

## Учредители журнала

Тоннельная ассоциация России  
Московский метрополитен  
Московский метрострой  
Мосинжстрой  
Трансинжстрой

## Редакционный совет

### Председатель совета

Г. Я. Штерн

### Заместитель председателя

И. С. Беседин

### Члены совета:

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

## Редакционная коллегия:

С. А. Алпатов, Н. С. Булычев,  
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. Пуголовко,  
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

## № 2 2013

### Панорама 2

### В Тоннельной ассоциации России

### Круглый стол «Подземное пространство мегаполисов» 4

### Строительство метрополитенов

### Перспективы развития Московского метро 8

М. Ш. Хуснуллин

### Проектные решения

### Некоторые особенности проектирования Третьего пересадочного контура Московского метрополитена 10

П. И. Касаткин, М. П. Федорова

### Юбилеры отрасли

### 80 лет в строю 16

А. М. Земельман

### Метрополитены

### Улучшение температурно-влажностных параметров воздуха в подземных сооружениях метрополитена 20

О. В. Карнач

### Специальные способы работ

### Новое инъекционное оборудование для работы в подземных выработках 22

Д. А. Малинин

### Практические методы строительства подземных сооружений в условиях Санкт-Петербурга 24

И. С. Богданов

### Подземное пространство

### Некоторые научные, производственные, правовые и образовательные задачи строительной геотехнологии и освоения подземного пространства 28

Б. А. Картозия, А. В. Корчак, А. В. Лагуткин

### Защитные покрытия

### Обеспечение дополнительной безопасности движения в автомобильных тоннелях 32

С. Ю. Шибяев

### Проходка тоннелей

### Внедрение инновационных технологий БВР при строительстве подземных сооружений 34

А. Н. Гришин, Г. Н. Полянкин, Д. А. Анощенко

# СОДЕРЖАНИЕ



## ФОТО НА ОБЛОЖКЕ

Строительство перегона  
от ст. «Деловой центр»  
до ст. «Парк Победы»  
Московского метрополитена

## НОВЫЙ ЩИТ ДЛЯ ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕТРО

**28 февраля 2013 г. в г. Швану (Германия) был подписан акт о приемке тоннелепроходческого механизированного комплекса S-782, предназначенного для проходки горизонтальных тоннелей диаметром 10,4 м.**

Договор с фирмой Herrenknecht AG на изготовление щита S-782 был подписан 16 апреля 2012 г. Спустя почти год после этого события, на заводе в городе Швану (Германия) состоялось тестирование работы всех систем ТПМК. Тестирование прошло успешно, о чем был составлен акт, подписанный представителем завода и главным инженером ОАО «Метрострой» Алексеем Старковым. Приемка щита проходила в присутствии представителя заказчика – главного инженера СКС ГУП «Петербургский метрополитен» Дмитрия Кунца, представителя проектного института – и. о. заместителя генерального директора по проектированию метрополитенов ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс» Владимира Маркова, а также главного инженера Управления механизации Сергея Чумакова, начальника технологического отдела ОАО «Метрострой» Николая Лаптева и главного механика ОАО «Метрострой» Павла Колпакова.

Основное назначение данного оборудования – проходка двухпутных тоннелей метрополитена. Первый такой тоннель запланирован на участке Фрунзенско-Приморской линии от ст. «Проспект Славы» до «Южной». Сегодня там уже ведется подготовка стартового котлована. Надо отметить, что в практике отечественного метростроения опыт сооружения двухпутных тоннелей с использованием ТПМК с грунтопригрузом отсутствует. Петербургские метростроители станут в этой области первопроходцами. В перспективе ТПМК S-782 планируется задействовать при строительстве участка от ст. «Улица Савушкина» до «Приморской». Щит также может быть применен при строительстве автодорожных тоннелей. Таким образом, новое оборудование станет очередным толчком в строительстве петербургского метро и тоннелестроения, позволив петербургским метростроителям еще раз подтвердить статус новаторов, сооружающих уникальные объекты.

В ближайшие полгода будет проведена работа по демонтажу ТПМК и доставке всех его дета-



Специалисты Метростроя на приемке ТПМК в Швану, Германия

лей из Германии в Санкт-Петербург с тем, чтобы ориентировочно в августе начать монтаж, а ближе к концу года проходку первого в Северной столице двухпутного тоннеля метрополитена.

Николай Лаптев, начальник технологического отдела ОАО «Метрострой»:

– При проходке наклонных ходов с применением ТПМК с грунтопригрузом забоя использовался двухкомпонентный тампонажный раствор. Второй компонент – ускоритель – обеспечивал необходимую скорость схватывания раствора, благодаря чему достигалась требуемая прочность для соблюдения безопасной проходки и безопасности ведения работ. В случае проходки горизонтальных тоннелей с помощью нового ТПМК S-782 этого не потребуются, здесь применяется стандартную систему нагнетания с однокомпонентным составом. Раствор для нагнетания будет приготавливаться на поверхности, затем перемещаться в накопитель, располагающийся в тоннеле, далее перегружаться в бак, установленный на мультисервисном транспортном средстве, с помощью которого будет осуществляться транспортировка раствора к третьей транспортной тележке. Оттуда раствор насосом перека-

чивается в бак на первую транспортную тележку и затем, собственно, осуществляется нагнетание за обделочное пространство. Технология нагнетания, как и другие технологические решения механизированной проходки, мало чем будет отличаться от мировой практики. Зарубежное тоннелестроение уже имеет не один десяток примеров проходки тоннелей с применением схожих концепций строительства с использованием ТПМК. Основное же отличие заключается в последующем возведении постоянных внутренних конструкций тоннеля. Это будет первый в России опыт строительства и эксплуатации тоннеля для движения поездов в обоих направлениях.

Павел Колпаков, главный механик ОАО «Метрострой»:

– Новый ТПМК за счет горизонтального расположения позволит нам значительно упростить технологические процессы на всех этапах работ: монтаже, проходке и демонтаже. Транспортировка разработанного грунта будет осуществляться при помощи ленточного конвейера, а не подниматься лебедками в бадах под углом 30°, как это было при проходке наклонных ходов. Конвейер оборудован датчиками, за счет которых будет


осуществляться контроль объема перемещаемого грунта. Плюс данного конвейера также в том, что после демонтажа ТПМК его можно будет использовать как самостоятельный элемент для транспортировки бетона под укладку в постоянные конструкции тоннеля. Горизонтальное расположение ТПМК позволит также использовать самоходные мультисервисные транспортные средства, предназначенные для подвозки тьюбингов, раствора для нагнетания и других необходимых материалов. Претерпела изменения и система управления щитом. Если ранее цилиндры артикуляции располагались между средней и задней частью ТПМК, то сейчас вопрос решен путем изменения угла наклона режущего органа. Это позволит нам делать сверхразрез необходимой величины и увеличит маневренность всей конструкции. Еще одним отличием станет размещение основного периферийного оборудования не на поверхности, а непосредственно на технологических тележках, которых у нового ТПМК три. Учитывая длину и трассу двухпутного тоннеля, которая составляет почти 4 км, увеличена мощность главного привода и общая установленная мощность ТПМК. В свою очередь

это потребовало установки водяной системы охлаждения и наличия градири, а также установки дополнительного грузового шлюза. Претерпела изменения и конструкция шнекового транспортера, который, во-первых, стал телескопическим с длиной хода 1,5 м, а во-вторых, в забойной зоне дополнительно оборудован задвижками (шибером). В конструкции нового ТПМК также предусмотрена установка для разведочного бурения, расположенная на блокоукладчике. Режущий орган оснащен датчиками контроля износа инструмента. Есть еще ряд технологических отличий, однако в целом конструкция нового ТПМК нам уже известна, и как работать с таким оборудованием мы знаем.

Алексей Старков, главный инженер ОАО «Метрострой»:

– Новое оборудование представляет собой уже знакомую нам по проходке наклонных ходов конструкцию щита с грунтопригрузом. ТПМК такого типа и такого диаметра отлично зарекомендовал себя на проходке эскалаторных тоннелей для станций «Обводный канал», «Адмиралтейская», «Спасская». Мы полностью отработали технологию применения ТПМК и это позволяет нам рассчитывать на подобный эффект и при использовании нового щита для проходки горизонтальных тоннелей. Однако здесь есть и принципиальные отличия, как в конструктивных решениях самого ТПМК, так и в конструкциях тоннелей.

С точки зрения конструкции тоннеля, нам предстоит построить принципиально новое сооружение. Благодаря сооружению одного тоннеля вместо двух, отпадет необходимость в дорогостоящем и трудозатратном строительстве перекрестных съездов, эвакуационных сбоек, переходов из тоннеля в тоннель и других сопутствующих выработок. Соответственно сократятся и сроки строительства. Станционные комплексы будут представлять собой тоннель с боковым размещением платформ по такому же принципу, как и в существующих сегодня наземных станциях. Для размещения СТП и подсобных помещений различного назначения там, где это возможно, будет использована по-

верхность станции, а эвакуационные выходы преимущественно разместятся в стволах. За счет размещения путей в одном тоннеле существенно сократится количество дорогостоящего кабеля, необходимого для функционирования различных систем метрополитена. Все это вместе позволит сделать данный участок метрополитена наиболее безопасным, снизит стоимость строительства, а благодаря современной высококачественной обделке, изготовленной на новой недавно запущенной конвейерной автоматизированной линии производства блоков завода «Метробетон», позволит добиться наивысшего качества конструкции тоннеля и значительного увеличения срока службы объекта. 

## ЕЩЕ ДВА ЩИТА НАЧИНАЮТ ПРОХОДКУ ТОННЕЛЕЙ ТПК В МОСКВЕ

Метростроители ЗАО «Объединение «ИНГЕОКОМ» закончили монтаж сразу двух тоннелепроходческих механизированных комплексов (ТПМК) в котловане станционного комплекса строящейся станции метро «Ходынское поле» Третьего пересадочного контура (ТПК). В настоящее время завершаются пуско-наладочные работы, проводится тестирование узлов и механизмов в рабочем режиме.

Старт одновременно двух ТПМК состоится впервые в современной истории строительства столичного метро. Начало проходки запланировано в последних числах апреля.

«С точки зрения обеспеченности техникой и внедрения инновационных технологий, московские метростроители не отстают от других крупных европейских и американских фирм, – говорит руководитель Департамента строительства Москвы Андрей Бочкарев. – Для строительства тоннелей закрытым способом используются ТПМК производства ведущих зарубежных компаний. В настоящее время на проходке Московского метрополитена работают 12 комплексов, в конце апреля стартуют еще два. К концу 2013 г. количество ТПМК в работе мы планируем удвоить, и довести до 24».

Проходка правого перегонного тоннеля от ст. «Ходынское поле» до ст. «Деловой центр» будет вестись с помощью щита NFM.



Данный комплекс (серия и модель 1331/342/0920) произведен во Франции в 2012 г. Его длина – 82 м. Установочная мощность – 2,1 МВт. Тоннельная обделка производится укладчиком кольцевого типа тюбингами. Внутренний диаметр обделки – 5,7 м, внешний – 6,3 м. Ширина тюбинга – 1,2 м.


Проходка левого перегонного тоннеля от ст. «Ходынское поле» до ст. «Петровский парк» будет выполняться ТПМК Lovat. Щит RME238SE серии 22401 был изготовлен в Канаде в 2006 г. Длина ТПМК – 84 м. Установочная мощность – 2,2 МВт. Тоннельная обделка производится укладчиком кольцевого типа тюбингами. Внутренний диаметр обдел-

ки – 5,3 м, внешний – 5,8 м. Ширина тюбинга – 1,4 м.

Строительство левого перегонного тоннеля от ст. «Ходынское поле» в сторону «Делового центра» уже ведется. Еще один комплекс Lovat начал проходку в августе 2012 г. Пока на строительстве участка Третьего пересадочного контура будет задействовано три ТПМК.

Первый участок Третьего пересадочного контура от ст. «Деловой центр» до ст. «Нижняя Масловка» планируется ввести в эксплуатацию в конце 2015 г.

ЗАО «Объединение «ИНГЕОКОМ» является подрядчиком по строительству «Участка Третьего пересадочного контура от ст. «Деловой центр» до ст. «Ниж-

няя Масловка». Государственный заказчик – Департамент строительства города Москвы. В состав линии входят шесть станций: пять – вновь строящиеся («Нижняя Масловка», «Петровский парк», «Ходынское поле», «Хорошевская», «Шелепиха») и одна достраиваемая («Деловой Центр»). Протяженность перегонных тоннелей и соединительной ветки в однопутном исчислении – 26,84 км. Сооружение этих станций фактически станет началом формирования нового пересадочного контура метрополитена, который будет обеспечивать пересадку с одной ветки на другую без использования перегруженных центральных пересадочных узлов. 

## КРУГЛЫЙ СТОЛ «ПОДЗЕМНОЕ ПРОСТРАНСТВО МЕГАПОЛИСОВ»

С 12 по 14 марта 2013 г. в ЦВК «Экспоцентр» прошел V Транспортный конгресс, в рамках которого была проведена V Международная специализированная выставка по проектированию, строительству и эксплуатации тоннелей «Интертоннель-2013». На выставке были продемонстрированы новейшие технологии и системы для проектировщиков и строительных компаний, а также управления транспортным и коммунальным хозяйством, прогрессивные тенденции тоннелестроения.



Проведение выставки способствовало укреплению сотрудничества на международном уровне, а также широкому внедрению новых технологий, позволяющих строить безопасные сооружения на высоком уровне.

В выставке принимали участие ведущие российские и зарубежные тоннелестроительные фирмы, а также проектные институты: ОАО «Мосинжпроект», ЗАО «Бамтоннельстрой», «AG Херренкнехт», ООО «Зика», ООО «Зитрон» и др.

На стенде Тоннельной ассоциации России была представлена экспозиция, отражающая новейшие технологии, применяемые на крупных объектах Москвы, Санкт-Петербурга, Сочи и других городов России при строительстве тоннелей и подземных сооружений.

Тоннельной ассоциацией России совместно с компанией «Рестэк Брукс» в рамках выставки был проведен круглый стол «Развитие и освоение подземного пространства мегаполисов», на котором с докладами выступили ведущие специалисты России и ряда зарубежных стран. Всего было заслушано 14 докладов, среди которых следует выделить:

- «Развитие и совершенствование сети метрополитена – реальный путь решения вопросов транспортного сообщения в условиях мегаполиса» (П. И. Касаткин, глав-

ный инженер проекта ОАО «Метрогипротранс»);

- «Обзор наиболее значимых международных проектов метрополитенов, выполненных компанией Geodata S.p.A.» (Джузеппе Асторе, технический директор «Геодата С.п.А.»);

- «Модернизация Московского метрополитена в исторической части города» (Е. М. Пашкин, профессор РГТУ г. Москва);

- «Новые рекомендации и опыт в Европе по раннему обнаружению огня в дорожных тоннелях» (В. Шулдт, директор по маркетингу и продажам Sigrist; В. В. Шевченко, генеральный директор ООО «Евротехлаб»);

- «Оценка влияния строительства вертикальных и наклонных шахтных стволов на деформацию застройки» (Д. В. Устинов, доцент Московского государственного строительного университета (МГСУ).

Круглый стол вызвал большой интерес у специалистов, которые выразили благодарность его организаторам.

14 марта 2013 г. состоялась отчетно-выборная конференция Тоннельной ассоциации России, на которой были подведены итоги Конкурса имени С. Н. Власова «Инженер года Тоннельной ассоциации России-2012». Конкурс вызвал большой интерес среди организаций – членов Тоннельной ассоциации России. Основные цели

Конкурса – привлечение проектировщиков, архитекторов и строителей, всего инженерного корпуса организаций, занятых в метро-тоннелестроении к активному участию в создании современных многофункциональных проектов освоения подземного пространства, в разработке и внедрении эффективных технологий возведения подземных сооружений, в создании экономичных и надежных тоннельных конструкций, оборудования и средств механизации.

Жюри в составе руководителей крупнейших проектных и строительных организаций из различных регионов России подвело итоги Конкурса и определило его победителей. Решением жюри лауреатами Конкурса имени С. Н. Власова «Инженер года Тоннельной ассоциации России»-2012 признаны:

**Инженер года в области строительства городских и горных автомобильных и железнодорожных тоннелей:**

Кучин Евгений Сергеевич, начальник горно-капитальных работ СМУ-680 ФГУП «УС-30»,

Костенко Александр Александрович, главный инженер горно-капитальных работ ФГУП «УС-30»,

Артюхин Андрей Николаевич, начальник участка подземных и горно-капитальных работ СМУ-680 ФГУП «УС-30»,





Выступление первого заместителя председателя правления ТАР С. Г. Елгаева



Участники отчетно-выборной конференции ТАР



Председатель правления ТАР Г. Я. Штерн вручает медаль начальнику ФГУП «УС-30» В. П. Абрамчуку

Колесов Сергей Владимирович, главный инженер ГСК ФГУП «УС-30»,

Живетьев Илья Владимирович, заместитель начальника технического отдела ЗАО «Бамтоннельстрой»,

Полищук Виктор Петрович, главный инженер ОАО «Минскметропроект»;

**Инженер года в области строительства метрополитенов в Российской Федерации:**

Иванов Александр Анатольевич, заместитель главного инженера ООО «СМУ-12 Метрострой»,

Лойко Андрей Михайлович, заместитель главного механика ЗАО «Бамтоннельстрой»,

Чеботарев Евгений Константинович, заместитель начальника производственно-технической службы ЗАО «Бамтоннельстрой»,

Цой Александр Валерианович, начальник участка ОАО «Казметрострой»,

Низембаев Анварбек Шамильевич, заместитель генерального директора ОАО «Казметрострой»,

Маковский Илья Вениаминович, вице-президент, председатель Совета директоров ЗАО «Объединение «Ингеоком»,

Колпаков Павел Александрович, главный механик ОАО «Метрострой», Санкт-Петербург;

Жаров Александр Александрович, начальник группы конструкторов ОАО «Минскметропроект»,

Зайцев Дмитрий Сергеевич, главный инженер СМУ-154 ОАО «Трансинжстрой»;

**Инженер года – молодые инженерные кадры научных, проектных, проектно-конструкторских и строительных организаций:**

Павлова Дарья Дмитриевна, инженер I категории ООО «НИЦ «Тоннельной ассоциации»,

Панфилов Антон Викторович, младший научный сотрудник Филиала ОАО ЦНИИС «НИЦ «ТМ»,

Федоров Максим Сергеевич, начальник участка ООО «СТИС»,

Аникеева Вера Васильевна, инженер I категории архитектурно-строительного отдела ФГУП «УС-30»,

Сивак Александр Анатольевич, инженер II категории ОАО «Минскметропроект»,

Буценко Владислав Олегович, инженер I категории ОАО «Минскметропроект»,

Потапова Елена Владимировна, и. о. начальника отдела инженерной подготовки производства СМУ-162 ОАО «Трансинжстрой»;

**Инженер года в области строительства инженерных коммуникаций и коммунальных тоннелей:**

Петухов Александр Николаевич, горный мастер ООО «СТИС»,

Овсяников Александр Николаевич, ведущий инженер ОАО «Минскметропроект»;

**Инженер года в области проектно-конструкторских работ:**

Савельева Дарья Евгеньевна, главный специалист ОАО «Метрогипротранс»,

Харламов Александр Иванович, заместитель начальника отдела ОАО «Метрогипротранс»,

Насибов Александр Михайлович, главный специалист ОАО «Метрогипротранс»,

Федорова Марина Петровна, заместитель начальника отдела ОАО «Метрогипротранс»,

Королев Евгений Григорьевич, заместитель начальника отдела ОАО «Метрогипротранс»,

Бойцов Дмитрий Анатольевич, начальник отдела ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»,

Соловьев Андрей Николаевич, заместитель генерального директора ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»,

Лебедев Михаил Олегович, заведующий лабораторией ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»,

Кулагин Николай Иванович, советник генерального директора ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»,

Бутенко Артем Александрович, инженер-конструктор СМУ-158 ОАО «Трансинжстрой».

Отделению награду вручили Рахимову Марату Мулахмедовичу, генеральному директору ОАО «Казметрострой» за многолетнее плодотворное сотрудничество с ТАР и реализацию совместных проектов по строительству метрополитенов.

Победителям Конкурса в торжественной обстановке были вручены памятные медали и удостоверения лауреата Конкурса. Награды вручал председатель правления Тоннельной ассоциации России Геннадий Яковлевич Штерн.



# ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МОСКОВСКОГО МЕТРО



**М. Ш. Хуснуллин**, заместитель мэра Москвы в правительстве Москвы по вопросам градостроительной политики и строительства

Одним из главных факторов, обеспечивающих экономический рост и развитие любого региона или города, является развитие транспортной инфраструктуры.

Однако в последние десятилетия бурный рост недвижимости в Москве, не скомпенсированный симметричным развитием дорожно-транспортной сети, привел к появлению значительных диспропорций и стал сдерживающим фактором развития столицы.

Стратегическим для решения проблем транспортной системы города стало решение правительства Москвы о разработке и реализации масштабной программы развития Московского метрополитена на период 2011–2020 гг. Достаточно сказать, что за десять лет в столице должно быть построено более 160 км линий и 70 станций.

И сегодня, и в будущем система Московского метро – это главная транспортная артерия города. Объем ежедневных перевозок составляет около 9 млн чел. В то же время дефицит протяженности метрополитена в 2012 г. составлял около 200 км, а 22 % москвичей не обслуживались метро вообще. Реализация планов по строительству столичного метро позволяет в 2020 г. сократить этот показатель до 7 %.

Только в 2013 г. планируется ввод в эксплуатацию 14 км линий и семи станций метрополитена: «Деловой центр» и «Парк Победы» Калининско-Солнцевской линии, «Битцевский парк» и «Лесопарковая» Бутовской линии, «Лермонтовский проспект», «Жулебино» и «Котельники» Таганско-Краснопресненской линии.

Важнейшим инженерным решением, призванным разгрузить напряженность пассажиропотока в центральной части города и сократить продолжительность поездки из одного района города в другой, стало реше-

ние о строительстве Третьего пересадочного контура (ТПК), так называемого «второго кольца» метро.

Линии Третьего пересадочного контура пройдут от действующей Кольцевой линии на неодинаковых расстояниях: на севере он будет максимально приближен

**Правительством Москвы для решения проблем транспортной системы столицы было принято стратегическое решение о разработке и реализации программы развития Московского метрополитена до 2020 г., поскольку и сегодня, и в будущем метро будет оставаться главной транспортной артерией города.**

к кольцу, на западе и востоке расположится на расстоянии примерно двух-трех перегонов между станциями, а на юге – пяти перегонов между станциями. Запланировано строительство 50 км линий и 22 станций.

Первый участок Третьего пересадочного контура от ст. «Нижняя Масловка» до ст. «Хорошевская» (7,2 км, четыре станции) уже в работе и будет завершен в 2015 г.

Понятно, что решение столь крупных задач в весьма сжатые сроки, силами только московских проектных и строительных организаций невозможно.

Поэтому, опираясь на мощь традиционных московских гигантов – ОАО «Метрогипротранс», ОАО «Мосметрострой», ОАО «Трансинжстрой», ЗАО «НПО «Ингеоком», создана широкая сеть исполнителей, способная решить стоящие задачи. В центре этого объединения стоит ОАО «Мосинжпроект», призванное объединять и координировать усилия проектировщиков и строителей, а также решать вопросы (и это также является принципиальным новшест-

вом) с городскими проектными, строительными, эксплуатационными организациями, контрольными органами и органами местного самоуправления. Тоннельная ассоциация России, имеющая в своем составе опытных специалистов по строительству метро, в настоящее время занимается не только

экспертизой проектов промышленной безопасности и участием в разработке нормативных документов, но и непосредственно включилась в процесс научно-технического сопровождения строительства, осуществляет его мониторинг и консультативное обеспечение.

Такая структура позволяет квалифицированно решать плановые задачи проектирования и строительства, а также оперативно обсуждать организационные вопросы.

К проектированию и строительству привлечены такие организации, как ЗАО «Бамтоннельстрой», ОАО «АВС-Инжстрой», Казгражданпроект, ГУП «УРСТ», Казметрострой, Мосэлектротягстрой, ООО «Инжстройпроект», Минскметрострой, Казанский Гипронииавиапром, ООО «Транстоннельстрой», ООО «Спецтоннельстрой», «Моспромстрой», ЗАО «СУ-155», Каналстройпроект и др.

По объемам работ и мощности выполняющих их исполнителей, со строительством Московского метро могут сравниться только Китай и Испания.

Эффективное управление и оперативное взаимодействие всех участников позволило значительно сократить сроки проектирования и строительства. На данный момент работы ведутся на 90 строи-



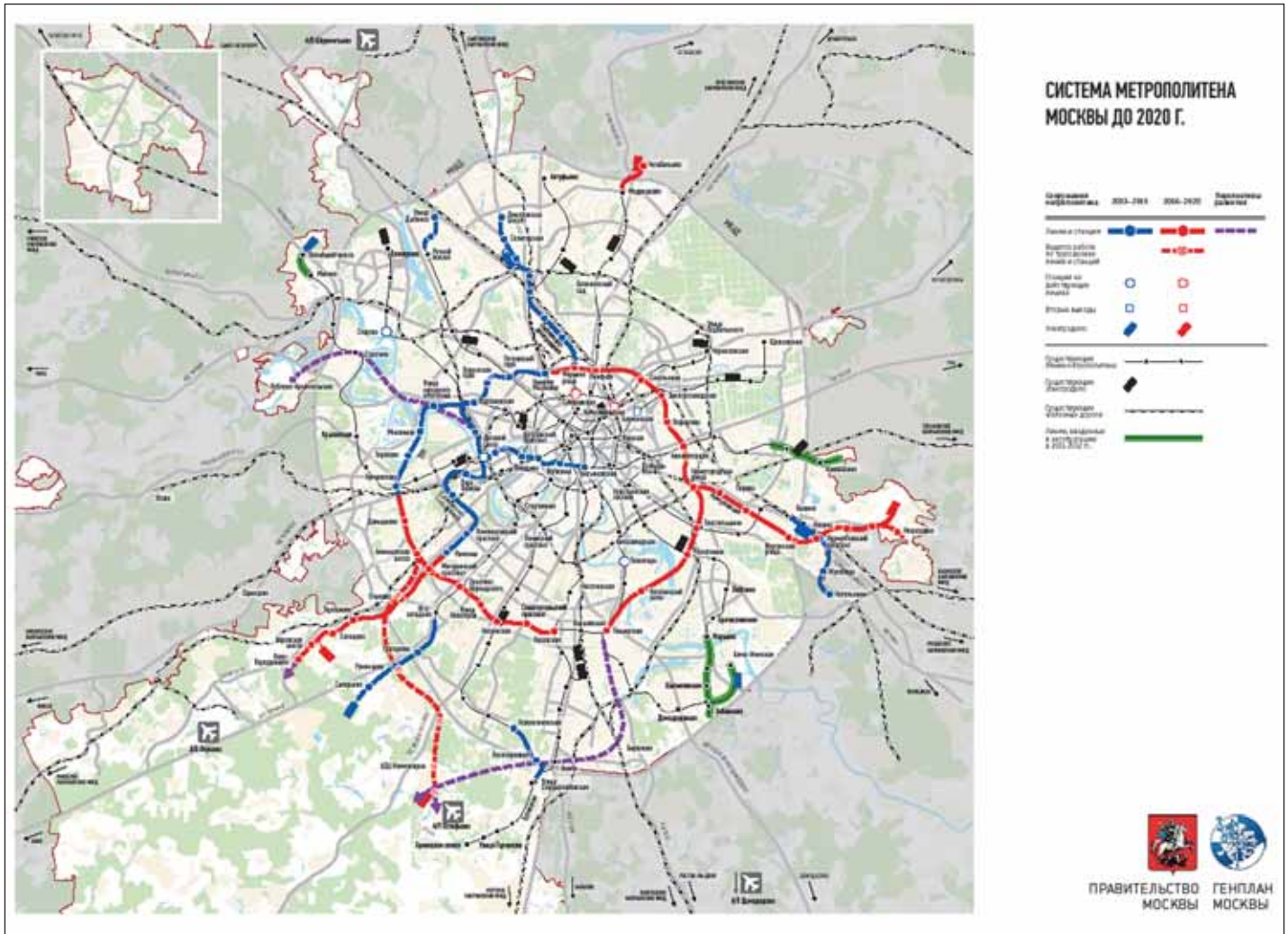


Схема развития метрополитена в Москве до 2020 г.

тельных площадках, в них задействованы более 18 тыс. строителей и 14 тоннелепроходческих комплексов.

В то же время, задачи по строительству столичного метро не могут быть решены только путем валового увеличения объемов работ и их ускорения. Московский метрополитен всегда был лучшим в мире, и чтобы сохранить и прумножить его научно-технический приоритет, правительством Москвы привлечены лучшие отечественные и зарубежные научные и конструкторские силы, поставлен целый ряд научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), внедряются изобретения и рационализаторские предложения специалистов. При этом рассматриваются задачи не только сегодняшнего дня, но и на перспективу.

Одним из направлений работы по развитию Московского метрополитена является изучение мирового опыта метростроения.

Наиболее близкой к программе развития метрополитена Москвы, является программа развития метро в Мадриде, где за 12 лет было построено 200 км линий. Сооружение станций с применением испанских технологий позволяет сократить на 25 % затраты на перенос коммуникаций и вести работы по частям, что сокращает объем занимаемой под строительство территории.

Также производится изучение и анализ предложений по строительству двухпутных перегонных тоннелей метрополитена, односводчатых станций глубокого заложения, по совершенствованию бессадочной проходки перегонных тоннелей, по внедрению нового способа вентиляции метро с элементами кондиционирования воздуха и др.

Важно отметить, что хотя пассажирам, пользующимся услугами метро, видны только некоторые элементы этого сложнейшего комплекса инженерных сооружений (станции, подвижной состав, перегонные тоннели), на самом деле задача строительства метро гораздо объемней. И одной из ее составляющих является сооружение (реконструкция) промышленно-производственной базы и депо, без которых метрополитен не может функционировать. Понимая важность этого вопроса, мы взяли на себя задачу, решение которой ранее в течение многих лет откладывалось – это строительство и модернизация депо.

Список выполняемых и грядущих работ беспрецедентно обширен. Это электродепо «Печатники», «Северное», «Планерное», «Руднево», «Лихоборы», «Новогиреево», «Митино», «Челобитьево», «Братеево», «Владыкино», «Южное», «Сокол», «Завод им. Войтовича», «Солнцево», «Саларьево», «Коммунарка» и др.

Однако решение транспортных проблем столицы, создание эффективного транспортного каркаса города, требует реализации комплекса мер, поэтому правительством Москвы была разработана комплексная программа развития Московского транспортного узла, которая включает в себя мероприятия по развитию метрополитена Москвы, развитию железнодорожной инфраструктуры Московского региона, развитию автодорожной сети и формированию транспортно-пересадочных узлов. Все виды наземного и подземного транспорта в единую сеть свяжут 255 транспортно-пересадочных узлов (ТПУ). ТПУ появятся и при многих станциях метрополитена, и на остановках Московской кольцевой железной дороги, чтобы горожане могли оставить свои машины на благоустроенных охраняемых стоянках и далее продолжить свой путь на метро.

Может сложиться впечатление, будто в нашей работе присутствуют только успехи и достижения, а трудностей и недостатков нет. На самом деле это не так. У нас много проблем, случаются и ошибки в работе. Но мы предпочитаем не плакаться, а решать эти задачи повседневным напряженным трудом.

И за это я благодарен всем строителям, проектировщикам и архитекторам.



# НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРЕТЬЕГО ПЕРЕСАДОЧНОГО КОНТУРА МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

**П. И. Касаткин**, главный инженер проекта ОАО «Метротранс»

**М. П. Федорова**, заместитель начальника отдела ИГ, канд. геол.-минерал. наук

**В Москве в 2012–2015 гг. в соответствии с Постановлением правительства Москвы № 194-ПП от 4 мая 2012 г. «Об утверждении перечня объектов перспективного строительства Московского метрополитена в 2012–2020 гг.» необходимо построить 71,1 км линий метрополитена и 34 станции.**

**ОАО «Метротранс» по контракту № 6206 от 07.11.2011 г. с ОАО «Мосинжпроект» занимается проектированием многих объектов, в том числе участка Третьего пересадочного контура (ТПК) от ст. «Нижняя Масловка» до «Делового центра».**

## Объём работ по проектированию, выполняемый ОАО «Метротранс» и его субподрядными организациями

В декабре 2015 г. по плану метростроения планируется ввести в составе ТПК участок от ст. «Нижняя Масловка» до «Делового центра» длиной 12,2 км с шестью станциями, что составляет примерно 15–17 % от общего количества линий и станций.

На субподряде у ОАО «Метротранс» работают: ОАО «Метро-стиль 2000», Гидроспецпроект, Спецмонтажавтоматика, Укрметропроект, Харьковметропроект и др.

Проектные работы, связанные с переустройством, прокладкой временных и постоянных инженерных сетей, выполняются собственными силами ОАО «Мосинжпроект».

Генеральной подрядной организацией является ОАО «Ингеоком».

## Трасса линии

Посадка трассы определена проектом планировки, выполненным ГУП «Научно-исследовательский и проектный институт генерального плана города Москвы».

Трасса линии ТПК проходит от тушиков за станцией метрополитена «Деловой центр» под Третьим транспортным кольцом (ТТК), Малым кольцом Московской железной дороги (МК МЖД), территорией «Лекарственного сада», Смоленским направлением Московской железной дороги (МЖД), вдоль Малого кольца МЖД до Звенигородского шоссе, вдоль Хорошевского шоссе, под территорией парка «Ходынское поле», на Театральной аллее у ст. «Динамо», под жилыми районами Аэропорт и Савеловский до площади Бутырской Заставы у ст. «Савеловская».

По трассе линии намечены два этапа строительства:

- I – от ст. «Нижняя Масловка» до ст. «Хорошевская»;
- II – от ст. «Хорошевская» до ст. «Деловой центр».

Станция «Деловой центр» – построенная вчерне, колонного типа, расположена в центре комплекса ММДЦ «Москва-Сити» с двумя вестибюлями, ориентированными к обще-



Панорама строительства ст. «Ходынское поле»

ственной застройке указанного комплекса. Станция пересадочная с двумя линиями метрополитена: Филевской (ст. «Выставочная») и Калининско-Солнцевской (КСЛ) и является конечной для II этапа строительства. Перед ней предусматриваются оборотные устройства.

За станцией запроектирована соединительная ветка с КСЛ.

На перегоне между станциями «Деловой центр» и «Шелепиха» запроектированы камеры съездов для примыкания перспективной ветки в электродепо «Фили».

«Шелепиха» – станция мелкого заложения, колонного типа, с двумя вестибюлями. Размещается вдоль Шелепихинского шоссе, у пересечения его со Шмитовским проездом.

На перегоне между станциями «Шелепиха» и «Хорошевская» предусмотрено перспективное ответвление в район Мневники и улицы Народного Ополчения.

«Хорошевская» – станция мелкого заложения, колонного типа, с двумя подземными вестибюлями. Размещается вдоль существующей железнодорожной ветки ст. «Полежаевская» (ТКЛ), с южной ее стороны, и Хорошевского шоссе, вдоль существующей железнодорожной ветки, с организацией пересадочного узла между ТПК и ТКЛ.

Пересадка между проектируемой ст. «Хорошевская» (ТПК) и существующей ст. «Полежаевская» (ТКЛ) предусмотрена через новые вестибюли и существующие с реконструкцией последних.

На перспективу предусмотрена возможность связать пересадкой центральные части платформ обеих станций.

В районе западного вестибюля будет размещен транспортно-пересадочный узел (ТПУ). В планировочных и конструктивных решениях предусмотрены мероприятия для удобной связи пассажирских зон метро и ТПУ.

Над восточным вестибюлем запроектировано, по требованию метрополитена, здание отдыха локомотивных бригад. На перспективу в конструкциях здания заложены мероприятия по присоединению к нему легких конструкций надземного пешеходного перехода через 4-ю Магистральную улицу и обеспечения связи метрополитена с крупным торговым комплексом.

Станция является конечной для I этапа строительства. Перед ней будут организованы оборотные устройства.

Предусмотрены мероприятия по продлению ТПК от ст. «Хорошевская» в сторону ст. «Кунцевская» (ФЛ и АПЛ).

«Ходынкское Поле» – станция мелкого заложения, колонного типа. Размещается на территории парка «Ходынкское поле», между Ходынкским бульваром и взлетно-посадочной полосой с двумя наземными вестибюлями:

- юго-западным – наземным, у входа в парк со стороны Ходынкского бульвара;
- северо-восточным – наземным, к существующей взлетно-посадочной полосе с учетом перспективы развития прилегающей территории.

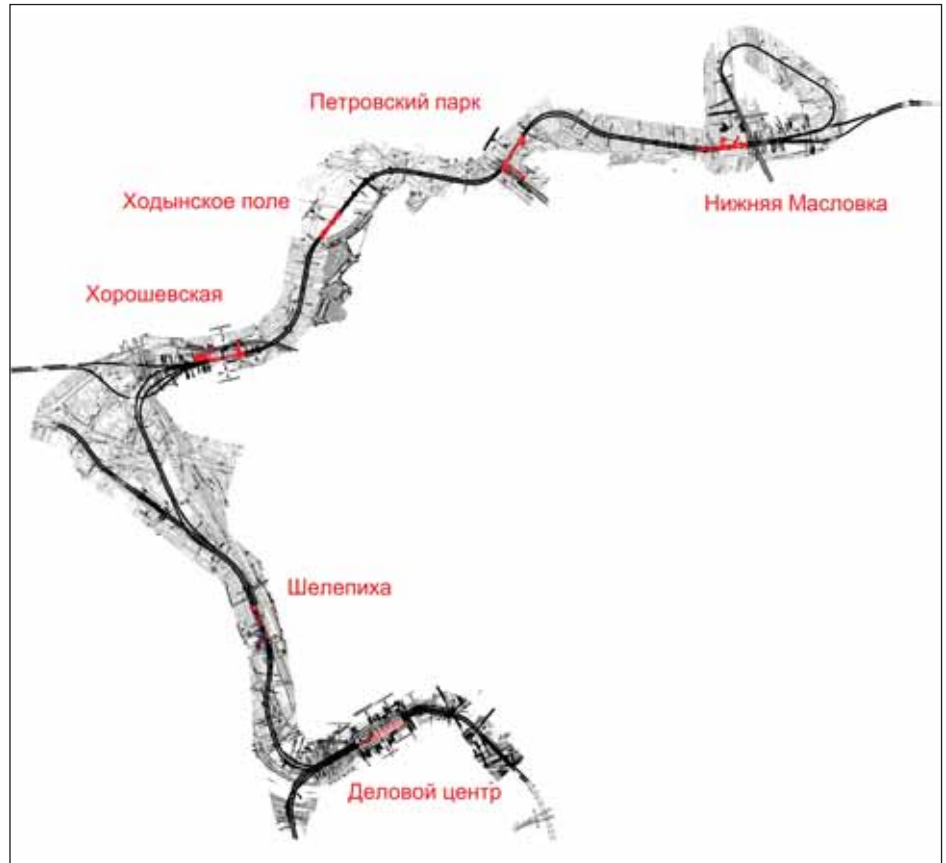
«Петровский Парк» – станция мелкого заложения, колонного типа. Размещается вдоль Театральной аллеи и Милицейского переулка, вблизи стадиона «Динамо», с обходом нового многофункционального комплекса, станция пересадочная со ст. «Динамо» Замоскворецкой линии, с двумя вестибюлями:

- юго-западным – подземным, размещаемым рядом с действующим вестибюлем ст. «Динамо» и соединенным с существующим пешеходным переходом под Ленинградским проспектом, с выходами к существующей, строящейся и проектируемой жилой и общественной застройке, остановкам наземного городского общественного транспорта;
- северо-восточным – подземным с выходами к реконструируемому комплексу стадиона «Динамо», Петровско-Разумовской аллее, автобусным остановкам.

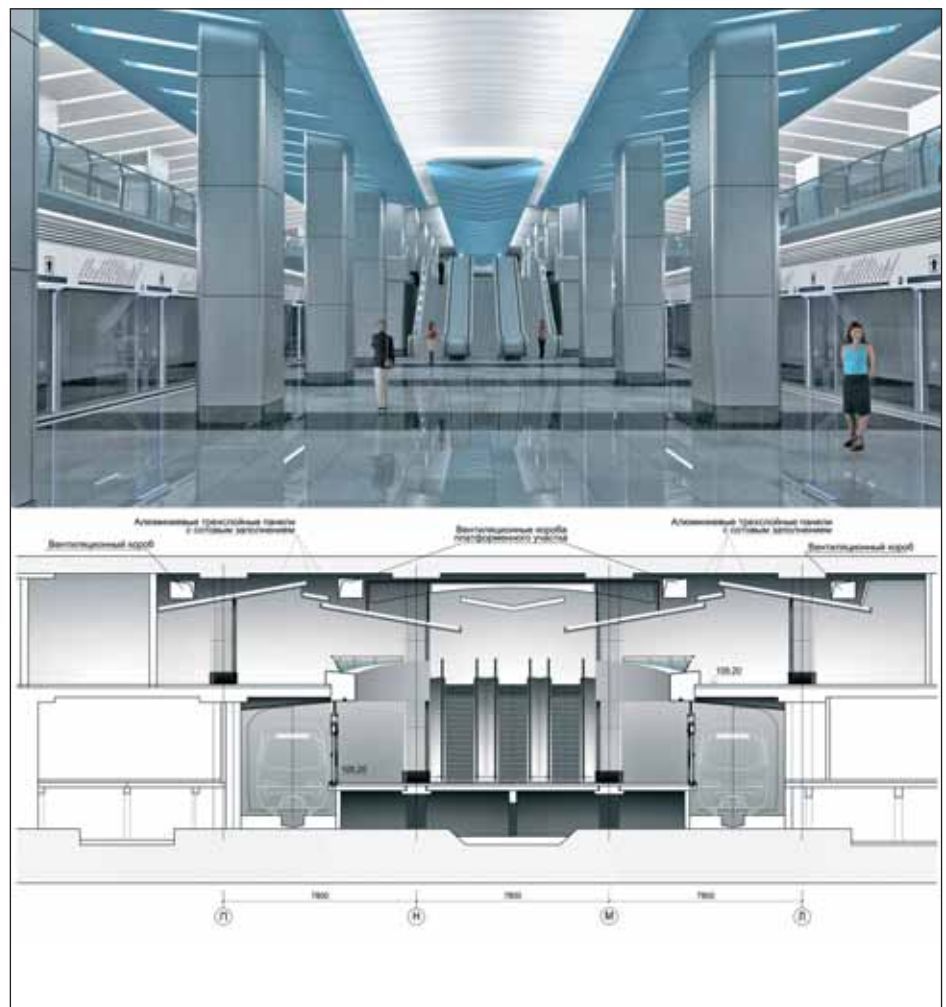
«Нижняя Масловка» – станция глубокого заложения, пилонного типа. Размещается вдоль 3-го транспортного кольца, в непосредственной близости от Бутырской эстакады. Является пересадочной со ст. «Савеловская» Серпуховско-Тимирязевской линии (СТЛ), с двумя подземными вестибюлями, один из которых находится на территории сквера, с выходами на обе стороны Бутырской улицы, а второй примыкает к действующему вестибюлю ст. «Савеловская» (СТЛ), расположенному на площади Савеловского вокзала.

При проектировании предусматривается сооружение соединительной ветки от проектируемой линии к действующей СТЛ и возможность продления линии в район станции «Марьино Роцца» (ЛДЛ).

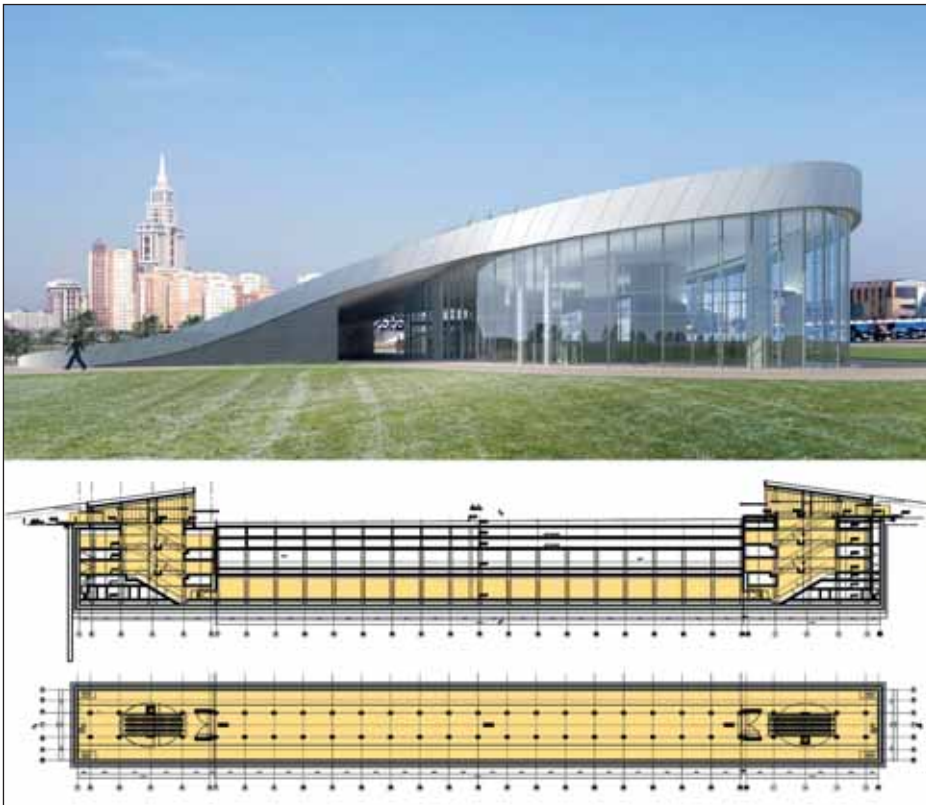
Станция является конечной для I этапа строительства. За ней предусматриваются оборотные устройства.



План Третьего пересадочного контура в Москве



Проект ст. «Деловой центр»



Проектные решения ст. «Ходыньское поле»: павильон, план и продольный разрез



Проект ст. «Нижняя Масловка»

### Инженерные изыскания

Инженерно-геологические изыскания, инженерно-геодезические изыскания в части геодезической разбивочной основы и инженерно-экологические изыскания выполнены специалистами ОАО «Метрогипротранс».

Инженерно-геологические изыскания проведены в соответствии с техническим заданием и программой и включали: сбор и систематизацию архивных данных, плановую разбивку и планово-высотную привязку разведочных выработок, точек статического и динамического зондирования, штамповых испытаний, бурение разведочных скважин, отбор и лабораторные исследования грунтов и подземных вод, полевые испытания

грунтов (статическое и динамическое зондирование, штамповые и прессиометрические испытания грунтов), опытно-фильтрационные работы, геофизические исследования (сейсмопрофилирование), камеральную обработку результатов изысканий.

В геологическом строении участков предполагаемого строительства принимают участие отложения четвертичной, меловой, юрской и каменноугольной систем.

Четвертичные отложения распространены повсеместно и представлены: современными техногенными образованиями; нерасчлененным комплексом аллювиально-флювиогляциальных отложений, среднетчетвертичными отложениями московской стадии

оледенения, среднетчетвертичными флювиогляциальными отложениями днепровско-московского межледниковья, среднетчетвертичными отложениями днепровской стадии оледенения, среднетчетвертичными флювиогляциальными отложениями окско-днепровского межледниковья.

Особое внимания потребовали современные техногенные образования (tQIV), которые имеют практически повсеместное распространение и представлены насыпными грунтами: суглинками и песками разной крупности со строительным мусором. Мощность техногенных отложений колеблется от 1 до 14 м.

Нерасчлененный комплекс аллювиально-флювиогляциальных отложений (aQIII-IV+fQII) распространен преимущественно в долине реки Ходынки от Ленинградского проспекта до ПК98. В геологическом строении данного участка трассы отмечается несколько зон размывов меловых, юрских и, частично, каменноугольных отложений, заполненных грунтами нерасчлененного комплекса аллювиально-флювиогляциальных отложений, представленных суглинками песчанистыми, легкими, тугопластичной, прослоями полутвердой консистенции, песками пылеватыми, с прослоями мелкими маловлажными и водонасыщенными, песками средней крупности, с прослоями песка крупного маловлажными и водонасыщенными. Общая мощность отложений колеблется от нескольких метров в пределах надпойменных террас до 40 м в зонах размывов.

Среднетчетвертичные отложения московской стадии оледенения (gQIIms) встречаются в виде отдельных останцов на участке расположения ст. «Петровский парк» и представлены суглинками песчанистыми, легкими, тугопластичной, прослоями полутвердой и мягкопластичной консистенции, с дресвой, гравием и щебнем осадочных пород до 25%. Общая мощность отложений колеблется от 2,7 до 6,7 м.

Среднетчетвертичные флювиогляциальные отложения днепровско-московского межледниковья (fQII dn-ms) встречаются в виде отдельных линз небольшой мощности и представлены песками мелкими и пылеватыми маловлажными и водонасыщенными, песками средней крупности, с прослоями песка крупного маловлажными и водонасыщенными. Общая мощность отложений – от 1 до 10 м.

Среднетчетвертичные отложения днепровской стадии оледенения (gQII dn) распространены повсеместно, за исключением зон размывов, и представлены суглинками песчанистыми, легкими, тугопластичной прослоями полутвердой и мягкопластичной консистенции, с дресвой, гравием и щебнем осадочных пород до 25%. Общая мощность отложений колеблется от 1,2 до 12,5 м.

Среднетчетвертичные флювиогляциальные отложения окско-днепровского межледниковья (fQIIok-dn) – в виде отдельных линз мощностью от 1 до 10 м. Отложения

представлены песками пылеватыми, с прослоями песка мелкого водонасыщенными, песками средней крупности, прослоями песка крупной крупности водонасыщенными, супесями и суглинками.

#### Меловые отложения

Нерасчлененный комплекс меловых отложений (К1) встречен на участке от начала строительства до ПК151+00 и представлен песками пылеватыми, с прослоями песка мелкого, слюдястыми, водонасыщенными, с редкими маломощными линзами глины. Общая мощность отложений колеблется до 14 м.

#### Юрские отложения

Юрские отложения представлены породами титонского, оксфордского и келловейского ярусов верхнего отдела.

Титонский ярус верхнего отдела юрской системы (J3tt) распространен от начала строительства до ПК135+00 и представлен глинами тяжелыми, твердой, прослоями полутвердой консистенции, слюдястыми; песками пылеватыми водонасыщенными, слюдястыми, с включениями фосфоритов. Общая мощность отложений колеблется от 1 до 11 м.

Оксфордский ярус верхнего отдела юрской системы (J3ox) распространен повсеместно, за исключением зон размывов, имеет крайне неровную подошву и кровлю и представлен глинами тяжелыми твердой, прослоями полутвердой консистенции, слюдястыми. Общая мощность отложений колеблется от 2 до 11 м.

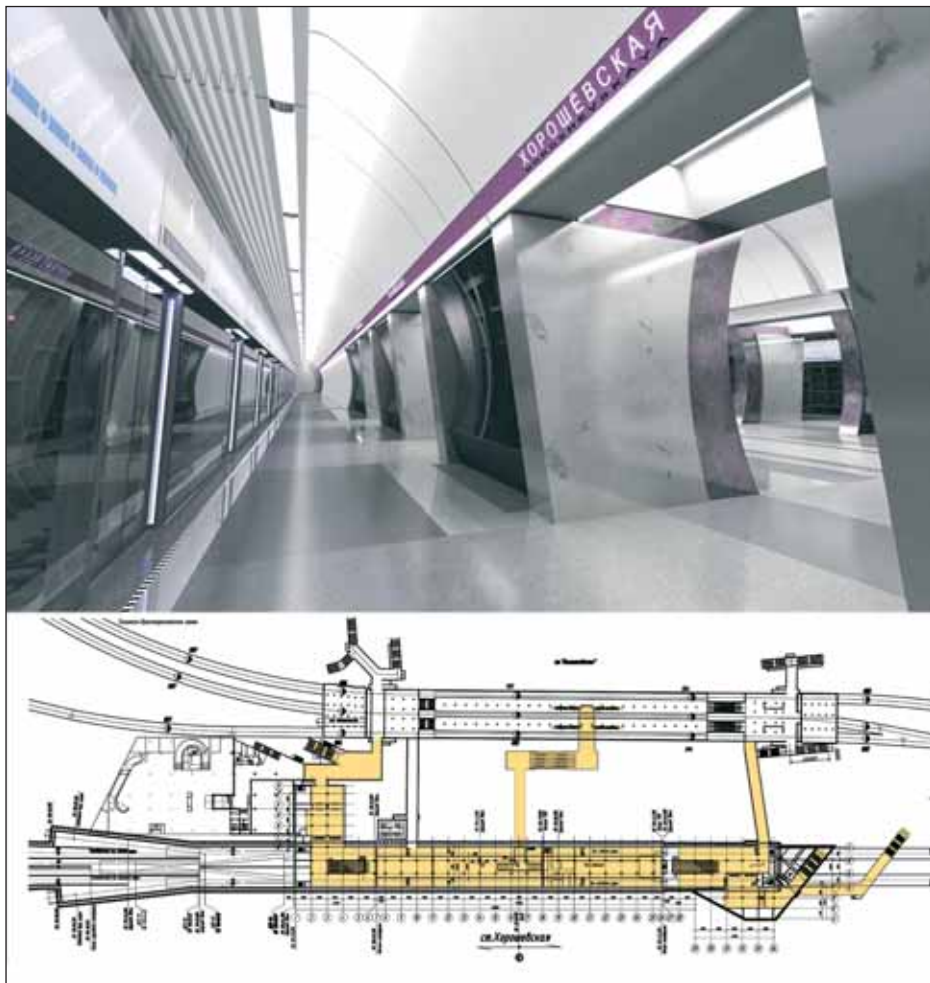
Келловейский ярус верхнего отдела юрской системы (J3k) подстилает оксфордские глины, также встречается в виде отдельных останцов в размывах и их бортах. Отложения представлены глинами тяжелыми, твердой прослоями полутвердой консистенции, слюдястыми, с редкими включениями осадочных пород. Общая мощность слоя колеблется от 2,0 до 8,5 м.

#### Каменноугольные отложения

Каменноугольные отложения представлены породами перхуровской, неверовской, ратмировской, воскресенской, суворовской и подольско-мячковской толщ верхнего и среднего отделов.

Перхуровская толща верхнекаменноугольных отложений (C3prh) распространена практически повсеместно, за исключением размывов, и представлена известняками скрытокристаллическими средней прочности, прослоями прочными и малопрочными, с прослоями мергеля и глины, водонасыщенными и дренированными, трещиноватыми. Общая мощность толщи колеблется от 0,8 до 12,5 м.

Неверовская толща верхнекаменноугольных отложений (C3nvr) распространена практически повсеместно, за исключением размывов, и представлена глинами известковыми твердыми, с прослоями мергеля и известняка. Общая мощность слоя колеблется от 1 до 9,6 м.



Проект ст. «Хорошевская»: платформенный участок и общеувязочный план

Ратмировская толща верхнекаменноугольных отложений (C3rt) распространена практически повсеместно, за исключением размывов, и представлена известняками скрытокристаллическими средней прочности, прослоями прочными и малопрочными, с прослоями мергеля, водонасыщенными, трещиноватыми. Общая мощность толщи колеблется от 2,4 до 10 м.

Воскресенская толща верхнекаменноугольных отложений (C3vsk) распространена на обеих площадках и представлена глинами известковыми твердыми, с прослоями мергеля и известняков. Общая мощность толщи колеблется от 3,4 до 13,7 м.

Суворовская толща верхнекаменноугольных отложений (C3sv) распространена повсеместно и представлена известняками скрытокристаллическими малопрочными, прослоями средней прочности, с прослоями мергеля, водонасыщенными, трещиноватыми. Мощность отложений колеблется от 2,8 до 11,7 м.

Подольско-мячковская толща среднекаменноугольных отложений (C2pd-mc) распространена повсеместно и представлена известняками скрытокристаллическими средней прочности, прослоями малопрочным и прочным, с прослоями мергеля, водонасыщенными, трещиноватыми. Вскрытая мощность отложений до 19 м.

Гидрогеологические условия участка строительства характеризуются наличием грун-

товых вод типа верховодка, надъюрского, юрского, перхуровского, ратмировского и суворовского водоносных горизонтов.

Надъюрский водоносный горизонт имеет повсеместное распространение и приурочен к песчано-супесчаным отложениям четвертичного и мелового возраста. Горизонт носит преимущественно безнапорный характер. На участках трассы, где встречаются моренные суглинки, горизонт носит слабо напорный характер. На участках выявленных глубинных размывов надъюрский водоносный горизонт имеет гидравлическую связь с нижележащими горизонтами верхнего карбона. Нижним водоупором являются глины юрского возраста и каменноугольного возраста. Уровень горизонта устанавливается на абсолютных отметках от 118,50 м в районе расположения ст. «Деловой Центр» до 159,00 м в районе ст. «Нижняя Масловка».

Юрский водоносный горизонт распространен от начала строительства до ПК135+00 и приурочен к пескам титонского яруса. Горизонт имеет напорный характер. Пьезометрический уровень горизонта устанавливается на абсолютных отметках от 148,60 до 157,30 м. Верхним водоупором являются глины титонского яруса юрской системы, нижним – глины оксфордского яруса юрской системы. На участках, где верхний водоупор отсутствует, юрский горизонт имеет прямую связь с надъюрским горизонтом.

Перхуровский водоносный горизонт приурочен к известнякам перхуровской толщи. Горизонт носит напорно-безнапорный характер. Уровень горизонта устанавливается на абсолютных отметках от 117,80 м до 126,50 м. Верхним водоупором являются глины юрской системы, нижним – глины неверовской толщи каменноугольной системы. На участках размывов горизонт имеет прямую связь с надъяурским горизонтом.

Ратмировский водоносный горизонт приурочен к известнякам ратмировской толщи. Горизонт имеет напорный характер. Пьезометрический уровень горизонта устанавливается на абсолютных отметках от 109,80 до 130,40 м. Верхним водоупором являются глины неверовской толщи каменноугольной системы, нижним – известковые глины воскресенской толщи каменноугольной системы. На участках размывов горизонт имеет прямую связь с надъяурским горизонтом.

Суворовский водоносный горизонт имеет распространение на обеих площадках и приурочен к известнякам суворовской толщи. Горизонт безнапорный. Уровень горизонта устанавливается на абсолютных отметках 98,10 до 103,50 м. Верхним водоупором являются известковые глины воскресенской толщи каменноугольной системы. Нижний водоупор не вскрыт.

Особое внимание необходимо уделить развитию опасных геологических процессов на территории предполагаемого строительства. Рассмотрим опасность развития древних карстовых форм и современных карстово-суффозионных процессов.

### Опасность древних карстовых форм

Степень закарстованности карбонатных отложений определяется по замерам их трещиноватости, выходу керна скважин, провалам бурового инструмента и выражается коэффициентом трещинно-карстовой пустотности. Она зависит от состава и свойств растворимых пород, продолжительности и интенсивности эрозийного и тесно связанного с ним карстового процессов. Эти косвенные признаки и отчасти прямые характеристики – наличие полостей и зон дробления – и были приняты в качестве критериев опасности первого типа, которая подразделялась на три категории: опасная, потенциально опасная и неопасная.

Наибольшая часть рассматриваемой территории относится к потенциально опасным древним карстовым формам. Здесь каменноугольные растворимые породы залегают под средне- и верхнеюрскими терригенными отложениями и, следовательно, выветривались и интенсивно карстовались лишь в доюрское время. Их закарстованность невелика: встречены единичные мелкие полости и незначительные по мощности и протяженности зоны дробления.

Второе место по площади занимают неопасные участки. В их границах карбонатные породы характеризуются как слабо трещиноватые и кавернозные. Перекрыты

они не только юрскими, но и каменноугольными глинами, а потому прямому воздействию выветривания и эрозии практически не подвергались.

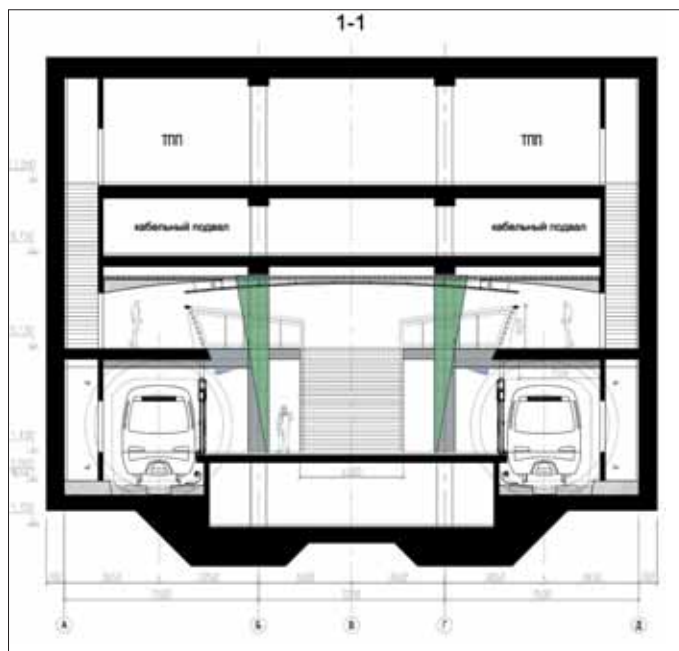
Площадь опасных таксонов – наименьшая. Проектируемая линия метрополитена пересекает их в начале трассы до ПК77+40 и на участках от ПК105+30 до ПК108; ПК118 и ПК118+80; ПК119+90 и ПК120+50; ПК127 и ПК128; ПК130 и ПК131+80. Таким образом, их общая протяженность примерно равна 1,8 км или 16 % от протяженности всей трассы. На всех этих расположенных в долине р. Москвы участках на дочетвертичную поверхность выходят известняки и доломиты либо ратмировской, либо перхуровской толщи. А поскольку обнажаются они в склонах доледниковой эрозийной ложбины, следует ожидать их повышенной трещиноватости и закарстованности, наличия открытых трещин, крупных полостей и зон дробления.

### Опасность современных карстово-суффозионных процессов

Под карстово-суффозионными процессами, по сути дела, подразумевается процесс деформирования и разрушения, как правило, водонасыщенных грунтов, перекрывающих закарстованные массивы, который проявляется на земной поверхности в виде самых разнообразных отрицательных форм рельефа.

Поэтому в качестве критериев обособления второго самостоятельного типа опасности приняты особенности строения мезо-кайнозойской терригенной толщи, характер возможного изменения гидродинамической обстановки и, следовательно, силовой нагрузки на слабопроницаемые глинистые пласты, а также наличие или отсутствие современных карстово-суффозионных воронок. Как и в первом случае, принята трехчленная градация опасности: опасная категория, потенциально опасная и неопасная.

Около половины площади территории не опасна в карстово-суффозионном отношении. В таксонах этой категории водонасыщенные несвязные, преимущественно четвертичные грунты покровной толщи, способные легко выноситься в трещинно-поровое пространство закарстованных пород, отделены от последних мощными (более 10 м) юрскими или юрскими и каменноугольными глинистыми отложениями.



Станция «Петровский парк» в разрезе

Учитывая также состояние и физико-механические свойства глин, можно с уверенностью считать, что они служат достаточно прочными и устойчивыми к разрушению экранами. При этом, что тоже очень важно, градиент вертикальной нисходящей фильтрации как прямой показатель силового воздействия подземных вод на разделяющий пласт может быть только меньше критической величины равной  $I_{кр} = 3$ .

Несколько меньшую площадь занимают участки, где мощность водоупора, разделяющего грунтовые и трещинно-карстовые воды, меньше 10 м и возможно формирование градиента  $I$  и  $I_{кр}$ . Большой опыт инженерно-геологических и карстологических исследований на территории Москвы, нашедший отражение и в нормативных документах, дает основание полагать, что на таких участках провалообразование не исключается. Заметим, что почти все потенциально опасные участки находятся в долине р. Москвы.

Опасный район также расположен в речной долине, но приурочен к участку пересечения доюрского и доледникового врезов. Инженерно-геологические условия возникновения провалов здесь практически те же самые, что и в таксонах средней степени опасности, отличие состоит лишь в том, что все известные свежие (возрастом меньше 50–60 лет) воронки карстово-суффозионного генезиса образовались именно в этом районе. Причем больше половины из них попадают в 2-километровую полосу строительства метрополитена.

Проектируемая трасса метро пересекает территорию опасной категории на ПК111–ПК132. Таким образом, 2,1 км трассы или 19 % от всей ее протяженности приходится на опасный район. В непосредствен-

Технико-экономические показатели

Строительная длина I этапа строительства линии в двухпутном исчислении – 6,28 км.
Эксплуатационная длина – 5,37 км.
Длина однопутной соединительной ветки с Серпуховско-Тимирязевской линией – 2,07 км.
Наибольшее расстояние между станциями – 2 км.
Наименьшее расстояние между станциями – 1,55 км.
Среднее расстояние между станциями – 1,79 км.
В плане применены радиусы кривых – от 300 до 2500 м.
Радиус кривой в плане 300 м применен перед станцией «Петровский парк» по сложным условиям трассирования.
Процент кривых составляет 41 %.
В продольном профиле применены уклоны от 0,003 до 0,043.
Строительная длина II этапа строительства линии от ст. «Хорошевская» до ст. «Деловой центр» составляет 6,13 км.
Эксплуатационная длина – 5,04 км.
Длина однопутной соединительной ветки с Калининско-Солнцевской линией – 1,06 км.
Среднее расстояние между станциями – 2,46 км.
В плане применены кривые радиусов от 300 до 1000 м.
Минимальный радиус кривой в плане 300 м применен по сложным условиям трассирования за ст. «Хорошевская» и перед ст. «Деловой центр».
Процент кривых в плане – 46,7 %.
В продольном профиле применены уклоны от 0,000 до 0,043.

ной близости (меньше 100 м) от оси трассы у ст. «Хорошевская» оказываются 6 из 29 выявленных провалов.

Инженерно-геологические условия изучаемой территории характеризуются как сложные – III категория (СП 11-105-97).

**Архитектурные и конструктивные решения**

Учитывая с одной стороны стесненность территории, а с другой – требование заказчика по уменьшению стоимости строительства были запроектированы четыре станции колонного типа (открытого способа работ) – «Шелепиха», «Хорошевская», «Ходынское Поле», «Петровский парк»; одна станция пилонного типа (закрытого способа работ) – «Нижняя Масловка»; одна станция колонного типа – «Деловой центр» в уже построенных конструкциях ММДЦ «Москва-Сити».

Особенности запроектированных архитектурно-планировочных решений следующие:

- размещение станций в стесненных градостроительных условиях;
- оптимизация служебных помещений и уменьшение размеров вестибюля;
- размещение притоннельных сооружений над конструкциями платформенного участка;
- размещение на платформах автоматических дверей, отделяющих транспортную зону от пассажирской;
- широкое применение импортного эскалаторного оборудования (с межосевым расстоянием 1850 мм);

• приспособление станций для использования маломобильными группами населения.

Конструкция станционных комплексов открытого способа работ – колонного типа из монолитного железобетона. Междупутье – 14,9 м.

Конструкция станции закрытого способа работ – из чугунных тубингов.

Конструкции перегонов представляют из себя высокоточные железобетонные обделки круглого очертания (щитовой способ проходки)  $D = 6,3/5,7$  м и чугунные обделки круглого очертания  $D = 5,49/5,1$  м для участков горного способа проходки. Тупики и перегоны за станцией «Хорошевская» – из монолитного железобетона.

В соответствии с требованиями Московского метрополитена зона движения поездов и пассажирская зоны отделяются прозрачными перегородками с раздвижными автоматическими дверями.

**Выбор площадок и ПОС**

Выбор площадок осуществлялся на начальной стадии проектирования и был выполнен силами ОАО «Мосинжпроект» при участии ОАО «Метротранс» по отдельному заказу «Освоение площадок для строительства объектов метрополитена (вынос инженерных коммуникаций). Подготовительные работы. Третий пересадочный контур «Деловой центр» – «Нижняя Масловка». Для I этапа строительства намечено 14 площадок и 7 площадок для II этапа. Итого 21 площадка.

При сооружении станций мелкого заложения предусматривается устройство котлова-

нов из БСС и БКС с креплением из расстрелов. Максимальное заложение лотка станционных комплексов 27 м и длина свай 37 м.

В идеологии проходки перегонов заложено широкое применение современных щитовых комплексов.

**Особенности проектирования в условиях густонаселенной застройки**

Особенности проектирования в условиях плотной (густонаселенной) застройки можно отразить следующим образом:

- собственное наличие плотной многоэтажной жилой застройки;
- состояние некоторых зданий, попадающих в зону строительства, характеризуется как «неудовлетворительное»;
- большая плотность существующих инженерных коммуникаций и, как следствие, большие временные издержки при освобождении территории;
- большая плотность улично-дорожной сети с напряженным режимом;
- прохождение трассы через промзону «Хорошово» и наличие разветвленной сети железнодорожных путей.

Опыт проектирования рассматриваемого участка показывает, что в условиях плотной (густонаселенной) застройки необходимо очень взвешенно подходить к посадке станционных комплексов и использовать весь имеющийся опыт метростроения, при необходимости, проектировать станционные комплексы, как открытого способа возведения, так и закрытого.





## 80 ЛЕТ В СТРОЮ

А. М. Земельман, президент ОАО «Метротранс»

**ОАО «Метротранс» – ведущая российская проектно-исследовательская компания по созданию объектов транспортной инфраструктуры и подземных сооружений.**

**Основными направлениями деятельности Метротранса являются: разработка схем развития линий метрополитена в мегаполисах; проведение экспертизы и согласования проектной и рабочей документации сторонних организаций; разработка тендерной, комплексной проектной и рабочей документации на строительство транспортных, в том числе подземных сооружений самого различного назначения.**

**М**етротранс основан в Москве 1 июня 1933 г. как Центральная проектная контора «Метропроект», которую в 1951 г. переименовали в Государственный проектно-исследовательский институт «Метротранс». Создание его было связано с подготовкой к началу строительства Московского метрополитена. Первым руководителем института был известный русский инженер В. Л. Николаи.

ОАО «Метротранс» уже 80 лет является одним из основных участников решения транспортных проблем Москвы. Оно награждено орденами Трудового Красного Знамени и Октябрьской революции.

Генеральным планом города предусмотрено, что 80 % пассажироперевозок будут обеспечивать общественные виды транспорта. При этом доля скоростного внеуличного транспорта составит около 45 %.

В Москве ОАО «Метротранс» занимает ведущую позицию в проектировании новых видов транспорта, различающихся по технико-эксплуатационным характеристикам и способам прокладки: наземный (легкий), мини-метрополитен, скоростная транспортная система «город – аэропорт» с использованием технических возможностей железных дорог, а также монорельсовая транспортная система.

За последние годы в рамках выполнения программы дорожно-мостового строительства Москвы по проектам Метротранса, или проектам, разработанным с его участием, в городе построены следующие крупные сооружения:

- два автодорожных тоннеля в составе транспортной развязки на 79 км МКАД и Коровинском шоссе;
- подземная многоуровневая транспортная развязка в районе Кутузовского проспекта;
- автодорожный тоннель в Лефортово;
- участок Краснопресненского проспекта от МКАД до ул. Живописная;
- Серебряноборские тоннели, в каждом из которых осуществляется одновременное движение поездов метро (нижний уровень) и автомобилей (верхний уровень);
- мост вантовый, автодорожный в районе ул. Живописная;

- реконструкция тоннеля под Ленинградским проспектом,
- автодорожный тоннель на улице Народного Ополчения;
- произведены проектные работы для строительства тоннеля и эстакады (длина 600 м) под Волоколамским шоссе;
- произведены проектные работы для строительства Алабяно-Балтийского двухпутного тоннеля (участок под действующей Замоскворецкой линией метрополитена).

В августе 2005 г. по проекту ОАО «Метротранс» был построен первый в России железнодорожный тоннель с подземной железнодорожной станцией к аэровокзалному комплексу «Внуково», также была запроектирована и введена в эксплуатацию эстакада на привокзальной площади аэровокзального комплекса «Внуково» (длина 2,2 км).

В рамках программы развития поселка Внуково ОАО «Метротранс», как генеральный проектировщик, подготовил к вводу в эксплуатацию первую очередь нового аэровокзального комплекса, одного из крупнейших в Европе, способного принимать до 20 млн пассажиров в год.

Основным направлением проектной деятельности института все же является проектирование метрополитенов.

По проектам ОАО «Метротранс» введены в эксплуатацию линии метрополитена в городах России:

- Санкт-Петербург (Ленинград) – первая очередь метрополитена от ст. «Площадь Восстания» до ст. «Автово» (восемь станций, протяженность линии 10,8 км);
- Нижний Новгород (Горький) – первая очередь метрополитена от ст. «Московская» до ст. «Пролетарская» (шесть станций, протяженность линии 7,8 км);
- Новосибирск – первая очередь метрополитена от ст. «Красный проспект» до ст. «Студенческая» (пять станций, протяженность линии 8,5 км);
- Самара (Куйбышев) – первая очередь метрополитена от ст. «Юнгородок» до ст. «Победа» (четыре станции, протяженность линии 4,5 км);



- Екатеринбург (Свердловск) – первая очередь метрополитена от ст. «Проспект Космонавтов» до ст. «Машиностроителей» (три станции, протяженность линии 3,2 км);

- Днепропетровск – первая очередь метрополитена от ст. «Вокзальная» до ст. «Коммунаровская» (шесть станций, протяженность линии 7,8 км);

- Прага – станция метро «Москва»;
- Рим – станция метро «Московская»;
- Москва – все линии метрополитена (182 станции, 12 линий протяженностью 301,2 км, 15 электродепо).

В настоящее время специалисты ОАО «Метротранс» работают в других городах России:

- Ростов-на-Дону – обоснование инвестиций в строительство метрополитена;

- Челябинск – первая линия метрополитена от ст. «Тракторозаводская» до ст. «Проспект Победы» (пять станций, протяженность линии 8,5 км);

- Сочи – два путепровода тоннельного типа и съезды в составе развязки № 4 на трассе М27 Дзубга – Сочи до границы с Грузией на участке Адлер – Веселое;

- Волгоград – продление линии городского скоростного трамвая.

До начала 90-х гг. XX в. все работы, связанные с проектированием Московского метрополитена, выполняло ОАО «Метротранс».

По нашим проектам была проведена реконструкция ряда сооружений Московского метро, в том числе: ст. «Воробьевы горы» (2002), «Маяковская» (2010), «Белорусская» (2011).

Для Московского метрополитена только за последние десять лет по проектам ОАО «Метротранс» построены пусковые участки Люблинско-Дмитровской линии от ст. «Чкаловская» до ст. «Трубная», Митинско-Строгинской линии от ст. «Парк Победы» до ст. «Кунцевская», от ст. «Крылатское» до ст. «Строгино» и от ст. «Строгино» до ст. «Митино», а также разработана проектная и рабочая документация для ст. «Технопарк» Замоскворецкой линии.

В рамках реализации Постановления правительства Москвы «Об аварийном отключении 24–26 мая 2005 г. электроснабжения в городе Москве и мерах по совершенствованию системы городского энергоснабжения» за проектированы ОАО «Метротранс», построены и введены в эксплуатацию: ДЭС «Планерная» – 6 МВт; ДЭС «Теплый Стан» – 6 МВт; ДЭС «Замоскворецкое» – 12 МВт; ДЭС «Строгино» – 1 МВт.

За 2008–2010 гг. была разработана рабочая документация на пусковой комплекс Люблинско-Дмитровской линии от ст. «Трубная» до ст. «Марьино» (протяженность линии 5,9 км в двухпутном исчислении).

Пусковой комплекс включает в себя две станции: «Достоевская» и «Марьино», и был введен в 2010 г.

При строительстве пускового комплекса впервые в России был сооружен наклонный тоннель к вестибюлю станции «Марьино» с использованием тоннелепроходческого механизированного комплекса «Ловат».

В 2008–2010 гг. была разработана рабочая документация на участок «Марьино» – «Борисово» – «Шипиловская» – «Зябликово» Люблинско-Дмитровской линии (протяженность линии 8,5 км в двухпутном исчислении, объект сдан в 2011 г.).

Большую социальную значимость имеет за проектированный ОАО «Метротранс» пусковой участок Митинско-Строгинской линии метрополитена от ст. «Строгино» до ст. «Митино» (протяженность линии 6,5 км в двухпутном исчислении).

Пусковой комплекс включает в себя три станционных комплекса («Мякинино», «Волоколамская», «Митино», включая метромост).

Ввод в эксплуатацию данного объекта в 2009 г. помог существенно разрешить проблемы существующего транспортного обеспечения этого многонаселенного и отдаленного от центра города района Москвы.

В 2012 г. сдано в эксплуатацию девять объектов:

- ДЭС и ФВУ Строгино;
- участок Калининской линии Московского метрополитена от ст. «Новогиреево» до ст. «Новокосино»;
- вестибюль № 2 станции «Марьино»;
- участок Замоскворецкой линии Московского метрополитена от ст. «Красногвардейская» до ст. «Алма-Атинская»;
- участок Митинско-Строгинской линии Московского метрополитена от ст. «Митино» до ст. «Пятницкая»;
- смотровая площадка в конструкциях вантового моста через р. Москву;
- расширение электродепо «Печатники»;
- вторая очередь аэровокзального комплекса «Внуково»;
- микропроцессорное устройство АТДП на Нижегородском метрополитене.

### **Задачи по проектированию и строительству метрополитена в Москве**

В последние годы в Москве проектируются и строятся подземные торговые центры, подземные паркинги, автодорожные развязки с тоннелями, и во многих этих объектах участвует ОАО «Метротранс».

Но основное внимание ОАО «Метротранс» по-прежнему уделяет метрополитену.

В Москве в 2013–2015 гг. в соответствии с Постановлением правительства Москвы от 4 мая 2012 г. N 194-ПП «Об утверждении перечня объектов перспективного строительства Московского метрополитена в 2012–2020 гг.» осталось построить 64 км линий метро и 31 станцию.

Объем работ по проектированию Московского метрополитена, выполняемый ОАО «Метротранс», следующий:

- Люблинско-Дмитровская линия от ст. «Марьино» до ст. «Селигерская»;
- Калининско-Солнцевская линия от ст. «Деловой центр» до ст. «Парк Победы»;
- ст. «Суворовская»;
- Третий пересадочный контур от ст. «Деловой центр» до ст. «Нижняя Масловка»;
- Калининско-Солнцевская линия от ст. «Парк Победы» до ст. «Раменки»;





- Калининско-Солнцевская линия от ст. «Третьяковская» до ст. «Деловой центр»;
- Таганско-Краснопресненская линия от ст. «Выхино» до ст. «Жулебино».

Всего 42 км и 21 станция (около 70 % от общего объема метростроения).

### Особенности проектирования в условиях густозаселенной застройки

Особенности проектирования в условиях плотной (густонаселенной) застройки можно отразить следующим образом.

- Собственно наличие плотной многоэтажной жилой застройки.

• Состояние некоторых зданий, попадающих в зону строительства, характеризуется как «неудовлетворительное», в связи с чем требуется проводить специальные инженерные изыскания, в том числе обследование зданий и сооружений и их оснований, и на основе результатов обследования назначать мероприятия по усилению зданий и сооружений и их оснований по трассе тоннелей.

• Большая плотность существующих инженерных коммуникаций и, как следствие, большие временные и материальные издержки при освобождении территории, в том числе и для проведения инженерных изысканий для строительства.

• Большая плотность улично-дорожной сети с напряженным режимом наземного городского общественного транспорта.

• Опыт проектирования показывает, что в условиях плотной (густонаселенной) застройки необходимо очень взвешенно подходить к посадке станционных комплексов и использовать весь имеющийся опыт метростроения, используя, при необходимости, станционные комплексы как открытого способа возведения, так и закрытого. Выбор площадок и трассы строительства зачастую связан с решением удаления новых владельцев с незаконно занятых территорий.

• Влияние на проектирование назначенной заранее генеральной подрядной организации негативно сказывается на технических решениях, принимаемых проектной организацией.

### Основные технические решения, применяемые в проектах

Учитывая с одной стороны стесненность территории, а с другой – требование заказчика по уменьшению стоимости строительства, были запроектированы станции колонного типа для открытого способа работ и станции пилонного типа для закрытого.

Особенностями запроектированных архитектурно-планировочных решений являются:

- размещение станций в стесненных градостроительных условиях;
- оптимизация служебных помещений и уменьшение размеров вестибюля;
- размещение притоннельных сооружений над конструкциями платформенного участка;
- размещение на платформах автоматических дверей, отделяющих транспортную зону от пассажирской;

• широкое применение импортного эскалаторного оборудования (с межосевым расстоянием 1850 мм);

- приспособление станций для использования маломобильными группами населения.

Конструкция станционных комплексов открытого способа работ – колонного типа из монолитного железобетона, а закрытого способа работ – из чугунных тубингов.

Конструкции перегонов представляют из себя высокоточные железобетонные обделки круглого очертания (щитовой способ проходки)  $D = 6,3/5,7$  м и чугунные обделки круглого очертания  $D = 5,49/5,1$  м для участков горного способа проходки. Тупики и перегоны за станциями в отдельных случаях сооружаются из монолитного железобетона.

### Предложения по усовершенствованию системы проектирования.

• Разработка программы проектирования на 10–20–30–40 лет.

• Введение в состав проектных материалов третьей стадии проектирования по образцу «Обоснования инвестиций», существовавшей в 90-е гг. XX в. и запланировать выделение денежных средств на выполнение этой стадии.

• Проектные решения на стадии «Обоснования инвестиций» рассматривать на совместных заседаниях Научно-технического совета Департамента градостроительства г. Москвы, Тоннельной ассоциации России, Мосгосэкспертизы, представителей заинтересованных префектур.

• Проектные решения на стадии «Обоснования инвестиций» должны охватывать весь комплекс проблем, начиная с отвода территории и заканчивая сравнением вариантов и выбором варианта для разработки на стадии «проектная документация».

• Проведение инженерных изысканий за один год до начала разработки проектной документации.

• Проведение обследования и мониторинга окружающей застройки по трассе тоннеля за один год до начала его проектирования.

• Создание четкой схемы проведения согласований и выдачи технических условий, утвержденной мэром Москвы для каждой стадии проектирования.

• При выборе трассы тоннеля правительству Москвы обозначить приоритеты: соблюдение прав собственников, удобства жителей, техническая целесообразность и т. п.

• Выбор подрядчика под запроектированную технологию строительства, а не под конкретный подрядчик.

• Вопрос о снижении сроков проектирования при такой системе не будет стоять так остро, как сейчас, когда проектные решения часто меняются в зависимости от назначения конкретных подрядных организаций, непродуманной до конца системы принятия проектных решений, диктуемых «сверху».

• Нельзя проектировать впопыхах, ставя под угрозу безопасность строительства и эксплуатации метрополитенов.

# Реклама

# УЛУЧШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХА В ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЯХ МЕТРОПОЛИТЕНА

О. В. Карнач, инженер ОАО «Трансинжстрой»

**В** настоящее время в Москве получило широкое развитие строительство и совершенствование метрополитена. В рамках осуществления данной задачи требуется не только количественное наращивание линий и числа станций, но и улучшение условий в них. В подземных сооружениях образуется большое количество загрязняющих элементов, таких как пыль, двуокись углерода, различные газы, влага, теплота и т. д.

Выявлено, что определяющими факторами микроклимата метро являются температура воздуха и его относительная влажность. Поддержание нормативного температурно-влажностного режима (ТВР) надлежит обеспечивать при помощи тоннельной вентиляции метрополитена.

По данным расчетов количество тепловыделений на 1 км трассы составляет около 1,1–1,5 млн ккал/ч, а необходимое количество свежего воздуха для снятия теплоизбытков – приблизительно 600 тыс. м<sup>3</sup>/ч, что является непосильной нагрузкой для современных систем вентиляции. Это объясняется тем, что максимальная производительность одной вентиляционной установки при одновременной работе двух вентиляторов составляет 500 тыс. м<sup>3</sup>/ч, а при увеличении мощности установок бу-

дут создаваться потоки воздуха, превышающие по скорости предельно допустимые значения.

Метрополитены в нашей стране строятся уже более 80 лет, за этот период технические решения постоянно совершенствовались, накоплены обширные банки данных по гидрологии грунтов, их физико-механическим и теплофизическим характеристикам, климатологии, созданы новые технические решения. На сегодняшний день проблема обеспечения комфортного (нормативного) микроклимата в подземных сооружениях метрополитена приобретает все большую остроту, нуждается в новых подходах.

Массив, окружающий подземные сооружения метрополитена, является мощным аккумулятором тепла (холода), облегчающим задачу вентиляционных систем. Он способен поглощать до 30–40 % тепловыделений на 1 км трассы. Ранее породный массив не рассматривался как механизм терморегулирования теплообмена с грунтом, и лишь работал на поглощение тепла в теплое время года, и на его отдачу в холодное время естественным путем. Но по прошествии 80 лет существования метрополитена грунт на ряде линий перегрелся, вследствие чего стал не способен снимать необходимое количество тепловыделений в подземных сооружениях.

Исходя из вышеизложенного, возникло предложение о создании систем аккумуляции атмосферного холода (теплоты) в подземных сооружениях, использующих принудительный интенсивный отбор холода (теплоты) от воздушной струи для передачи с целью аккумуляции вглубь массива.

Для достижения поставленной цели потребовалось решить две задачи:

- создание точного математического описания процесса теплообмена, обусловленного нестационарным режимом теплопередачи в грунт;
- создание малогабаритных систем управления термодинамическими процессами в разрабатываемом породном массиве в ограниченном пространстве подземных сооружений.

В процессе научного поиска решения проблемы регулирования термодинамических процессов были предложены устройства, работающие по принципу тепловых труб. Основной принцип работы тепловой трубы связан с фазовым превращением теплоносителя, заключенного внутри этого устройства, причем испарение и конденсация теплоносителя происходят при температуре, приблизительно равной температуре насыщения, что определяет изотермичность поверхности тепловой трубы

и соответственно высокую теплопередающую способность. Они имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными элементами систем передачи тепла (например, циркуляционными теплообменниками), т. к. не содержат подвижные детали, бесшумны, не требуют расхода энергии на перекачку теплоносителя из зоны конденсации в зону испарения, обладают малым термическим сопротивлением по сравнению с металлическими стержнями таких же геометрических параметров и имеют небольшой вес.

Учитывая сложность условий, в которых предусматривается работа тепловых труб, было выявлено, что наиболее приемлемыми являются фитильные трубы (рис. 1). Их основной характеристикой является величина максимального теплового потока, которая зависит от ряда параметров, в том числе от используемого теплоносителя и типа фитиля.

Низкое термическое сопротивление тепловых труб и возможность передачи тепла практически без потерь дает возможность успешно использовать их при конструировании шахтных крепей для капитальных и подготовительных выработок, а также при создании новых способов регулирования процессов теплообмена.

Наиболее целесообразно использовать тепловые трубы в конструкциях крепей. Для этого элементы крепей оборудуются теплопередающими устройствами (рис. 2). Внутри полости по стенке элемента крепи размещают пористый или сетчатый материал (мелкоячеистая никелевая или бронзовая сетка в несколько слоев), который является фитилем. В качестве теплоносителя терморегулирующих крепей возможно использование фреонов, метанола, эфира, спирта, бензола и т. д. При интенсивном тепловом потоке, который обладает высоким тепловым напором, применяется менее активный теплоноситель, например вода, керосин, спирт, а при низком тепловом напоре – более активный, например фреон, метанол, эфир. Готовые элементы терморегулирующих крепей устанавливаются в выработках как обычные крепи. Терморегуляция с помощью крепи осуществляется в следующем порядке. При повышении температуры стенки крепи на внутреннем периметре ее, что соответствует локальному повышению температуры, происходит интенсивное местное испарение теплоносителя с поверхности фитиля. При этом данный участок охлаждается до первоначальной температуры, равной температуре стенки пород, за счет скрытой теплоты парообразования теплоносителя.

Таким образом поддерживается постоянная температура пород на стенке выработки в расчетном радиусе относительно терморегулирующей крепи, обеспечивая стабилизацию температурного поля массива.

С целью повышения надежности работы терморегулирующих крепей были разработаны конструкции терморегулирующих эле-

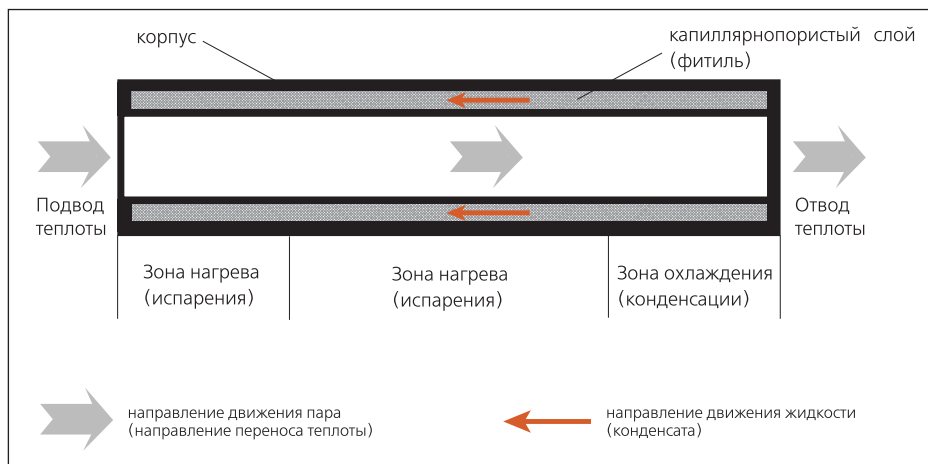


Рис. 1. Принципиальная схема тепловой трубы с фитилем

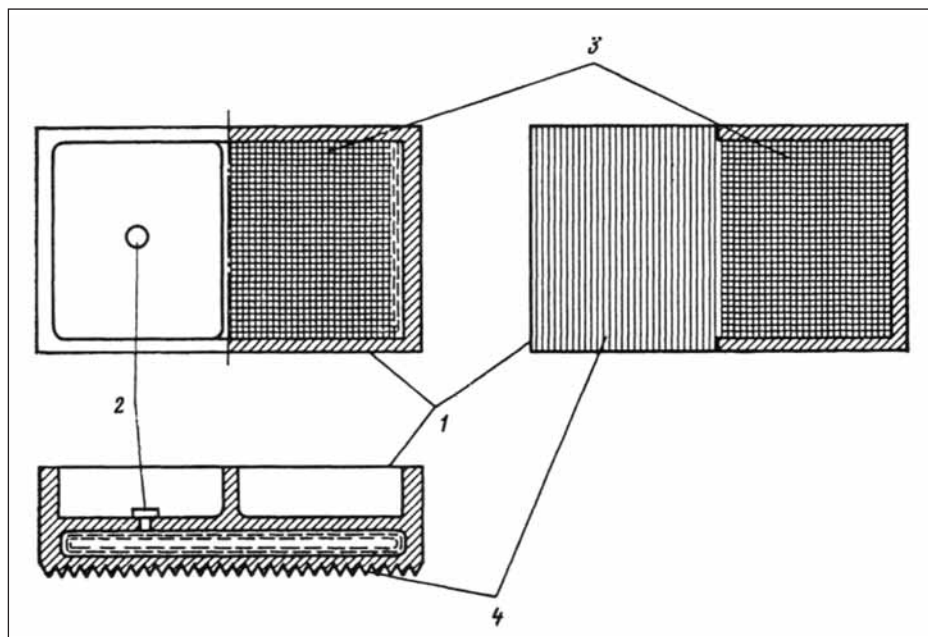


Рис. 2. Тюбинговая термопередающая крепь: 1 – корпус тюбинга; 2 – герметизирующая кнопка; 3 – пористый (сетчатый) материал; 4 – резьба наружной стенки

ментов, состоящих из кассет тепловых трубок, которые вводят в полости крепи. При деформации крепи терморегулирующий элемент не нарушается. Если же нарушены отдельные тепловые трубки, элемент будет продолжать работать с незначительной потерей теплопередающей способности. Кассеты могут быть изготовлены различной формы и теплопередающей мощности и свободно установлены в полости конструкции крепи.

С учетом большого разнообразия геокриологических условий также разработаны схемы теплового регулирования с использованием системы выработок для рекуперации аккумулированной теплоты (холода) в породах. Рекуперативные выработки оборудуются элементами активной теплопередачи, что позволяет обеспечивать не сезонный, а кварталный, месячный и даже декадный циклы изменения направления теплообмена.

С целью исключения затрат на строительство, оборудование и эксплуатацию выработок для рекуперации разработана схема пря-

мой передачи тепла (холода) от исходящей вентиляционной струи к входящему свежему потоку. С этой целью предусмотрено оборудование станции теплопередачи из тепловых труб. Станции располагаются в скважинах, сбойках или специально пройденных выработках.

Отдельные попытки терморегулирования массива осуществлялись на шахте им. Менжинского в Донбассе, в Запорожье на шахте «Эксплуатационная» и в Норильске на руднике «Маяк». В настоящее время активное регулирование теплообмена с массивом разрабатываемых пород не осуществляется.

В результате внедрения регулируемого теплообмена с массивом пород появляется возможность на вновь строящихся линиях метро снизить производительность систем тоннельной вентиляции, достигнув, таким образом, экономии капитальных затрат и сокращения электропотребления, увеличить продолжительность службы технологического оборудования, повысить уровень безопасности здоровья как пассажиров так и персонала метрополитена.



# НОВОЕ ИНЪЕКЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РАБОТЫ В ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТКАХ

Д. А. Малинин, ООО «Специальная строительная техника»

**П**роизводство 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 действия безопасного ведения работ.

В настоящей статье приводится описание инъекционного комплекса, состоящего из миксерной станции и высоконапорного цементировочного насоса, разработанного предприятием «Специальная строительная техника» применительно к условиям подземных пространств.

В новой модификации насос и миксер приводятся в движение с помощью пневмодвигателей.

Установка пневмопривода позволила получить «Разрешение на применение Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору №РСС 00-049197».

Насос (рис. 1) состоит из следующих основных частей: 1 – каркас, 2 – цементный узел, 3 – узел регулировки давления и расхода цементного раствора, 4 – привод насоса, 5 – система смазки, 6 – средоразделитель, 7 – узел подготовки воздуха, 8 – напорный коллектор, 9 – приемный коллектор, 10 и 11 – защитные кожухи.

На сегодняшний день с пневматическим приводом выпускаются инъекционные комплексы «Мини», включающие насос инъекционный GP-40 (макс. давление в пневмосистеме 1,0 МПа, расход воздуха 10 м<sup>3</sup>/мин.) и станцию миксерную SM-40 (макс. давление в пневмосистеме 0,5 МПа, расход воздуха 5 м<sup>3</sup>/мин.).

Рис. 1. Насос инъекционный GP-40

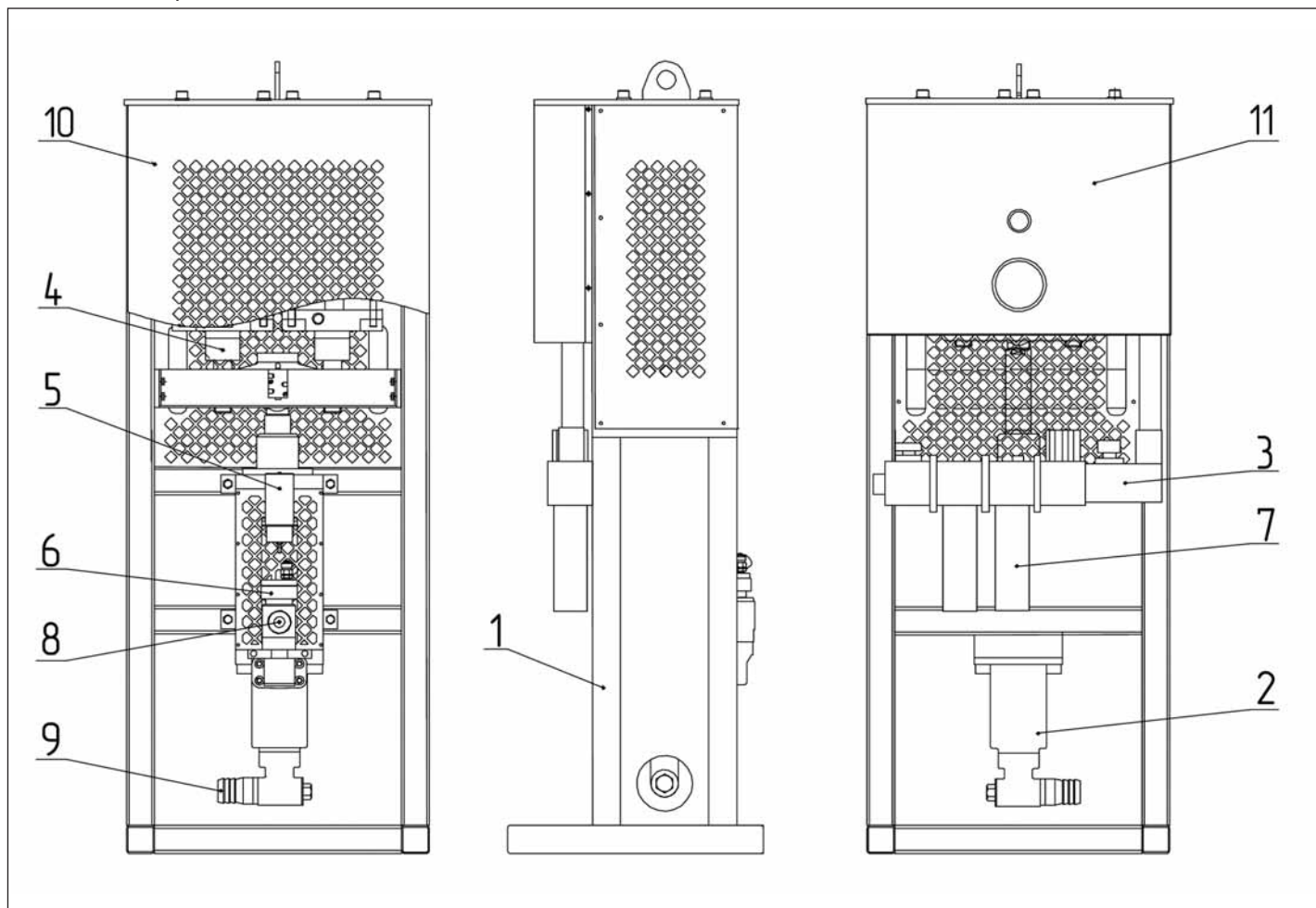




Рис. 2. Внешний вид инъекционного пневматического насоса GP-40



Рис. 3. Станции миксерные SM-40 на пневматическом приводе



Рис. 4. Сборочный участок насосов GP-40 в цехе завода «ССТ»

Таблица

**Технические характеристики инъекционного насоса GP-40**

Наименование параметров	Значение
Габариты, мм: длина ширина высота	670 600 1700
Масса, кг	370
Диаметр плунжера, мм Ход плунжера, мм Объем одного хода плунжера, л	75 120 0,5
Максимальный расход, л/мин Максимальное давление, МПа Регулировка давления, МПа Регулировка расхода, л/мин	40 10 0,2–10 5–40
Пневмосистема	
Макс. давление в пневмосистеме, МПа	1,0
Расход воздуха, м³/мин	10

Комплексы «Мини» с пневматическим приводом являются пожаробезопасными и позволяют проводить работы в достаточно большом диапазоне температур, при высокой влажности и загрязненности окружающей среды.

Комплексы инъекционные «Мини» с пневмоприводом были успешно применены при строительстве шахт на Верхнекамском месторождении калийных солей в Пермской крае. Строительство горных выработок в данном регионе осложнено тем, что для проникновения на глубину около 300 м необходимо пересекать водоносный горизонт. В связи с этим, проходка выполнялась с применением технологии замораживания пород, а для предотвращения обрушения ствола шахты была использована тубинговая крепь. Инъекционный комплекс «Мини» располагался непосредственно в стволе шахты, с его помощью производилось нагнетание приготовленного цементного раствора в затубинговое пространство.

В заключение отметим, что ряд строительных предприятий уже приобрели вышеописанное инъекционное оборудование. Такими предприятиями являются «Метрострой-ПТС» (Екатеринбург), ФГУП «Управление строительства-30» (Республика Башкортостан), СК «ИнжПроектСтрой» (Москва).



# ПРАКТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

И. С. Богданов, ООО «Геоизол»

**И**нженерно-геологические условия Санкт-Петербурга можно охарактеризовать как крайне негативные для подземного строительства, в связи с этим сооружение каждого подземного пространства является уникальным проектом, требующим адаптации по целому комплексу критериев, таких как конкретные грунтовые условия площадки, архитектурная концепция, требования по срокам работ, и при этом проект должен оставаться в рамках экономической эффективности.

Компания «Геоизол» накопила богатый опыт по проектированию и сооружению подземных объемов зданий. По каждому из объектов на весь период работ был организован комплекс мер по мониторингу за строительными конструкциями, как возводимого здания, так и существующей городской застройки, примыкающей к строительной площадке, что позволило оценить точность выполненных расчетов и эффективность принятых решений, в том числе и по производству земляных работ. Рассмотрим несколько технологий по производству земляных работ, удачно реализованных в Санкт-Петербурге.

## Закрытый способ устройства котлована по технологии «top-down»

Особенностью технологии является использование дисков перекрытий в качестве распорных конструкций. Выемка грунта ведётся через технологические отверстия в перекрытиях. Опирающие перекрытия производится на предварительно выполненные сваи-колонны.

Основные технологические этапы:

- выполнение замкнутого контура ограждающей конструкции (рис. 1);
  - выполнение свайного основания, включающего сваи-колонны и дополнительные несущие сваи (рис. 2);
  - выполнение пионерного котлована открытым способом и понижение уровня грунтовых вод в контуре котлована посредством иглофильтров (рис. 3);
  - выполнение плиты перекрытия с технологическими отверстиями для выемки грунта;
  - последовательная разработка грунта под защитой перекрытия с устройством плиты перекрытия следующего уровня (рис. 4);
  - выполнение фундаментной плиты (рис. 5);
- Преимущества данной технологии:
- минимальные деформации ограждающей конструкции;
  - возможность начала строительства надземной части после завершения этапа пионерного котлована.

Основные выявленные недостатки:

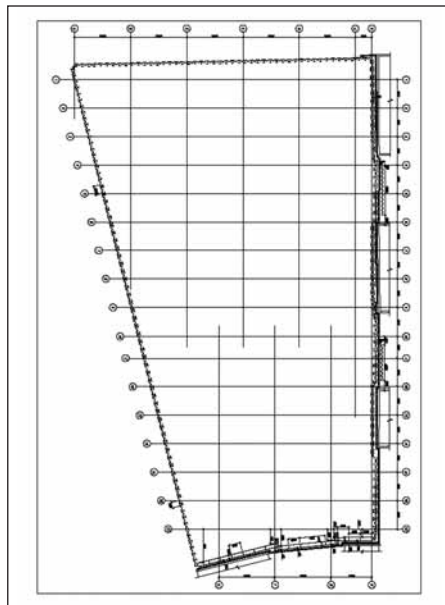


Рис. 1. Выполнение замкнутого контура ограждающей конструкции

- высокая стоимость и низкая скорость земляных работ;
- необходимость использования литого бетона;
- необходимость использования мелкощитовой опалубки.

По данной технологии были построены:

- торгово-офисный комплекс «Стокманн» со встроенным подземным паркингом на Невском пр., д. 112;
- здание со встроенными помещениями и гаражами-автостоянками в Зоологическом пер., д. 2–4 лит. А и Б.

Объекты, сооруженные по данной технологии, находятся в зоне исторической застройки Санкт-Петербурга. Глубина разработки котлована составила 12 м.

## Полуоткрытый способ устройства котлована по технологии «semi-top-down»

Особенностью технологии является использование конструктивных элементов здания (участки перекрытий, колонны и стены) в качестве распорных конструкций. Выемка грунта ведётся через свободные зоны, обычно расположенные в центре котлована. Опирающие перекрытия в зоне распорных конструкций производится на предварительно выполненные сваи-колонны. В центре котлована разработка грунта выполняется открытым методом.

Основные технологические этапы:



Рис. 2. Выполнение свайного основания, включающего сваи-колонны и дополнительные несущие сваи



Рис. 3. Выполнение пионерного котлована открытым способом и понижение уровня грунтовых вод в контуре котлована посредством иглофильтров



Рис. 4. Последовательная разработка грунта под защитой перекрытия с устройством плиты перекрытия следующего уровня фильтров





Рис. 5. Выполнение фундаментной плиты



Рис. 6. Разработка грунта открытым способом в центральной части котлована

- выполнение замкнутого контура ограждающей конструкции;
- выполнение свайного основания, включающего сваи-колонны в зонах распорных конструкций и основные несущие сваи на остальном пространстве;
- выполнение пионерного котлована открытым способом и понижение уровня грунтовых вод в контуре котлована посредством иглофильтров;
- выполнение плит перекрытий в зонах распорных конструкций;
- разработка грунта открытым способом в центральной части котлована (рис. 6);
- повторение цикла на следующем ярусе;
- выполнение фундаментной плиты.

Преимущества данной технологии:

- незначительные объемы земляных работ в стесненных условиях;
  - высокая скорость производства работ.
- Основные выявленные недостатки:
- более высокая деформативность по сравнению с полноценным «top-down»;
  - невозможность начала работ по надземной части до полного завершения нулевого цикла.

По данной технологии был построен бизнес-центр на набережной р. Мойки, д. 74, лит. А. Здание находится в зоне плотной исторической застройки Санкт-Петербурга. Глубина разработки котлована составила 8,5 м.

### Открытый способ устройства котлована по «островной» технологии

Особенностью технологии является использование в качестве временных распорных конструкций грунтовых берм, с последующей заменой на наклонные металлические распорки. Выемка грунта производится с центральной части котлована открытым способом.

Основные технологические этапы:

- выполнение замкнутого контура ограждающей конструкции;
- выполнение свайного основания;
- выполнение пионерного котлована открытым способом и понижение уровня



Рис. 7. Устройство наклонных металлических распорок

грунтовых вод в контуре котлована посредством иглофильтров;

- разработка грунта до проектной отметки дна котлована открытым способом в центральной части;
- устройство на данном участке фундаментной плиты;
- устройство наклонных металлических распорок с раскреплением в фундаментную плиту (рис. 7);
- доработка грунтовых берм.

Преимущества данной технологии:

- высокая скорость и невысокая стоимость производства земляных работ;
- бетонирование основных конструкций по классической технологии.

Основные выявленные недостатки:

- скорость выполнения земляных работ оказывает значительное влияние на деформативность ограждения;
- невозможность начала работ по надземной части до полного завершения нулевого цикла;

- ограничение проектной глубины котлована на уровне 6–7 м;

По данной технологии был построен жилой комплекс со встроенно-пристроенными помещениями и подземной автостоянкой на Корпусной ул., д. 9, лит. А. Здание находится в зоне исторической застройки Санкт-Петербурга. Глубина разработки котлована составила 6 м.

### Открытый способ устройства котлована с использованием особенностей конструкции подземного пространства

Основой технологии является использование в качестве распора особенностей конструкции или формы подземного пространства. В данном случае применена кольцевая геометрия подземного пространства, что позволило выполнить разработку грунта открытым способом без устройства дополнительных распорок.

Основные технологические этапы:

- выполнение замкнутого противодиффузионного контура (полутрубный шпунт,



Рис. 8. Выполнение ограждающей железобетонной кольцевой стенки, усиленной элементами конструкций внутренней части подземного пространства (участок перекрытия, участки примыкающих внутренних стен)



Рис. 9. Разработка грунта с одновременными работами по объединению свай в пространственные фермы

погруженный в бентонитово-цементный раствор);

- устройство свайного основания под ограждающую конструкцию;
- устройство монолитной железобетонной балки;

- выполнение пионерного котлована открытым способом и понижение уровня грунтовых вод в контуре котлована посредством иглофильтров;

- выполнение ограждающей железобетонной кольцевой стенки, усиленной элементами конструкций внутренней части подземного пространства (участок перекрытия, участки примыкающих внутренних стен) (рис. 8);

- разработка грунта открытым способом;
- повторение цикла с устройством следующего яруса;

- устройство фундаментной плиты.

Преимущества данной технологии:

- высокая скорость производства земляных работ;

- использование в качестве ограждения конструктивных элементов здания;
- бетонирование основных конструкций по классической технологии.

Основные выявленные недостатки:

- значительные деформации шпунта в период проведения земляных работ по откопке яруса;

- невозможность начала работ по надземной части до полного завершения нулевого цикла.

По данной технологии был построен многофункциональный торгово-развлекательный комплекс на Комендантской площади. Здание возведено на удалении более 30 м от жилой застройки, в районе новостроек. Глубина разработки котлована составила 180 м.

### Технология устройства котлована под существующим зданием

Технология позволяет выполнить подземный объем под уже построенным зданием, с пересадкой его на новые фундаменты.

Основные технологические этапы:

- выполнение замкнутого контура ограждающей конструкции;

- выполнение пересадки здания на свайные фундаменты;

- выполнение временных несущих элементов для обеспечения жесткости конструкциям существующего здания;

- выполнение распорных конструкций;

- разработка грунта с одновременными работами по объединению свай в пространственные фермы (рис. 9);

- устройство фундаментной плиты с заведением фундаментов под стены существующего здания (рис. 10).

Преимущество данной технологии в том, что она позволяет выполнить требуемый подземный объем без полной или частичной разборки существующего здания.

Основные выявленные недостатки:

- высокая стоимость и низкая скорость земляных работ;

- необходимость использования литого бетона;

- необходимость использования мелкощитовой опалубки.

По данной технологии был построен подземный объем под зданием Каменноостровского театра. Здание является памятником архитектуры, глубина разработки котлована составила 6 м.

### Выводы

По результатам проделанной работы можно сделать следующие общие выводы для принятия решения при выборе технологии разработки котлована:

- при глубине котлована не превышающей 6–7 м и отсутствии непосредственного примыкания существующих зданий наиболее целесообразно применение «островной» технологии;



Рис. 10. Устройство фундаментной плиты с заведением фундаментов под колонны существующего здания

- выбор в пользу «top-down» или «semi-top-down» следует делать при глубинах более 6 м и наличии строгих ограничений по осадкам окружающей застройки, например в историческом центре.

Данные выводы являются общими и требуют детального анализа для конкретной площадки, но могут служить начальной точкой для предварительной финансовой оценки стоимости подземного пространства.





# НЕКОТОРЫЕ НАУЧНЫЕ, ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ, ПРАВОВЫЕ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ И ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА

**Б. А. Картозия**, д-р. техн. наук,

**А. В. Корчак**, д-р. техн. наук,

**А. В. Лагуткин**, д-р юрид. наук, Московский государственный горный университет



Словосочетание *освоение подземного пространства* появилось в отечественной научно-технической литературе в середине 70-х годов прошлого века и прочно утвердилось в 80-х. В этот период российскими учеными Г. Е. Голубевым, А. А. Сегединовым, Е. В. Петренко, Т. Ф. Швецовым, А. П. Старицыным, М. М. Паперновым, А. Ф. Зильбербордом, И. П. Спектором, Б. А. Картозия, В. А. Букринским и другими были опубликованы первые работы по проблеме освоения подземного пространства в широком ее понимании. В последующие годы исключительно важную роль в этом вопросе сыграли два события: создание Всесоюзной ассоциации тоннельщиков и первая Всесоюзная научная конференция по проблемам освоения подземного пространства, организованная в 1991 г. Московским горным институтом совместно с Институтом проблем комплексного освоения недр РАН и Всесоюзной ассоциацией тоннельщиков. На конференции был впервые обобщен отечественный опыт использования подземного пространства России и сформулированы основные научные задачи. По итогам конференции было принято «Решение и Обращение к правительствам Содружества независимых государств, правительству Москвы, исполкомам краев и областей» с призывом обратить самое серьезное внимание на необходимость комплексного подхода и координации действий по освоению подземного пространства на их территориях и организовать для решения этой проблемы соответствующие службы экспертов.

Так или иначе, состоявшаяся 20 лет назад конференция, дала мощный импульс началу широких исследований, направленных на ре-

шение указанной проблемы. Придавая большое значение решению сформулированных на конференции научных направлений, Российской академия наук (Отделение геологии, геофизики, геохимии и горных наук) создала Научный совет по освоению подземного пространства, который возглавил академик РАН Е. И. Шемакин, а в 1997 г. утвердила новую классификацию горных наук. Теперь в ее состав включена новая горная наука – Строительная геотехнология, которая является научной базой для практического решения проблемы «Освоение подземного пространства», а само «подземное пространство» рассматривается как один из ценных георесурсов недр. С 1997 г. в рамках ежегодного форума «Неделя горняка» в Московском государственном горном университете работает секция «Строительная геотехнология. Научно-технические проблемы освоения подземного пространства». В 1998 и 2012 гг. в Санкт-Петербурге состоялись крупные Международные форумы ученых и специалистов в области освоения подземного пространства городов. С 2004 г. в Москве проводится Международный научно-производственный форум-выставка «Подземный город», на котором ежегодно обобщается отечественный и зарубежный опыт строительства комплексов городских подземных сооружений. Следует отметить огромную позитивную роль, которую сыграла Тоннельная ассоциация России в деле объединения всех научных и производственных сил страны, связанных с решением проблемы освоения подземного пространства. За два прошедших десятилетия она успешно прошла этап самоутверждения и заслужила мировое признание.

Российские строители за последние два десятилетия добились очень серьезных успехов в практическом решении этой проблемы. Построены подземные объекты мирового технического уровня: Северомуйский тоннель БАМ, ТРК «Охотный Ряд», Лефортовский тоннель, Серебрянборские тоннели, крупнообъемный подземный комплекс Курского вокзала, многочисленные подземные нефтегазохранилища, гаражи и автостоянки. Успешно применяется современная горнопроходческая техника, получают широкое внедрение бесшланговые способы прокладки коммуникаций.

Знаменательным событием последних лет явилось инициирование руководством градостроительного комплекса г. Москвы работ по созданию нового поколения нормативных документов для подземного строительства. Создание нормативной базы для проектирования различных объектов экономики в нашей стране – дело не новое. На этой базе, основой которой всегда были Строительные нормы и правила (СНиПы) с их многочисленными «Приложениями», «Руководствами», «Инструкциями», по существу, построены все объекты экономики в доперестроечный период, да и сейчас они используются в той или иной мере. К сожалению, в последующие годы работа над созданием централизованной базы проектирования ослабла, в то время как произошли коренные изменения в экономической политике хозяйствования, в отношении к собственности и в целом к идеологии планирования и организации строительства. Нормативная база, за редким исключением, отстает от реалий сегодняшней жизни. В этой связи, следует отметить попытку создания под эгидой Российской ака-

демии архитектуры и строительных наук «Руководства по комплексному освоению подземного пространства крупных городов».

Постановления правительства Москвы «Концепция освоения подземного пространства и основные направления развития подвальной урбанизации города Москвы» и «О мерах формирования нормативной базы градостроительного и технического проектирования для строительства подземных сооружений капитального строительства в г. Москве», являются важным шагом в многолетних усилиях ученых, проектировщиков и производственников, связанных с решением этой глобальной научно-технической проблемы. И хотя первый вариант «Концепции» пока еще не имеет достаточно глубокого и всестороннего научного обоснования и будет совершенствоваться, сам факт ее появления – это событие, символизирующее окончательное признание властными структурами важности рассматриваемой нами проблемы.

В последнее время в средствах массовой информации в адрес городских подземных строителей нередко слышатся негативные отклики по поводу аварийных ситуаций, возникающих при строительстве отдельных (точечных) подземных объектов. Это и провалы фундаментов жилых домов, и глубокие трещины в несущих конструкциях, и провалы на проезжих частях городских магистралей, и даже случаи нарушения конструкций тоннелей метрополитенов. Анализ этих случаев показывает, что главными причинами такого положения как раз и является отсутствие современных технических регламентов, а в отдельных случаях, недостаточная квалификация исполнителей, не имеющих опыта ведения горных работ.

### Состояние проблемы

В структуре научно-технической проблемы «Освоение подземного пространства» выделяются две крупные составные части: первая связана с научным обоснованием концепции и принципов планирования подземной инфраструктуры, а вторая – с обоснованием и разработкой методов, способов и технологий для практического освоения подземного пространства. Хотелось бы еще раз напомнить о тех первоочередных научных направлениях фундаментальных исследований, которые в свое время были сформулированы на Научной конференции по проблемам освоения подземного пространства (1991 г.).

*Государственная концепция по освоению подземного пространства для размещения объектов различного народнохозяйственного назначения с учетом рационального использования и охраны окружающей среды.* В рамках этого направления должны быть разработаны правовые основы пользования подземным пространством России, механизмы стимулирования и обеспечения экономической заинтересованности в его освоении, систематизированы инженерно-геологические, горнотехнические, социально-экономические, географические и другие

условия с целью выбора участков недр для размещения в них подземных объектов.

*Геомеханические основы проектирования строительства, реконструкции и восстановления подземных сооружений при освоении подземного пространства.* Основу этого направления составляют исследования геомеханических процессов в системе «подземное сооружение – породный массив», а также исследования свойств породных массивов, определяющих выбор месторасположения подземного сооружения, рациональную форму и размеры сооружений.

*Исследование гидродинамических, тепловых и аэродинамических процессов в системе «подземное сооружение – массив горных пород».* Так как любое вторжение в недра Земли приводит к нарушению его естественного состояния, в том числе и экологического, изучение закономерностей движения подземных вод, фильтрационных свойств пород и строительных материалов, состава подземной атмосферы и тепловых режимов является основополагающим для разработки методов управления экологической безопасностью процесса освоения подземного пространства. Особое внимание должно быть уделено разработке нормативной документации о допустимых остаточных водоприитоках, составе воздушной среды и тепловом режиме в подземных сооружениях.

*Исследование экологических процессов в системе «человек – подземное сооружение».* Плановое освоение подземного пространства приводит к необходимости рассмотрения его как среды обитания. В этой связи необходима разработка многокритериального метода экологической оценки уровня комфортности подземного сооружения для жизнедеятельности человека, проведение соответствующих медико-биологических и психофизиологических исследований.

*Обоснование и разработка технических и технологических решений по освоению подземного пространства.* В рамках этого направления должны быть сосредоточены исследования по созданию техники и технологий, позволяющих на современном уровне вести строительство новых и реконструкцию существующих подземных сооружений.

### О новом перспективном направлении в строительной геотехнологии

Говоря о перспективах дальнейшего развития строительной геотехнологии, следует обратить внимание на один из новых ее разделов, сформировавшийся в последнее десятилетие. Аварийные ситуации, свидетелями которых мы являемся в последнее десятилетие, вызванные ошибками при проектировании, несовершенством существующих технологий, а также непредсказуемыми ситуациями, выдвигают на передний план необходимость решения актуальной социально-экономической проблемы жизнестойкости подземных объектов в экстремальных и чрезвычайных ситуациях. Научное обоснование и разработка методов управления рисками в

подземном строительстве, с целью предотвращения или локализации их негативных проявлений и повышения эксплуатационной надежности (жизнестойкости) сооружений в экстремальных (и чрезвычайных) ситуациях, являются научной проблемой, имеющей важное народнохозяйственное значение для строительной индустрии.

### Освоение подземного пространства и перспективы развития правовых отношений собственности на подземные объекты

Использование недр, ресурсов недр (георесурсов) характеризует устоявшуюся стадию производства. Сюда можно отнести добычу полезных ископаемых, производство электроэнергии на подземных ГЭС и АЭС, эксплуатацию подземных инженерных коммуникаций в городах и других подземных объектов различного назначения. Но для того чтобы эти подземные объекты были созданы, необходимы специальные пространства для их размещения. Иными словами, в пригодных для этих целей объемах массива горных пород следует образовать (построить) технологические полости (горные выработки) или обустроить уже существующие (карсты, пещеры, ранее использованные горные выработки). В этой связи представляется, что «освоение» (создание полости для подземного объекта) – это первичная фаза, а использование созданного подземного объекта в различных отраслях экономики, то есть его эксплуатация, вторичная и в наибольшей степени соответствует понятию «недропользование».

По нашему мнению, некорректно трактуется термин «недропользователь». Причисление к этой категории изыскателей и строителей наряду с эксплуатационниками неправомерно. В понимании авторов «недропользователь» – это субъект, использующий георесурсы недр, т. е. извлекающий из недр полезные ископаемые (добывающие отрасли) или организуемый в подземных объектах экономики получение материальных, социальных и духовных ценностей. Какова при этом роль строителя в освоении недр? Он преобразует недра с целью создания подземной инфраструктуры. В современном научном понимании это и есть «освоение подземного пространства». Таким образом, логично создать предпосылку о том, что «Освоение недр» включает три последовательных этапа: «Изыскания и проектирование» (разведка недр), «Строительство» (преобразование недр) и «Недропользование» (эксплуатация недр). «Закон о недропользовании», сформулированный на такой методологической основе, позволил бы вывести «Строителей» за скобки понятия «Недропользование». Кстати, процесс освоения подземного пространства участков недр измеряется месяцами, реже годами, а эксплуатация – десятилетиями, а с учетом ремонтно-восстановительных работ и реконструкции, многими десятилетиями. В такой постановке заслуживает внимания предложение, сформулированное на Международном форуме в Санкт-Петербурге (2012 г.), о замене (в

определенном контексте) термина «подземное сооружение» на «подземный объект капитального строительства, реконструкции и капитального ремонта» понимая, что слово «объект» определенного функционального назначения указывает на истинного недропользователя, т. е. владельца данного объекта.

Необходимо сформулировать конкретные предложения по внесению изменений и дополнений в новый ГК РФ, закон РФ «О недрах» в части правовых процедур и механизмов регистрации права собственности на объекты подземного строительства, а также подготовку Модельного кодекса горного права РФ. В российском гражданском законодательстве и законодательстве о недрах и недропользовании прямо не урегулированы отношения, возникающие в связи со строительством и использованием частными компаниями подземных сооружений, расположенных в недрах. Согласно ст. 1.2 закона РФ «О недрах», недра, включая подземное пространство и содержащиеся в недрах полезные ископаемые, энергетические и иные ресурсы, являются государственной собственностью. Вопросы владения, пользования и распоряжения недрами находятся в совместном ведении Российской Федерации и субъектов Российской Федерации. Косвенное регулирование содержится в ст. 135 ГК РФ. Всё сказанное выше относится и к естественным полостям в земных недрах, используемым человеком в тех или иных целях.

### Комплексный научный подход к решению проблемы освоения подземного пространства

Учитывая, что подземное пространство рассматривается, в том числе, как среда пребывания человека, ее решение требует комплексного подхода, то есть привлечение широкого круга наук и научных специальностей и, в первую очередь, таких как горные и строительные науки, архитектура, юридические науки, безопасность деятельности человека и даже психологические науки. Данная проблема имеет некоторые специфические особенности в двух отличных друг от друга областях: связанной и не связанной с подземной добычей минеральных ресурсов. Эти особенности касаются методологии и стратегии освоения. Применительно к освоению подземного пространства городов даже используется собственный термин «подземная урбанистика» (подземное градостроительство), которая, по определению Г. Е. Голубева, является «областью архитектуры и градостроительства, связанной с комплексным использованием подземного пространства городов и других населённых пунктов».

Порой создается представление, что нет ничего приоритетнее транспортно-гаражных сооружений. Но это всего лишь дело времени и финансовых возможностей: если есть средства, стройте новые дороги, развязки, стоянки, парковки и т. п. Мировой опыт показывает, что уровень современных технологий позволяет делать это без особых технических затруднений. Если средств нет – ищите другие решения. Например, возьмите эти сред-

ства у авто владельцев либо ограничьте частный автомобильный транспорт: именно в нем причины всей проблемы. Во всех мегаполисах развитых стран от Токио до Парижа и Нью-Йорка использование велосипедов и мотоскутеров стало привычной нормой в жизни горожан. Иными словами, актуальность транспортной проблемы в лучшем случае определяет приоритеты в инвестициях, а не приоритетность тех или иных подземных сооружений. Наряду с этим есть подземные объекты, актуальность которых не является функцией времени, к примеру, долговечные, экологически безопасные подземные сети городских коммуникационных сооружений, являющиеся артериями первостепенной значимости в жизнеобеспечении города.

### Уточнение некоторых понятий и определений

В терминологическом отношении освоение подземного пространства – область науки и производства, связанная с использованием природных и созданием техногенных полостей для размещения в них различных жизнеобеспечивающих объектов экономики.

*Под методом освоения* в данном случае понимается принципиальный подход к решению технической задачи, обобщающий различные способы достижения поставленной цели. Например, проведение выработок по неустойчивым водоносным породам осуществляется методом их предварительного упрочнения, а способы этого упрочнения могут быть различными: замораживание, цементация, химическое закрепление и т. п.

*Строительство подземного сооружения* включает проведение горных выработок и их последующее обустройство в соответствии с функциональным назначением подземного объекта.

*Обустройство природных и техногенных полостей* состоит в выполнении строительных и монтажных работ по обеспечению функциональных, технических, экономических и других требований, заданных по условиям эксплуатации подземного объекта.

*Реконструкция подземного сооружения* при освоении подземного пространства состоит в его переустройстве (перестройке) с целью повышения эффективности действующего объекта или повторного использования в новом качестве.

*Восстановление подземных сооружений* следует понимать как восстановление проектной эксплуатационной способности, т. е. способности в полной мере выполнять свое функциональное назначение. Одним из действенных способов восстановления подземных сооружений является ремонт их строительных конструкций, несущая способность которых по разным причинам со временем снижается. В данном контексте термин «ремонт» следует понимать не на бытовом уровне: «подкрасить», «замазать» «залатать», а как сложный научно-обоснованный технологический процесс, способный продлить жизненный цикл подземного сооружения на достаточно длительный срок.

Производственная деятельность, включая обустройство природных полостей, строительство и реконструкцию подземных сооружений различного назначения с целью использования георесурсов, получила название «Шахтное и подземное строительство». Отметим, что одновременное использование в горнотехнической литературе двух терминов «шахтное строительство» и «подземное строительство» свидетельствует только о стремлении обозначить их отраслевую принадлежность.

Формирование целостного научного и инженерного мировоззрения как системы устойчивых взглядов на проблему освоения подземного пространства невозможно без соответствующей фундаментальной научной базы. Однако на сегодняшний день она еще находится в стадии становления. Поэтому наиболее надежной основой для выработки некоторых основополагающих принципов, методов и способов решения этой проблемы пока может служить практический опыт.

1. Освоение недр земли – объективная необходимость, связанная с изучением и практическим использованием земной коры в интересах создания требуемого уровня жизнеобеспечения современного цивилизованного общества.

2. Освоение подземного пространства недр – неотъемлемая составная часть глобальной проблемы освоения недр земли. В широком смысле этого понятия она включает в себя совокупность отдельных крупных научных проблем, решаемых самыми различными науками – геологией, геомеханикой, теорией проектирования освоения недр, архитектурой, строительными науками, строительной геотехнологией, геотехникой, рудничной аэрогазодинамикой, горной теплофизикой, экологией и др.

3. «Строительная геотехнология» – базовая горная наука для практического решения проблемы освоения подземного пространства.

4. Добыча твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых исходит недр земли, снижая их ценность.

5. Освоение подземного пространства не только сохраняет ценность недр, но и увеличивает ее, в том числе, за счет возможности повторного использования в новом качестве.

6. Бессистемное строительство сооружений в подземном пространстве городов-мегаполисов, основанное на произвольной точечной застройке, наносит непоправимый вред окружающей среде.

7. Плановое, сбалансированное использование городского подземного пространства обеспечивает эффективное развитие городской инфраструктуры мегаполисов.

8. Концепция освоения подземного пространства мегаполисов должна иметь соответствующую методологию, стратегию и аргументировано отвечать на следующие основополагающие вопросы: что, сколько и в какой очередности строить в подземном пространстве, где строить и где не строить, как строить, как эксплуатировать подземные объекты.

9. Одними из основных принципов, заложенных в проектирование и строительство подземных объектов, должны быть принципы комфортного пребывания человека в подземных сооружениях и минимизации ущерба от последствий возможных строительных рисков.

Важное замечание: применительно к городам, а тем более к мегаполисам, освоение подземного пространства должно рассматриваться не как разовое строительство отдельных, пусть даже уникальных подземных объектов, а в тесной увязке с общим развитием городских территорий. Только при таком подходе «Генеральный план развития» может обеспечить рациональное и эффективное развитие городской инфраструктуры.

### **Примеры инновационных технических решений в отечественной практике**

В последнее время много внимания уделяется вопросам инновационного технического развития. Появляются интересные научно-практические инновационные разработки и в подземном строительстве. В качестве примера следует отметить работу, выполненную большим коллективом ученых, специалистов-строителей, конструкторов и проектировщиков из России и Германии под руководством Московского государственного горного университета. Речь идет о создании сборной высокоточной железобетонной обделки нового технического уровня (ОНТУ). Коллекторные обделки нового технического уровня – это обделки, разработанные на основе комплексного учета функциональных, технических, экологических и экономических требований, основанных на результатах фундаментальных научных исследований в области механики подземных сооружений, строительных материалов, экологии, экономики и обеспечивающих достижение таких технико-экономических показателей при строительстве и эксплуатации тоннелей, которые по своему уровню значительно превосходят все прежние аналоги и недостижимы при традиционных подходах к совершенствованию конструкций. В настоящее время этой обделкой успешно закреплено 11 км коммуникационного коллектора в г. Москве.

### **Подготовка кадров**

Эффективное и безопасное решение проблемы освоения подземного пространства невозможно без целенаправленной работы по подготовке соответствующих инженерных кадров. Подземных строителей готовили и готовят не только в горных вузах, а также в строительных и транспортных. Учебные планы этой подготовки сформированы на разных методологических подходах. Руководство сложными и опасными горно-технологическими процессами, каковыми являются буровзрывные работы, транспорт горных пород, крепление горных выработок, высочайшая степень ответственности за безопасность труда подземного персонала, требуют особого подхода к формированию специалиста-горняка, при котором, независимо от вида деятельности и занимаемой должности,

он должен обладать не только большим объемом технических и организационных компетенций, чем специалист, работающий на поверхности земли, но и особыми психологическими навыками поведения в подземных условиях, позволяющими в экстремальных случаях принимать единственно правильное решение, основанное на квалифицированном прогнозе реальных последствий от его принятия и готовности нести всю полноту ответственности. Горный инженер носит приставку «горный» не просто как определяющую его отраслевую принадлежность, а потому что государственными органами надзора ему дается право ведения горных работ, сопряженных с высокой степенью риска для его жизни и жизни тех, кем он руководит, что требует получения особых компетенций. Вышесказанное исключает возможность дробления его подготовки на более низкий и высокий уровень образования, этот уровень должен быть максимально высоким.

Учитывая это, Правительство РФ, реформируя в 2009 г. систему высшего образования, в исключительном порядке сохранило для горных специальностей «моноподготовку» (специалитет). Представляется, что все затронутые нами вопросы, наряду с компетенциями горного инженера-строителя, установленными Федеральными государственными образовательными стандартами (ФГОС) нового поколения, должны стать обязательной составной частью процесса формирования его инженерного мировоззрения.

К сожалению, в высшей горной школе до сегодняшнего дня этому вопросу не уделяется достаточного внимания, о чем свидетельствует отсутствие в учебных планах и программах дисциплин, направленно способствующих формированию инженерного мировоззрения студентов-горняков строительной специальности на их основную профессиональную проблему – освоение подземного пространства. Ко всему вышесказанному следует добавить еще одно важное обстоятельство. Налицо все признаки того, что отечественная высшая школа находится в начале нового этапа своего развития. Об этом, в частности, свидетельствуют:

- введение единого государственного экзамена;
- переход на европейскую систему образования «бакалавр – магистр»;
- переход на государственные образовательные стандарты нового поколения;
- внедрение в учебный процесс информационных образовательных технологий.

В Московском государственном горном университете на кафедре строительства подземных сооружений и шахт в 2008 г. разработан новый экспериментальный курс «Основы освоения подземного пространства», который в течение двух лет проходил опытную апробацию в качестве дисциплины по выбору для студентов специальности 130406 «Шахтное и подземное строительство» и слушателей Института освоения подземного пространства мегаполисов при МГТУ.

С учетом положительных результатов апробации нового курса, в 2010 г. завершена

разработка первого полномасштабного мультимедийного курса «Основы освоения подземного пространства» для горных инженеров-строителей. Предусмотрено изучение курса на трех уровнях: ознакомительном, базовом (на уровне основной профессиональной образовательной программы по специальности 130406 «Шахтное и подземное строительство») и высоком, т. е. на уровне обучения в аспирантуре по научной специальности 25.00.22 «Геотехнология (строительная)». Предлагаемый курс полезен для проведения промежуточных и итоговых семестровых аттестаций. Особую роль, по мнению авторов, он должен сыграть при подготовке специалистов по заочной форме обучения в условиях, когда студент большую часть времени оторван от активных занятий в вузе. Представляется, что мультимедийная учебная литература как неотъемлемый элемент информационных технологий обучения в ближайшем будущем займет прочное место в системе подготовки горных инженеров. Трехлетняя экспериментальная апробация данного курса в МГТУ показала его высокую эффективность.

И, наконец, наступает время перехода к более прогрессивным методам организации практической подготовки инженеров. В Московском государственном горном университете, совместно с Департаментом строительства была разработана «Концепция целевой подготовки специалистов горного профиля для практического решения проблемы освоения подземного пространства г. Москвы». В настоящее время данная концепция практически реализуется на базе Института освоения подземного пространства мегаполисов при МГТУ. Представляется, что основные принципы разработанной в МГТУ «Концепции» могут быть приняты и с успехом реализованы техническими вузами, осуществляющими подготовку специалистов для работы в сфере деятельности по освоению подземного пространства г. Москвы.

В заключение хотелось бы выразить нашу убежденность в правильности выбранного Россией пути решения глобальной научно-технической проблемы освоения подземного пространства. При умелой координации соответствующих научных, проектно-конструкторских, производственных и образовательных организаций России можно ожидать достижений мирового уровня. Надежной гарантией тому является ее интеллектуальный и производственный потенциал.

Любые конструктивные замечания коллег будут приняты авторами с благодарностью.



*(Статья подготовлена  
Б. Г. Крохалевым и С. В. Мазеиным  
по материалам брошюры «Некоторые  
научные, производственные, правовые и  
образовательные задачи строительной  
геотехнологии и освоения подземного  
пространства» М., ОП МГТУ, 2013, 37 с.  
с согласия ее авторов)*

# ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ В АВТОМОБИЛЬНЫХ ТОННЕЛЯХ

С. Ю. Шибяев, технический директор компании MC-Vauchemie



**В**ажнейшим аспектом при проектировании автомобильных тоннелей является обеспечение безопасности движения в них. Основные требования для проектирования закреплены в СНиП 32-04-97 Тоннели железнодорожные и автодорожные. Эти требования должны соблюдаться в течение всего срока службы тоннелей и обеспечивать бесперебойность и безопасность движения транспортных средств, экономичность и наименьшую трудоемкость содержания строительных конструкций.

При проезде через тоннель, с точки зрения безопасности движения, критическими для водителей являются места въезда и выезда из него. Из-за изменения освещенности зрению водителя требуется время на адаптацию. Поэтому российские нормы в качестве одного из способов повышения безопасности движения в автодорожных тоннелях требуют применения окраски их стен в белый цвет на участке не менее 100 м от портала. Для протяженных тоннелей также важным является обеспечение нормы средней освещенности по всей их длине. Окраска стен тоннеля в светлые тона позволяет снизить затраты на создание искусственного освещения.

При эксплуатации тоннелей поверхность отделки загрязняется за счет воздействия выхлопов автомобилей, сажи, копоти, остатков резины и пыли. Поэтому, в первую очередь, при выборе вида лакокрасочного покрытия необходимо учитывать низкий уровень его загрязняемости и возможность бес-

проблемной механической очистки поверхности от сильного износа и, соответственно, без снижения безопасности движения.

Кроме аспектов безопасности движения, необходимо также обеспечить длительную защиту конструкции железобетонной отделки тоннелей от агрессивных воздействий, сокращающих срок ее службы. К разрушающим воздействиям в тоннелях относятся, прежде всего, коррозия арматуры вследствие процесса карбонизации бетона, воздействия хлоридов и антигололедных солей, циклов замораживания и оттаивания, особенно в зоне увлажнения конструкций. Поэтому защитное покрытие должно обладать водоотталкивающими свойствами, паропроницаемостью, ограничивать проникновение углекислого газа в конструкцию. Немаловажным вопросом в тоннелях является учет группы горючести, дымообразования и распространения пламени по поверхности.

Стандартные водно-дисперсионные лакокрасочные покрытия не обеспечивают полного комплекса всех этих требований. Они



Покрытие Emcerphob НРС выдерживает регулярную механическую очистку

быстро загрязняются, механически нестойкие, при длительном увлажнении разбухают и начинают отслаиваться. Поэтому в тоннелях рекомендуется применение специализированных покрытий на основе реакционных смол. Например, покрытие на основе двухкомпонентной полиуретановой смолы Emcerphob NanoPerm P, разработанное ком-





Удаление граффити с защитного покрытия Emserphob NanoPerm P



Стены тоннеля окрашиваются на высоту не менее 3 м

панией MC-Vauchemie. Это водонепроницаемое покрытие с высокой механической стойкостью обеспечивает защиту наивысшего уровня. Загрязнения не проникают в структуру покрытия и легко удаляются даже водой. Кроме этого, с такой поверхности легко удаляется граффити без нарушения внешнего вида и свойств покрытия. Обладая высокой паропроницаемостью, оно практически не пропускает углекислый газ. С точки зрения защиты арматуры от процесса карбонизации бетона покрытие Emserphob NanoPerm P толщиной 0,2 мм заменяет защитный слой бетона толщиной 440 см.

Если в обделке тоннеля есть трещины, которые нарушают герметичность сооружения, то ее нужно предварительно восстановить. Для этого наиболее эффективны и безопасны для конструкции инъекционные технологии. При необходимости специалисты компании MC-Vauchemie помогут подобрать решение для восстановления или создания наружного гидроизоляционного слоя, или герметизации самой конструкций заполнением трещин и пустот. Для дальнейшей защиты конструкции в таких случаях используют эластичные, перекрывающие трещины покрытия, например, на полимерцементной основе. Эффективность такого решения подтверждается 20-летним опытом применения в тоннелях полимерцементного покрытия Zentrifix F92.

Но прогресс развития технологий не стоит на месте. Исследования и опыт стран с разветвленной системой горных тоннелей привел к разработке более жестких нормативных предписаний. Такие расширенные требования к покрытиям в тоннелях разработаны в Германии (ZTV ING, часть 5, Тоннельные конструкции), в Австрии (ASFiNAG, технический лист по окраске тоннелей), в Швейцарии (предписание Федерального ведомства дорог, ASTRA). В этих нормативных документах задаются дополнительные тех-

Таблица

Параметр	Дополнительные требования норм	Показатель для Emserphob НРС
Степень блеска при угле освещения 60°	от 40 до 60, согласно EN 2813	около 50
Стойкость к мокрому истиранию	потеря толщины слоя менее 5 мкм после 200 циклов истирания, согласно EN 13300	менее 5 мкм после 1000 циклов
Легкая очищаемость и незагрязняемость согласно EN 11998	Класс 1 (загрязнение определяется нормами или задается проектировщиком)	Класс 0
Пожаробезопасность	минимум C-s3, d2, согласно DIN 13501-1/B1, DIN 4102-1	A2,S1,d0

нические требования к уже существующим и перечисленным выше в этой статье.

Для соблюдения требований по освещенности, стены тоннеля окрашиваются на высоту до 3 м от уровня проезжей части. Для окраски используется белый цветовой тон в соответствии с RAL 9010.

Для выполнения этих повышенных требований в тоннелях компания MC-Vauchemie разработала новое покрытие Emserphob НРС на основе двухкомпонентного полиуретана. За счет подбора сырьевых компонентов и рецептуры состава были значительно улучшены свойства материала по отношению к ранее существующим и превышены требования нормативных документов для окраски тоннелей.

С точки зрения пожаробезопасности покрытие Emserphob НРС относится к невоспламеняемым, с низким дымообразованием и неподдерживающее горение, т. е. при удалении источника огня покрытие самозатухает.

Степень блеска в пределах от 40 до 60 оптимальна для безопасности движения в зоне въезда и выезда из тоннеля, а в самом тоннеле

позволяет снизить мощность искусственного освещения и сократить эксплуатационные расходы.

При определении класса очищаемости австрийские нормы в качестве загрязнения используют маслянистую сажу. Немецкие и швейцарские нормы отдают выбор загрязнений на усмотрение проектировщика. Здесь в качестве загрязнения кроме маслянистой сажи используются также остатки резины, сухая антигололедная соль и влажный грунт.

Вопрос безопасности движения в тоннелях остается важным и актуальным при эксплуатации современных тоннелей. Грамотный подбор защитного окрасочного покрытия позволяет обеспечить не только безопасность движения в тоннеле на длительное время, но и долговечность самой строительной конструкции. Выполняя требования российской нормативной базы, стоит пристально присмотреться к опыту европейских стран. Особенно для использования на особо ответственных объектах. Это позволит еще больше повысить безопасность и долговечность таких сооружений.



# ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БВР ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

А. Н. Гришин, Г. Н. Полянкин, Д. А. Аношенко, СГУПС

Переход от мгновенного взрывания к короткозамедленному (КЗВ) явился важным этапом в развитии технологии взрывной отбойки. Вместе с осознанием необходимости при производстве взрывных работ обеспечения дополнительной свободной поверхности в горном массиве пришло понимание важности обеспечения оптимальных временных интервалов между инициированием соседних зарядов. В 50–60-х гг. прошлого века усилия многих учёных были направлены на разработку методик, позволяющих рассчитывать периоды замедления, обеспечивающие наилучшее дробление горной породы. Несмотря на значительные успехи, достигнутые в ходе проведения исследований, практическое применение полученных результатов столкнулось с несовершенством пиротехнических средств инициирования (СИ), которые получили данное название из-за наличия в них пиротехнических составов, горение которых обеспечивает временную задержку при взрывании с погрешностью до 10 % от номинального интервала. В этой связи, перед производителями взрывчатых материалов встала задача разработки высокоточных СИ. Работы по созданию таких изделий проводились в последние десятилетия прошлого века известными зарубеж-

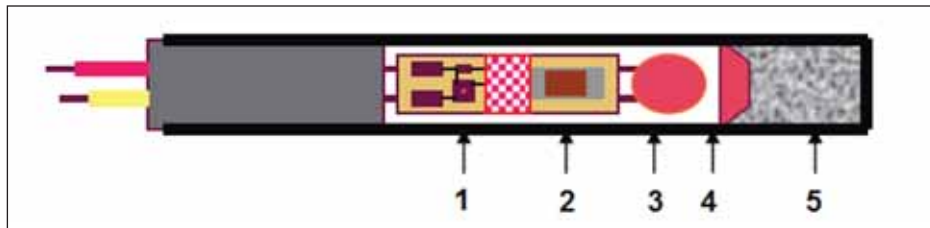


Рис. 1. Принципиальная схема электронного детонатора



Рис. 2. Компоненты i-коп™ системы

Рис. 3. Вид экрана ПК при использовании программы SHOTPlus®-T



ными компаниями. Результатом усилий явилось появление детонатора, устройство которого принципиально отличается от электрического детонатора. Роль замедлителя здесь выполняет встроенное электронное устройство (микрочип), обеспечивающий срабатывание детонатора через заданный промежуток времени (рис. 1).

В настоящее время такие крупные производители взрывчатых материалов как Davey Bickford, Orica, Austin Powder, AEL освоили выпуск электронных систем инициирования (ЭСИ) в промышленных масштабах. ЭСИ, выпускаемые разными компаниями, имеют некоторые отличия, но принцип их функционирования одинаковый: в электронный детонатор поступает команда от внешнего электронного устройства на срабатывание через определенное количество миллисекунд. Погрешность во времени взрывания при этом составляет 1 мс. Компания Orica освоила выпуск нескольких типов ЭСИ:

- i-kop™ система предназначена для использования на открытых работах и в подземных условиях. Она включает: электронный детонатор, устройство для регистрации данных (Logger) и устройство, отвечающее за взрыв (Blaster) (рис. 2);

- система eDev(tm) специально разработана для использования при производстве взрывных работ в тоннелестроении. Для эффективного ее функционирования разработана программа SHOTPlus®-T (рис. 3);

- система Unitronic наиболее простая в применении и предназначена для использования исключительно на земной поверхности. Компания Davey Bickford освоила выпуск ЭСИ Daveytronic®III. Система состоит из электронных детонаторов и взрывного устройства Daveytronic Blasting Machine, обеспечивающего беспроводную связь с детонаторами (рис. 4).

Для функционирования ЭСИ была разработана компьютерная программа Daveytronic 2D software. Область применения системы распространяется на подземные условия и открытые работы. Необходимо отметить, что ЭСИ вышеуказанных компаний уже несколько лет применяются на российских предприятиях: система i-kop™ – в ОАО «Ковдорский ГОК», Daveytronic(r)III – в ОАО «Азот Взрыв».

На североамериканском континенте на горных предприятиях используются Electro Star Detonators компании Austin Powder, а на африканском континенте – электронные детонаторы компании AEL. Компании разработчики ЭСИ в результате многолетнего их применения в производственных условиях пришли к похожим выводам, показывающим преимущества электронных детонаторов по сравнению с пиротехническими СИ. Установлено, что использование ЭСИ обеспечивает:

- лучшее дробление горной породы и, как следствие, снижение удельного расхода взрывчатых веществ на 15–20 %;
- снижение сейсмического воздействия на охраняемые объекты;
- лучший контур горных выработок и, как следствие, меньшие объемы работ и материалов по возведению тоннельных обделок;
- меньшее разрушение законтурного массива и, как следствие, меньшие затраты на крепление горных выработок;



Рис. 4. Взрывное устройство Daveytronic Blasting Machine

- защиту от блуждающих токов и, как следствие, более высокую безопасность при обращении;
- защиту от несанкционированного подрыва и, как следствие, более высокую антитеррористическую защищенность.

Выводы российских учёных, полученные на основе относительно небольшого опыта применения электронных детонаторов на российских предприятиях, также говорят о целесообразности использования ЭСИ.

### Выводы

Современный этап развития отечественных тоннелепроходческих организаций характеризуется высокими темпами роста производительности труда. Достигается это в первую очередь за счёт использования высокопроизводительного импортного оборудования, в т. ч. бурового. Тем не менее, существует большой резерв роста производительности, связанный с внедрением передовых взрывных технологий. В настоящее время очень слабо развита механизация зарядания шпуров и скважин взрывчатыми веществами, изготавливаемыми на местах производства работ, а использование неэлектрической системы инициирования считается прогрессивным шагом, хотя в развитых странах этап развития взрывного дела, связанный с внедрением данных технологий, был пройден 30–40 лет назад. Сейчас в зарубежных тоннелепроходческих организациях происходит переход на механизированное зарядание эмульсионными взрывчатыми веществами и использование электронных систем инициирования. Если в советские годы отечественные организации зачастую не имели доступ к передовым западным технологиям, то теперь ситуация иная. В частности, ЭСИ зарубежного производства предлагаются к использованию на российских предприятиях и входят в перечень взрывчатых материалов, допущенных к применению в России. Поэтому оперативность внедрения этих систем зависит, в основном, от инициативы и уровня профессионализма руководства тоннелепроходческих организаций.



реклама