизации слабых грунтов при проходке горных выработок;
- бурение скважин для цементации окружающих горных пород;
- обеспечение устойчивости горных выработок с помощью установки анкеров.

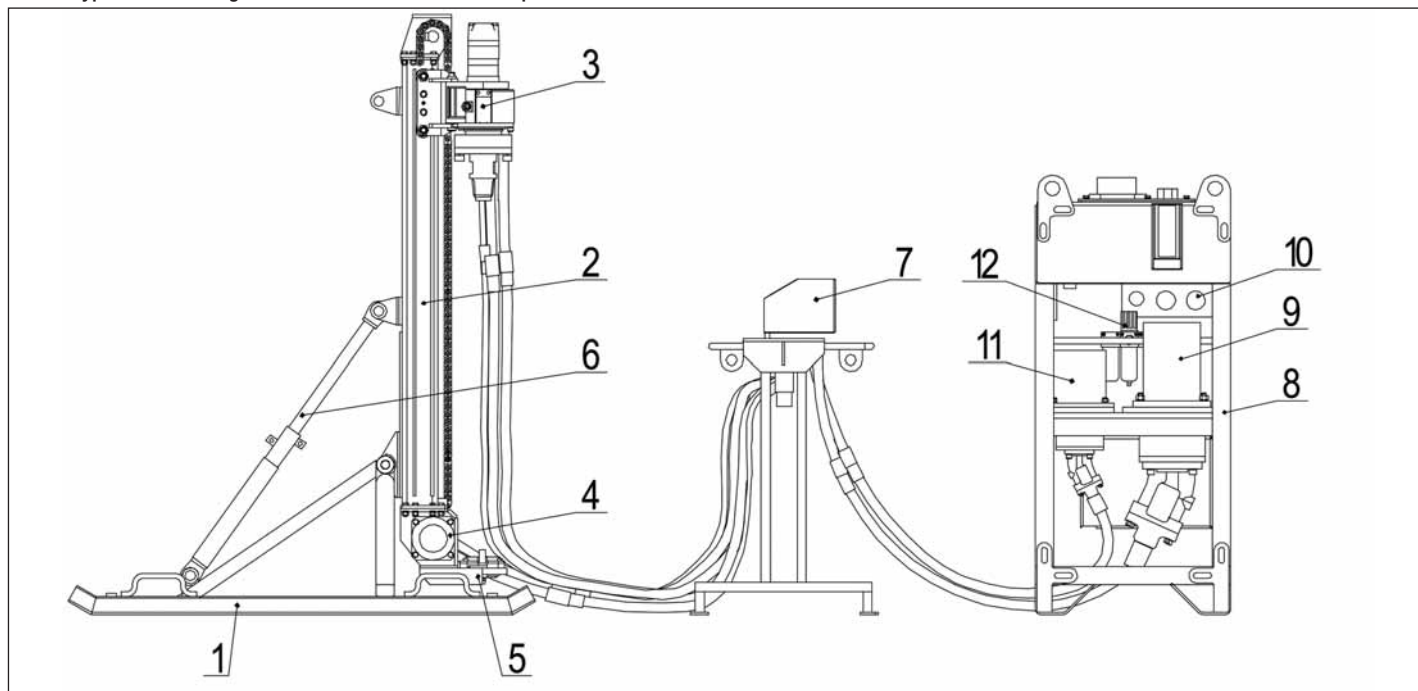
Буровые станки Figaro 200А выполнены с отдельным блоком гидростанции. Такая конструкция упрощает перемещение бурового станка в стесненных условиях

Таблица

Технические характеристики буровых станков Figaro Maschine FM 200

Наименование параметров	Значение
Габариты станка Д×Ш×В, мм	1560×650×2000
Масса, кг	245
Вращатель	
Тип	Гидравлический
Крутящий момент силы, даН•м	200
Частота вращения, об./мин.	160
Мачта с приводом	
Тип механизма подачи	Цепной
Длина мачты, мм	2000
Усилие подачи, кН	18
Ход подачи, мм	1200
Максимальная длина штанг, мм	1000
Гидравлическая станция	
Габариты гидростанции Д×Ш×В, мм	650×520×1470
Максимальное давление в гидравлической системе, МПа	15
Давление в пневмосистеме, МПа	0,5
Общий расход воздуха, м ³ /мин. в т.ч. ДАР-14С, м ³ /мин. ДАР-5С, м ³ /мин.	12 7 5
Общая производительность гидронасосов, л/мин. в т.ч. Q1, л/мин. Q2, л/мин.	52 45 7
Емкость бака, л	60

Рис. 1. Буровой станок Figaro 200А с пневматической гидростанцией



подземного пространства. В новой модификации привод гидравлической станции осуществляется с помощью пневмодвигателей.

Буровой станок Figago 200A (рис. 1) состоит из сварной рамы 1, на которой посредством двух воротков и двух зажимных винтов фиксируется мачта 2. Угол наклона мачты устанавливается в зависимости от вида выполняемых работ при помощи домкрата 6. Вращатель 3, закрепленный на каретке, устанавливается на два направляющих элемента. Поступательное движение вращателя с кареткой осуществляется через цепную передачу от гидравлического мотор-редуктора 4. Вращение обеспечивается одним гидромотором. Люнет 5 позволяет центрировать штангу, а также упрощает процесс скручивания-раскручивания буровой колонны. В качестве опции возможна установка зажимных домкратов.

Пульт управления 7, выполненный на отдельной стойке, позволяет управлять станком на удаленном расстоянии. Станок и пульт управления соединены рукавами высокого давления при помощи быстроразъемных соединений.

Станция гидравлическая пневматическая СГП-50/15 предназначена для привода бурового станка за счет преобразования энергии воздуха в энергию рабочей жидкости гидравлического привода. Станция выполнена в виде сварной рамы 8, имеющей общее основание с масляным баком. Привод осуществляется двумя пневмодвигателями: 9 и 11. Регулирование давления воздуха производится узлом подготовки воздуха 12. Контроль давления масла и воздуха в системах ведется при помощи манометров на панели 10.

Буровые станки Figago 200A с пневматическим приводом гидростанции являются пожаробезопасными и позволяют проводить работы в достаточно большом диапазоне температур, при высокой влажности и загрязненности окружающей среды.

Буровые станки Figago 200A с пневмоприводом были успешно применены при строительстве шахт на Верхнекамском калийном месторождении в Пермском крае. Строительство вертикальных стволов осложнено тем, что до глубин 300 м необходимо пройти несколько водоносных горизонтов. Проходку стволов выполняли с помощью технологии замораживания пород, а для крепления применяли тубинговую крепь. Буровой станок Figago 200A располагали непосредственно в стволе шахты. С его помощью производили бурение скважин для инъекции цементного раствора в окружающий породный массив.

В заключение отметим, что ряд строительных предприятий уже приобрели вышеописанное оборудование. Такими предприятиями являются ФГУП «Управление строительства-30» (Республика Башкортостан), СК «ИнжПроектСтрой» (г. Москва), «Спецтранс-тоннельстрой» (г. Сочи).



Рис. 2. Внешний вид бурового станка Figago Maschine FM 200



Рис. 3. Станция гидравлическая СГП-50/15

ОПЫТ РЕМОНТА БЕТОНА ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ГИМРИНСКОГО ТОННЕЛЯ

А. А. Аманбаев, продукт-менеджер по группе продуктов «Ремонт и защита бетона» компании «МС-Vauchemie»



История тоннеля

Гимринский автодорожный тоннель – самый длинный в Восточной Европе, протяженностью 4,3 км, расположен в горной части Республики Дагестан в 20 км от г. Буйнакса. Тоннель пересекает Гимринский горный хребет и потому получил название Гимринский. Автомобильная дорога, на которой расположен тоннель, относится к IV технической категории.

Строительство тоннеля началось в 1979 г. в связи с необходимостью транспортного обслуживания строящейся Ирганайской ГЭС. Являясь частью автодорожного маршрута Махачкала – Ботлих, тоннель обеспечивает кратчайшую, независимую от погодных условий, транспортную связь девяти районов горного Дагестана с железной дорогой, промышленными городами и столицей Республики – городом Махачкала. Введение тоннеля в эксплуатацию позволило сократить автодорожный маршрут приблизительно на 100 км.

В конце 1990 г. произошла сбойка встречных забоев тоннеля и после этого, в связи с прекращением финансирования, стройка было остановлена. С этого момента началась эксплуатация недостроенного и необорудованного необходимыми устройствами тоннеля.

В середине нулевых годов, в связи с дополнительной необходимостью обеспече-

ния надежного транспортного соединения крупнейшего транспортного узла региона – Махачкалы с группировкой российских войск в районе Ботлиха, выведенной из Грузии, было принято решение возобновить работы.

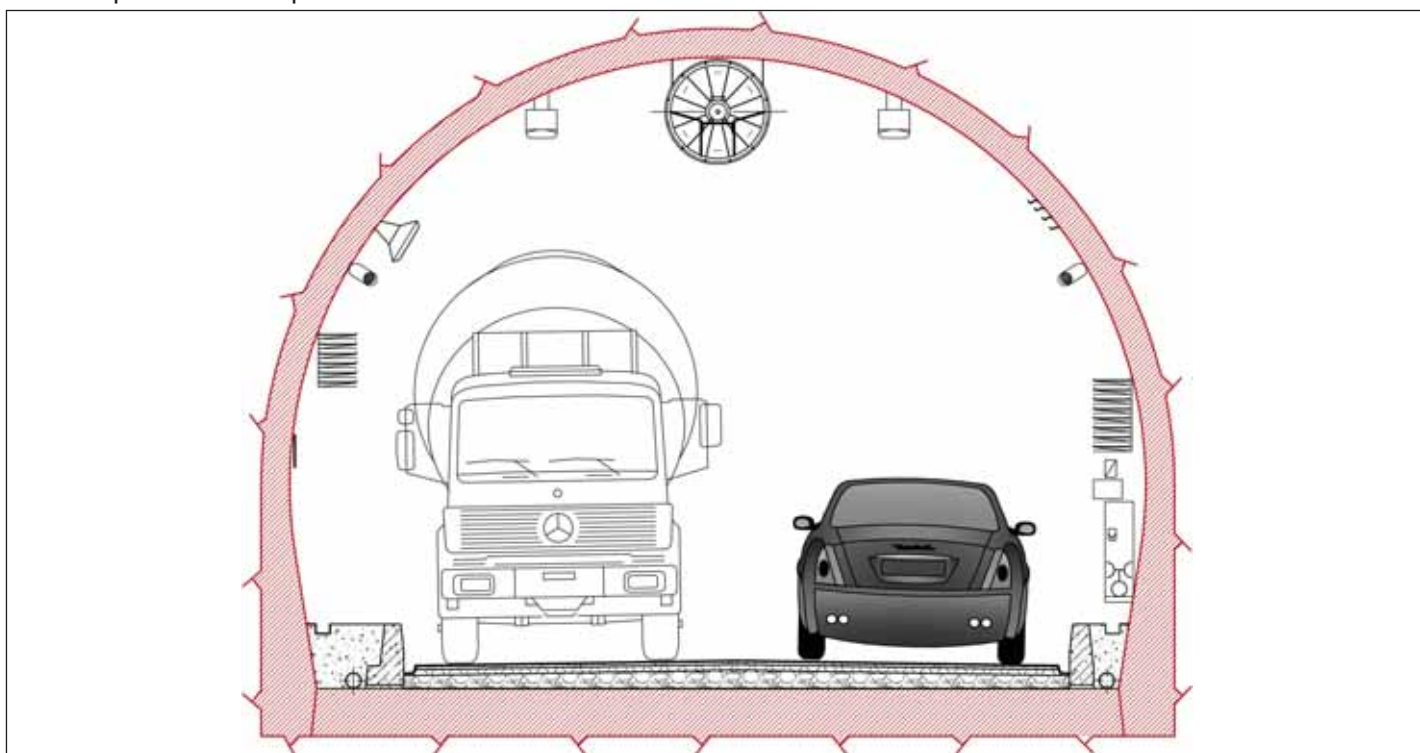
Строительство тоннеля продолжалось более тридцати лет вместо четырех, предусмотренных утвержденным ранее техническим проектом. За этот период ни на одном участке подземных выработок обделка не выполнена в полном объеме в соответствии с проектом. Незаконченность работ по возведению обделки привела к постепенному ее разрушению и деформациям вмещающего массива.

Состояние тоннеля на момент возобновления строительства

ОАО «Ленгидропроект» (отдел тоннельных сооружений), проектировщик проекта возобновления строительства, по результатам проведенного инструментального и визуального обследования, дало следующие заключения состоянию подземных сооружений тоннеля (определяющие отрицательные факторы):

- на участках с наиболее сохранившейся обделкой на внутреннем контуре растягивающие напряжения достигают предела прочности на растяжение и в некоторых случаях

Рис. 1. Поперечное сечение Гимринского тоннеля



превышают его, что является границей начала трещинообразования;

- максимальные значения сжимающих напряжений также близки к пределу прочности на сжатие, особенно в местах с максимальной глубиной заложения и приуроченных к литологостратиграфическим границам;

- наличие многочисленных разрушений и дефектов в своде и на стенах обделок (трещины, смещения, отслоения, вывалы, каверны, пустоты в бетоне, просадки стенок, выщелачивание и прочее), вызванных влиянием горного давления, воды, температуры и не полной законченностью возведения обделок;

- разрушение набрызг-бетонной обделки с отслоениями и вывалами бетона, разрушение породы вокруг анкеров, разрыв сетки и другие дефекты;

- наличие пустот и разуплотнений грунтов за обделкой, снижающих несущую способность конструкций из-за неравномерно распределённой нагрузки на обделку, вследствие неэффективного взаимодействия системы «горный массив – обделка»;

- разрушение швов в монолитных обделках и наличие течей по этим швам, а также вынос материала из этих швов;

- толщина обделки свода тоннеля на участке от ПК 25+00 до ПК 31+00 составляет около 30 см, т. е. 50 % проектной толщины;

- в 40–50 % случаях класс бетона ниже проектного;

- наличие интенсивных выходов воды из горного массива, особенно на северном участке, закреплённого набрызг-бетоном;

- вынос частиц грунта с водой на участках разрушений с заиливанием проезжей части;

- недостаточность, а в большинстве случаев – отсутствие заполнительной цементации заобделочного пространства;

- разуплотнение бетона в монолитных обделках из-за некачественной укладки бетона и несоблюдения технологий, влияющих на прочность и водонепроницаемость.

По совокупности всех факторов, установленных в результате обследования состояния вмещающих грунтов, выработок и конструкций всех тоннельных сооружений с учётом фактора времени, констатировалось, что согласно СП 13-102-2003 обследованные конструкции подземных сооружений Гимринского автодорожного тоннеля по техническому состоянию относятся к категории аварийного состояния.

Учитывая, что тоннельные сооружения находятся в 8–9-балльной сейсмической зоне, отмечалось, что при возникновении сейсмических воздействий возможна потеря несущей способности возведённых ранее конструкций и устойчивости выработок, особенно в процессе дальнейшей эксплуатации тоннеля без доведения его до эксплуатационной надёжности.

Критерии выбора материала

В совокупности задач по восстановлению тоннеля, одной из основных являлась необ-



Рис. 2. Северный портал тоннеля в период реконструкции

ходимость ремонта бетона обделки и других конструкций, в том числе с восстановлением несущей способности. Выбор материала базировался на следующих критериях.

1. Универсальность – возможность ремонта одним составом любых железобетонных конструкций (несущих, самонесущих и ненесущих) с восстановлением и без восстановления несущей способности.

2. Необходимые свойства для обеспечения совместной работы с бетоном конструкции:

- модуль упругости не менее 20 ГПа и не более 35 ГПа;

- адгезия к бетону не менее 2 МПа;

- адгезия к бетону после циклов замораживания/оттаивания;

- усадка, не влияющая на качество ремонта;

- максимальная прочность на растяжение при изгибе;

- сцепление с арматурой в допустимых нормативами значениях;

- ползучесть в допустимых нормативами значениях.

3. Необходимые защитные свойства материала:

- водонепроницаемость не менее W8;

- стойкость к карбонизации в допустимых нормативами значениях.

4. Все характеристики должны определяться по методикам, утверждённым в нормативных документах, и подтверждаться сертификатами или актами испытаний независимых испытательных центров. Преимущество имели отечественные испытательные организации.

5. Характеристики материала должны позволять прогнозировать срок службы отремонтированной конструкции, который должен быть не менее 50 лет.

6. Материал должен позволять ремонтировать железобетонные конструкции без ос-

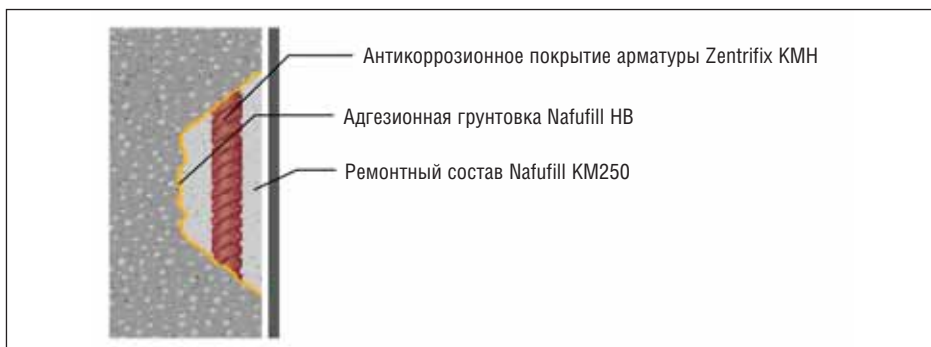


Рис. 3. Схема ремонта составом Nafufill KM250



Рис. 4. Работа с Nafufill KM250 в тоннеле

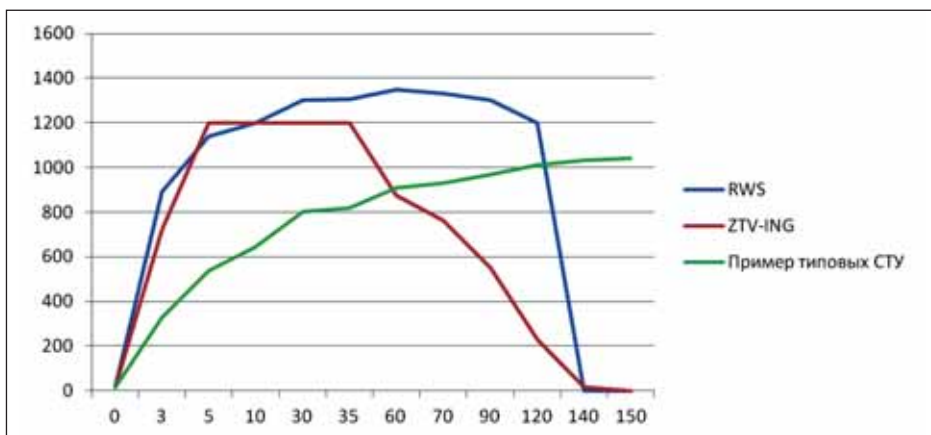


Рис. 5. Сравнение сценариев развития пожара



187341, Ленинградская область,
г. Кировск,
ул. Набережная, 1/17
тел.: 8-800-555-06-05
www.mc-bauchemie.ru

тановки строительных работ и эксплуатации сооружения.

7. Стоимость за 1 м².

При прочих равных условиях преимущество получали материалы отечественного производства.

Ремонтный состав Nafufill KM250

Выбор был остановлен на ремонтном составе Nafufill KM250. Материал полностью отвечал всем предъявленным критериям и по совокупности превышал характеристики других составов. Производство материала немецкой разработки на заводах MC-Bauchemie в России также оказало влияние на его выбор. Немаловажным фактором оказалось наличие:

- инструкции по ремонту и защите железобетонных конструкций на объектах транспортного строительства, разработанной Научно-исследовательским институтом бетона и железобетона (НИИЖБ) и Центральным научно-исследовательским институтом транспортного строительства (ЦНИИС);
- сертификата соответствия европейскому нормативу EN 1504 «Ремонт и защита бетона»;
- сертификата-допуска Немецкого института транспортного строительства (BAST).

В процессе работы на объекте выявилось еще дополнительное преимущество материала – высокая скорость ремонта за счет большой толщины нанесения, легкости в работе по сравнению с другими составами и быстрого набора прочности (через сутки конструкцию уже можно было эксплуатировать в полном объеме).

Схема ремонта железобетонных конструкций представлена на рис. 3.

В качестве антикоррозионной и адгезионной грунтовки использовались, соответственно, составы Zentrifix KMН и Nafufill HB производства MC-Bauchemie.

Противопожарные свойства Nafufill KM250 при использовании в тоннелях

Пока проект строительства и реконструкции Гимринского тоннеля реализовывался, на Nafufill KM250 были получены сертификаты противопожарной безопасности при применении в тоннелях по методикам ZTV-ING (Германия) и TNO-report 1998-CVB-R1161 (кривые RWS, Голландия). Как известно, огневая нагрузка в тоннелях (закрытом пространстве) существенно выше, чем в обычных зданиях и сооружениях. Поэтому огневая нагрузка для тоннелей в нашей стране разрабатывается по специальным техническим условиям (СТУ).

На рис. 5 представлены графики огневой нагрузки по европейским требованиям и российским СТУ (пример взят из одного проекта).

На сегодняшний день Nafufill KM250 является единственным материалом, выпускаемым в России, который имеет международные сертификаты по пожарной безопасности в тоннелях по методикам ZTV-ING (Германия) и TNO-report 1998-CVB-R1161 (кривые RWS, Голландия).



30 мая 2013 г. Георгию Васильевичу Макаревичу, генеральному директору ООО «Тоннельный отряд № 6 Метрострой», исполнилось 60 лет.

Г. В. Макаревич всю свою трудовую жизнь посвятил подземному строительству, является крупным специалистом в этой отрасли, заслуженный строитель Российской Федерации, Кавалер Ордена Почета.

Тоннельная ассоциация России сердечно поздравляет Георгия Васильевича с юбилеем и желает ему крепкого здоровья, счастья в жизни, дальнейшей успешной работы на благо Москвы и России.

3 июня 2013 г. исполнилось 70 лет ученому секретарю Тоннельной ассоциации России Владимиру Валентиновичу Внутских.

Ветеран транспортного строительства В. В. Внутских известен как высококвалифицированный инженер, неутомимый труженик, опытный организатор научно-технической работы Тоннельной ассоциации России.

Поздравляем Владимира Валентиновича со знаменательной датой и желаем счастья в жизни, доброго здоровья, творческих достижений в работе, всего самого наилучшего.

Видному ученому – тоннельщику Игорю Яковлевичу Дорману 5 июня 2013 г. исполнилось 75 лет.

Вице-президент ОАО «Метрогипротранс» по научной работе И. Я. Дорман прошел в подземном строительстве путь от рядового инженера на производстве до академика Российской академии естественных наук, доктора технических наук, профессора. Научные труды И. Я. Дормана обогатили науку подземного строительства и отличаются высокой практической востребованностью.

Тоннельная ассоциация России с чувством глубокого уважения поздравляет Игоря Яковлевича с 75-летием, желает счастья, здоровья, долгих лет плодотворной творческой деятельности в нашем общем деле.

1 июня 2013 г. проектно-изыскательному институту «Метрогипротранс» исполнилось 80 лет.

Созданная в 1933 г. Центральная проектная контора «Метропроект» выполнила славную функцию одного из основоположников новой для нашей страны отрасли – метростроения, и разработала проекты лучшего в мире метрополитена – Московского.

За прошедшие годы этот стартовый коллектив проектировщиков вырос в крупный, высококвалифицированный, всемирно известный институт ОАО «Метрогипротранс».

В послужном списке Метрогипротранса десятки линий и сотни станций метро в Москве, других городах нашей страны и зарубежных стран.

Самые прогрессивные технические решения, уникальные архитектурные композиции, ответственность и товарищеская взаимопомощь – вот фирменный стиль работы Метрогипротранса. Метрогипротрансом созданы филиалы в ряде других городов. Многие из них стали самостоятельными, весьма авторитетными проектными институтами, но все они безоговорочно признают лидерскую роль Метрогипротранса как флагмана проектирования подземных сооружений в нашей стране.

В настоящее время страна бурно развивается. У Метрогипротранса много работы, впереди новые трудовые достижения.

Тоннельная ассоциация России от всей души поздравляет руководство, трудовой коллектив, ветеранов ОАО «Метрогипротранс» с юбилеем и желает всего самого наилучшего.

Поздравляем Вадима Николаевича Александрова с 50-летием трудовой деятельности.

Генеральный директор ОАО «Метрострой» (Санкт-Петербург) Вадим Николаевич Александров – выдающийся деятель отечественного метро-тоннелестроения.

Под его руководством построено подавляющее количество линий и станций Ленинградского метрополитена, разработан и внедрен целый ряд прогрессивных, уникальных технических решений.

В. Н. Александров – заслуженный строитель Российской Федерации, доктор транспорта, академик Академии транспорта, член правления Тоннельной ассоциации России.

Вадим Николаевич внес большой вклад в развитие города Санкт-Петербурга, его транспортной инфраструктуры и по праву удостоен высокого почетного звания «Почетный гражданин Санкт-Петербурга», избран президентом НП «Объединение подземных строителей».

Тоннельщики и метростроевцы России поздравляют Вадима Николаевича Александрова с замечательным трудовым достижением и желают ему крепкого здоровья, большого счастья в жизни, дальнейших успехов в нашей общей работе на благо Отечества.

ВЛИЯНИЕ УСАДОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ БЕТОНА НА ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЬНЫХ ОБДЕЛОК

И. В. Гиренко, инженер, Филиал ЦНИИС НИЦ «ТМ»

Рассмотрены факторы, влияющие на водонепроницаемость тоннельных обделок, которым до настоящего времени не уделялось должного внимания как при проектировании конструкций, так и подборе бетонов для тоннельных сооружений.

При расчете тоннельных обделок, срок службы которых определен более 100 лет, используются такие показатели бетона, как его класс на сжатие и начальный модуль деформации. Марки по морозостойкости и водонепроницаемости назначают, исходя из условий эксплуатации конструкций. При этом расчетные показатели бетона принимаются в зависимости от его класса по справочным таблицам свода правил (СП52-101-2003), в основу которого (за исключением высокопрочных бетонов) положен СНиП 2.03.01-84*. Таблицы составлены на основании экспериментальных и теоретических исследований, выполненных на конкретных материалах (цементах, заполнителях, добавках), применяемых строительной индустрией в 60–80-х годах XX века.

В соответствии с нормативами прочностные, деформативные показатели бетона, его водонепроницаемость и морозостойкость определяются в возрасте 28 суток твердения в нормальных условиях, т. е. при температуре +20 °С и влажности среды более 95 %, соответственно как для бетонов естественного твердения, так и пропаренных. Возраст определения этих показателей был принят ранее, исходя из сроков загрузки конструкций и получения «зрелого» бетона, в котором основные химические реакции гидратации, как и основные усадочные деформации, прошли на 55–70 %.

Однако в связи с ускоренным строительством тоннельные конструкции включаются в работу значительно раньше достижения бетоном «зрелости», что не учитывается в расчетах при проектировании обделок, а из-за отсутствия проектных требований к бетону раннего возраста – соответствующих этим требованиям подборов составов.

Определяющим для строителей и проектировщиков в принятии решения возможности передачи на бетонную или железобетонную конструкцию нагрузок и прекращения ухода за бетоном конструкции является достижение им определенной прочности.

В настоящее время с появлением на отечественном строительном рынке универсальных химических добавок прочность бетона для блоков тоннельной обделки, равную например 45 МПа, можно получить как через 12 ч, так и через 1, 3, 7, 28 и 90 суток, используя

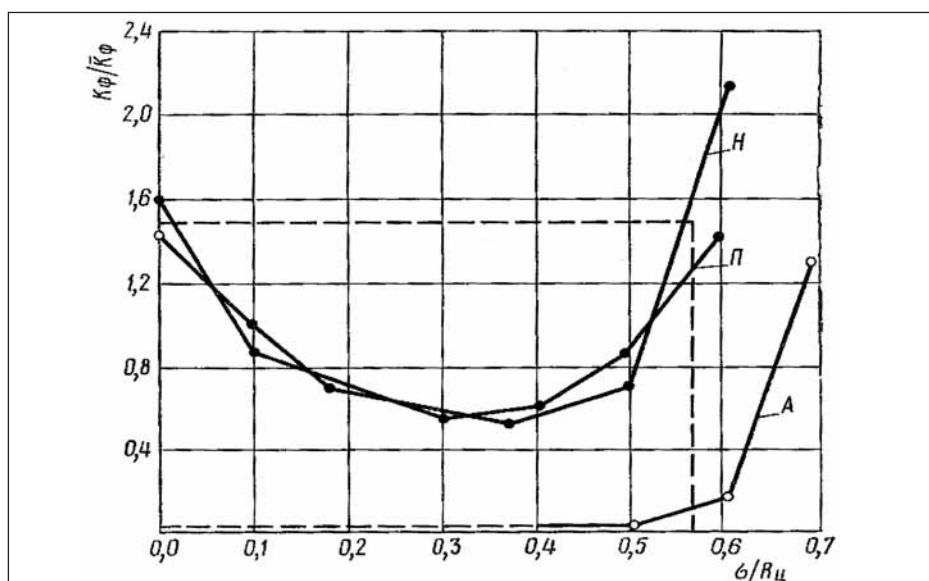


Рис. 1. Влияние условий твердения на характер зависимости коэффициента фильтрации от относительного уровня сжимающих напряжений

для этого разные составы бетона, цементы, заполнители, химические добавки, активные наполнители и применяя специальные способы твердения. Однако при этом возникает сомнение в том, что достижение определенной величины прочности бетона на сжатие даст право передачи на него нагрузок как временных, так и постоянных. Также возникают сомнения, что бетоны, имеющие одинаковую прочность, но полученную в разном возрасте, будут иметь одинаковые или близкие значения таких показателей, как призмная прочность, трещиностойкость, модуль деформации, ползучесть, усадка, морозостойкость и водонепроницаемость.

В подтверждение вышесказанного можно привести результаты работы Е. А. Антонова и Л. В. Березницкого «Влияние структуры бетона на его фильтрационные характеристики под воздействием сжимающих напряжений», выполненной в начале 80-х годов.

Авторами указанной литературы было исследовано влияние температурно-влажностных условий твердения бетона (пропаривания, твердения в нормальных изотермических и адиабатических условиях) на изменение водонепроницаемости бетонов одинаковой прочности (полученной в разном возрасте) при осевом сжатии.

Образцы бетонов как полые цилиндры (H = 60 см, D1 = 15 см, D2 = 5 см), так и кубы (10×10×10 см) были изготовлены из одних и тех же материалов и отличались расходами цемента и удобоукладываемостью.

В табл. и на рис. 1 приведены обобщенные результаты указанной работы.

Одинаковая прочность образцов для бетонов с В/Ц = 0,42 при расходе цемента от 370 до 530 кг/м³ была достигнута в зависимости от условий твердения через разный промежуток времени, сут:

Н при T = 20 °С, W ≥ 95 % 8

П по режиму (4 + 4 + 12 + 4),

T_{проп.} = 75 °С 3

А при T_{экз. цем.} = 50–58 °С в течение

2 суток, затем НТ 4

Коэффициенты фильтрации бетона, определенные при давлении воды 0,6 МПа, оказались разными, несмотря на практически одинаковую прочность образцов в момент их испытания. Так, бетон, твердеющий в адиабатических условиях, показал значительно меньшую проницаемость по сравнению с бетоном нормального твердения и, тем более, пропаренным. Это – свидетельство формирования менее дефектной структуры цементного камня и бетона, создания наиболее благоприятных условий протекания хи-

Таблица

Расход цемента М500 в составах бетона, кг/м ³ , при В/Ц = 0,42 / удобоукладываемость бетонной смеси	Условие твердения ¹	Кф 10 ⁵ , м/с, при Р _{воды} = 0,6 МПа и осевом сжатии, МПа		R _a ²⁸ , МПа	Прочность бетона в момент испытания на Кф, МПа	
		σ = 0Rц	σ = 0,2Rц		Rц (цилиндры)	Rк (кубы)
Ц = 370 / Ж = 20 с	Н	1,98	0,7	54,6	34,6	44,6
	П	2,97	0,9	53,4	33,3	42,5
	А	0,72	0	57,7	36	45,6
Ц = 450 / ОК = 4 см	Н	1,77	0,65	47,7	28,5	40
	П	2,45	0,87	48	30,1	41,9
	А	0,5	0	55,7	32,8	44,4
Ц = 530 / ОК = 7 см	Н	1,2	0,6	47,3	32	40
	П	1,67	0,8	48,4	31,4	43,3
	А	0,38	0	49,7	33,4	44,1

¹ Н – нормальные; П – пропаренные; А – адиабатические

мической реакции между цементом и водой и, в результате, получения более плотной структуры, менее подверженной усадочным деформациям и трещинообразованию.

При одновременном воздействии давления воды и сжимающей нагрузки ~36 % от R_a²⁸ (~18 МПа) бетон адиабатического твердения подтвердил свою повышенную трещиностойкость (точка на графике 0,5 σ/Rц, рис. 1).

Полученные данные показали, что прочность бетона не несет в себе информацию о его долговечности, в данном случае водонепроницаемости. Прочность не может быть единственным показателем возможности восприятия бетоном нагрузок от давления воды, и особенно от комплексного воздействия внешних нагрузок, что испытывают бетоны тоннельных обделок как на стадии строительства, так и на стадии эксплуатации.

Наглядным примером вышеизложенного является образование трещин в отдельных блоках тоннельной обделки от монтажного воздействия щитовых домкратов (рис. 2) во много раз меньшего их несущей способности при высокой прочности бетона на сжатие (80–90 МПа), что было определено как неразрушающим методом, так и на выбуренных образцах.

Результаты обследования обделок транспортных тоннелей и анализ научно-исследовательских работ, посвященных долговечности бетона и влияющим параметрам, особенно усадки, не учитываемой при проектировании и строительстве тоннелей, а часто и при их ремонте, показали, что установленная в тоннель железобетонная обделка в течение длительного периода испытывает перераспределение внутренних напряжений в бетоне и арматуре не только от постоянных и переменных внешних воздействий (давление пород и воды окружающего массива, колебания температуры и влажности, вибрация и нагрузки от транспорта), но и от внутренних. Это – продолжающаяся десятилетиями гидратация цементной составляющей бетона, сопровождающаяся перекристаллизацией продуктов гидратации, уплотнением структуры и усадкой, величина и продолжительность которых зависят, в том числе, от химического и минералогического состава цемента и природы добавок, введенных при приготовлении бетона.

Значимые исследования деформаций, прочности и долговечности бетона транспортных сооружений, бетонных и железобетонных конструкций были выполнены в период 1979–1983 гг. в ЦНИИСе под руководством Е. Н. Щербакова, что было связано с появлением нового эффективного в строительной индустрии Советского Союза суперпластификатора С-3, разработанного В. Г. Батраковым и В. Р. Фаликманом.

Оценить влияние усадки на водонепроницаемость бетона удалось в процессе обследований тоннелей метрополитена, построенных более 10 лет назад, но не введенных в эксплуатацию (возраст бетона 10–12 лет).

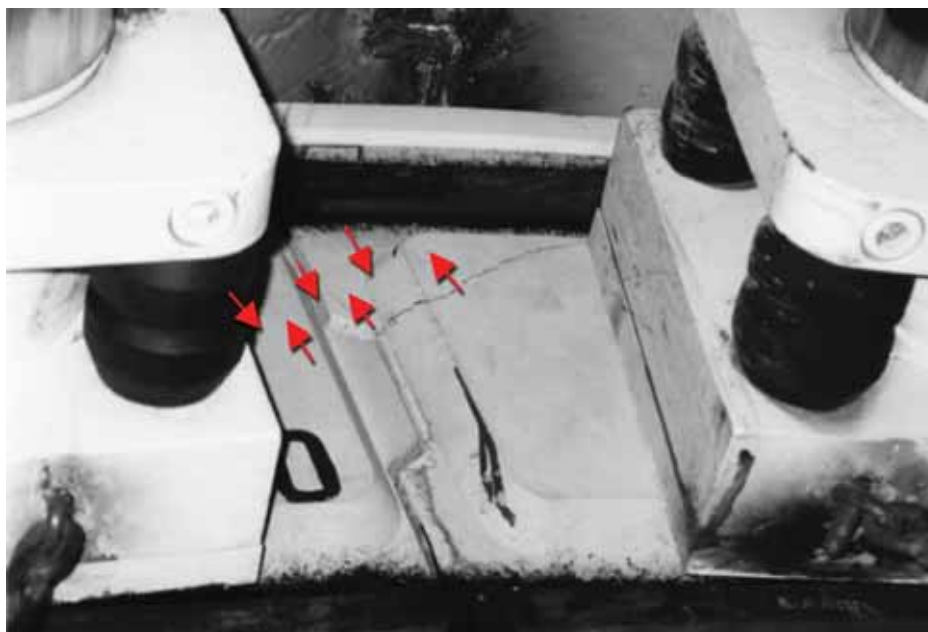


Рис. 2. Образование трещин в блоках обделки от действия щитовых домкратов (2004 г.)

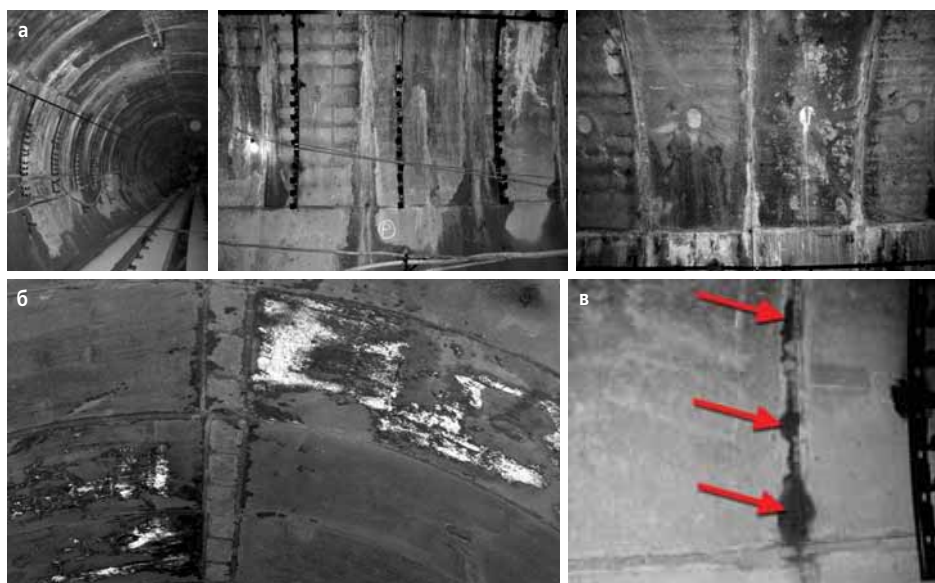


Рис. 3. Водопроявления в тоннеле из-за усадки бетона (2009 г.): а – через трещины в бетоне блоков и стыки; б – из-за фильтрации воды через бетон; в – из-за усадки бетона блока и раствора шва стыков обделки

Было отмечено значительное количество водопроявлений (рис. 3). Проверка прочности бетона блоков тоннельной обделки показала, что прочность повысилась по сравнению с проектной с 40 до 60–70 МПа. Блоки тоннельной обделки изготавливались из бетона с добавкой С-3.

Особенно много было зафиксировано усадочных трещин, проявившихся по направлению расположения арматурной сетки (см. рис. 3а).

Арматура в данном случае явилась концентратором напряжений при развитии усадочных деформаций. Это нашло экспериментальное подтверждение, полученное на бетонном образце (50×100×400 мм, с размещенным в нем стержнем Ø18 А-III), твердеющем в течение 90 сут в воде $W = 100\%$, а затем помещенным в воздушную среду $W = 50\text{--}60\%$. Изменение влажности среды вызвало развитие усадочных деформаций с образованием трещин.

Известно, что растягивающие напряжения в бетоне при его усадке распределяются по сечению неравномерно. Наибольшие напряжения возникают в зоне контакта с арматурой. Поэтому, с одной стороны, армирование бетона, как и использование крупного прочного заполнителя, снижает величину усадки, а с другой, является фактором, повышающим вероятность трещинообразования и водонепроницаемости бетона обделки.

Процессы усадки бетона при эксплуатации тоннелей усугубляются низкой влажностью воздуха (от 30 до 65 %) при воздействии воздушных потоков и значительными для автодорожных и железнодорожных тоннелей перепадами температур. По данным З. М. Ларионовой и Л. В. Никитиной природа этого процесса связана с тем, что при относительной влажности среды ниже 85 % начинает удаляться адсорбционно связанная влага из гидросиликатов группы тоберморита, что приводит к максимальной усадке цементного камня, а при W ниже 45 % удаляет-

ся влага, находящаяся между слоями кристаллизационной структуры гидросиликатов кальция.

Объемные деформации бетона сопровождаются не только изменением размеров элемента, изменением формы (искривление), но и образованием трещин.

Усадку по времени ее проявления принято делить на усадку бетонной смеси (пластическую, контракционную) и длительную усадку твердеющего бетона (гидратационную, карбонизационную и влажностную).

На стадии приготовления бетонной смеси и формирования изделия или конструкции закладывается будущая структура цементного камня и бетона с определенной долей дефектов в виде пор, капилляров и микротрещин, которые впоследствии определяют трещиностойкость бетона, интенсивность и длительность протекания объемных деформаций, включая усадку.

В бетоне, вследствие комплекса воздействий (нагрузок), возникают магистральные и микротрещины, раскрывающиеся при его усадке, длящейся десятилетиями. При этом несущая способность конструкции, как правило, сохраняется, а водонепроницаемость существенно снижается.

Усадка цементного камня и бетона зависит от многих факторов, которые следует учитывать при приготовлении бетонов для тоннельных конструкций. Повышенное внимание следует уделять материалному составу бетона, цементу, химическим добавкам, условиям бетонирования и твердения до набора бетоном «зрелости», при которой он сможет сопротивляться внешним воздействиям.

Факторы, повышающие величину усадки бетона:

- несбалансированное количество гипса (серного ангидрида SO_3) в цементе;
- высокая тонкость помола цемента;
- повышенный расход цементного теста в бетоне (использование «жирных» бетонных смесей). Повышение расхода цементного те-

ста с 26 до 29 % при одинаковом водоцементном отношении увеличивает усадку бетона на 20 %;

- плохо подобранный гранулометрический состав заполнителей – большая пористость;
- использование легких или малопрочных заполнителей (с низким модулем упругости);
- повышенное содержание глинистых примесей в заполнителе (может повысить усадку бетона на 70 %);
- высокое или низкое водоцементное отношение ($0,65 \leq W/C \leq 0,3$);
- высокая подвижность бетонной смеси при низком расходе воды и повышенном расходе добавок пластификаторов или суперпластификаторов, способных блокировать химическую реакцию образования и роста кристаллов гидросульфаталюмината кальция при гидратации цемента;
- использование водоредуцирующих добавок (водопонижителей), имеющих эффект торможения химических процессов, протекающих между зёрнами цемента и водой;
- применение неармированных бетонных конструкций;
- условие недостаточной влажности и температуры в начальный период твердения бетона (его вызревания);
- условие низкой влажности и перепады температур в эксплуатационный период;
- разномассивность сечения;
- добавки некоторых ускорителей, вступающих в непосредственное химическое взаимодействие с минералами цементного клинкера.

Растущий объем и сокращение сроков строительства транспортных тоннелей требуют новых высокоэффективных бетонов и технологий, применение которых сдерживается в настоящее время отсутствием:

- нового подхода при расчете и проектировании конструкций тоннельных обделок, базирующихся не только на теории прочности бетона, но и на методах механики разрушения с учетом «зрелости» бетона, его фактических физико-механических и деформативных характеристик в моменты воздействия временных и постоянных нагрузок;
- стабильности качества исходных материалов при приготовлении бетонов в промышленном масштабе, что приводит к непредсказуемости и невозможности воспроизводимости характеристик бетона с добавками нового поколения;
- требований в нормативных документах определения при подборе составов бетона для конкретных материалов (помимо расклубочной и марочной прочности, водонепроницаемости и морозостойкости) таких показателей, как трещиностойкость, усадка, ползучесть и модуль упругости;
- технологий и оборудования, соответствующих высокоэффективным бетонам;
- нормативного обеспечения;
- специалистов для обеспечения работоспособности всех технологических операций.

КОНТРОЛЬ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОБДЕЛОК ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ

Л. Л. Старчевская, В. В. Чеботаев, Е. В. Щекудов, Филиал ОАО ЦНИИС НИЦ ТМ

В последние годы все чаще встречаются случаи ведения подземных работ вблизи эксплуатируемых тоннелей, поскольку остановка их эксплуатации обходится очень дорого. Однако при этом возникает опасность разрушения обделки эксплуатируемого тоннеля из-за больших деформаций окружающего массива, возникающих при ведущихся вблизи подземных работах. Опасность высока еще потому, что обделка эксплуатируемого тоннеля, как правило, не рассчитана на эти дополнительные воздействия. Поэтому в таких случаях необходимо организовывать постоянные наблюдения за деформациями обделок эксплуатируемого тоннеля, чтобы можно было вовремя предупредить развитие аварийных ситуаций. Современные геодезические средства наблюдений за смещениями реперов позволяют выполнять автоматизированное снятие показаний высокоточных теодолитов с немедленной их передачей в компьютерную базу данных. Оперативный анализ данных наблюдений позволяет оценить опасность возникновения аварийных ситуаций. В состав такого анализа должна входить и оценка величины дополнительно возникших напряжений и их близости к пределу прочности материала обделки.

Филиал ОАО ЦНИИС «Научно-исследовательский центр «Тоннели и метрополитены» (НИЦ ТМ) в настоящий момент ведет мониторинг состояния тоннелей Московского метрополитена на перегоне «Сокол» – «Войковская», под которыми НПО «Космос» сооружает закрытым способом Алабяно-Балтийский автодорожный тоннель. В состав работ входит разработка двух глубоких котлованов вблизи действующих тоннелей метрополитена, сплошное укрепление грунта в зоне будущего тоннеля грунтоцементными связями, ограждение зоны работ экраном из стальных труб, проходка и бетонирование обделки автодорожного тоннеля. Работы осложнены наличием на трассе автодорожного тоннеля обводненного песчаного грунта, что чревато возможностью его выпусков с последующими большими осадками тоннелей метрополитена.

Наблюдения за деформациями тоннелей метрополитена ведет ООО «Инжтоннель-геодезия», организовавшее автоматизированный съем показаний теодолитов с интервалом от 1 до 4 часов и с немедленной записью их в компьютерную базу данных. Общее количество установленных реперов более 200, точность измерения смещений по каждой из трех координат порядка 1 мм. Величины смещений обделки тоннелей метрополитена на первых двух этапах ра-

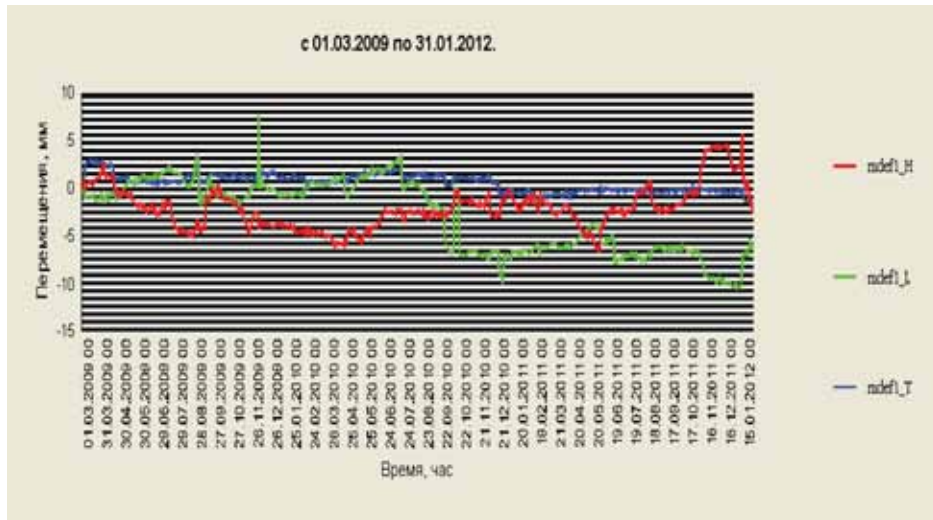


Рис. 1. Смещения репера mdef1: по высоте (H), поперечные (L), продольные (T)

бот в отдельных случаях превысили 30 мм.

Для оперативного анализа данных в НИЦ ТМ разработан специальный комплекс программ для ЭВМ. Первая программа Sokol принимает данные измерений смещений реперов по трем координатам, отображивает заведомо недостоверные результаты, структурирует и записывает информацию в базу данных. Программа дает возможность оценить влияние зафиксированных деформаций на параметры пути метрополитена и выполняет проверку допустимости произошедших перекосов и искривлений пути. Также имеется возможность построения графиков изменения положения реперов во времени, что позволяет определять величины смещений, прогнозировать тенденции их развития. На рис. 1 приведен график смещений одного репера mdef1 за 34 месяца ведения работ, полученный по программе. Продольные смещения репера оказались в пределах точности измерений, высотные – порядка 5 мм, поперечные достигли 10 мм.

Вторая составляющая комплекса – исследовательская программа Strain имеет своей целью определять величины напряжений, возникающих в тоннельной обделке от произошедших деформаций в каждый момент, используя базу данных смещений реперов программы Sokol. Ниже изложены основные предпосылки, используемые в программе Strain.

В тоннелях метрополитена над строящимся автодорожным тоннелем организованы измерительные сечения, в каждом из

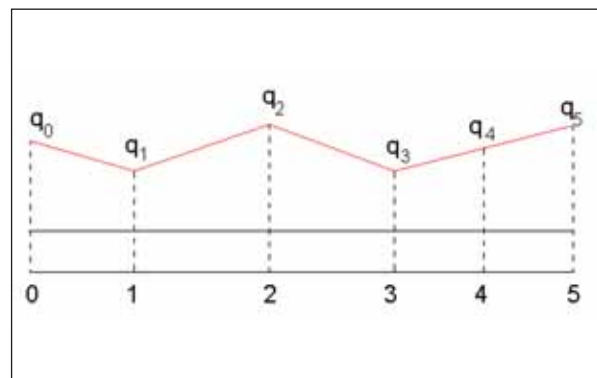


Рис. 2. Расчетная схема нагрузок на обделку в сечениях 0–5

которых устанавливаются по несколько (не менее трех) реперов. Расстояния между измерительными сечениями составляют от 4 до 7,5 м.

Таким образом, в каждом измерительном сечении известны смещения нескольких точек в пространстве. Рассматривая проекции этих смещений на плоскость сечения, получим плоскую задачу определения дополнительных напряжений в плоскости сечения конструкции по известным смещениям (задача № 1). Рассматривая проекции этих смещений на ось тоннеля и принимая тоннельную обделку как пространственную балочную конструкцию, получим задачу определения напряженно-деформированного состояния для балки с известными смещениями в сечениях (задача № 2). Конструкции обделок считаются упругими. Поскольку тоннельные обделки при проектировании не рассчитываются на работу в продольном направлении, задача № 2 является более актуальной.

Для задачи № 2 участок обделки тоннеля между измерительными сечениями прини-

**Результаты определения дополнительных напряжений в обделках метрополитена
по данным измерений за период 01.12.2011 – 01.06.2012**

Характеристики обделки:

Чугунный тоннель

Площадь сечения $F = 1,3 \text{ м}^2$ Модуль упругости $E = 10\,000\,000 \text{ т/м}^2$ Моменты инерции $I_x = 4,48 \text{ м}^4$; $I_y = 3,19 \text{ м}^4$

Таблица 1

Сечение, пикетаж	Относительные перемещения сечений за период по осям OX, OY, OZ (мм)			Углы плоскости сечения с осями OX, OY, OZ			Угол закручивания сечения (градусы/радианы · 10 ³)
	ΔX	ΔY	ΔZ	α_x (радиан · 10 ³)	α_y (радиан · 10 ³)	α_z (радиан)	δ
Сечение 0–0 86 + 13.00	-2.3	-6.7	-0.3	-0.038	-0.023	1.571	0.000 / 0.001
Сечение 1–1 86 + 21.00	-2.4	-5.7	-0.2	-0.046	0.105	1.571	-0.002 / -0.026
Сечение 2–2 86 + 28.00	-2.7	-4.5	-0.7	-0.113	0.121	1.571	0.021 / 0.375
Сечение 3–3 86 + 35.50	-3.4	-0.7	-0.9	-0.168	0.146	1.571	0.057 / 0.990
Сечение 4–4 86 + 43.00	-1.7	0.0	-1.3	-0.237	-0.132	1.571	0.040 / 0.697
Сечение 5–5 86 + 50.50	-4.6	-1.8	-0.8	-0.034	0.060	1.571	0.019 / 0.337
Сечение 6–6 86 + 58.00	-5.1	-1.6	-0.6	0.023	0.063	1.571	0.027 / 0.474

Таблица 2

Сечение	Моменты M_x , тм	Моменты M_y , тм	Поперечные силы Q_y , т	Поперечные силы Q_x , т	Нагрузки P_y , т/м	Нагрузки P_x , т/м
Сечение 0–0	2812.36	3793.70	495.09	-3186.06	-697.40	1258.47
Сечение 1–1	797.60	433.66	-2262.13	194.54	26.83	-430.76
Сечение 2–2	4873.03	280.11	-4980.63	-107.85	-735.41	536.65
Сечение 3–3	-6399.21	3892.03	-4314.90	-1955.08	874.66	-797.94
Сечение 4–4	-4911.45	-7679.66	1757.03	-82.42	609.58	1104.44
Сечение 5–5	4718.67	4524.33	1158.17	-1564.51	-758.47	-1745.76
Сечение 6–6	-4168.17	14557.10	-1236.20	13488.79	183.83	5739.98

Таблица 3

Участки между сечениями	Расстояние между сечениями, м	Расстояние от начала, м	Крутящие моменты, тм	Максимальные напряжения сдвига, т/м ² , и коэффициенты запаса		Норм. силы (т)
	LL	L	$M_{кр.}$	$\max \tau_z$	k	F_n
Сечение 0–0 __ Сечение 1–1	8.00	0.00	-264.4	-108.2	46.23	-217.6
Сечение 1–1 __ Сечение 2–2	7.00	8.00	4397.1	1798.4	2.78	-953.7
Сечение 2–2 __ Сечение 3–3	7.50	15.00	6289.2	2572.2	1.94	430.1
Сечение 3–3 __ Сечение 4–4	7.50	22.50	-2991.4	-1223.5	4.09	-638.1
Сечение 4–4 __ Сечение 5–5	7.50	30.00	-3685.5	-1507.4	3.32	366.7
Сечение 5–5 __ Сечение 6–6	7.50	37.50	1397.4	571.5	8.75	411.2

Таблица 4

Участки между сечениями	Максимальные напряжения растяжения (т/м ²), их координаты (м) и коэффициенты запаса прочности k					Максимальные напряжения сжатия (т/м ²), их координаты (м) и коэффициенты запаса прочности k				
	$\max \sigma_z$	x	y	z	k	$\min \sigma_z$	x	y	z	k
Сечение 0–0 __ Сечение 1–1	1248.9	4.54	-0.49	0.00	5.20	-8832.5	-2.19	4.87	8.00	2.26
Сечение 1–1 __ Сечение 2–2	4829.6	-2.06	-4.88	15.00	1.35	-4798.2	-1.71	4.88	15.00	4.17
Сечение 2–2 __ Сечение 3–3	1822.7	-1.66	-1.10	22.50	3.57	-4270.5	-2.11	4.88	22.50	4.70
Сечение 3–3 __ Сечение 4–4	6026.6	-4.22	-3.78	29.63	1.08	-13162.1	-1.96	4.89	24.00	1.52
Сечение 4–4 __ Сечение 5–5	2398.4	-0.84	-3.13	30.00	2.71	-15850.3	-0.68	-0.86	37.50	1.26
Сечение 5–5 __ Сечение 6–6	3282.7	4.88	-1.75	45.00	1.98	-8652.2	4.33	0.15	41.25	2.31

Замечания:

z – расстояние от сечения 0 вдоль оси тоннеля, x, y – координаты в плоскости сечений.

При вычислении коэффициентов запаса использованы данные нормативных документов.

Предельные значения для материала обделки по прочности:

сжатие – 20000 т/м², растяжение – 6500 т/м², сдвиг – 5000 т/м².

маем как балку длиной L с известными характеристиками сечений (F, I_x, I_y).

По среднесуточным продольным смещениям реперов в измерительном сечении относительно начального периода измерений, когда можно принять отсутствие продольных напряжений в обделке, определяем в трехмерном пространстве измененное положение плоскости сечения методом наименьших квадратов. По измеренным высотным и поперечным относительным смещениям определяем смещения сечения в плоскости измерений. Аналогичную операцию производим с соседним измерительным сечением, получая также новое положение плоскости сечения. Зная относительные смещения в плоскости сечения, осевые смещения и углы поворота соседних сечений балки, можно определить поперечные силы Q_x и Q_y , изгибающие моменты M_x и M_y , крутящий момент $M_{кр}$ и нормальную силу N на участке, а по их величинам – приросты продольных и касательных напряжений в обделке.

Принимая в качестве гипотезы, что эпюры дополнительных поперечных нагрузок на контролируемом участке тоннеля между измерительными сечениями являются линейными и не имеют скачков, можно определить эти нагрузки на участки обделки, используя метод начальных параметров.

$$y(x) = y_0 + \varphi_0 \cdot x + M_0 \cdot x^2 / (2 \cdot EI) + Q_0 \cdot x^3 / (6 \cdot EI) + q_0 \cdot x^4 / (24 \cdot EI) + q' \cdot x^5 / (120 \cdot EI),$$

$$\varphi(x) = \varphi_0 + M_0 \cdot x / (EI) + Q_0 \cdot x^2 / (2 \cdot EI) + q_0 \cdot x^3 / (6 \cdot EI) + q' \cdot x^4 / (24 \cdot EI),$$

$$M(x) = M_0 + Q_0 \cdot x + q_0 \cdot x^2 / 2 + q' \cdot x^3 / 6,$$

$$Q(x) = Q_0 + q_0 \cdot x + q' \cdot x^2 / 2,$$

где x – координата сечения по оси тоннеля;
 $y(x)$ и $y_0 = y(0)$ – поперечные смещения сечений;

$\varphi(x)$ и $\varphi_0 = \varphi(0)$ – углы поворота сечений;
 $M(x)$ и $M_0 = M(0)$ – изгибающие моменты в сечениях;

$Q(x)$ и $Q_0 = Q(0)$ – поперечные силы в сечениях;

q_0 – поперечная нагрузка в начальном сечении;

q' – производная поперечной нагрузки на участке.

Рассматривая одновременно несколько (минимум три) смежных участков между измерительными сечениями для исключения неизвестных M и Q в промежуточных сечениях, определяем величины нагрузок q_i над сечениями с известными деформациями. Система уравнений для определения нагрузок q_i при числе измерительных сечений больше трех является переопределенной, и для нахождения q_i используется система уравнений, полученная при применении метода наименьших квадратных отклонений.

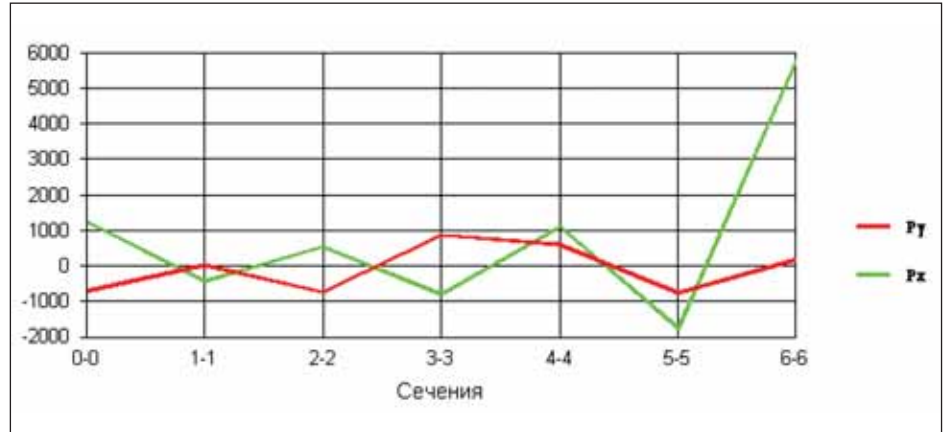


Рис. 3. Нагрузки в сечениях, т/м

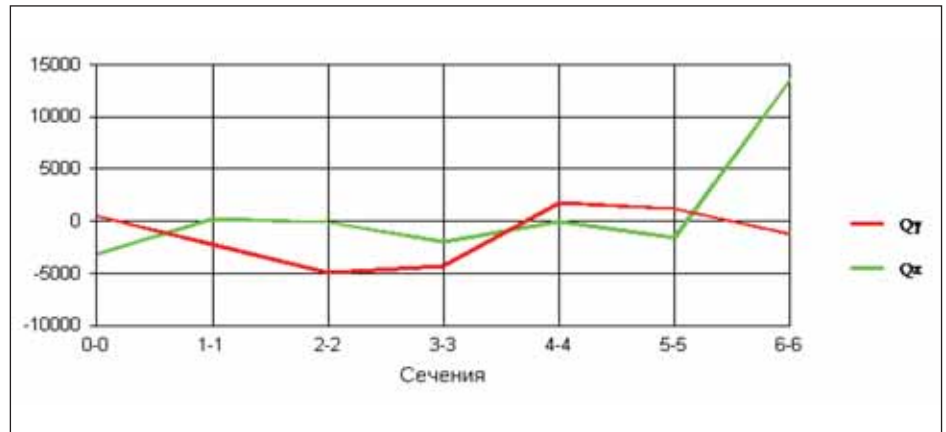


Рис. 4. Поперечные силы в сечениях, т

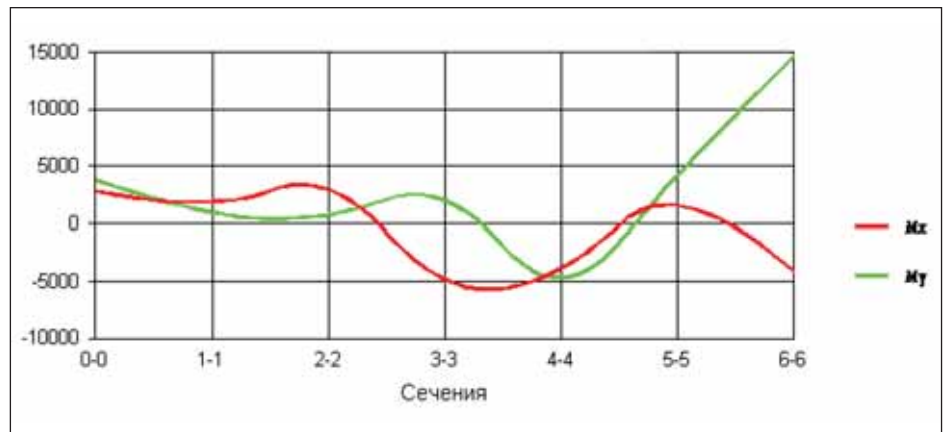


Рис. 5. Моменты в сечениях, тм

При реализации этого алгоритма для чугунной обделки из тубингов встретились трудности в связи с тем, что элементарный расчет показал повышенную на порядок продольную податливость обделки в работе на растяжение за счет изгиба борта тубинга, т. е. материал рассматриваемой балки имеет разные модули деформаций на сжатие и растяжение. Тем не менее, удалось разработать и реализовать в программе алгоритм определения такого условного модуля деформаций, при котором деформации однородной балки будут совпадать с деформациями разномодульной балки, что позволило в дальнейшем производить оценку продольных напряжений в тубингах.

В результате расчетов программа Strain выдает таблицы принятых в расчете смеще-

ний и углов поворота измерительных сечений, вычисленных по этим деформациям дополнительных поперечных нагрузок на тоннель, изгибающих моментов и поперечных сил в измерительных сечениях, максимальных и минимальных напряжений в обделке, а также эпюры поперечных нагрузок, поперечных сил и изгибающих моментов.

На рис. 3–5 приведены результаты работы программы – эпюры нагрузок, поперечных сил и изгибающих моментов в двух плоскостях, в табл. 1–4 помещены результаты расчетов.

Заключение

Прочность конструкции достаточна для восприятия действующих нагрузок.



ОПЕРЕЖАЮЩЕЕ ЗАБОЙ ТОННЕЛЯ ИЗУЧЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ МЕТОДОМ ЭМИ СШП ЗОНДИРОВАНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ ЕИЭМПЗ

К. П. Безродный, Ю. С. Исаев, А. Д. Басов, К. В. Романевич, ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»
В. Б. Болтинцев, В. Н. Ильяхин, С. В. Андрианов, ЗАО НПФ «Геодизонд»

Опережающее забой изучение инженерно-геологических и гидрогеологических условий неразрушающими геофизическими методами ЭМИ СШП (электромагнитные импульсы сверхширокополосной георадиолокации) зондирования и регистрации ЕИЭМПЗ (естественные импульсы электромагнитного поля земли) включает: систему регулярных измерений, обработки, анализа данных для прогноза состояния массива горных пород впереди забоя; предложения по выбору технологии проходки, крепления и при необходимости проведения специальных работ по предварительному укреплению массива для обеспечения безопасности сооружения подземной выработки. Пережающее изучение условий проходки неразрушающими методами осуществляется из забоев подземных выработок. Время проведения наблюдений методом ЭМИ СШП зондирования на плоскости одного забоя выработки 1015 мин, методом регистрации ЕИЭМПЗ в одном пункте наблюдений не более 12 мин. Камеральная обработка исходных данных выполняется непосредственно после измерений в течение 1–2 ч.

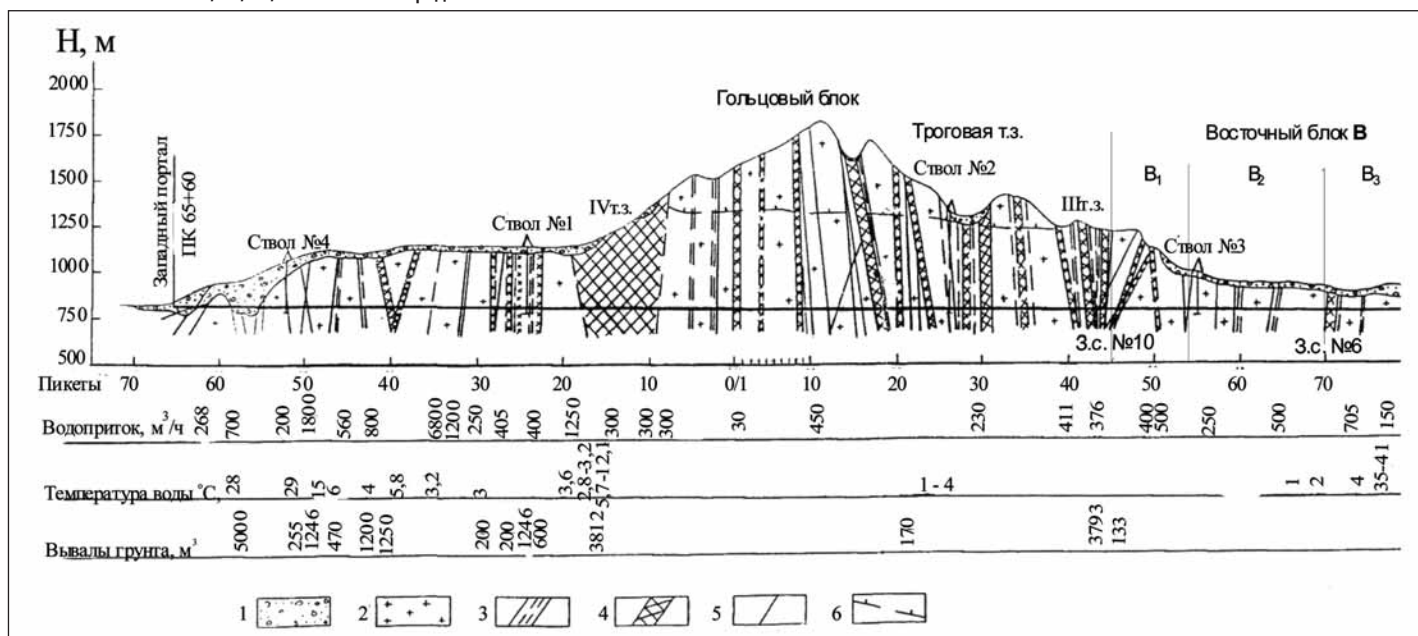
Система опережающего изучения условий проходки должна обеспечивать проектирующие и строительные службы информацией, необходимой и достаточной для выбора наиболее безопасной технологии строительства без остановки проходки, практически в режиме реального времени.

Приведем несколько примеров применения этих методов. Северомуйский тоннель построен в теле горной перемычки (в 1970–1980-х гг.), которая разделяет Верхнеангарскую и Муйскую впадины Байкальского рифта. Перемычка является частью водораздельного Северомуйского хребта, сложенного раннепалеозойскими гранитами Ангаро-Витимского батолита. По геологическому строению и структуре эта перемычка самая сложная в рифтовой зоне и самая сейсмически активная (более 9 баллов). К началу строительства геологическое строение по трассе тоннеля было изучено недостаточно, а центральная гольцовая часть была практически неизученной. Определяющим элементом геологии при строительстве Северомуйского тоннеля было сложное тектоническое строение территории: многочисленные раз-

ноориентированные зоны тектонического дробления мощностью от десятков сантиметров до 1,5–2 км. Преобладают субвертикальные зоны, пересекающие трассу тоннеля. Геологический разрез по трассе Северомуйского тоннеля представлен на рис. 1. Инженерно-геологические условия проходки тоннеля были существенно осложнены подземными водами. Зоны разломов являются резервуарами и проводниками инфильтрационных и термальных вод. Обводнение зон разломов способствовало образованию в них пльвунов, прорыв которых в забой часто создавал аварийные ситуации и остановку проходки на длительное время. По трассе тоннеля в зонах разломов отмечались выходы термальных вод с температурой до 40 °С и повышенными значениями выходов радона и гелия. Давление грунтовых вод составляло 5 МПа и более.

Для бурения разведочных скважин применяли буровые станки типа «Диамек 250», «Тоннэ Бoring» и др. Буровое оборудование размещали в специально сооружаемые камеры. Также бурение вели по забоям, тогда проходка не проводилась. Как показал опыт, ско-

Рис. 1. Геологический разрез по трассе Северомуйского тоннеля: 1 – рыхлые четвертичные отложения; 2 – граниты конклюдеромамаканского комплекса кембрийского возраста. Тектонические нарушения: 3 – зона сильнотрещиноватых и раздробленных пород; 4 – раздробленные породы с тектонической глиной, дезинтегрированные до щебня, дресвы и песка мощностью 5 м и более; 5 – то же, мощностью менее 5 м; 6 – граница многолетней мерзлоты. III т. з. и IV т. з. – третья и четвертая тектонические зоны. В1, В2, В3, В4 – блоки IV порядка Восточного блока В



рости проходки и разведочного бурения с отбором керна в относительно устойчивых породах могут быть сопоставимы. Как правило, в сложных условиях блокового строения массива пород, при наличии разно ориентированных систем трещин и различной степени разрушенности и обводненности зон тектонических нарушений одной разведочной скважины для оценки условий проходки было недостаточно. В горном деле, в том числе при строительстве тоннелей, широко применяются геофизические методы исследований для решения разных задач: начиная от разведки месторождений на всех стадиях, изучения напряженно-деформированного состояния горных пород, прогноза горных ударов. Геофизические методы существенно сокращают время на проведение разведки, экономят средства на бурение, а надежность и информативность данных геофизики практически всегда бывают достаточными.

В результате опытно-методических и производственных работ в период 1984–1987 гг. был выбран метод ЕИЭМПЗ. В условиях проходки Северомуйского тоннеля была подтверждена эффективность метода ЕИЭМПЗ при обнаружении разломов из забоя на удалении до 20 м. Измерения методом ЕИЭМПЗ для целей опережающей разведки проводятся регулярно в забое не менее одного раза в смену и не менее одного замера на 5–10 м проходки. Для контроля данных ЕИЭМПЗ по забую используются измерения ЕИЭМПЗ на опорных точках в сечениях вблизи забоя с датчиками деформаций.

В качестве примера рассмотрим результаты проведения опережающей разведки из забоев методом регистрации ЕИЭМПЗ на участке ТРДШ пикеты 37+00 – 35+50 со стороны восточного портала Северомуйского тоннеля. Здесь при проведении опережающей разведки методом ЕИЭМПЗ были получены результаты, представленные на рис. 2. Обнаружение зон разломов было зафиксировано по четким всплескам излучения ЕИЭМПЗ в виде 3–10-кратного превышения счета импульсов ЕИЭМПЗ в забое N_z над их фоновыми значениями $N_{фz}$ 20 м от забоя до ближайшей границы разлома. Важно, что более мощный и опасный для проходки разлом был отмечен существенно более высоким всплеском излучения в предразломной зоне за счет интенсивного трещинообразования при наложениях опорных давлений от продвигавшегося забоя ТРДШ и со стороны разлома.

Первый разлом мощностью около 9 м прошел практически без осложнений. Второй более мощный около 30 м (см. рис. 1) и обводненный пройти без выполнения специальных работ по укрепительной цементации пород разлома не удалось. Строительство тоннелей по трассе Адлер – горноклиматический курорт «Альпика Сервис» связано с подготовкой транспортной инфраструктуры г. Сочи к Олимпиаде 2014 г. Инженерно-геологические условия строительства тоннелей были исследованы на стадии проектиро-

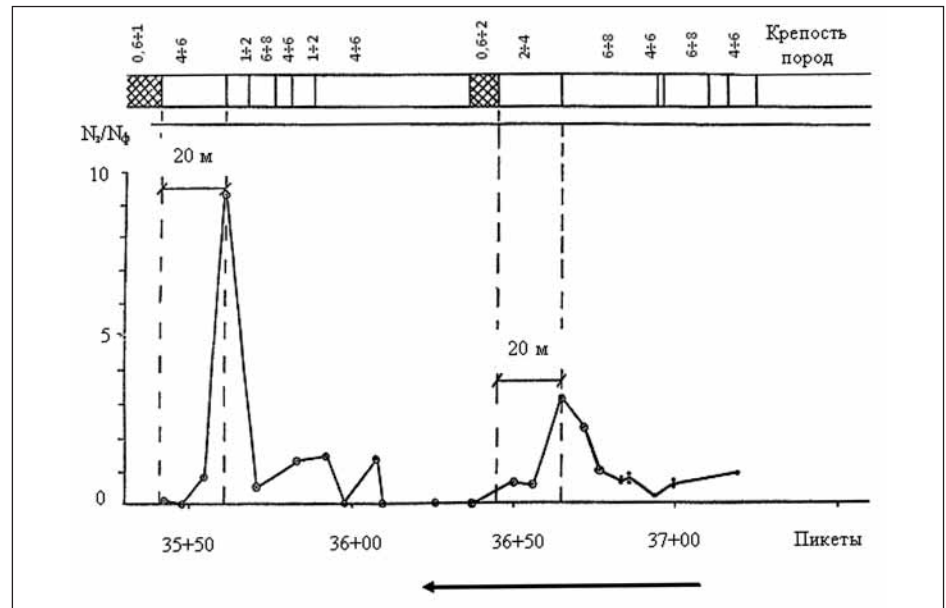


Рис. 2. Опережающая разведка методом регистрации ЕИЭМПЗ в забое ТРДШ Северомуйского тоннеля. Проходка участка с ПК 37+50 до ПК 35+49,1 велась ГПК «Роббинс» в период с 31.10.1986 г. по 24.12.1986 г. Стрелкой показано направление проходки

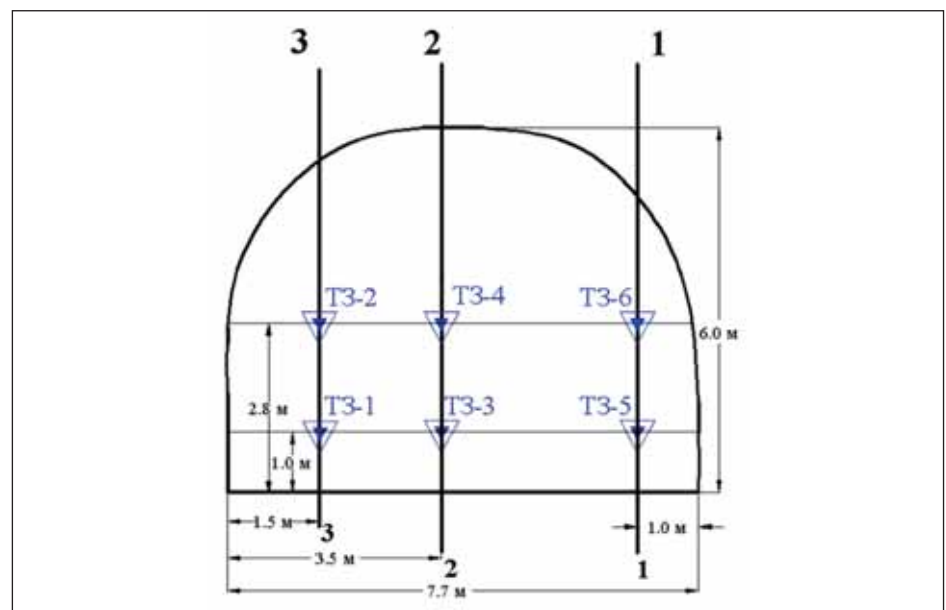


Рис. 3. План-схема расположения точек измерений в забое методом ЭМИ СШП зондирования

вания и представлены в отчетах ОАО «Ленметрогипротранс». Участки строительства тоннелей располагаются на территории с высокой сейсмической активностью в 9 баллов (СНиП П781*). Всего по трассе располагается шесть тоннельных комплексов. С начала строительства тоннелей от Сочи до олимпийских объектов на Красной Поляне опережающей разведке инженерно-геологических условий их проходки уделялось большое внимание, т. к. проведение исследований с дневной поверхности по трассе тоннелей было осложнено горным рельефом и частым присутствием в геологическом строении разреза тектонических нарушений, карста и оползней. Глубина заложения тоннелей достигает 100 м и более, поэтому инженерно-геологические разрезы, построенные по данным разведочного бурения скважин и комплекса геофизических работ с по-

верхности, не обеспечивают строителей достаточно точной информацией о местоположении геологических нарушений по трассе тоннелей и их опасности для проходки.

К настоящему времени широко применяется на практике метод георадиолокации в модификации ЭМИ СШП зондирования, который был использован при решении задач опережающей разведки из забоев тоннелей. Приведем несколько примеров опережающей разведки методами ЭМИ СШП зондирования и ЕИЭМПЗ в забоях тоннелей и штолен на совмещенной (автомобильной и железной) дороге Адлер – горноклиматический курорт «Альпика Сервис». Опережающая разведка методом ЭМИ СШП зондирования выполнялась в забоях по схеме, показанной на рис. 3. При измерениях применялась аппаратура и методики обработки, разработанные в ЗАО НПФ «Геодизонд». Это геора-



Рис. 4. ЭМИ СШП георадарный комплекс «Геодизонд 1»

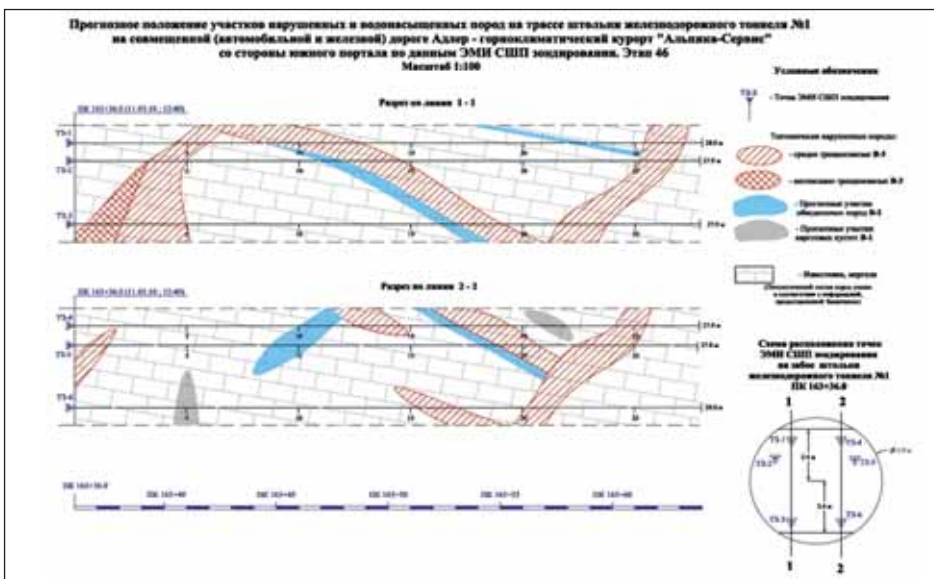


Рис. 6. Прогнозный разрез по штольне железнодорожного тоннеля № 1



Рис. 5. Пример выполнения ЭМИ СШП зондирования в забое

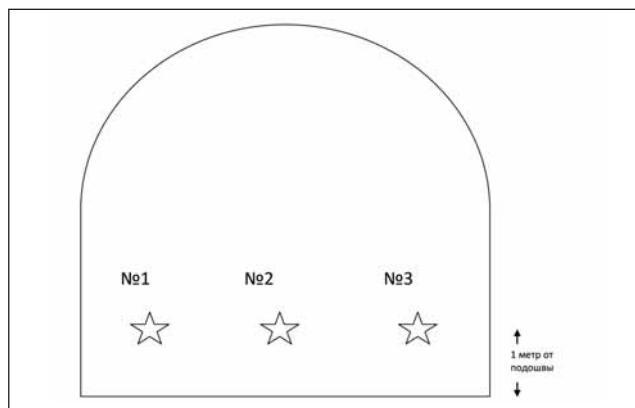


Рис. 7. План-схема расположения точек измерений в забое методом регистрации поля ЕЭМИ

дарный комплекс ЭМИ СШП «Геодизонд 1», который состоит из георадара, генераторной и приемной антенн (рис. 4).

Во время проведения измерений генераторная и измерительная антенны располагаются и удерживаются на забое (рис. 5).

Результатом опережающей разведки методом ЭМИ СШП зондирования в забое подземной выработки является прогнозный инже-

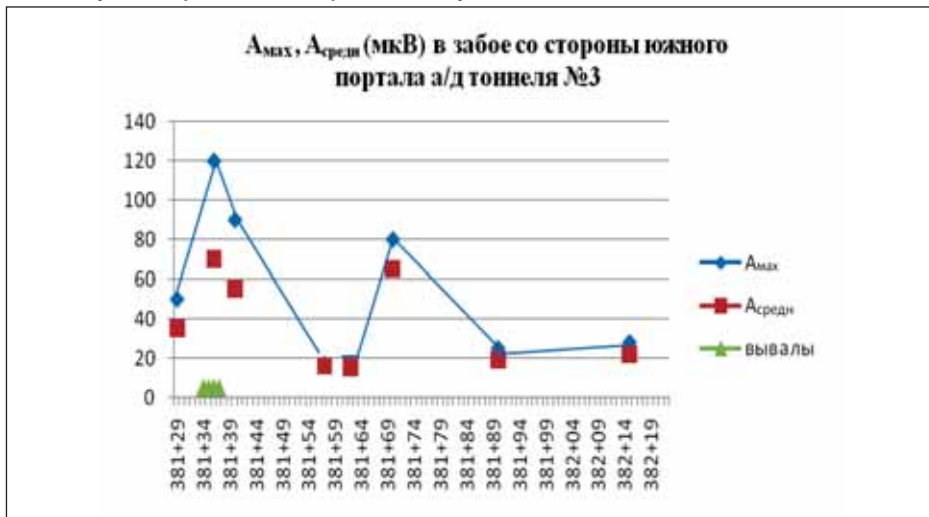
нерно-геологический разрез, который строится на основе компьютерной обработки данных зондирования и расчетов с использованием моделей петрофизических свойств геологической среды. На рис. 6 приведен пример таких компьютерных построений. С 2009 г. по мере проходки тоннелей и штолен на совмещенной (автомобильной и железной) дороге Адлер – горноклиматический

курорт «Альпика Сервис» выполнено порядка 500 георадарных измерений впереди забоев с прогнозом условий проходки на 35 м. Информация по опережающей разведке методом ЭМИ СШП зондирования передавалась строителям и учитывалась при проходке.

Достоверность построения прогнозного разреза для участка тоннеля оценивалась по результатам геологической документации по проходке. Опережающая разведка из забоя методом регистрации поля ЕЭМИ выполнялась по схеме, показанной на рис. 7.

Рассмотрим результат в качестве примера (со стороны южного портала автодорожного тоннеля № 3). Всплеск амплитуды поля ЕЭМИ (рис. 8) зафиксирован на участке слабоустойчивых пород на ПК 381+34 – 381+37,5. Далее при замерах в забоях на ПК 381+57 и 381+62 Ам = 15–17 мкВ в делювиальных отложениях слабой устойчивости. На ПК 381+70 в забое зафиксировано увеличение амплитуды ЕЭМИ до 80 мкВ, вероятно, связанное с неустойчивым состоянием массива пород в забое и впереди него. Два последних измерения на ПК 381+70 и 382+15 с Ам в пределах 20–30 мкВ характеризуют слабоустойчивые породы с относительно невысокой геодинамикой (изменениями деформаций).

Рис. 8. Результаты проведения измерений амплитуды ЕЭМИ в забоях



С нами строить легко!

- Проектирование и строительство подземных частей технически сложных и уникальных объектов (подземные автостоянки, транспортные развязки, гидротехнические сооружения)
- Ограждение котлованов
- Закрепление грунтов
- Усиление фундаментов
- Выполнение работ на памятниках истории и архитектуры



реклама

г. Пермь. ул. Кронштадтская, 35
тел./факс (342) 236-90-70
тел. в Ижевске (3412) 56-62-11
тел. в Краснодаре (861) 240-90-82
тел. в Красноярске (391) 208-17-15
тел. в Казани (843) 296-66-61

тел. в Москве (495) 643-78-54
тел. в Самаре (846) 922-56-36
тел. в Санкт-Петербурге (812) 923-48-15
тел. в Тюмени (3452) 74-49-75
тел. в Уфе (917) 378-07-48
тел. в Челябинске (351) 235-97-98

www.new-ground.ru, info@new-ground.ru

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

Е. М. Пашкин, профессор, Российский государственный геологоразведочный университет, Москва

После известного выступления инженера Балинского в Московской городской думе в 1902 г. с проектом о строительстве метрополитена в городе, выступил член думы геолог Баранчук с осуждением этого проекта, отметив при этом, что на пути строителей «на глубине заложения тоннелей встретятся кошмарные геологические условия, какие трудно себе представить». Результатом подобной оценки стала отсрочка начала строительства метрополитена в Москве на 30 лет. И когда в конце 20-х гг. XX в. приступили к инженерным изысканиям для обоснования строительства Московского метрополитена, тема геологических условий оставалась притчей во языцех. К инженерно-геологическим условиям строительства Московского метро было привлечено внимание проектировщиков и строителей сразу же после получения результатов исследований по трассе метро первой очереди уже в 1931 г.

Следует подчеркнуть, что гидрогеологические условия сооружения в Москве метрополитена оказались настолько сложными, что к ним не были готовы не только отечественные специалисты, но и зарубежные, выступавшие в качестве экспертов и консультантов. Невозможным оказалось применение заграничного опыта тоннелестроения в Париже, Берлине, Лондоне целиком к московским условиям, что потребовало проведения специальных исследований.

Особую трудность представляла сильная обводненность разнородных по механическому составу мелкозернистых глинистых песков с тонкими прослоями суглинков. По данным откачек эти толщи отличались малой водопроницаемостью, очень слабой водоотдачей и малыми радиусами осушения. Для проходки тоннелей метрополитена в таких условиях требовались специальные технологические решения, в осуществлении которых в стране еще не было достаточного опыта. И вот за решение этих сложных проблем взялся академик Федор Петрович Саваренский, работая в составе экспертной комиссии при начальнике Союзгеоразведки академике И. М. Губкине. В задачу этой комиссии входило методическое руководство геологоразведочными работами для метрополитена и решение связанных с ними сложных вопросов по геологии, гидрогеологии и инженерной геологии. Ф. П. Саваренский взял на себя ответственность за выполнение сложнейших задач, требовавших оценки использования подземного пространства города при строительстве метрополитена – области совершенно новой и неизученной в нашей стра-

не. И, несмотря на это, он проявил себя настоящим новатором в создании и развитии этой молодой отрасли геологии, опережая своих коллег в восприятии и оценке происходящих событий.

Взять, к примеру, его утверждение о том, что при изучении горных пород важны не столько их свойства, сколько проявление взаимосвязи между ними. К сожалению, до сих пор оценка отдельных свойств пород – их символов остается для нас главным и, как отмечал Ф. П. Саваренский, подобная символизация инженерно-геологических данных была на руку механистическим тенденциям, поддавшимся формализации, так осуждаемым им.

Проблема принятия правильных решений при проектировании и строительстве тоннелей заключалась в трудности оценки взаимодействия необычайно сложных для подземного строительства инженерно-геологических условий и несовершенной технологии производства работ, а также в отсутствии достаточного опыта. Поэтому принятие многих решений по выбору трасс метрополитена, глубины его заложения, способов производства работ определялись местными условиями и конкретными обстоятельствами.

В частности, об этом свидетельствуют материалы докладной записки главного инженера А. И. Гертнера, назначенного для проведения подземных работ при строительстве метрополитена в Москве. Еще до начала работ в 1931 г. им была составлена записка, в которой высказывалось сомнение в надежности толщи юрских отложений как среды для строительства линии метрополитена первой очереди, в которых она была запроектирована. Так, на участке «Сокольники» – «Библиотека им. Ленина» при сохранении целика юрских глин над шельгой свода на участке перегонных тоннелей мощность целиков была принята до 2–3 м, а на станциях и того меньше.

Позже по материалам изысканий 1931–1932 гг. Ф. П. Саваренский установил, что кровля юрских глин очень неровная, и это делает невозможным проходку тоннелей в их толще при сохранении целика даже в 3–4 м. К тому же удалось установить, что при проходке штолен в этих отложениях наблюдается их размокание, проявляется пучение и вскрываются подземные воды. Поэтому им было высказано предположение о целесообразности опускания шельги сводов тоннелей на 4–5 м и в ряде случаев частичного врезания тоннелем в глины и известняки верхнего карбона. В связи с этим он настоял на необходимости буре-

ния скважин до глубины залегания слоя красных глин в подошве верхнего карбона и проведения откачек для оценки водопритоков в тоннели. Это требование было обусловлено тем, что отложения верхнего карбона для строительства в них тоннелей были изучены менее всего, особенно в отношении невозможности искусственного водопонижения подземных вод при неглубоком залегании водоупора.

Уже на первых этапах проектирования Московского метрополитена в пестрых и разнородных по своим свойствам породах был определен наиболее благоприятный коридор для проходки в нем тоннелей и станций. Одним из важных результатов этого следует считать анализ возможных способов проходки, адекватных выявленным инженерно-геологическим условиям. Так, в зависимости от них были рекомендованы следующие способы проходки:

- использование кессонов на участках перегонных тоннелей;
- открытый способ с использованием шпунтового ограждения и местного водоотлива на участках неглубокого заложения моренных суглинков;
- открытый способ с использованием шпунтов Ларсена при глубоком залегании моренных суглинков.

Особое место отводилось проведению опытных работ по изучению пльвунов и методов их закрепления. В частности, были рекомендованы опытные работы и длительные наблюдения за влиянием динамических воздействий от поверхностного и подземного транспорта на устойчивость грунтов и сооружений для различных инженерно-геологических условий.

В выводах геолого-гидрогеологической экспертизы, проведенной в 1932 г., отмечалось, что принятые технические решения по строительству тоннелей метрополитена первой очереди имеют вполне надежное геологическое обоснование, а Инженерно-геологическое бюро Метростроя полностью обеспечивает научное и техническое сопровождение строительства. Во многом этот успех был связан с огромной работой, которую проводил в эти годы Ф. П. Саваренский. Поэтому не случайно в августе 1933 г. при создании геологической группы экспертной комиссии Моссовета по метрострою он был назначен ее председателем. Курировал эту деятельность в то время Н. А. Булганин. О чрезвычайной важности и трудности решения этой группой геологических задач свидетельствует то, что на первом же заседании группы в августе 1933 г. было принято решение заседания прово-

дять ежедневно. Так, например, осенью этого года за 20 дней группа провела 16 заседаний, на которых были обсуждены важнейшие вопросы по инженерной геологии и гидрогеологии проектирования и строительства метрополитена в Москве.

Одна из наиболее сложных задач была связана с осушением водоносных горизонтов при проходке тоннелей мелкого заложения. Именно из-за этих трудностей пришлось отказаться от мелкого заложения тоннелей второй очереди метрополитена, вопреки мнению немецкой экспертизы, потому что откачка воды из этих горизонтов была бы очень неэффективной. Тогда же был принят метод осушения четвертичных отложений путем откачки воды из нижележащих известняков.

Однако верно выбранные теоретические основы и методика постоянно проходили испытания непредвиденными явлениями, возникающими в ходе практической работы. Так, по трассе Арбатского радиуса на Дорогомилловском участке была впервые вскрыта доюрская эрозионная ложбина в толще каменноугольных известняков шириной более 1,5 км, что намного больше современного русла реки Москвы. Впоследствии этот эрозионный врез неоднократно доставлял значительные сложности при использовании подземного пространства города. И тогда же при обсуждении способов проходки в пределах этой ложбины был поставлен вопрос о возможном подпоре подземных вод телом тоннеля, поскольку последний, пересекая ее поперек, мог бы барражировать поток подземных вод.

Впервые на заседании геологической группы Ф. П. Саваренским был поставлен вопрос о целесообразности исследования горного давления на несущие конструкции тоннелей специалистами этой группы с обязательным подключением к этим исследованиям специалистов из горнотоннельной группы. Им же был представлен для решения вопрос о подпоре грунтовых вод в связи с подъемом уровня р. Москвы до абсолютной отметки 120 м после создания Перервинской плотины и значительным осложнением в связи с этим строительства метрополитена мелкого заложения, а также о необходимости изучения агрессивного влияния грунтовых вод на бетонные тоннельные конструкции.

В этих вопросах впервые в явной форме была обозначена проблема обратной связи сооружений с геологической средой, воздействия способов их возведения и особенностей эксплуатационного режима на направленность развития геологических процессов. Он рассматривал влияние сооружений и человеческой деятельности на направление развития геологических процессов как вторичный фактор. Первичным же, по его мнению, является культура человека, определяющая весь хозяйственный уклад этой отрасли.

На первом этапе при обсуждении проблем строительства метрополитена особенно острыми были вопросы, связанные с возможным влиянием создаваемого р. Москвой подпора после ввода Перервинской плотины высотой 3 м и подпором, создаваемым телом тоннеля и воздействием его на несущие конструкции тоннеля. Для решения этой задачи необходимо было преодоление двух проблем. Первая состояла в отсутствии теоретической основы, не дающей возможности прогнозировать величину подпора. Формула Н. Н. Павловского могла быть использована для этой цели с большими допущениями, вторая – в слабой гидрогеологической изученности территории города. Поэтому чаще прибегали к сбрасыванию вод четвертичного водоносного горизонта в горизонт каменноугольных отложений. Возможность такого решения была подтверждена опытными работами главным геологом Метропроекта В. Ф. Мильнером.

Поскольку решения многих вопросов были увязаны с технологией сооружения тоннелей, то на заседания геологической группы приглашались проектировщики и строители метро с тем, чтобы, заслушав информацию о состоянии проходческих работ, внести поправки в принятые ранее проектные решения.

Так, по просьбе Ф. П. Саваренского на заседание геологической группы был приглашен инженер И. С. Шелюбский, ознакомивший членов группы с ходом работ на первой очереди метрополитена, которая по способам проходки разделялась на следующие участки:

- «Сокольники» – «Каланчевская пл.» – открытый способ;
- «Каланчевская пл.» – «Красные Ворота» – закрытый способ с применением кессонов;
- «Красные Ворота» – «пл. Дзержинского» – закрытый способ;
- «пл. Дзержинского» – «Театральная пл.» – проходка английским щитом;
- «Театральная пл.» – «Библиотека им. Ленина» – закрытый способ (парижский метод);
- «Библиотека им. Ленина» – «Парк культуры» – от закрытого к открытому способу.

В своем докладе И. С. Шелюбский отметил, что на многих участках полностью подтвердился разрез, выданный геологами по материалам изысканий. Он отметил также ряд трудностей при проходке тоннелей и случаи вывалов горных пород объемом до 200 м³, например, в тоннеле под Театральной площадью.

Наиболее значительными осложнениями при проходке парижским методом были оседания дневной поверхности и неравномерные осадки зданий над тоннелями. Так, например, дом Коминтерна на углу Моховой и Воздвиженки испытал осадку до 100 мм с образованием трещин в стенах до 14 мм, после чего на этом участке было снято трамвайное и автомобильное движение.

После подобных осложнений российская экспертиза при участии Ф. П. Саваренского

рекомендовала проходку тоннелей под Остоженкой открытым способом.

Особенно остро обсуждалось поведение юрских глин. Первоначально считалось, что это хорошие грунты. Однако практика показала, что они очень легко разрушаются при обводнении. Поэтому перед геологами этот вопрос ставился неоднократно: как относиться к толще юрских глин – использовать или уходить от них. В частности, эти вопросы часто ставил проф. С. Н. Розанов. Экспертиза рекомендовала использовать юрские глины.

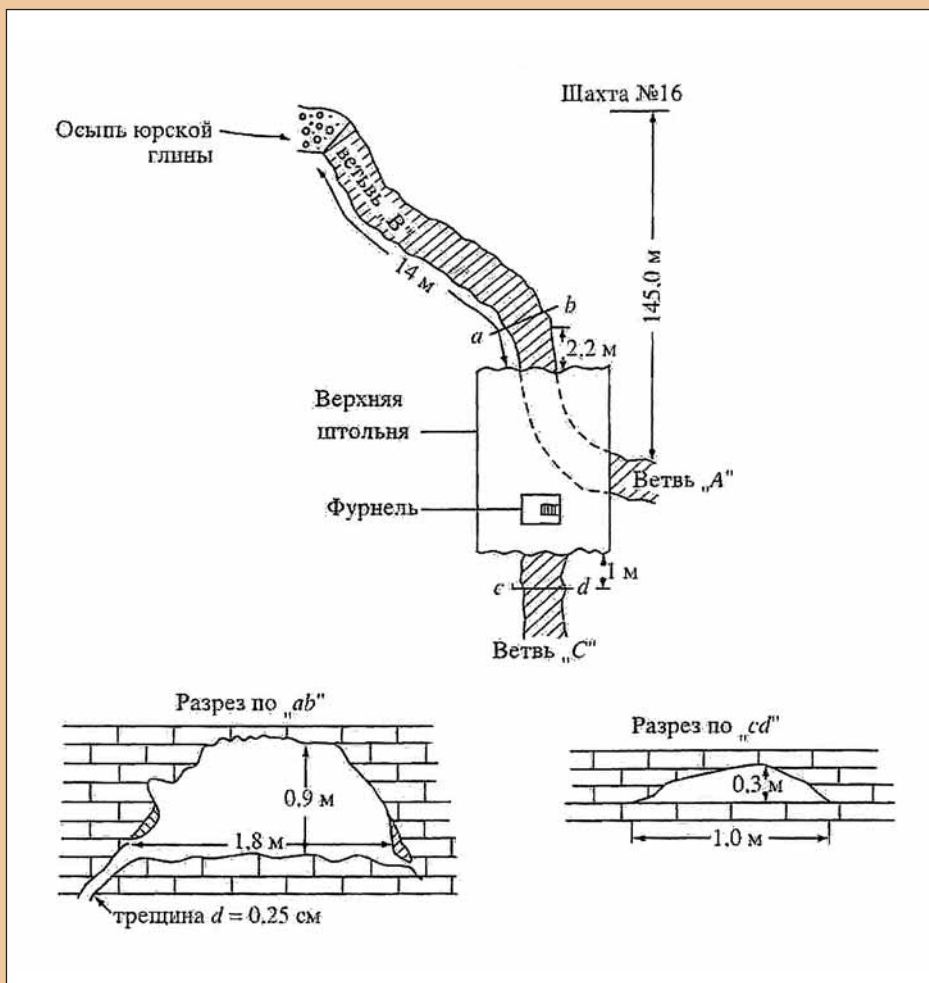
Первый этап строительства метро вскрыл массу проблем, ранее не возникавших: о связи водоносных горизонтов и ее влиянии на осадку зданий, роль водопонижения в целом для этих деформаций – почему, например, они происходят в Москве, но их нет в Берлине. Очень удачным на первой очереди оказалось использование берлинского способа (шпунтовое ограждение с двух сторон, укрепленное расстрелами). Проходка шахт в пльвунах осуществлялась с использованием сжатого воздуха и сопровождалась огромными трудностями и авариями.

После анализа ряда неудач при проходке тоннелей первой очереди было проведено заседание экспертной комиссии Моссовета, на котором рассмотрели экспертизу проекта Арбатского радиуса. В результате этой экспертизы вышло правительственное постановление о переводе трассы Арбатского радиуса на проходку по парижскому методу. Однако зарубежные эксперты, опасаясь при заглублении тоннелей увеличения размеров мульд проседания, рекомендовали уменьшить заглубление и одновременно усилить фундаменты расположенных вблизи зданий.

По итогам наблюдений за проявлением давления горных пород на обделку тоннелей первой очереди метрополитена Ф. П. Саваренский выступил против правомерности применения теории сводообразования в песчаных грунтах при мелком заложении тоннелей. Это предложение было внесено горными инженерами А. М. Терпигоревым и П. М. Цимбаревичем, входившими в состав геологической экспертной группы.

В Управлении Метростроя был создан научно-исследовательский сектор, который разрабатывал вопросы подпора грунтовых вод телом тоннеля, горного давления, изучения карста, исследовал влияние агрессивности грунтовых вод на сохранность бетонных тоннельных конструкций.

В соответствии с выводами геологической экспертной комиссии Ф. П. Саваренский поручает главному геологу Метропроекта В. Ф. Мильнеру совместно с Е. П. Емельяновой и Н. И. Журухиным провести исследование по изучению химического состава грунтовых вод, встреченных по трассе первой очереди метрополитена. По итогам работы трасса была разделена на несколько участков по коэффициенту вредности. С минимальным значением коэффициента вредности (менее 5) оказались участки эрозион-



Схематическое изображение карстовых пещер, встреченных при проходке тоннелей метро

ного вреза на Арбатской линии, участки первой очереди на улицах Неглинная, Мясницкая, Русаковская. На других участках коэффициент вредности колебался в пределах от 5 до 20. Максимальное значение коэффициента (22,4) было зафиксировано на участке Моховой улицы.

В итоге по всей трассе была проведена классификация грунтовых вод по их химическому составу и выделены воды, опасные для бетона.

Другая проблема сооружения тоннелей метрополитена в Москве была связана с оценкой карста с точки зрения водопритоков и устойчивости пород. Для строительства тоннелей в верхнекаменноугольных известняках этот вопрос приобретал большой научный и практический интерес. Кроме провалов бурового инструмента до 0,1 м при бурении скважин, при проходке подземных выработок метрополитена в известняках встречались пустоты различного размера до гротообразных пещер. Эти пещеры представляли собой извилистые каналы шириной до 1,8 м и длиной до 250–400 м (см. рис.).

По инициативе Ф. П. Саваренского были организованы режимные наблюдения за подземными водами не только в период строительства, но и в период эксплуатации метрополитена. Было принято решение опубликовать карту кровли верхнекаменно-

угольных отложений и карту глубин подземных вод. Больше всего его волновал вопрос изменения гидрогеологических условий части города и влияния этих изменений на условия строительства и эксплуатации метрополитена в связи с повышением уровня воды в р. Москве на 3 м. По расчетам на трассе Замоскворецкого радиуса подпор в результате подъема составил бы 1 м, на Москворецкой набережной около 3 м, на Кропоткинской площади 1,8 м.

При строительстве тоннелей первой очереди на ряде участков строители столкнулись с большими трудностями, связанными с осушением четвертичных отложений. Для решения проектных и производственных работ по водопонижению при Метрострое была создана специальная организация во главе с инженером М. Х. Пржедецким.

Вопрос об осушении четвертичного водоносного горизонта при наличии гидравлической связи с каменноугольным водоносным горизонтом решался за счет его сброса в каменноугольный горизонт или за счет откачки вод из этого горизонта. При использовании водопонижения по этой схеме применялись колодцы диаметром 400–600 мм с сетчатыми фильтрами, которые позже были заменены щелевыми фильтрами с обратной засыпкой гравийным песком.

Благоприятная обстановка для применения водопонижения по этой схеме сложи-

лась в районе улицы Остоженка, где пьезометрический уровень подземных вод карбона и горизонт грунтовых вод четвертичных отложений совпадали. Откачка воды из карбона на этом участке проходки тоннелей метрополитена дала хорошие результаты осушения четвертичных отложений.

Вторая довольно важная проблема заключалась в оценке влияния осушения грунтов четвертичных отложений на суффозионный вынос частиц грунта и возникновение деформаций дневной поверхности и близстоящих зданий. К сожалению, насколько опасны выносы частиц грунта, в то время оценить было сложно, поскольку не было опыта в проведении подобных исследований. Отношение к этой проблеме было весьма неоднозначно. Ряд зарубежных специалистов считали, что вынос частиц грунта не столь значим и что образующиеся трещины в зданиях и их осадка есть результат вибрационных нагрузок. На одном из заседаний экспертной комиссии М. Х. Пржедецкий отметил, что из-за недостаточности фактического материала вопрос о выносе частиц грунта и о скоростях необходимых для их выноса следует включить в специальную программу исследований.

Ф. П. Саваренский глубоко вникал во все детали проектирования тоннелей и подробности технологий принимаемых решений и связывал это с особенностями геологического строения Москвы. В частности, на одном из заседаний комиссии он поставил вопрос об изучении влияния вибрации от городского транспорта на сохранность тоннельных конструкций. К сожалению, до этого учитывалось только воздействие вибрационных нагрузок от метрополитена на сохранность зданий. По его рекомендации к работам был привлечен один из крупных специалистов в этой области – профессор А. Е. Страментов, по исследованиям которого было установлено, что упругие колебания, возникающие при вибрации, например, от трамвая, проникают на глубину до 70 м, практически затрагивая существующие тоннели Московского метрополитена.

Выработанные Ф. П. Саваренским во время исследования и возведения первых линий метрополитена требования к геологическим условиям Москвы, найденные адекватные этим условиям технические решения по проходке тоннелей, стали нормой для сооружения последующих трасс московской подземки.

Исследования, связанные со строительством метрополитена, были продолжены его учеником и соратником В. М. Мильнером, который в течение 36 лет проводил работы, начатые Федором Петровичем еще в 1931 г. Столько, сколько успел сделать Саваренский за столь короткий срок для строительства Московского метрополитена, никому из геологов больше не удавалось.



В статье использованы материалы Московского отделения архива АН СССР

CONDAT STAB

укрепление грунтов и водонепроницаемость

CONDAT

LUBRIFIANTS

Компания **CONDAT**, имеющая 15-летний опыт в области тоннелестроения и работ, связанных с укреплением грунтов, всегда играла активную роль в разработке специализированных продуктов для этой отрасли. Компанией разработан полный спектр продукции, соответствующей различным типам грунтов и применяемого оборудования, а также отвечающей требованиям экологии и безопасности.

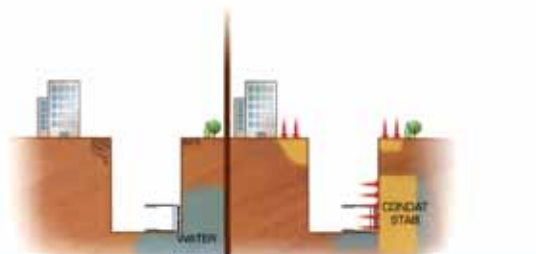
Продукция **CONDAT Stab** была разработана для решения задач укрепления грунта и водонепроницаемости при строительстве подземных сооружений и других видов подземных работ.

Компания **CONDAT** предлагает ускорители схватывания для растворов на силикатной основе, используемых для укрепления грунта путем нагнетания. Благодаря их высокой проникающей способности можно достичь максимального заполнения пустот и трещин в грунте, а следовательно, и максимальной водонепроницаемости. Нагнетание раствора в проницаемый грунт позволяет:

- повысить его механическую прочность;
- уменьшить проницаемость.

Области применения CONDAT Stab

Укрепление стен стартовых котлованов при запуске тоннелепроходческих комплексов



Ремонт существующих подземных коммуникаций в случае их повреждения



Ремонт и укрепление фундаментов



Водонепроницаемость и герметизация подземных сооружений



Укрепление насыпей



Работа тоннелепроходческого комплекса в предельно тяжелых условиях



Официальный представитель фирмы Condat Lubrifiants в России
ООО «ТА Инжиниринг Инт.»
107078, Москва, ул. Октябрьская, д. 80, стр. 3
тел.: (495) 724-7481
тел./факс: (495) 981-8071

реклама

(495) 226-18-37
(342) 219-61-56

info@anker-system.ru
www.anker-system.ru



Грунтовые анкера АТЛАНТ

Применение:

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

реклама

