

## Учредители журнала

Тоннельная ассоциация России  
Московский метрополитен  
Московский метрострой  
Мосинжстрой  
Трансинжстрой

## Редакционный совет

### Председатель совета

А. Н. Левченко

### Заместитель председателя

И. С. Беседин

### Члены совета:

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

## Редакционная коллегия:

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

## Главный редактор

Г. М. Синицкий

### Тоннельная ассоциация России

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

## Издатель

### ООО «Метро и тоннели»

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

### Генеральный директор

О. С. Власов

### Компьютерный дизайн и вёрстка

С. А. Славин

### Фотограф

С. А. Славин

Журнал зарегистрирован

Минпечати РФ ПИ № 77-5707

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

## № 3 2012

**Панорама** 2

## Зарубежный опыт

**Опыт и перспективы развития  
транспортной инфраструктуры Испании** 6

Ю. С. Фролов

**Деловая поездка российских тоннельщиков во Францию** 11

## Метротрам

**Волгоградский скоростной трамвай** 15

А. Д. Скоробогатов

**Технологические особенности уникального  
российского метротрама** 18

А. Е. Чибизов, А. П. Кожевников

## Новое оборудование

**Высокопроизводительная миксерная станция  
для применения в технологии  
струйной цементации грунтов** 20

А. Г. Малинин, А. Н. Смирнов

**Новые разработки в области  
отечественного метростроения** 22

А. В. Иванов

## Тоннельные конструкции

**Возможность применения сталефибробетона  
в тоннельном строительстве на территории России** 24

Э. Н. Овчинников

**Деформационные швы в автодорожных тоннелях** 30

В. Р. Гюппе

## Специальные способы работ

**Применение химического закрепления грунтов  
при решении сложных инженерных задач** 36

К. Ю. Кесслер

**Обеспечение безосадочной технологии  
проходки тоннелей на строительстве  
участка ст. «Новокосино» – «Новогиреево» в Москве** 37

В. С. Елгаев

## Подземное пространство городов

**Модернизация подземного пространства  
в пределах исторических территорий мегаполисов** 38

Е. М. Пашкин

**Подземные автостоянки для центра Москвы** 41

С. О. Зеге, Е. В. Щекудов

# СОДЕРЖАНИЕ



## ФОТО НА ОБЛОЖКЕ

Монтаж гидроизоляционных  
стеклопластиковых зонтов  
в эскалаторном тоннеле  
на вестибюле №2  
ст. «Марьино Роща» в Москве

Фото А. Попов

## ПРОХОДКА ТОННЕЛЕЙ НА СТРОЯЩЕМСЯ УЧАСТКЕ ЗАМОСКВОРЕЦКОЙ ЛИНИИ МОСКОВСКОГО МЕТРО

8 апреля 2012 г. коллективом Тоннель-2001 была завершена механизированная проходка 320-метрового отрезка левого перегонного тоннеля от ст. «Красногвардейская» до новой строящейся ст. «Алма-Атинская» Замоскворецкой линии метро.

Проходка началась 30 января 2012 г. и велась закрытым способом с помощью ТПМК «Херренкнехт», а в самом начале апреля шит вышел в демонтажную камеру около Ключевой улицы. Средняя скорость проходки составила 8 колец в сутки (1 кольцо – 1,2 м). Это высокие темпы, учитывая, что участок под рекой Городней отличается сложными гидрогеологическими условиями. В настоящее время тоннелепроходческий комплекс демонтируется, и будет перевезен обратно в монтажную камеру, откуда стартует во второй раз для проходки правого перегонного тоннеля.

Так же на строительстве трассы работал еще один ТПМК –

«Ловат», сооружая 650-метровый тоннель от Проектируемого проезда до оборотных тупиков за ст. «Красногвардейская». Проходка началась в середине января 2012 г. и 21 апреля коллектив Тоннельного отряда № 6 Мосметростроя успешно вывел машину в демонтажную камеру. Средняя скорость проходки составила 8–10 колец в сутки. Это уже восьмой тоннель в Москве, построенный метростроевцами с помощью этой машины.

Тем временем на строящейся ст. «Алма-Атинская» ведутся монолитные работы по возведению свода. При помощи передвижной опалубки для строительства односводчатых станций забетонирована уже одна его третья часть. Продолжается сооружение подземного и наземного вестибюлей, тягово-подстанции и оборотных тупиков. Ввод в эксплуатацию нового участка Замоскворецкой линии намечен на конец 2012 г.



Подготовка ТПМК фирмы «Херренкнехт» к проходке в декабре 2011 г.



Сооружение свода с помощью передвижной опалубки на ст. «Алма-Атинская»

## СТРОИТЕЛЬСТВО ВТОРОГО ВЕСТИБЮЛЯ СТАНЦИИ «МАРЬИНА РОЩА» В МОСКВЕ

Второй вестибюль станции «Марьина Роща» сооружается на пересечении Шереметьевской улицы и 4-го проезда Марьиной Рощи. Начало строительства – октябрь 2010 г., окончание – сентябрь 2012 г.

«Марьина Роща» – станция глубокого заложения. При проходке эскалаторного тоннеля диаметром 9,6 м смонтировано 88 колец обделки. После успешного завершения механизированной проходки эскалаторного тоннеля и демонтажа щитового комплекса коллектив Мосметростроя приступил к сооружению основных монолитных конструкций наклонного хода под устройство эскалаторов, а также к проходке подходного коридора длиной 25 м, который соединит эскалаторный тоннель и станцию «Марьина Роща».

В это же время закончены работы по бурению ограждающих конструкций контура вестибюля и началась разработка грунта основного котлована под помещение вестибюля.

Метростроевцы сооружают котлован глубиной 15 м, шириной 25 м и длиной 80 м, при этом объем вынутой породы будет составлять около 30 тыс. м<sup>3</sup>. Здесь будет находиться кассовый зал и блок технологических помещений.

Выход из вестибюля будет расположен в 30 м от Российского государственного театра «Сатирикон» имени Аркадия Райкина.



## В ТОННЕЛЬНОЙ АССОЦИАЦИИ РОССИИ

22 марта 2012 г. в исполнительно-дирекции Тоннельной ассоциации России состоялось совместное заседание президиума правления Тоннельной ассоциации России и Комитета по освоению подземного пространства Национального объединения строителей (НОСТРОЙ).

Заседание открыли первый заместитель председателя правления ТАР Г. М. Синицкий и председатель Комитета по освоению подземного пространства НОСТРОЙ В. Н. Александров. В их выступлениях было подчеркнуто, что проведение совместного заседания организовано не случайно, и вызвано необходимостью координации усилий Тоннельной ассоциации и Национального объединения строителей по многим вопросам, касающимся совершенствования и повышения эффективности и качества строительства подземных сооружений.

Повестка дня совместного заседания включала следующие основные вопросы:

- информация об исполнении решений, принятых президиумом правления ТАР в 2011 г;
- техническое регулирование в области тоннелестроения и освоения подземного пространства;
- подготовка к проведению Международного форума «Комплексное освоение подземного пространства мегаполисов – как одно из важнейших направлений государственного управления развитием территорий» (Санкт-Петербург, 27–29 июня 2012 г.);
- итоги конкурса им. С. Н. Власова «Инженер года Тоннельной ассоциации России – 2011».

При рассмотрении вопросов технического регулирования участниками заседания была подчеркнута настоятельная необходимость активизации этой работы, поскольку за последние десять лет в России произошли кардинальные изменения в организации проектирования и строительства подземных объектов, связанные с освоением новых технологий, конструкций, материалов и оборудования. На заседании подробно рассмотрен ход выполнения работ по актуализации СНиП 32-04-97 «Тоннели железнодорожные и автодорожные» и разработке СТО НОСТРОЙ

«Тоннельные конструкции из фибробетона». Принятые по этому вопросу повестки дня решения направлены на обеспечение поставленных перед разработчиками этих нормативно-технических документов сроков завершения работ.

По вопросу о подготовке к проведению Международного форума «Комплексное освоение подземного пространства мегаполисов – как одно из важнейших направлений государственного управления развитием территорий» выступающими одобрена проводимая оргкомитетом, НОСТРОЙ и Тоннельной ассоциацией России работа по организации форума. В ходе обсуждения вопроса было высказано мнение о том, что в рамках форума было бы целесообразно организовать рабочую группу по проблемам профессионального образования и провести заседание этой группы в дни работы форума.

На заседании подведены итоги конкурса им. С. Н. Власова «Инженер года Тоннельной ассоциации России – 2011». Конкурс проводился впервые и вызвал большой интерес среди организаций – членов Тоннельной ассоциации. Основные цели конкурса – привлечение проектировщиков, архитекторов и строителей, всего инженерного состава организаций – членов Тоннельной ассоциации России 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, эффективного оборудования и средств механизации.

Конкурс проводился в пяти номинациях:

- в области проектно-конструкторских работ;
- в области строительства метрополитенов в РФ;



Президиум правления Тоннельной ассоциации России

- в области строительства городских и горных автомобильных и железнодорожных тоннелей;
- в области строительства инженерных коммуникаций и коммунальных тоннелей;
- молодые инженерные кадры научных, проектных, проектно-конструкторских и строительных организаций.

Подведение итогов конкурса и определение его победителей проводилось жюри, в которое входили руководители крупнейших проектных и строительных организаций из различных регионов России.

Решением жюри лауреатами конкурса им. С. Н. Власова «Инженер года Тоннельной ассоциации – 2011» признаны:

- в номинации «Инженер года в области проектно-конструкторских работ»:
  - Салан Александр Иванович, главный инженер ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс», Санкт-Петербург;
  - Садчиков Валерий Константинович, главный специалист отдела, ФГУП «УС-30», Башкирия;
  - Стрельцов Владимир Викторович, главный инженер проекта, ОАО «Трансмост», Санкт-Петербург;
  - Степин Николай Васильевич, главный технолог, ЗАО «Метробетон», Санкт-Петербург;
  - Варшавский Вячеслав Вольфович, главный специалист мастерской, ОАО «Мосинжпроект», Москва;
  - Протасов Георгий Николаевич, главный специалист отдела, ОАО «Минскметропроект», Минск;
  - Карпов Алексей Викторович,

главный инженер проекта, ООО «Институт «Каналстройпроект», Москва;

- Байдаков Олег Сергеевич, ведущий научный сотрудник, Филиал ОАО «ЦНИИС» НИЦ «Тоннели и метрополитены», Москва;
- в номинации «Инженер года в области строительства метрополитенов в РФ»:

- Меерович Леонид Александрович, главный инженер проекта, ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс», Санкт-Петербург;
- Марков Владимир Андреевич, начальник отдела, ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс», Санкт-Петербург;
- Жданов Владимир Николаевич, главный инженер, МУП «Казметрострой», Казань;
- Лаптев Николай Александрович, заместитель главного инженера, ОАО «Метрострой», Санкт-Петербург;
- Андреев Геннадий Дмитриевич, заместитель генерального директора, ЗАО «СМУ № 13 Метрострой», Санкт-Петербург;
- Рубинчик Дмитрий Александрович, заместитель главного инженера, ОАО «Тоннельный отряд № 6 Метростроя» Москва;
- в номинации «Инженер года в области строительства городских и горных автомобильных и железнодорожных тоннелей»:
  - Исаев Юрий Сергеевич, начальник отдела, ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс», Санкт-Петербург;
  - Шаповал Павел Иванович, главный инженер СМУ, ФГУП «УС-30», Башкирия;
  - Лазарев Алексей Викторович, заместитель генерального ди-

ректора, ЗАО «СМУ № 13 Метрострой», Санкт-Петербург;

- Чеканов Павел Валерьевич, главный инженер проекта, ОАО «Минскметропроект», Минск;

- Сопельцев Виктор Иванович, заместитель главного инженера, ЗАО «Бамтоннельстрой», Сочи;

- Клипан Яков Иосифович, начальник производственно-технической службы, ЗАО «Бамтоннельстрой», Сочи;

- Глушаков Сергей Юрьевич, старший инженер, ЗАО «Бамтоннельстрой», Сочи;

- в номинации «Инженер года в области строительства инженерных коммуникаций и коммунальных тоннелей»:

- Андреев Сергей Витальевич, начальник участка, ООО «СТИС», Санкт-Петербург;

- Краснощек Виталий Анатольевич, инженер 1 категории ОАО «Минскметропроект», Минск;

- в номинации «Молодые инженерные кадры научных, проектных, проектно-конструкторских и строительных организаций»:

- Журавлев Алексей Евгеньевич, гл. маркшейдер, ООО «СТИС», Санкт-Петербург;

- Павлов Павел Владимирович, начальник участка, ЗАО «Тоннельный отряд-3», Санкт-Петербург;

- Коновалов Сергей Александрович, заместитель начальника отдела, Управление механизации – филиал ОАО «Метрострой», Санкт-Петербург;

- Волков Евгений Александрович, начальник участка, ОАО «СУПР», Москва;

- Грачев Максим Леонидович, инженер 2 категории ОАО «Минскметропроект», Минск;

- Забелин Дмитрий Викторович, инженер производственно-технической службы, ЗАО «Бамтоннельстрой», Сочи.

Победителям конкурса 22 марта 2012 г. в торжественной об-



становке на совместном заседании президиума правления Тоннельной ассоциации России и Комитета по освоению подземного пространства Национального объединения строителей были вручены памятные медали и удостоверения лауреата кон-

курса. Награждение провели первый заместитель председателя правления ТАР Г. М. Синицкий и заместитель председателя правления ТАР, председатель Комитета по подземному строительству НОСТРОЙ В. Н. Александров.



## НОВЫЙ ЩИТ ДЛЯ ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕТРО

16 апреля 2012 г. в торжественной обстановке был подписан контракт между петербургскими метростроителями и немецкой фирмой Herrenknecht AG. По условиям контракта немецкий производитель обязуется изготовить щит для проходки участка тоннеля Фрунзенского радиуса протяженностью 3760 м от ст. «Проспект Славы» до ст. «Южная». На этом участке перегонные тоннели двух направлений диаметром 5,6 м будут объединены в один тоннель диаметром 10,3 м. В дальнейшем такие тоннели появятся и на других линиях Петербургского метрополитена.

Со стороны ОАО «Метрострой» свою подпись на контракте поставил генеральный директор Вадим Александров. С немецкой стороны – основатель компании Herrenknecht доктор Мартин Херренкнехт. На церемонии подписания присутствовали также экс-канцлер Германии Герхард Шрёдер, прибывший в Петербург для участия в открытии «Недели Германии». Все участники мероприятия отметили важность подписанного контракта, благодаря которому будет реализовано строительство первого на территории постсоветского пространства тонне-

ля большого диаметра для размещения в нем сразу двух путей направления поездов.

Технология прокладки двухпутного тоннеля с применением нового тоннелепроходческого механизированного комплекса (ТПМК) сильно отличается от традиционных методов проходки. По проекту этот участок метрополитена будет иметь преимущественно мелкое заложение с последующим выходом трассы на поверхность в районе ст. «Южная». Механизированный метод ведения работ обеспечит бесосадочность проходки, таким образом здания на поверхности останутся невредимыми. Более того, благодаря такому способу проходки удастся значительно сократить площадь, задействованную под строительство, а значит избежать длительного и дорогостоящего процесса по выносу с площадок и последующей перекладке инженерных сетей. Также большое количество времени, сил и средств удастся сэкономить за счет отсутствия необходимости сооружения эвакуационных сбоек, камер съездов и других вспомогательных выработок, неизменно присутствующих при строительстве двух самостоятельных путевых тонне-



Подписание контракта между «Херренкнехт АГ» и ОАО «Метрострой» (слева направо: д-р М. Херренкнехт и В. Н. Александров)

лей. Сейчас проект двухпутного тоннеля готовится к прохождению экспертизы. К концу года метростроители надеются выйти на площадки. Планируется, что уже весной следующего года начнется монтаж нового ТПМК.

Сотрудничество петербургского Метростроя и немецкой фирмы Herrenknecht началось в 2007 г. Тогда был подписан контракт на изготовление первого в мире тоннелепроходческого механизированного комплекса для проходки наклонных ходов метрополитена. Сегодня с применением этого щита, получившего название «Аврора», сооружается

уже третий в Петербурге наклонный ход – для ст. «Спаская». Ранее этим щитом пройдены тоннели для станций «Обводный канал» и «Адмиралтейская». Также в данный момент немецкие коллеги изготавливают по заказу Метростроя оборудование для производства блоков обделки, которое разместится на базе нового корпуса завода «Метробетон». На новой линии производства обделки, которая имеет карусельный тип с возможностью проведения разных этапов работ одновременно, будет также изготовлена и высокоточная обделка для двухпутного тоннеля.





[www.undergroundcity-forum.com](http://www.undergroundcity-forum.com)

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



# МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ КОМПЛЕКСНОЕ ОСВОЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА МЕГАПОЛИСОВ -



как одно из важнейших направлений  
государственного управления развитием  
территорий

При поддержке:



МИНИСТЕРСТВО  
РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ  
Российской Федерации



Организаторы:



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

# ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ИСПАНИИ

## (ПО МАТЕРИАЛАМ ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ)

Ю. С. Фролов, проф., Санкт-Петербургский государственный университет путей сообщения

Испания является одной из наиболее экономически развитых стран еврозоны. В настоящее время она располагает мощной и хорошо отлаженной транспортной сетью, важную роль в которой играет система железнодорожного сообщения. Она тесно связана и хорошо скоординирована с системами автомобильного, морского и воздушного транспорта. Существуют линии высокоскоростных поездов (AVE), которые составляют сильную конкуренцию воздушному транспорту, особенно на направлении Мадрид – Барселона (рис. 1).

AVE (Alta Velocidad Espanola) – это высокоскоростная железнодорожная система, работающая на скорости до 300 км/ч на специальном пути. В отличие от остальной части испанской ширококолейной сети, AVE использует стандартную колею – 1435 мм. Сеть VCM AVE составляет 1600 км. На стадии строительства находится 500 км линий VCM. Всеми поездами AVE в настоящее время управляет RENFE, испанская государственная железнодорожная компания, хотя существует вероятность перехода управления этими линиями к частным компаниям. На линии Мадрид – Севилья гарантируется максимальное опоздание поездов на 5 мин и, в случае опоздания на большее время, полностью возмещается стоимость билета. Основными факторами, влияющими на схему развития и расположения объектов транспортной системы Испании, являются: ее географическое положение на карте мира, расположенность столицы в центральной части страны, выходы к морю, а также направленность развития экономики на определенные регионы Испании. Отдельно следует отметить такую особенность, влияющую на систему автомобильных и железных дорог страны, как рельеф. В связи с сильно пересеченной и гористой местностью на транспортных магистралях расположено огромное количество мостов и виадуков, различного типа тоннельных пересечений. Их число значительно возросло с начала нового столетия в связи с более строгими требованиями законодательства по охране окружающей среды.

В столице и крупных городах Испании проблема массовых пассажирских перевозок решается за счет внутригородской системы железнодорожного транспорта, которая включает метрополитен, скоростной трамвай, городские пригородные поезда. Метрополитен действует и развивается в



Рис. 1. Высокоскоростные поезда AVE

Мадриде (1919), Барселоне (1924), Валенсии (1988), Бильбао (1995), Пальме (2007) и Севилье (2009).

Ведущие компании, занятые проектированием и строительством транспортных сооружений, объединены в Испанскую ассоциацию тоннелей и подземных работ (Asociacion Espanola de Tuneles y Obras Subterranas (AETOS)).

Тоннельная ассоциация России по предложению AETOS организовала для российских специалистов практический семинар «Метрополитен и тоннели в Испании: проектирование, строительство, эксплуатация. Опыт и перспективы». Конференция проходила с 11 по 18 декабря 2011 г. в Мадриде и Барселоне. В семинаре приняли участие специалисты ЮГСУ (Сочи), Управления строительства № 30 (Межгорье), Ленметрогипротранса, Метростроя, Спецгидроизоляции и ПГУПСа (Санкт-Петербург), ООО «Волгатрансстройпроект» (Самара), ОАО «Уралгипротранс» (Екатеринбург) – всего 17 человек (рис. 2).

С приветствием и кратким докладом «Основные транспортные проекты в Испании» выступил президент AETOS г-н Мануэль Арнаис Ронда.

Созданное в 1973 г. некоммерческое объединение компаний, деятельность ко-

торых связана с подземным строительством, ставит в основу своей работы развитие, исследование и изучение проектно-технологических решений и управленческих процедур, сотрудничество с родственными зарубежными организациями для обмена знаниями и опытом путем публикаций, проведения семинаров, симпозиумов, конференций и т. п. Ассоциация оказывает консультации и необходимую помощь при возникновении проблемных ситуаций, обращая особое внимание на организацию строительного процесса. Большое внимание уделяется подготовке специалистов для работы в области подземного строительства. Для этого организованы курсы, где обучение проводится по программе степени магистра продолжительностью 600 ч. AETOS тесно сотрудничает с Международной тоннельной ассоциацией, объединяющей тоннельщиков 39 стран пяти континентов. Каждое из высказанных положений о деятельности ассоциации докладчик подкреплял примерами из практики проектирования и строительства особо значимых подземных транспортных объектов.

Сотрудник Торгового представительства РФ в Испании в своем выступлении ознакомил с планом развития транспортной инфраструктуры 2005–2020 гг., одобренным



Рис. 2. Участники конференции на встрече в Испанской ассоциации тоннелей и подземных работ (АЕТОС)

Советом министров Испании. Планом предусмотрено распределение расходов следующим образом (млн евро):

- железнодорожный транспорт – 108,76 (43,7 %);
- автомобильный транспорт и дороги – 62,79 (25,23 %);
- городской и пригородный транспорт – 32,53 (13,07 %);
- воздушный и морской – 39,16 (16,04 %);
- смешанный транспорт пассажирский и грузовой – 3,62 (1,14 %);
- НИОКР – 2,04 (0,82%).

Примечательно, что финансирование развития железных дорог и автомагистралей будет осуществляться в основном из госбюджета (соответственно 81,4 и 75 %). По инвестициям в строительство Испания стоит на втором месте после Германии. В выступлении было подчеркнуто, что каждая седьмая из десяти крупных консалтинговых и строительных компаний, ведущих транспортное строительство в мире – испанская, и особо отмечено слабое взаимодействие в сфере делового сотрудничества между нашими странами в области совершенствования транспортной инфраструктуры.

В рамках семинара с докладами, освещающими опыт проектирования, строительства и эксплуатации транспортных тоннелей и метро, выступили представители крупнейших транспортных корпораций и тоннелестроительных компаний Испании: SENER, TYPESA, ADIF, TINGSA, DRAGADOS, FCC, OHL SA, SACYR SA.

ADIF – одна из наиболее значимых железнодорожных компаний в области высокоскоростных средств сообщения. Ее опыт в сферах управления и новаторства ставит Испанию на одно из первых мест в мире. Дизайн и железнодорожные проекты становятся эталоном на международном уровне. ADIF создала второй в мире по

длине участок высокоскоростного пути и пятый по протяженности тоннель (Гуадаррама – 28,5 км), построила более 2600 км высокоскоростных сообщений и управляет 1700 железнодорожными станциями, обращая особое внимание на окружающую среду и сохраняя экологическую чистоту. Для этого используется специально созданная система связи и сигнализации, представляющая собой новаторское достижение для улучшения железнодорожного сообщения. Особенностью испанских железных дорог является то, что в стране существуют разные системы железнодорожной колеи: иберийская – 1668 мм и единая интернациональная – 1435 мм. Здесь стоит отметить, что компания ADIF разработала и внедрила систему автоматического изменения ширины колесной пары без остановки подвижного состава при переходе с одной колеи на другую. На сегодняшний день 40 % населения страны может пользоваться высокоскоростными железнодорожными линиями, станции которых расположены в радиусе 45 км от их места проживания (в 19 городах). В 2020 г. 90 % населения будет иметь доступ к станциям высокоскоростных линий железной дороги, расположенным в столицах всех провинций.

Последующие докладчики поделились опытом проектирования, строительства и эксплуатации транспортных тоннелей и метрополитенов, основываясь на конкретных примерах.

В 2006 г. в Испании насчитывалось 1700 железнодорожных тоннелей общей протяженностью около 800 км. Длина 150 из них превышает 1 км. Самыми длинными являются тоннели Гуадаррама – 28,4 км и Педжерес – 24 км, построенные, соответственно, в декабре 2007 и в сентябре 2008 г. на высокоскоростных магистралях. К 2010 г. количество тоннельных пересечений на железных доро-

гах страны приблизилось к 1800 общей протяженностью более 850 км.

В начале 2009 г. в Испании имелось 396 тоннелей в составе сети государственных автомобильных дорог. Их общая длина составляла 208 км. Значительная часть тоннельных пересечений и развязок тоннельного типа была построена в Мадриде с целью упорядочения автомобильного движения. Кстати, самый длинный испанский тоннель расположен в Мадриде. На протяжении 24,9 км он является составной частью автомагистрали М-30, опоясывающей центральную часть столицы. Чтобы соответствовать европейским нормам безопасности, 315 государственных тоннелей находятся в процессе модернизации, которая в 238 из них завершится в 2014 г., в остальных – в 2016 г. Стоимость работ оценивается в 360 млн евро. Еще примерно столько же тоннелей с соизмеримой суммарной длиной имеется на автодорогах региональной категории.

Компания ACCIONA осуществляет проектирование и строительный менеджмент, контроль и надзор на различных объектах строительной индустрии, в том числе и транспортной инфраструктуры. Работы ведутся в 53 странах.

За последние десять лет в активе компании 330 км тоннелей 260 станций метрополитена, 160 км тоннелей Мадридского метро.

Основными объектами строительства компании FCC являются транспортные и гидротехнические тоннели как на территории страны, так и во многих странах мира. В период с 1972 по 2009 г. компания построила 94 автодорожных тоннеля, в том числе тоннель в Мексике протяженностью 10,96 км. За период с 1955 по 2009 г. компанией или с ее участием проложены 76 железнодорожных тоннелей и тоннелей метрополитена. Сум-

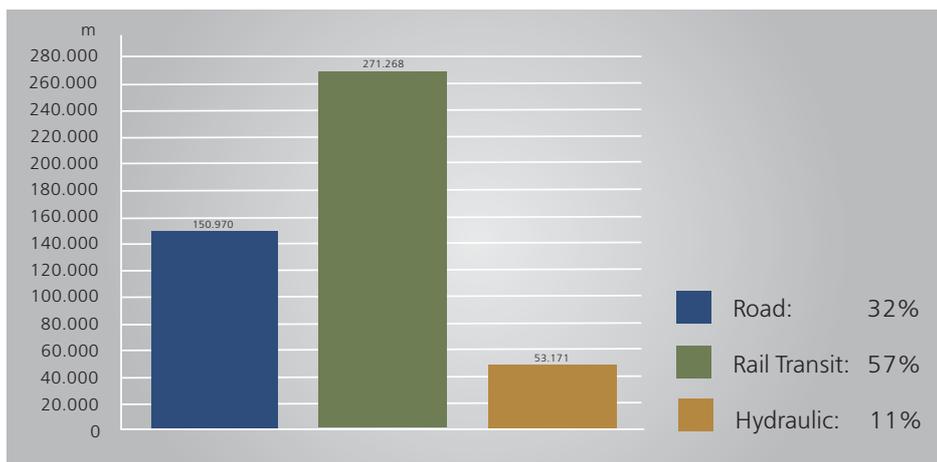


Рис. 3. Диаграмма суммарной длины тоннелей различного назначения, построенных компанией FCC

марная протяженность тоннелей, построенных FCC, показана на диаграмме (рис. 3).

Концерн OHL GROUP существует на строительном рынке 100 лет и объединяет в настоящее время шесть независимых компаний, две из которых (Domestic Construction и International Construction) ведут работы в Испании и в других странах на строительстве транспортных магистралей, в сфере промышленного и гражданского строительства, обслуживают объекты транспортной инфраструктуры.

Компанией OHL Construction накоплен огромный опыт строительства перегонных тоннелей и станций метрополитена в Мадриде и Барселоне. В активе фирмы есть сложные работы по реконструкции станций, вспомогательных сооружений, станционных стволов метрополитена. Подземное строительство ведется с использованием ТБМ, горным и открытым способами. В числе выполненных объектов – проходка участ-

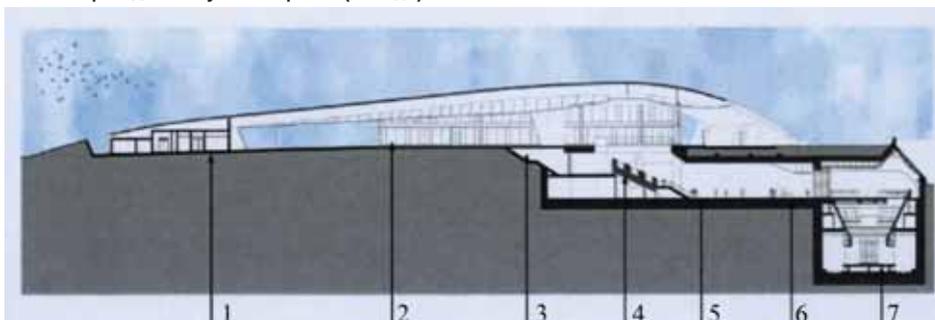
ка двоянных тоннелей Гуадаррама общей длиной 16729 м шитовым механизированным комплексом. Сложные как по объемно-планировочным, так и по конструктивно-технологическим решениям объекты выполняются в США и Канаде.

В Нью-Йорке заканчивается строительство подземного транспортного терминала в Манхэттене, включающего железнодорожный и автодорожный терминалы и пересадочный узел метрополитена (рис. 4). Последний включает четыре линии метро, расположенных по две линии в односводчатых двухъярусных станциях, объединенных переходом и связанных эскалаторным тоннелем с промежуточным вестибюлем, имеющим переход на пятую линию и выход на поверхность. Размеры каждой из двухъярусных станций – 350×22×18 м. Сооружение подземных станций ведется под платформами станции действующей железной дороги.



Рис. 4. Подземный транспортный комплекс в Нью-Йорке

Рис. 5. Пересадочный узел в Торонто (Канада)



Продолжается строительство подземного комплекса в Торонто (рис. 5). Комплекс включает автобусную станцию на поверхности (600 мест) 1, зал ожидания для транзитных пассажиров 2, лестничный спуск к перспективному пешеходному переходу 3, эскалатор 4, главный вестибюль 5, кассовый зал 6 и станцию метрополитена 7 открытого способа работ (150×25×20 м). Кроме того, в составе комплекса построены два однопутных перегонных тоннеля длиной 3,7 км, пройденные ТПК, трехсекционный переходной тоннель длиной 210 м, сооруженный горным способом, и три ствола аварийного выхода.

Докладчик ответил на вопрос о проекте «Урал полярный», в реализации которого предполагается участие испанских специалистов. «Этот вопрос недавно обсуждался в России. Это самый крупный строительный контракт в истории нашей компании. Проект включает 390 км железной дороги от ст. Обская до ст. Надым в центральном округе Ямала. Бюджет проекта составляет 1500 млн евро. Это строительство намечалось начать в 2012 и закончить 2015 г.»

Опытом тоннельного строительства поделился представитель Холдинговой компании Sacyr-Vfillehermoso (SyV), образовавшейся в 2003 г. на базе ранее действующей фирмы CAVOSA, в общем объеме гражданского строительства которой тоннели занимали малую долю. Начиная с 2003 г. Sacyr заявила о себе и как одна из ведущих компаний в сфере тоннелестроения. Ее технический парк оснащен тоннельнопроходческими механизированными комплексами таких производителей как «Мицубиси», «Херренкнехт» и «Ловат» диаметром от 5,8 до 11,5 м. Для проходки горным способом – современными проходческими комбайнами, полуавтоматическими бурильными установками, необходимым оборудованием для анкерного и набрызг-бетонного крепления выработок. За последнее десятилетие построено 28 тоннелей, среди которых участок на трассе железнодорожного тоннеля Педжерес длиной 10,32 км, пройденный ТПК и частично буровзрывным способом (53 м), тоннель Абдалахис (7,3 км тоннеля проложено ТПК внутренним диаметром 8,8 м, а 19 поперечных сбоек – традиционным способом). Фирма ведет также строительство станций метрополитена открытым и закрытым способами. Последние, как правило, односводчатые, сооружаются горным способом по методу NATM. Докладчик подробнее изложил особенности пересадочной станции Мадридского метро «Olimpic Stadium» открытого способа работ, строительство которой было закончено в 2006 г. На станции длиной 350 м (с тупиками) расположены две боковых (шириной по 5 м) и одна центральная платформа (шириной 18 м). Между ними проходят пути разных линий. Глубокий котлован крепили стенами из железобетонных свай диаметром от 800 до 1500 мм переменной длины 11 и 33 м. Плоское перекрытие станции опирает-

ся на 31 сваю-колонну диаметрами 1500 и 2200 мм. Длина свай достигает 36 м.

В рамках семинара состоялись встречи в компаниях TYPESA Group и TINGSA. TYPESA Group – это независимая консалтинговая компания в области гражданского строительства, строительных технологий и окружающей среды. Она ведет работы в 60 странах, в 32 из них имеет свое представительство. В Испании участвует в следующих проектах:

- метро в Мадриде: консалтинговые функции и управление работами. Помощь в надзоре, мониторинге и контроле качества работ при развитии линии 8, а также на объектах новой восточной линии Mintra – всего 161 км перегонных тоннелей и 108 станций;
- техническая помощь при утверждении новых проектов и при эксплуатации региональных линий Мадридского легкого метро (36 км);
- метро в Барселоне: техническая помощь в контроле качества исследований условий строительства и проектов для линии метро 9.

Инженерная и консалтинговая компания TINGSA занимается решением вопросов в области гидрологии, инженерной геологии, окружающей среды и управления строительством транспортных объектов.

Большой интерес вызвали встречи с руководством метрополитена и ведущими техническими специалистами фирмы Metro de Madrid S.A. Функции компании – эксплуатация сети линий метро, планирование его развития, повышение качества транспортных услуг, а также обеспечение эксплуатационной надежности подземных сооружений и оптимизация систем управления сетью Мадридского метро, мониторинг их текущего состояния в режиме «онлайн».

Мадридское метро начало работать в 1919 г. и считалось в то время самым быстро развивающимся метрополитеном в мире. В настоящее время оно занимает второе место в Европе по протяженности линий (324 км и 300 станций) после Лондонского (408 км). Сеть линий особенно быстро развивается в последние годы (например, в короткие сроки проложена кольцевая линия № 12) и характеризуется значительной плотностью (0,5 км на 1 км<sup>2</sup> площади города). Вне зоны доступности (более 600 м) проживает только 30 % населения. Большая часть линий Мадридского метрополитена проходит под землей в двухпутных тоннелях сводчатого очертания (построенные горным способом) и круглого сечения (пройденные ТПМК). Большинство станций имеют стандартные боковые платформы, есть станции с островными и с тремя платформами. Последние позволяют пассажирам войти и выйти с обеих сторон, что разделяет пассажиропотоки и сокращает время стоянки поезда. Ширина колеи Мадридского метрополитена равна 1,445 м, движение – левостороннее. Характерной особенностью является система энергоснабжения тяговых двигателей поезда

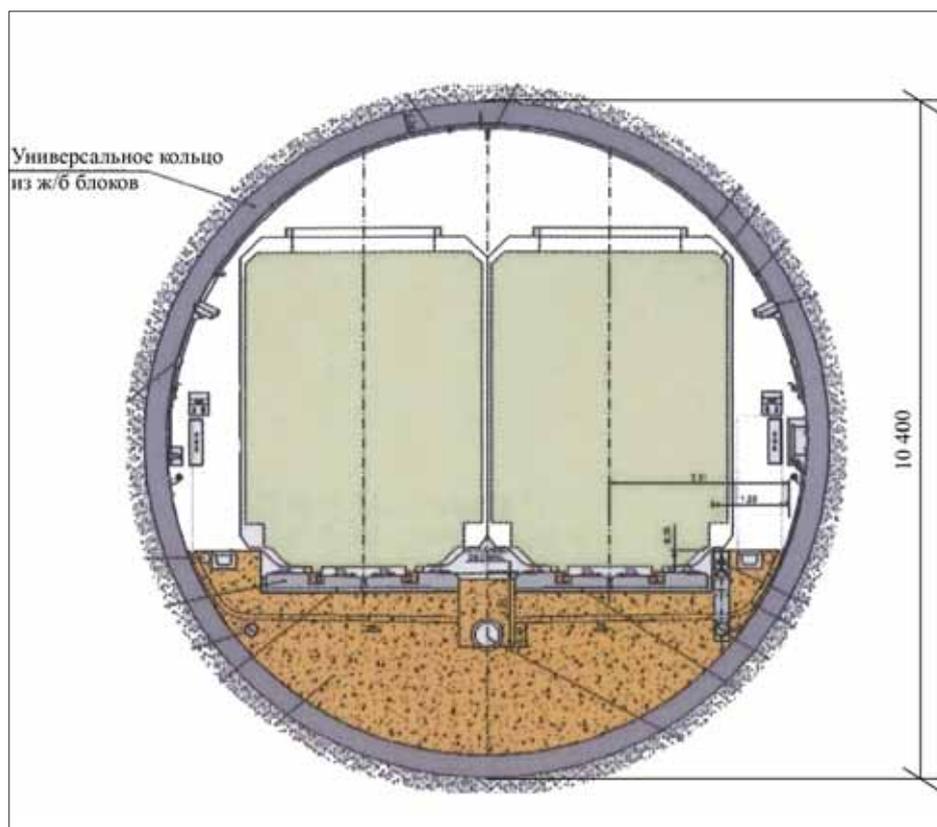


Рис. 6. Тоннель глубокого ввода высокоскоростной линии между вокзалами Chamartin и Atocha в Мадриде

через подвесные (троллейные) провода. В настоящее время в дополнение к метро в Мадриде открыта сеть скоростного трамвая, известного как лёгкое метро (metro ligero), которое использует современные низкопольные трамваи. Экскурсия по метрополитену закончилась посещением центра контроля технического состояния всех систем, обеспечивающих удобное и безопасное обслуживание пассажиров и управление движением поездов.

Пребывание в Мадриде завершилось посещением уникального сооружения в центре города – пересадочного узла Chamartin и строящегося тоннеля для высокоскоростных поездов, который соединяет вокзалы Chamartin и Atocha.

Chamartin Intermodal Hub – крупный пересадочный узел: метро, железная дорога, автобусы – 35 тыс. м<sup>2</sup> и 12 тыс. м<sup>2</sup> подземного строительства. Проект осуществлен компанией Ferrovial Agroman – одним из ведущих мировых разработчиков транспортной инфраструктуры. Ее представительства расположены более чем в 15 странах. Компания принимает активное участие в Программе расширения сети метро в Мадриде, одним из крупнейших проектов которой является строительство кольцевой дороги M30 протяженностью около 99 км, причем 56 км проходят под землей. Общая стоимость проекта – 3,7 млрд евро. Самые крупные тоннели, построенные на этой дороге компанией Ferrovial Agroman с использованием ТПМК, – Южный (7212 м), Северный (8374 м) и тоннель протяженностью 4463 м, соединяющий Северный тоннель с автодорогой A-1.

Тоннель для высокоскоростных поездов соединяет вокзалы Chamartin и Atocha, расположенные на расстоянии 7300 м друг от друга. Его трасса проложена на небольшой глубине (грунтовая толща над тоннелем составляет в основном 10–15 м, а иногда снижается до 5 м) в центральном районе Мадрида с плотной застройкой, вблизи фундаментов зданий и монументов, музеев и дворцов, пересекает пять линий метрополитена, проходя под ними в непосредственной близости. В связи с этим первоначально, параллельно сооружению рамповых участков, по трассе был выполнен огромный объем специальных работ. Произведено предварительное закрепление грунтов, укрепление фундаментов свайными ростверками, устройство защитных экранов из буронабивных свай, подкрепление обделки тоннелей действующих линий. Проходку двухпутного тоннеля длиной 6835 м и внутренним диаметром 10,4 м вели щитовым механизированным комплексом с грунтовым пригрузом забоя (рис. 6). В систему тоннельного пересечения входят восемь стволов аварийного выхода и три вентиляционных. В настоящее время тоннель находится в стадии завершения строительных работ. Ведется бетонирование жесткого основания и с помощью специальной многометровой опалубки устраивается железобетонная плита верхнего строения пути.

Семинар продолжился в Барселоне, куда наша группа прибыла на высокоскоростном поезде за 2 ч 40 мин (600 км). На одном из перегонов на экране, фиксирующем скорость поезда, высветилась цифра 308.

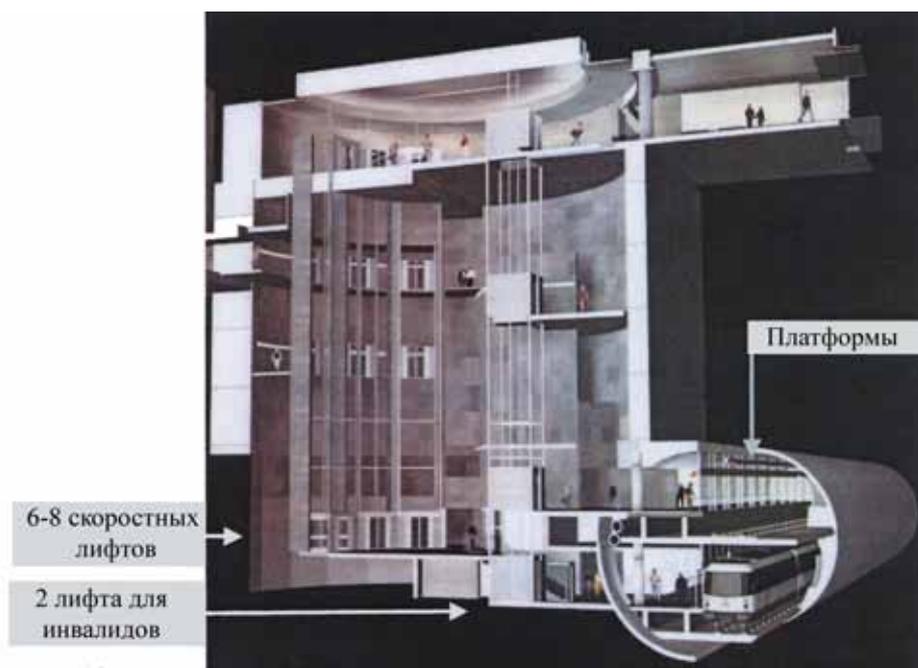


Рис. 7. Станция метрополитена шахтного типа



Рис. 8. Платформа на верхнем уровне станции

Программа пребывания в Барселоне включала знакомство с конструктивно-технологическими и эксплуатационными особенностями линий 9 и 10 метрополитена. Презентацию провела руководитель отдела инновационных технологий компании TMB г-жа Carme Deulofeu I Palomas.

Сеть метрополитена Барселоны в 2000 г. состояла из восьми линий протяженностью 99,3 км и 136 станций. На многих промежуточных станциях метрополитена ещё в 1930-х гг. сооружены три платформы: две боковые и одна островная. Пять линий обслуживаются компанией TMB, три других эксплуатируются железными дорогами Каталонии (FGC).

В настоящее время в Барселоне ведутся работы по сооружению линий метро 9 и 10.

Фактически, это одна линия с разветвлением на обоих концах.

Основная цель строительства – дополнить радиальную схему линий, доминирующую в транспортной системе Барселоны, линией, вытянутой вдоль города, чтобы обеспечить массовыми пассажирскими перевозками большую часть городской площади, где существуют транспортные проблемы, а также связать между собой радиальные линии. Это обстоятельство привело к весьма извилистой конфигурации линии длиной 47,8 км, на которой расположено 50 станций, 20 из которых – пересадочные, и к неординарным конструктивно-технологическим решениям как перегонных, так и большинства станционных тоннелей. В связи с плотной застройкой города и особенностью рельефа пере-

гонные тоннели метрополитена решены в трех вариантах: на эстакадах под каждый путь, двухпутными закрытого способа работ с расположением путей в одном уровне (внутренний диаметр 8,5 м) и двухпутными с расположением путей в двух уровнях (внутренний диаметр 10,9 м). Пути в два уровня располагаются на перегонах, где в связи с плотной застройкой сооружаются станции «шахтного типа» (рис. 7). На 30-ти таких станциях боковая платформа (длиной 110 м) каждого направления расположена в тоннелях на разном уровне.

Диаметр стволов (26–33 м) и число лифтов (пять-восемь) варьируются в зависимости от пассажирооборота на станции. Максимальная вместимость кабины – 40 человек. На станциях, где высота подъема менее 25 м установлены поэтажные эскалаторы.

Эксплуатационная особенность линии 9–10 заключается в автоматическом режиме движения поездов и устройстве на станциях прозрачного экрана, разделяющего пути и пассажиров (рис. 8).

Достаточно большой участок линии сдан в эксплуатацию, и была возможность проехать по нему в поезде без машиниста со сквозным проходом от головы до хвоста состава, рассмотреть из лобового окна особенности отделки и пути без привычного для нашего метро оборудования сигнализации и связи. На нескольких станциях шахтного типа детально ознакомились с конструктивными решениями, работой подъемных механизмов, с системой вентиляции, прошли по пути, предназначенному для эвакуации пассажиров в случае возникновения чрезвычайной ситуации.

Затем экскурсия продолжилась на строящемся участке линии 9, где группа спустилась по рабочим лестницам огромного ствола диаметром 36 м, пройденного обычным способом с железобетонной отделкой, и проехала до ствола следующей станции, где производили демонтаж механизированного проходческого комплекса. Для многих знакомство с механизированным комплексом диаметром 12 м, оборудованным системой грунтового пригруза забоя, было впервые. Пройдя через шлюзовую камеру и окно в рабочем органе щита можно было детально рассмотреть устройство режущего органа щита «со стороны забоя».

Весьма насыщенная информацией программа семинара, многочисленные вопросы и экскурсии на объекты почти не оставили времени на знакомство с достопримечательностями таких великолепных городов, какими являются Мадрид и Барселона. Тем не менее, автобусные и пешеходные вечерние экскурсии позволили увидеть знаменитые площади, украшенные архитектурными шедеврами, памятниками и фонтанами.

От имени участников семинара выражаем благодарность испанским коллегам и Тоннельной ассоциации России за организацию и успешное проведение конференции в Испании.



# ДЕЛОВАЯ ПОЕЗДКА РОССИЙСКИХ ТОННЕЛЬЩИКОВ ВО ФРАНЦИЮ

В период с 1 по 6 апреля 2012 г. состоялась поездка российских тоннельщиков – представителей ОАО «Бамтоннельстрой», ЗАО «Объединение Ингеоком», ОАО «Трансинжстрой», НПО «Мостовик», УМГКР г. Сочи, «Стис» г. Санкт-Петербург, ОАО «Ленметрогипротранс» и НПКЦ «Интерсигнал» во Францию.

Делегацию возглавил руководитель дирекции Тоннельной ассоциации России Г. М. Синицкий.

Целью поездки было ознакомление российских специалистов с зарубежным опытом строительства метро, подземных паркингов, авто и железнодорожных тоннелей, образцами современной горнопроходческой техники, повышением уровня обучения технического персонала. Деловая программа была подготовлена совместно с Тоннельной ассоциацией Франции (AFTES Franch Tunneling and underground space association).

Российскую делегацию приветствовал президент Французской тоннельной ассоциации г-н Янна Лебле (Yanna Leblais), который выразил глубочайшую заинтересованность в развитии сотрудничества с российскими специалистами.

Господин Лебле презентовал AFTES, рассказал об истории ее создания, структуре, задачах и успехах.

Он сообщил, что перед метростроителями Франции стоят грандиозные задачи. За период 2013–2025 гг. необходимо построить 155 км линий метро и 50 станций. Ориентировочная стоимость проекта 32 млрд евро.

Структура AFTES во многом отличается от структуры Тоннельной ассоциации России, хотя обе ассоциации ставят своей задачей скорейшее внедрение научно-технического прогресса, повышение эффективности и качества строительства и эксплуатации тоннельных сооружений.

В AFTES входят несколько комитетов, каждый из которых решает свою конкретную задачу.

Например, технический комитет состоит из 20 групп общей численностью около 300 человек. Он разрабатывает рекомендации по внедрению новых технологий, оборудования, материалов, перерабатывает существующие нормативные базы, занимается вопросами жизнеобеспечения и безопасности сооружаемых подземных объектов. Так, с 1997 г. AFTES было выпущено более 100 рекомендаций. Далее, подготовленные рекомендации подлежат рассмотрению в правительстве и в конечном итоге обретают силу законов.

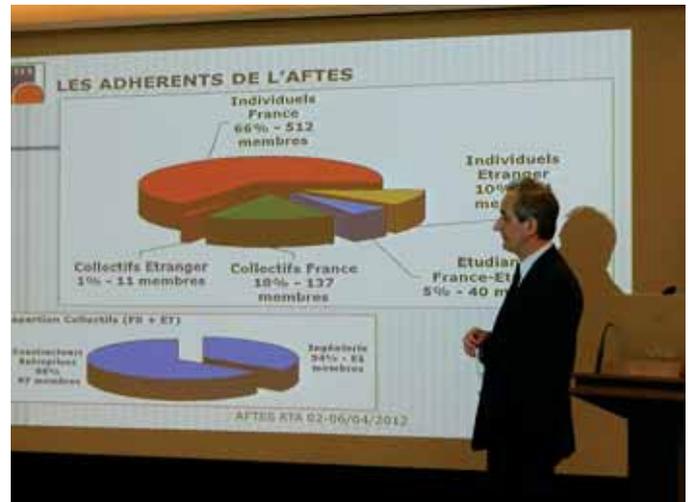
В состав Французской тоннельной ассоциации входят ученые, юристы, архитекторы, законодатели, инженеры, многие из которых работают на добровольной основе.

Вице-президент AFTES г-н Филипп Миллард (Philippe Millard) выступил с докладом «Тенденции освоения подземного пространства во Франции. Презентация крупномасштабных проектов». Был представлен проект подземного торгового комплекса Les Halles, являющегося одновременно крупным пересадочным железнодорожным узлом, включающего в себя подземный паркинг и помеще-

ния для подземной библиотеки.

Г-н Мишель Пре (Michel Pre), директор технического Комитета, подготовил презентацию проекта «Grand Paris Express» – линия метро, которая должна быть завершена к 2023 г. с вводом 72 новых станций.

Также российские специалисты посетили головной офис строительного холдинга Vinci. Эта компания хорошо известна в России. С ее участием велось строительство Лерфортовского и Серебряноборских тоннелей в Москве. В офисе компании были представлены объекты в Европе и на Американском континенте, в которых принимает участие фирма. В состав Vinci в настоящее время входит компания Soletanche – Vache, которая разрабатывает технологию и оборудование для «стены в грунте» и с высоким качеством выполняет эти работы по всему миру.



Выступление президента Французской тоннельной ассоциации г-на Я. Лебле



Перспективный план развития метро в Париже до 2025 г.



Встреча в офисе компании Vinci

Российской делегации был продемонстрирован уже построенный пятиэтажный подземный паркинг, выполненный по технологии «топ-даун» с сооружением «стены в грунте» толщиной 0,82 м в качестве несущей конструкции. Качество сооруженной «стены в грунте» подтверждает, что при уровне грунтовых вод в 2 м от дневной поверхности данная конструкция полностью обеспечивает гидроизоляцию объекта без применения дополнительных материалов.

Ранее выполненный проект восьмиэтажного паркинга, находящегося в непосредственной близости от р. Сены, так же осуществлялся с применением «стены в грунте» в качестве несущей конструкции без дополнительной гидроизоляции. Необходимо отметить, что использование «стены в грунте» достаточно широко применяется во Франции, хотя в проектах иногда предусматриваются комбинированные «стены в грунте», бурораскальные и бурокасательные сваи. В фирме Vinci работают 180 тыс. человек, в том числе 160 инженеров, проектировщиков-тоннельщиков.

Был заслушан доклад фирмы Egis tunnels о своей деятельности (оборот компании составляет более 450 млн евро и насчитывает 6300 сотрудников в восьми странах на всех континентах). Фирма выполнила генеральное проектирование более 90 тоннелей во Франции и за рубежом, провела экспертизу 160 авто и железнодорожных тоннелей и подземных сооружений.

Наиболее крупные проекты: разработка системы вентиляции в тоннеле под Монбланом, проекты вентиляции в тоннелях Каира, скоростной линии TG проекта Гвадаррама (30 км), Афинах, на трассе Лион-Турин и др. Российской делегации был продемонстрирован диспетчерский пункт, где происходит контроль за безопасностью движения в двухуровневом тоннеле на трассе А-86.

Очень познавательной была поездка на скоростном поезде TGV (более 250 км/ч) в город Le Creusot, где состоялось знакомство с фирмами NFM, CBE, RBL-REI и Metalliance. Российская делегация увидела новейшие образцы тоннелепроходческой техники, среди которых мультисервисный тоннельный транспорт на резиновых колесах, роботизированные малогабаритные установки для сооружения межтоннельных сбоек фирмы Metalliance, ленточные конвейеры для выдачи породы по вертикальным и наклонным стволам производства фирмы RBL-REI.

Еще один вид выпускаемого оборудования – это формы для блоков тоннелей различного диаметра с применением карусельной линии фирмы CBE, когда формы автоматически перемещаются к определенным рабочим станциям: очистка, установка арматурного каркаса и закладных деталей, заливка бетоном, окончательное заглаживание и пропарочная камера. Данная карусельная система позволяет увеличить производительность на 30–40 %. Можно изготавливать один блок



Внутренний вид пятиэтажного подземного паркинга в Париже, построенного компанией Vinci с возведением «стены в грунте» в качестве несущей конструкции



Диспетчерский пункт тоннеля на трассе А-86



Малогабаритная роботизированная установка «Бутор» со сменным рабочим органом производства фирмы Metalliance



Российская делегация и французские коллеги во время посещения завода фирмы Metalliance

каждые 8–12 мин, что невозможно при использовании стендовой технологии.

Российской делегации также была представлена возможность ознакомиться с деятельностью CETU – это Центр Изучения Рисков.

Вот уже более 30-ти лет CETU является научно-техническим центром Министерства транспорта и отвечает за безопасность технических решений при строительстве и эксплуатации тоннелей.

Уникальность CETU заключается в комплексном решении разнообразных задач. Они определяют методику и технологию ведения строительных работ, следят за охраной окружающей среды при строительстве и эксплуатации подземных объектов, обеспечивают контроль за техническим состоянием и безопасностью эксплуатируемых тоннелей.

CETU обеспечивает непрерывное содействие в разработке общей концепции управления и контролем за всеми тоннелями, входящими в национальную сеть дорог. Техническая и эксплуатационная экспертиза предоставляется на всех этапах и уровнях, включая контроль над управлением ресурсами, а также рассмотрение программ реконструкций. CETU также принимает участие в определении и разработке нормативно-правовой базы и оказывает помощь владельцам тоннелей в ее исполнении.

CETU вносит активный вклад в разработку экспертных заключений как внутри Франции, так и за ее пределами, координирует деятельность научно-исследовательских комитетов AFTES и принимает участие в европейских проектах.

Все это обеспечивает поддержание высокого профессионального уровня и повышение авторитета Франции в инженерном деле на международном уровне. Помимо AFTES, CETU сотрудничает с GTFE (франкоговорящие операторы дорожных тоннелей), с научно-исследовательскими и образовательными институтами Франции, а также с PIARC (Всемирная дорожная ассоциация), ITA (Международная ассоциация строительства тоннелей и подземного пространства) и COSUF (Комитет по эксплуатационной безопасности подземных сооружений – подразделение ITA).

В CETU существуют семь основных департаментов, проводящих экспертизы:

- департамент технологий строительства, контрактов и работ;
- департамент геологического и геотехнического конструирования;
- департамент материалов, строений и долговечности тоннелей;
- департамент вентилирования и окружающей среды;
- департамент безопасности;
- департамент эксплуатации;
- департамент электрического и эксплуатационного оборудования.

Всю работу координируют эксперты по вопросам междепартаментных отношений.

Два координационных эксперта по консультации и внешней проверке обеспечивают доведение официальных рекомендаций по государственным проектам: один – по вопросам инженерно-строительного обеспечения, второй – по вопросам на объектах. Их роль также важна в разработке регламентов внутри CETU.

Координационный эксперт по программам реконструкции от лица правительства обеспечивает контроль над правильностью выполнения программ реконструкции тоннелей. На регулярной основе представляет подробные отчеты по ходу выполнения работ в соответствии с требованиями к сооружаемым тоннелям.

Координационный эксперт по инженерному обеспечению координирует научные исследования CETU и обеспечивает взаимодействие групп, работающих над различными проектами.

Координационный эксперт по развитию определяет приоритетные задачи и обеспечивает их рассмотрение в CETU.

Технические консультанты осуществляют техническую поддержку по конкретным направлениям в ходе индивидуальных консультаций.

Последний интересный объект, который был представлен российской делегации, – это железнодорожный тоннель Лион – Турин, который реализуется совместно с Францией и Италией. Этот проект свидетельствует о тесном сотрудничестве и взаимодействии европейских специалистов-тоннельщиков между собой.

Успех и новаторство, которые демонстрирует Европа в области проектирования, строительства и эксплуатации тоннелей различного назначения показывают насколько важно постоянное повышение квалификации инженерно-технического персонала и обмен опытом между специалистами всех областей, занятых в данном процессе. Эта мысль лейтмотивом прослеживалась на всех встречах, организованных французской стороной.

# С нами строить легко!

- Полный цикл проектирования и строительства подземных сооружений (автостоянки, транспортные развязки, гидротехнические сооружения) и надземных сооружений (жилые, промышленные объекты)
- Ограждение котлованов
- Закрепление грунтов
- Усиление фундаментов
- Выполнение работ на памятниках истории и архитектуры



реклама



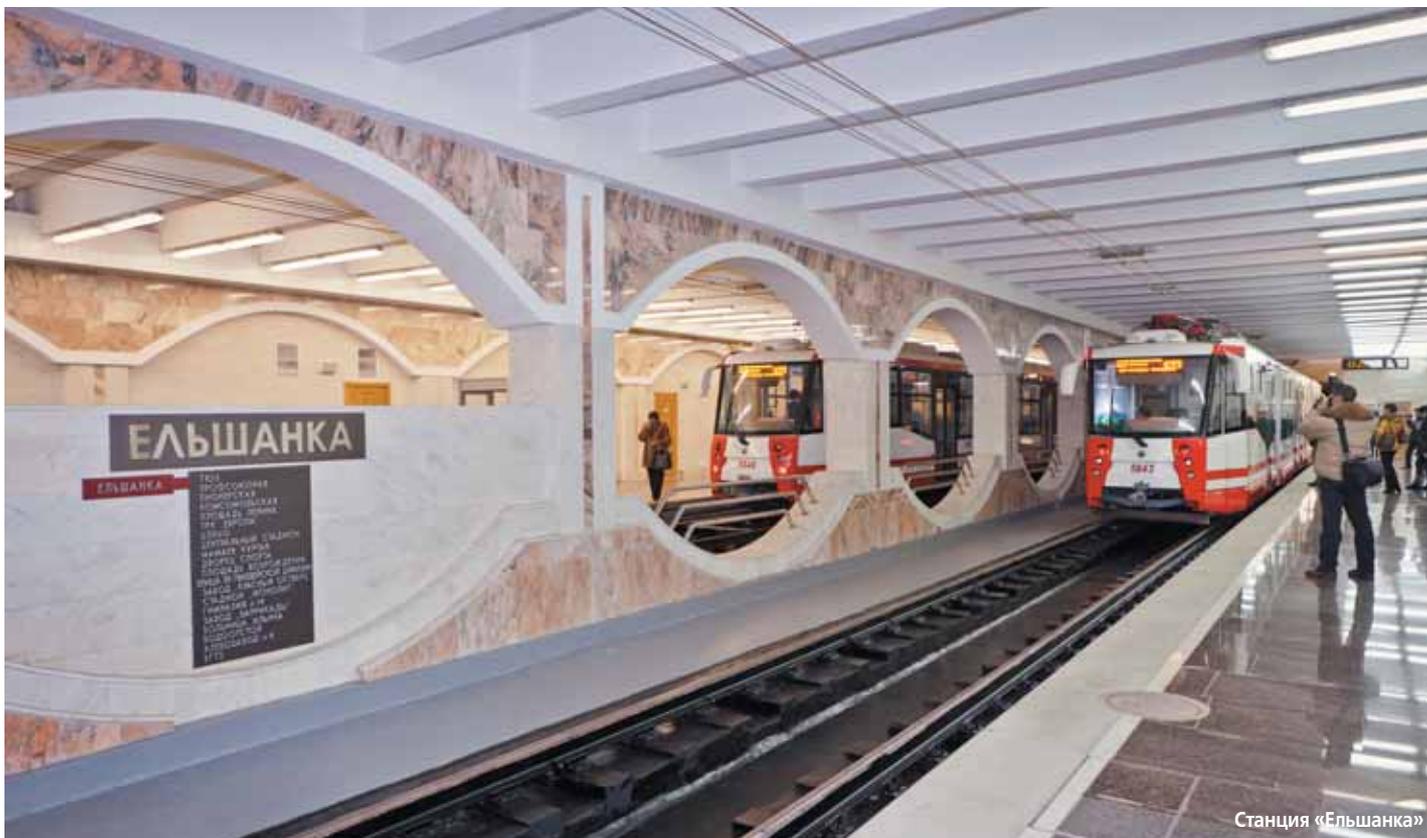
г. Пермь. ул. Кронштадтская, 35  
тел./факс (3422) 244-72-22  
тел. в Ижевске (3412) 56-62-11  
тел. в Краснодаре (861) 240-90-82  
тел. в Казани (843) 296-66-61  
тел. в Москве (495) 643-78-54

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

[www.new-ground.ru](http://www.new-ground.ru), [office@new-ground.ru](mailto:office@new-ground.ru)

# ВОЛГОГРАДСКИЙ СКОРОСТНОЙ ТРАМВАЙ

А. Д. Скоробогатов, технический директор ОАО «Волгоградметрострой»



Станция «Ельшанка»

**Идея строительства нового вида городского электрического транспорта, совмещающего в себе преимущества метрополитена и обычного трамвая, зародилась в середине 60-х гг. в недрах института «Гипрокоммундортранс» и Академии коммунального хозяйства им. Панфилова.**

**Этот вид транспорта был назван скоростным трамваем. От метрополитена он взял высокую скорость сообщения (30 км/ч), большую степень надежности, комфортабельность. Экологически чист, не создает помех другим видам городского транспорта. От трамвая – относительно низкую стоимость строительства, более простую и дешевую себестоимость эксплуатации, возможность использовать имеющуюся базу для эксплуатации трамвайных вагонов, путевого хозяйства, объектов энергоснабжения.**

**В**олгоград был выбран неслучайно первым городом, в котором началось строительство скоростного трамвая. Городгерой Волгоград один из важнейших промышленных и культурных центров страны. Здесь сосредоточены предприятия металлургии, тракторостроения, химии, химического машиностроения, деревообрабатывающей, легкой и пищевой промышленности. Население города составляет более 1 млн человек. По форме городской территории Волгоград является ярким примером линейного города, вытянутого вдоль Волги на 70 км.

Скоростной трамвай – наиболее приемлемый вид транспорта для городов с населением около 1 млн человек, поскольку он заполняет нишу по величине перевозки пассажиропотока в час пик. Обычный трамвай или троллейбус перевозит в час пик 5–8 тыс. пассажиров, мет-

рополитен – 25 тыс. и выше, скоростной трамвай – 15–20 тыс. человек в час.

Потребность в развитии скоростного пассажирского транспорта в Волгограде, с учетом его планировочных особенностей, доказана комплексными транспортными схемами, разработанными московскими проектными институтами «Гипрогор» в 1980 г., «Гипрокоммундортранс» в 1988 г. и подтверждена ОАО «Проекткоммундортранс» в 2002 г.

Проектирование скоростного трамвая в Волгограде выполняли Гипрокоммундортранс, Харьковметрострой и Волгоградгражданпроект.

Сооружение первой очереди линии скоростного трамвая началось в 1970 г. На нем были задействованы три генеральные подрядные организации – «Волгоградстрой», «Приволжсктрансстрой» и «Тоннельный отряд № 31» Харьковметростроя, впоследствии

преобразованный в «Волгоградметрострой». К строительству второй очереди приступили в 1985 г., и осуществлял его один генподрядчик ОАО «Волгоградметрострой». С 1992 по 2003 г. в связи с отсутствием финансирования работы были практически остановлены. Выполнялись только обслуживающие процессы с целью сохранения построенных ранее сооружений.

В ноябре 1984 г. было открыто постоянное движение на участке от тракторного завода до площади Чекистов. Протяженность маршрута 13,5 км, в том числе 3,5 км – подземная часть. На трассе расположено 14 остановочных пунктов и 3 подземные станции.

С пуском скоростного трамвая время доставки пассажиров сократилось почти вдвое, что по достоинству было оценено жителями города, и пассажиропоток переместился с наземного транспорта на скоростной трамвай, таким образом разгрузив центральную улицу города.



Схема линий Волгоградского трамвая с перспективой развития

Станция «ТЮЗ»



Вторая очередь является непосредственно продолжением первой и предусматривает прокладку линий от площади Чекистов до станции «Ельшанка». Подземный участок протяженностью 3,8 км состоит из трех станций и трех перегонов.

Подземная часть линии была запроектирована в 1986–1989 гг. в соответствии со СНиП-II-40-80 «Метрополитены». В 2007–2010 гг. проект был откорректирован и приведен в соответствие с СП-32-105-2004, ПУЭ, СанПиН и другими нормативно-правовыми документами, выпущенными за последние годы.

Основные технические решения, примененные при строительстве подземной части первой очереди, характерны и для второй. В соответствии с инженерно-геологическими условиями, наличием подземных и наземных коммуникаций и сооружений, трасса принята мелкого заложения открытого и закрытого способов производства работ, как наиболее целесообразная и экономичная, исходя из опыта прокладки метрополитенов. Станции и предпортальные участки тоннелей – открытым способом в котлованах со свайным креплением. Остальная часть тоннелей – закрытым способом с применением обычных проходческих щитов для метрополитенов диаметром 5,6 м.

Обделки перегонных тоннелей закрытого способа работ – железобетонные и чугунные тубинги, внутренние конструкции станций, пристанционных и притоннельных сооружений предусмотрены сборными в основном из железобетонных элементов.

Верхнее строение пути в тоннелях принято из рельсов Р-50 при ширине колеи 1521 мм. В конструкции пути применено раздельное промежуточное рельсовое скрепление типа «Метро», деревянное подрельсовое основание на путевом бетонном слое, клиновые противоугоны. Верхнее строение пути запроектировано из условий, обеспечивающих безопасное движение подвижного состава со скоростью до 100 км/ч.

В основных пассажирообразующих узлах на подземных участках линии размещаются станции. На первой очереди: «Площадь Ленина», «Комсомольская» и «Пионерская», на второй: «Профсоюзная», «ТЮЗ», «Ельшанка». Расстояние между ними от 900 до 1100 м. Посадочные платформы (102 м) рассчитаны на прием поездов, состоящих из четырех трамвайных вагонов чешского производства Т-3М, а также, в перспективе – подвижного состава метрополитена. Все станции мелкого заложения, островного типа. Для того чтобы эксплуатировать вагоны с односторонним расположением дверей, тоннели в начале и конце подземного участка 1-й очереди перекрещиваются в разных уровнях. На 2-й очереди тоннели не перекрещиваются, поэтому там используются восьmiosные, трехсекционные трамвайные вагоны модели 71-154 вместимостью 400 человек, с двухсторонним расположением дверей, кото-

рые специально для Волгограда были изготовлены на Санкт-Петербургском трамвайно-механическом заводе.

На станциях предусмотрены все необходимые бытовые устройства и помещения, обеспечивающие нормальные условия работы персонала. Архитектурно-художественная отделка станций, вестибюлей и пешеходных переходов выполнена из материалов, отвечающих требованиям эксплуатации подземных сооружений. Колонны, стены платформенных участков и вестибюлей облицовываются мрамором различных пород, а полы гранитом.

Для вентиляции станций и тоннелей запроектирована система приточно-вытяжной вентиляции. Она служит для подачи в теплое время года наружного воздуха на станции и удаления его вентиляционными установками на перегонах. Система тоннельной вентиляции обеспечивает трехкратный воздухообмен в час. В холодное время года предусматривается работа вентустановок в реверсивном режиме.

Питание электроэнергией всех потребителей подземного участка осуществляется от понизительных подстанций, расположенных в комплексе станций по стандартному принципу метрополитенов.

Электроснабжение контактной сети подземной части линии выполнено от наземных четырехагрегатных тяговых подстанций, которые одновременно питают контактную сеть троллейбуса. Напряжение контактной сети стандартное – 0,6 кВ постоянного тока. Оборудование тяговых подстанций серийное. Проектом предусматривается трехфидерная схема питания контактной сети в централизованной системе электроснабжения.

Система подвески контактной сети на наземных участках – цепная полукompенсированная, состоящая, согласно электрическому расчету, из медного контактного провода марки МФ-100 и алюминиевых усиливающих проводов сечением 120 мм<sup>2</sup>. Высота провода над уровнем головки рельса – 5,8 м. Продольные пролеты – 40–45 м.

В тоннелях 1-й очереди смонтирована малогабаритная (350–400 мм по высоте) цепная компенсированная подвеска из двойного провода марки МФ-85 и двойного несущего троса марки ПБСМ-1 сечением 25 мм<sup>2</sup>. Минимальная высота подвески контактного провода над уровнем головки рельса – 3,9 м. Продольные пролеты – 18 м.

В тоннелях 2-й очереди такая же малогабаритная подвеска, только сечение контактных проводов МФ-100, несущий трос оцинкованный. Такая конструкция позволила впервые в мировой практике пропустить трамвайные вагоны с верхним токосъемом по перегонным тоннелям кругового сечения, сооруженным по габаритам метрополитена.

Для обеспечения безопасности и регулирования движением, при пропускной способности 50 пар поездов в час, специ-



Вход на ст. «Профсоюзная»

ально для линии скоростного трамвая в Волгограде разработана и внедрена система интервального регулирования поездов АЛС-АРС-СТ – автоматическая локомотивная сигнализация, автоматическое регулирование скорости скоростного трамвая. Система основана на использовании рельсовых цепей и передачи частотной информации с путевых устройств на подвижной состав.

Эти разработки – конструкция контактной сети и система интервального регулирования – признаны изобретениями и защищены авторскими свидетельствами.

В подземной части 2-й очереди скоростного трамвая впервые в практике строительства трамвайных линий запроектирован и реализован единый интегрированный комплекс систем автоматики, сигнализации и связи. Он создан усилиями трех проектных организаций – ОАО «Харьковметропроект» (г. Харьков), ОАО «Транс-ИТ» (Ортіта transport, Москва), ОАО «НИИ ТМ» (Санкт-Петербург). В состав комплекса входят системы: радиосвязи, магистральной информационной сети, оперативно-диспетчерской связи, громкоговорящего оповещения, автоматической пожарной сигнализации, контроля доступа, гарантированного электропитания, кондиционирования технологических помещений, охранной сигнализации, видеонаблюдения, управления работой станций, управление движением, отображения информации, ситуационный центр, контроля оплаты проездов, телемеханики, административно-хозяйственной связи и часофикации.

Пассажирское движение на 2-й очереди было открыто 1 декабря 2011 г. Для этого организован новый маршрут от остановки «Стадион монолит» до станции «Ельшанка», на котором эксплуатируются только новые вагоны с двухсторонним расположением дверей.

В соответствии с программой развития скоростного трамвая в Волгограде, после завершения строительства 2-й очереди намечается сооружение 3-й от «Ельшанки» до «Госуниверситета». Поэтапно, в период до 2015 г. планируется прокладка еще двух перегонов протяженностью 2,5 км со станциями «Районная» и «СХИ», в период 2015–2020 гг. – четырех перегонов длиной 4,1 км со станциями «Тормосиновская», «Панфиловская», «М/Р-231» и «Госуниверситет». Таким образом, к 2020 г. протяженность эксплуатационных линий скоростного трамвая составит 24 км.

Концептуально рассматривались варианты строительства 4-й и 5-й очередей. На севере города предполагается продолжить строительство линии от тракторного завода до жилого массива Спартановка и от центра города до жилого массива Жилгородок с перспективой выхода на рабочий поселок Гумрак и аэропорт.

Реализация программы, имеющей социальную направленность, позволит достигнуть конечной ее цели – обеспечить потребность населения пассажирскими перевозками с повышенной степенью комфортности и скорости сообщения при достаточно больших размерах города и расчлененной планировочной структуре.

Это позволит сократить время на передвижение населения, что даст значительный экономический эффект, повысит комфортность транспортного обслуживания населения. Соответственно в связи с разгрузкой улично-дорожной сети города снизится аварийность уличного движения транспорта и пешеходов, уменьшится ущерб от загрязнения атмосферы и окружающей среды.

Кроме того, при развитии скоростного трамвая будет получен мультипликативный эффект от капитальных вложений в его строительство при обеспечении участия предприятий города в изготовлении и монтаже строительных конструкций, оборудования, материалов и других устройств.



# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УНИКАЛЬНОГО РОССИЙСКОГО МЕТРОТРАМА

**А. Е. Чибизов**, заместитель генерального директора Optima transport  
**А. П. Кожевников**, технический директор

**В начале декабря 2011 г. Волгоградский скоростной трамвай (единственный в России метроtram) пополнился сразу тремя подземными станциями. На их сооружении впервые в России был внедрен ряд технологических решений, до этого применявшихся только на метрополитенах. На новых станциях компанией Optima transport спроектированы и запущены в эксплуатацию две комплексные системы: автоматики и телемеханики движения поездов на базе микропроцессорных контроллеров, а также система диспетчерского управления работой электрооборудования станций.**

**Р**еализация проекта позволила оборудовать станции метроtrama самыми современными системами автоматики, сигнализации и связи с высокой степенью аппаратной и программной интеграции между собой, с возможностью масштабирования и управляемыми из единого центра.

Еще в 80–90-е гг. были спроектированы и частично смонтированы станции на аналогичном оборудовании, но непригодном для дистанционного управления. А к моменту, когда активная фаза работ возобновилась, то есть примерно в 2006 г., появились новые технологии, программное обеспечение, цифровое оборудование. Стояла серьезнейшая задача по стыковке уже установленного старого оборудования с новым для включения их в единую систему управления из диспетчерского центра.

На трех станциях выполнены работы по пуско-наладке в совокупности более 200 шкафов автоматики. Они контролируют деятельность насосов, вентиляции, освещения, электроснабжения, отопления и других систем жизнеобеспечения. При этом аппаратные средства занимают в 4–6 раз меньше площадей по сравнению со стандартными решениями, требуют на 40–50 % меньше обслуживающего персонала, потребляют на 40–60 % меньше электроэнергии.

## Управление движением

Система микропроцессорной централизации (МПЦМ), внедренная на Волгоградском метроtrame специалистами компании Optima transport (ГК Optima), автоматизирует процессы управления движением подвижного состава средств рельсового транспорта и включает в себя централизованный мониторинг состояния и работоспособности функциональных узлов внешнего подключаемого исполнительного оборудования.

Система обеспечивает централизацию графико-интервального движения с максимально возможным исключением действий диспетчеров из процесса управления движением и контролем за деятель-



Кабина нового трамвая

ностью оперативного обслуживающего персонала.

Объектами управления системы являются: светофоры, стрелочные переводы, звонки оповестительной сигнализации, генераторы частот АРС (автоматического регулирования скорости) и прочие исполнительные устройства (замок курбельного аппарата, часы интервальной сигнализации и т. п.).

Объекты контроля состояния – это рельсовые цепи, состояние исполнительных и прочих устройств телесигнализации.

Управление работой ведется с автоматизированных рабочих мест центральных и линейных диспетчерских пунктов, выполненных в функционале серверов, и персональных компьютеров промышленного производства. Обмен данными между системой МПЦМ и пунктами диспетчерского управления осуществляется по магистральным информационным компьютерным сетям.

МПЦМ подключается к объектам управления и контроля, обеспечивая централизованное программно-аппаратными сред-

ствами функционирование систем интервального регулирования, электрической централизации и автоблокировки, и осуществляет управление движением на основании постоянной введенной, оперативно вводимой и текущей поступающей информации.

Система работает непрерывно в круглосуточном режиме. Отключение отдельных узлов допускается только на время проведения технического обслуживания системы, устранения неисправностей и сопровождения программного обеспечения с обязательным переводом на резервное функционирование. Периодичность и продолжительность регламентных работ определяется расписанием, установленным правилами на объекте эксплуатации.

При локальном отказе, сбое в работе программного обеспечения или нарушении связи с оборудованием центрального диспетчерского пункта система автоматически переходит в автономный режим, переводя функции управления на оборудование линейного диспетчерского пункта с автоматическим восстановлением

комплексного режима после устранения неисправности.

**Диспетчерское управление**

Вторая система, внедренная в рамках этого проекта, – СУРСТ (система управления работой станции) – это территориально распределённая иерархическая трёхуровневая структура управления. Она выполнена с учетом особенностей размещения, видов и функционального назначения объектов управления и объединяет в своём составе центральный диспетчерский пункт как верхний уровень, станционный как средний и объектовые шкафы автоматики как нижний уровень управления. При этом оборудование среднего и нижнего уровней обеспечивает также управление устройствами защитной автоматики.

Применение СУРСТ на объектах эксплуатации позволяет существенно ускорить сроки принятия решения при возникновении нештатных ситуаций, требующих оперативного вмешательства по устранению неисправностей обслуживающим персоналом, сократить эксплуатационные расходы и трудозатраты на работы, связанные с составлением отчётной документации.

Система централизованно решает задачи по приёму и передаче электроэнергии с преобразованием по уровню напряжения и роду тока для распределения её потребителям: техническим службам освещения станций, вестибюлей и тоннелей.

В комплекс решаемых задач системы на Волгоградском метропратме включены функции управления тоннельным и станционным вентиляционным оборудованием, позволяющим обеспечивать, контролировать и поддерживать воздухообмен в соответствующих служебных помещениях на уровне требований санитарно-гигиенических норм.

Помимо этого, система в автоматическом режиме управляет оборудованием теплоснабжения, питьевого, хозяйственного и пожарного водоснабжения и насосными установками по откачиванию грунтовых, атмосферных и производственных сточных вод и фекальной жидкости в городскую водосточную сеть и канализацию.

Функционально СУРСТ объединяет подсистемы управления внешними устройствами автоматики, диагностики, контроля и протоколирования состояния рабочих модулей и действий оперативного персонала, а также администрирования и сервиса и информационно-справочный внутрисистемный сервис в единый программно-аппаратный комплекс управления.

Диспетчерское оборудование контроля и управления включает в себя видеотерминал коллективного пользования и мониторы автоматизированных рабочих мест центрального диспетчерского пункта, станционных автоматизированных рабочих мест, компьютерное и серверное обеспечение в качестве



**Шкаф с системой микропроцессорной централизации**

устройств приёма, обработки и передачи информации.

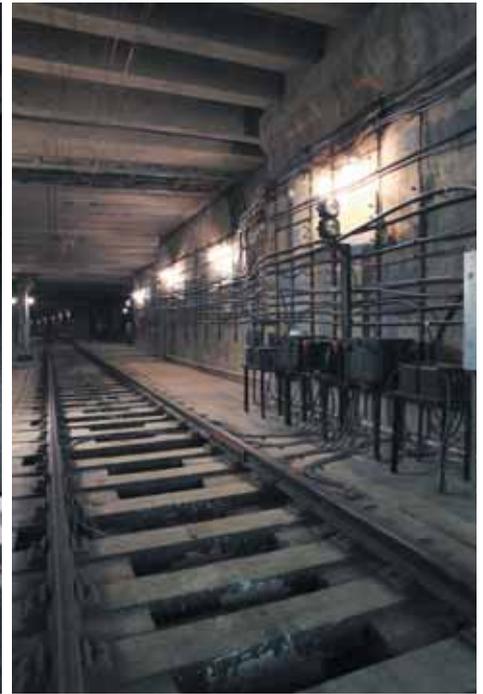
Модульный принцип построения системы с использованием резервирования обеспечивает работоспособность оборудования в течение десяти лет при среднем времени ее восстановления при локальном единичном отказе, не превышающем одного часа. При этом замена отказавшего модуля производится без остановки работы или потери качества функционирования системы.

По способу управления СУРСТ включает режимы местного и дистанционного, телеуправления и автоматического без участия оператора на уровне локальной автоматики. При этом схемные и программные решения исключают одновременное управление двумя и более способами.

Переход между режимами осуществляется только по разрешению и команде диспетчерского персонала с выводом на устройства визуализации информации о текущем режиме управления. Самопроизвольный переход исключён.

В целях предотвращения возникновения аварийных ситуаций на объектах эксплуатации все ответственные операции при работе с системой возможны только при условии оперативного воздействия уполномоченного к данному виду деятельности персонала. В силу специфики поставленных задач, в системе реализован многопользовательский интерфейс взаимодействия при доступе к информационным ресурсам с обеспечением комплекса организационно-технических мероприятий по предотвращению несанкционированного доступа.

В функционале СУРСТ заложено обязательное требование вывода на экран аварийной информации при отклонении от норм микроклиматических параметров



**Шкафы с напольным оборудованием системы СУРСТ и управления движением**

станций, возникновении пожара или задымления и срабатывании устройств контроля несанкционированного проникновения в тоннель. Кроме этого, система сигнализирует об аварийном пропадании питающего напряжения на вводах совмещённых тягово-понижительных подстанций, срабатывании устройств токовой защиты, пропадании питающего напряжения в секциях контактной сети, выхода контролируемых параметров сигналов телеизмерений за границы допустимого диапазона, срабатывании устройств охранно-пожарной сигнализации, пропадании питающего напряжения на исполнительных электромеханических устройствах и отказах контролируемого оборудования.

В результате выполнения этого уникального проекта были автоматизированы процессы управления движением подвижного состава Волгоградского скоростного трамвая и обеспечена максимальная безопасность перевозок пассажиров. Кроме того, централизованы мониторинг состояния и работоспособности функциональных узлов внешнего подключаемого исполнительного оборудования, графико-интервальное регулирование интенсивности движения с максимально возможным исключением действий диспетчерского персонала из процесса управления движением и контролем действий оперативного обслуживающего персонала.

«Благодаря внедрению новых технологий удалось интегрировать ряд инженерных систем, повысив их комплексную безопасность и надёжность, а также значительно снизить эксплуатационные затраты», – подчеркнул директор Дирекции городского электрического транспорта Волгограда Леонид Пивоваров.



# ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНАЯ МИКСЕРНАЯ СТАНЦИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ СТРУЙНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ ГРУНТОВ

**А. Г. Малинин**, директор ООО «Специальная строительная техника»

**А. Н. Смирнов**, главный инженер

**В** последнее время технология струйной цементации грунтов получила широкое распространение при решении различных задач подземного строительства – сооружении глубоких котлованов, предварительном укреплении грунтов при проходке тоннелей метрополитенов, устройстве вертикальных и горизонтальных завес при прокладке коллекторов и др.

Большинство из перечисленных задач предусматривает применение технологического режима JET2, когда для повышения вылета цементной струи дополнительно используют сжатый воздух. В этом случае диаметр грунтоцементных колонн достигает 1,5–2,0 м. Диаметр колонн можно увеличить до 2,5–3,0 м, применяя более мощные компрессоры с производительностью сжатого воздуха 20–25 м<sup>3</sup>/мин и давлением 17–20 атм, а также мощные насосы с расходом нагнетания цементного раствора 300–350 л/мин.

Простейшие расчеты показывают, что для обеспечения устойчивого технологического процесса необходим узел приготовления цементного состава производительностью 20–25 м<sup>3</sup>/ч, который включает емкость для хранения воды объемом 10–20 м<sup>3</sup>, силосы для хранения цемента общим объемом 60–70 м<sup>3</sup> и, главное, миксерную станцию производительностью 20–25 м<sup>3</sup>/ч.

Откликаясь на многочисленные запросы строительных организаций, руководством предприятия «Специальная строительная техника» было принято решение о разработке конструкторской документации и изготовлении миксерной станции, обладающей повышенной производительностью приготовления цементного раствора.

Следует отметить, что конструкторы начали решать задачу не «с чистого листа». Предприятием уже были освоены миксерные станции СМ-20/50 «Мини», СМ-40/90, СМ-40/150-А «Вихрь», предназначенные для инъекционных и анкерных работ, а также для работ по струйной цементации грунтов при «стандартных» режимах.

Имеющий опыт позволил в кратчайшие сроки изготовить новую модель станции.

Миксерная станция СМ-80/200-АК (автоматическая, в контейнерном исполнении) предназначена для приготовления цементного раствора с заданным весовым соотношением компонентов (вода, цемент) в автоматическом режиме.

Для удобства транспортировки и хранения новая модель станции конструирована в 20-футовом морском контейнере 1 (рис. 1). В отличие от многочисленных за-

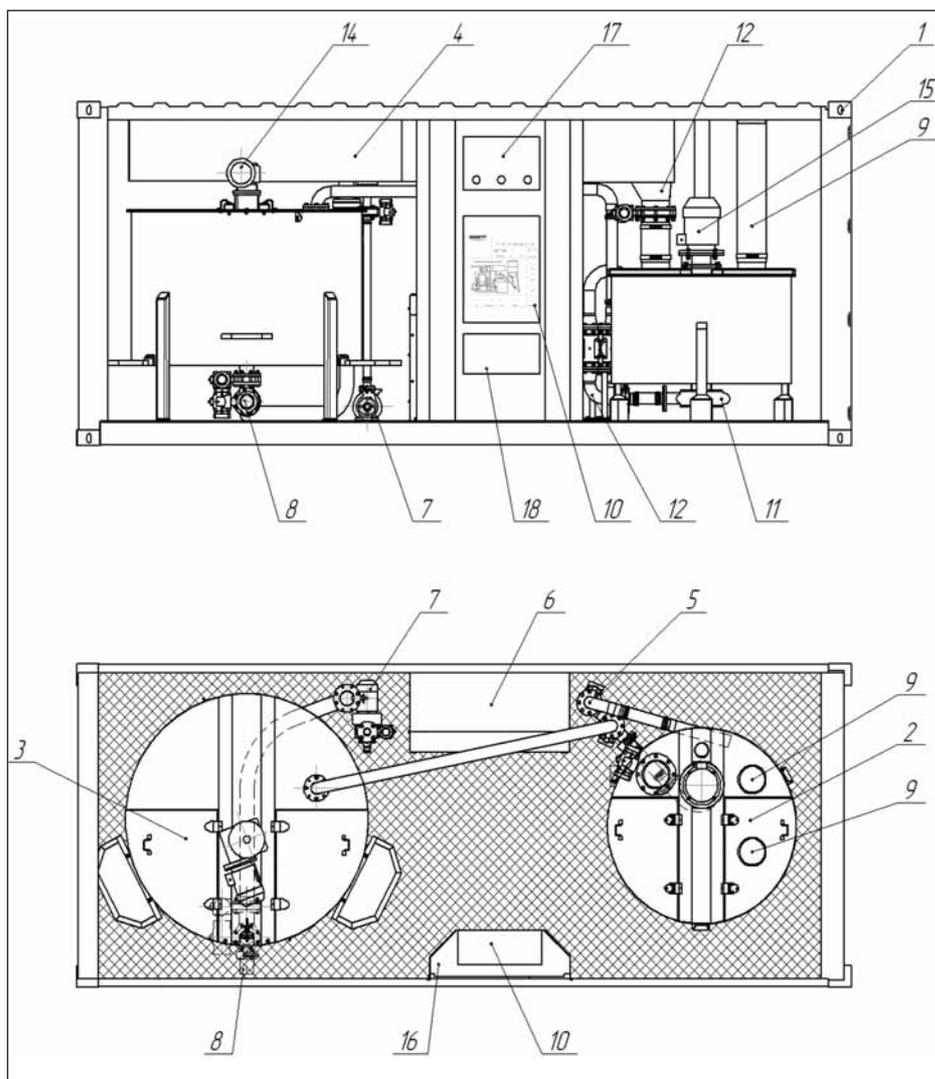


Рис. 1. Принципиальная схема миксерной станции



Рис. 2. Внешний вид СМ-80/200-АК



Рис. 3. Миксерная станция на объекте строительства метрополитена в г. Казани

Рис. 4. Пульт управления станцией

Таблица

Технические характеристики миксерной станции СМ-80/200 «Вихрь»

Параметр	Значение
Габариты, мм: длина ширина высота	6055 2438 2491
Рабочий объем емкости миксера, л (дал)	800 (80)
Рабочий объем емкости накопителя, л (дал)	2000 (200)
Общая потребляемая мощность, кВт, в т.ч. мощность электродвигателя: миксера накопителя водяного насоса	12,7 7,5 2,2 3,0
Вес, кг	4600

рубежных аналогов станция имеет три фронтальных двери, которые открывают доступ к миксеру, накопителю и пульту управления. Пуль управления помещен в изолированный отсек, доступ к которому производится через центральную дверь. Подобная компоновка позволяет оператору насосного агрегата следить за показаниями приборов и световых индикаторов, расположенных на пульте управления и, в случае необходимости, корректировать технологический процесс.

Миксерная станция состоит из двух основных агрегатов – миксера и накопителя. Технические ее характеристики приведены в табл.

Миксерная станция (рис. 1) состоит из контейнерного каркаса 1, миксера 2, накопителя 3, электрического пульта управления 10. В верхнюю часть контейнера встроены бак для воды 4 емкостью 2 м<sup>3</sup>, из которого вода по трубопроводу 12 загружается в миксер.

Миксер предназначен для приготовления рабочего раствора и перекачивания его в накопитель. Смешивание компонентов происходит в турбулентном потоке, создаваемом центробежным насосом 11. Центробежный насос приводится в движение электрическим двигателем 15.

Приготовленный раствор перекачивается в накопитель. Для того чтобы предотвратить осаждение частиц цемента (глины) в накопителе, раствор поддерживают в подвижном состоянии. Лопасты, подмешивающие раствор со скоростью вращения 25 об/мин, приводятся во вращение электродвигателем с помощью понижающего редуктора 14 производства известной итальянской фирмы Bonfiglioli.

К выходному патрубку 8 присоединен тройник, который дает возможность подавать в высоконапорный цементировочный насос цементный раствор или чистую воду, необходимую, например, при бурении скважин на воде или при гидроразмыве скважин. Кроме того, подача чистой воды в основную магистраль позволяет в аварийных ситуациях (например, при аварийном отключении электроэнергии) оперативно промыть цементировочный насос, напорные шланги и буровой снаряд от цементного раствора.

Миксерная станция оснащена электронным весовым терминалом «Laumas Elettronica» (Италия), позволяющим вести весовую дозировку компонентов (вода, цемент, глина и т. д.). Для этого на опорах миксерного бака установлены тензодатчики, передающие компьютерному блоку информацию о весе загруженных материалов.

Перенаправление потоков рабочих жидкостей по трубопроводам осуществляется с помощью дисковых поворотных затворов с пневмоприводом. Для подачи сжатого воздуха в шланги управляющей пневмосистемы на станции установлен компрессор с ресивером объемом 100 л. Давление сжатого воздуха – 0,9 МПа.

Все комплектующие изделия находятся в большом количестве на складе предприятия, что дает возможность предоставлять гарантию на 12 месяцев.

В заключение упомянем фактор, во многом определяющий спрос на описанные миксерные станции. При всех равных технических параметрах стоимость станции примерно на 30 % ниже аналогичной импортной (с учетом транспортировки, таможенных платежей и т. д.). Первые покупатели уже оценили это немаловажное обстоятельство.



# НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО МЕТРОСТРОЕНИЯ

**А. В. Иванов**, заместитель начальника проектного отдела по конструктивно-технологическому проектированию ОАО «Метрострой», Санкт-Петербург



Рис. 1. Тюбингоукладочная машина УТ2С

**Много внимания при строительстве Санкт-Петербургского метрополитена уделяется механизации производственных процессов. И этими вопросами занимаются проектировщики Метростроя.**

**В** условиях строительства Санкт-Петербургского метрополитена широкое применение нашли пилонные станции глубокого заложения. Их сооружение начиналось с возведения боковых станционных тоннелей диаметром 8,5 и 9,8 м с выходом из пройденных перегонных тоннелей диаметром 5,63 м. Для этого в перегонном тоннеле устанавливали на тирантах раму с приводом вращения рычага для укладки тюбингов в обделку. Начиная с прорезных колец, сооружали монтажную камеру диаметром 8,5 или 9,8 м, которая становилась начальным участком бокового станционного тоннеля. Затем в камере собирался другой проходческий комплекс, типа КП 21, и проходка тоннеля продолжалась.

Аналогичным образом сооружалась камера съездов, которая состоит из тонне-

лей переменного сечения с диаметрами от 6,0 до 9,8 м.

На монтаж укладчиков уходило много времени, отсюда появилась задача запроектировать такую машину, с помощью которой можно было бы сооружать тоннели переменного сечения, без дополнительных монтажно-демонтажных работ. Для этой цели была разработана тюбингоукладочная машина УТ2С (рис. 1). По своей сути укладчик УТ2С трансформируется в зависимости от размеров сооружаемой выработки и позволяет проходить тоннели разных диаметров. Выходя из перегонного тоннеля диаметром 5,63 м в больший, его рама с помощью гидравлики раздвигается по ширине и высоте, увеличиваясь в размерах под строительство соответствующих диаметров тоннелей (рис. 2).

Укладчик (рис. 3) состоит из раздвижного портала 1, опирающегося на восемь опор 2 с выдвигаемыми звеньями 3, привода вращения 4, телескопического рычага 5, гидроцилиндра передвижения 7 и вспомогательной металлоконструкции 8 с выдвигаемыми платформами 9.

Из портала 1 укладчика УТ2С, смонтированного в тоннеле диаметром 5,63 м, по мере продвижения в тоннель большего диаметра поочередно выдвигаются горизонтально опоры 2 и вертикально звенья 3, и устанавливаются на переставные кронштейны 4 в большем диаметре тоннеля. Таким образом осуществляется переход из одного тоннеля в другой. Укладчик УТ2С перемещается с помощью гидроцилиндров передвижения 7, отталкиваясь от специальных кронштейнов.

Внедрение укладчика УТ2С происходило на строительстве пятой линии Санкт-Петер-

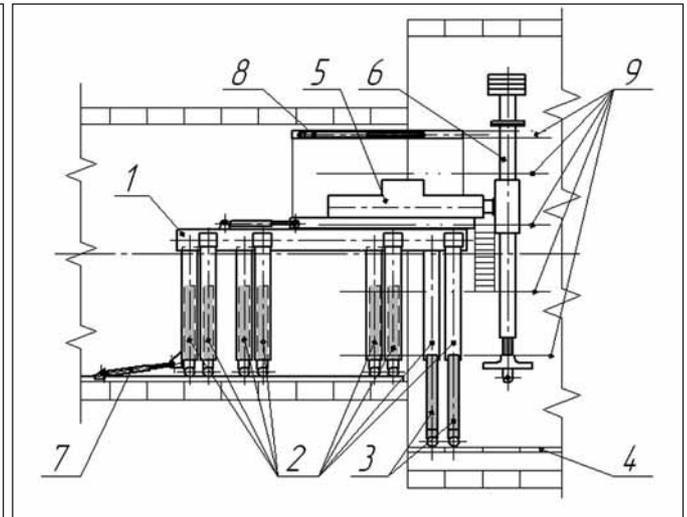
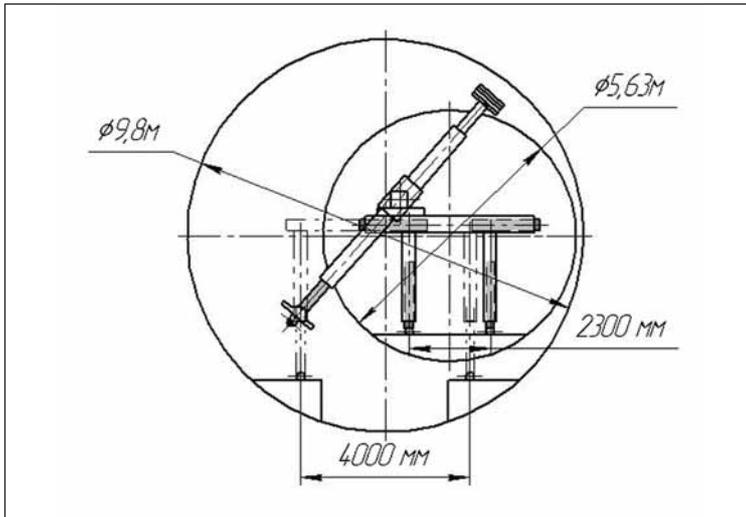


Рис. 2. Укладчик сборной обделки станций метрополитена и транспортных тоннелей Рис. 3. Схема тьюбингоукладочной машины УТ2С

бургского метрополитена, где были построены станции «Спасская» и «Международная» и камеры съездов (ст. «Спасская»).

Опыт работы показал хорошую приспособляемость укладчика УТ2С при проходке тоннеля переменного сечения. Дальнейшее совершенствование должно идти по пути развития механизации разработки забоя. В новом проекте предусмотрены площадки ножничного типа, которые поднимаются на требуемые высотные уровни при монтаже обделки. В сложном положении площадки образуют единую платформу, на которую возможно устанавливать породоразрабатывающую машину типа Brokk 180.

На этом же укладчике УТ2С был применен рычаг двойной телескопичности 6 (см. рис. 2 и 3), что дало возможность собирать элементы блочной обделки в большом диапазоне диаметров.

Конструкция укладчика защищена патентом на полезную модель РФ № 71696, рычаг – № 71697.

На строительстве пятой линии Санкт-Петербургского метрополитена был впервые применен установщик ПМБ механических балок, входящих в конструкцию станций пилонного типа. Ранее металлические балки длиной 4 м и весом 4 т устанавливались с помощью приспособлений и напольных лебедок, что было небезопасно.

Установщик ПМБ (рис. 4) состоит из самоходной порталной рамы, двух гидравлических манипуляторов, системы рабочих площадок. Наиболее интересными его элементами являются манипуляторы, которые представляют собой рычажно-шарнирную систему с нижним телескопическим звеном и специальным захватом за балку. Манипуляторы прикреплены к верхней части портала через поворотные шарниры, что делает возможным поворот манипуляторов на 180° относительно вертикальной оси. При сооружении среднего зала пилонной станции металлические балки устанавливаются поочередно, внизу и вверху, с левой и правой сторон станционного тоннеля.



Рис. 4. Установщик ПМБ механических балок

Конструкция установщика рассчитана на устойчивость таким образом, что при выходе из габарита портала манипуляторов с балкой, при ее установки на место, обеспечивается достаточный коэффициент устойчивости без дополнительного пригруза.

Установщик ПМБ успешно применяется на строительстве станций «Волковская» и «Обводный канал». Опыт использования показал его хорошую и надежную работоспособность и пригодность к переходу на радиоуправление.

На установщик балок ПМБ был получен патент на полезную модель РФ № 72508.

Тьюбингоукладочная машина УТ2С и установщик металлических балок ПМБ были разработаны специалистами ОАО «Метрострой», изготовлены в Управлении механизации – филиале ОАО «Метрострой» и прошли успешные испытания при строительстве новых станций Санкт-Петербургского метрополитена.



#### Технические характеристики УТ2С

Наружный диаметр сооружаемого тоннеля – 7,9; 8,5; 9,8; 11,6 м  
 Производительность – 0,3 пн/смен  
 Колея укладчика – 2300/4000 мм  
 Грузоподъемность рычага – не более 1200 кг  
 Выдвижные платформы – 10 шт., ход – 2,18 м  
 Рабочее давление гидросистемы – 16 МПа  
 Установленная мощность – не более 50 кВт  
 Вес укладчика – не более 54 тн

#### Технические характеристики ПМБ

Грузоподъемность – не более 4,2 тс  
 Скорость подъема балки – не более 0,8 м/с  
 Наружный диаметр обделки – 8,5 м  
 Угол поворота системы рычагов относительно вертикальной оси тоннеля – 180°  
 Ход захвата – не более 1600 мм  
 Габарит – 9,4×4,8×6,6 м  
 Масса – не более 15 т

# ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СТАЛЕФИБРОБЕТОНА В ТОННЕЛЬНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ

Э. Н. Овчинников, инженер, ООО «ГАБИОНЫ МАККАФЕРРИ СНГ»

MACCAFERRI

**В** последние несколько десятков лет в России появляются и внедряются различные инновационные технологии и материалы для сооружения промышленных, гражданских или специальных объектов. Подземное строительство также не осталось без внимания. В данной статье рассмотрено применение фибры при сооружении тоннелей.

Несмотря на то, что фибра не является инновационным материалом на мировой арене подземного строительства, на территории России она появилась сравнительно недавно. Существует весьма обширный круг типов фибры, применяемой в различных отраслях. Фибра может производиться из стали, полипропилена, поливинилалкоголя, стекловолокна, алюминия, углерода, целлюлозы и др. (рис. 1).

Наибольший интерес из вышеперечисленного представляет стальная фибра. Именно этот тип фибры может применяться как конструктивный, иными словами, он может заменять в бетоне традиционную арматуру, такую как стальные сетки и стержни. Полипропиленовая макрофибра также является довольно популярной, хотя и имеет низкий модуль Юнга и предел текучести, что (в соответствии с Европейским нормативным документом «Model Code 2010») не отвечает минимальным требованиям конструктивной

арматуры. Основные аргументы за использование синтетической макрофибры – меньший объем заложения на  $1 \text{ м}^3$  бетона, а также подверженность стальной фибры коррозии, что не является таковым. Высокая цена полипропиленовой фибры уравнивает ее меньший объем заложения по сравнению со стальной. Тем самым на выходе, при сравнении общей стоимости фибры на  $1 \text{ м}^3$  бетона, полипропиленовая фибра не имеет преимуществ. Помимо этого, отличительная черта сталефибробетона в том, что в мире существуют нормативные документы, в соответствии с которыми стальная фибра подлежит точным расчетам в конструкции крепи. Основываясь на вышеперечисленных аргументах, можно сделать вывод, что стальная фибра представляет наибольший интерес для применения в секторе подземного строительства.

Стальная фибра делится на классы в зависимости от типа производства:

- холоднотянутая;
- нарезная;
- плавленная;
- дробленая;
- измененная холоднотянутая.

Компания МАККАФЕРРИ использует стальную холоднотянутую фибру Wirand анкерного типа с загнутыми концами, которые в бетоне работают по принципу анкера.

Данная геометрическая форма обеспечивает наибольшее сцепление с бетоном, что делает процесс производства достаточно простым, но в то же время эта фибра отвечает всем требованиям эффективной работы. На рис. 2 представлен ряд существующих типов стальной фибры.

Прочность на разрыв фибры Wirand колеблется от 1100 до 1500 МПа в зависимости от ее размеров. Ее применение в бетоне повышает сопротивляемость ударным нагрузкам и абразивному износу, повышает поглощение энергии, понижает восприимчивость к перепадам температур, снижает коэффициенты влагопоглощения и усадки.

Благодаря применению фибры матрица бетона становится равномерно усиленной по всему объему, уменьшается толщина стяжки, а также повышается коррозионная стойкость конструкции. Помимо этого, одним из главных преимуществ использования фибры является препятствие раскрытию трещин по всей площади элемента (рис. 3).

Ввиду вышеперечисленных свойств, стальная фибра нашла применение и в тоннельном строительстве.

Фибра может использоваться как во временной крепи тоннеля, так и в постоянной. Ее применяют в следующих видах отделки: набрызг-бетон, монолитный и сборный бетон.

Рис. 1. Разновидность фибры



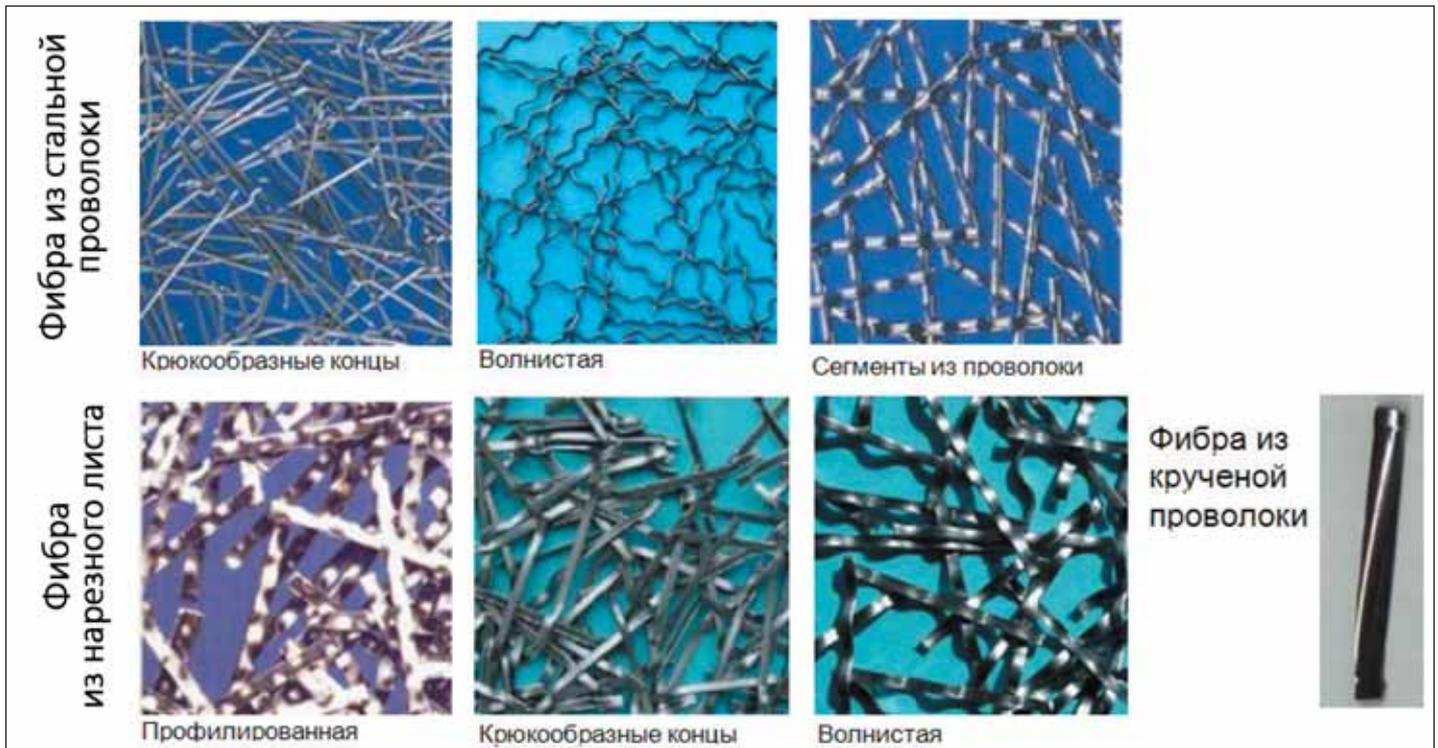


Рис. 2. Разновидность стальной фибры

Размер используемой фибры зависит от типа ее применения – в набрызг-бетон требуется фибра длиной 33–37 мм и диаметром 0,55–0,75 мм, а в монолитный и сборный бетон – более крупная фибра, длина которой составляет 50 мм, а диаметр варьируется от 0,75 до 1 мм. Как правило, дозировка фибры находится в пределах 20–60 кг/м<sup>3</sup> бетона, в зависимости от вида и типа отделки и действующих нагрузок. Также фибра подбирается с соответствующими геометрическими данными.

Российская нормативная база по расчету фибробетонных конструкций представлена Сводом Правил по проектированию и строительству сталефибробетонных конструкций СП 52-104-2006. В данном документе прописаны конкретные марки стальной фибры, соответствующие Свод Правил является не общим для сталефибробетонных конструкций, а индивидуальным. Альтернативных документов в России не существует, соответственно проектирование основывается на иностранной нормативной базе – европейской.

В Европе и других странах опыт применения фибробетона насчитывает не один десяток лет. Существует действующая нормативная база по расчету сталефибробетонных конструкций с использованием стальной фибры любого типа – Model Code 2010. В данном руководстве можно найти указания для расчетов сталефибробетонных элементов по прочности на действие изгибающих моментов, продольных и поперечных сил, крутящих моментов и на действие местных нагрузок.

Расчет по прочности сталефибробетонных конструкций производится по предельным и рабочим усилиям. Помимо

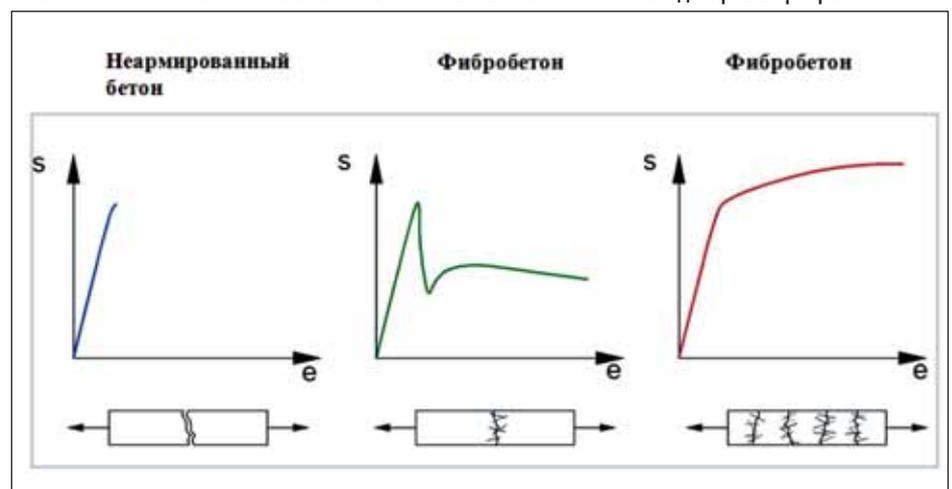
Model Code 2010 разработан и выпущен ряд методических пособий по расчетам сталефибробетонных конструкций, таких как «Технический Отчет № 63. Руководство по проектированию сталефибробетонных конструкций». Данные документы написаны ведущими европейскими специалистами в области фибробетона – независимой коллегией профессоров из европейских университетов.

Помимо стандартного испытания кубов на сжатие, проводится испытание призмы на изгиб. В Европе фибробетонные призмы испытываются в соответствии с Европейскими Нормами EN 14651 «Метод испытания сталефибробетона для определения остаточной прочности на разрыв», а также итальянским Нормативным Документом UNI 11039 «Сталефибробетон – определение, классификация и назначение». Первоначально был выпущен имен-

но UNI 11039, а европейский документ уже основывался на итальянском опыте, но с некоторыми изменениями, приемлемыми для привычной практики большинства европейских государств. Оба документа опираются на указания и требования к бетону, описанные в EN 206 «Бетон – спецификация, технические характеристики, производство и соответствие». Помимо европейских норм по испытаниям сталефибробетона есть и другие, например, японские JSCE SF-4, американские ASTM C-1018, бельгийские NBN B15-238. В России испытания на растяжение при изгибе любых армобетонных призм проводятся в соответствии с ГОСТ 10180 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам».

Принципиальное отличие европейских нормативных документов от российских заключается в том, что для испытаний призм

Рис. 3. Изменение механических свойств бетона в зависимости от типа и дозировки фибры



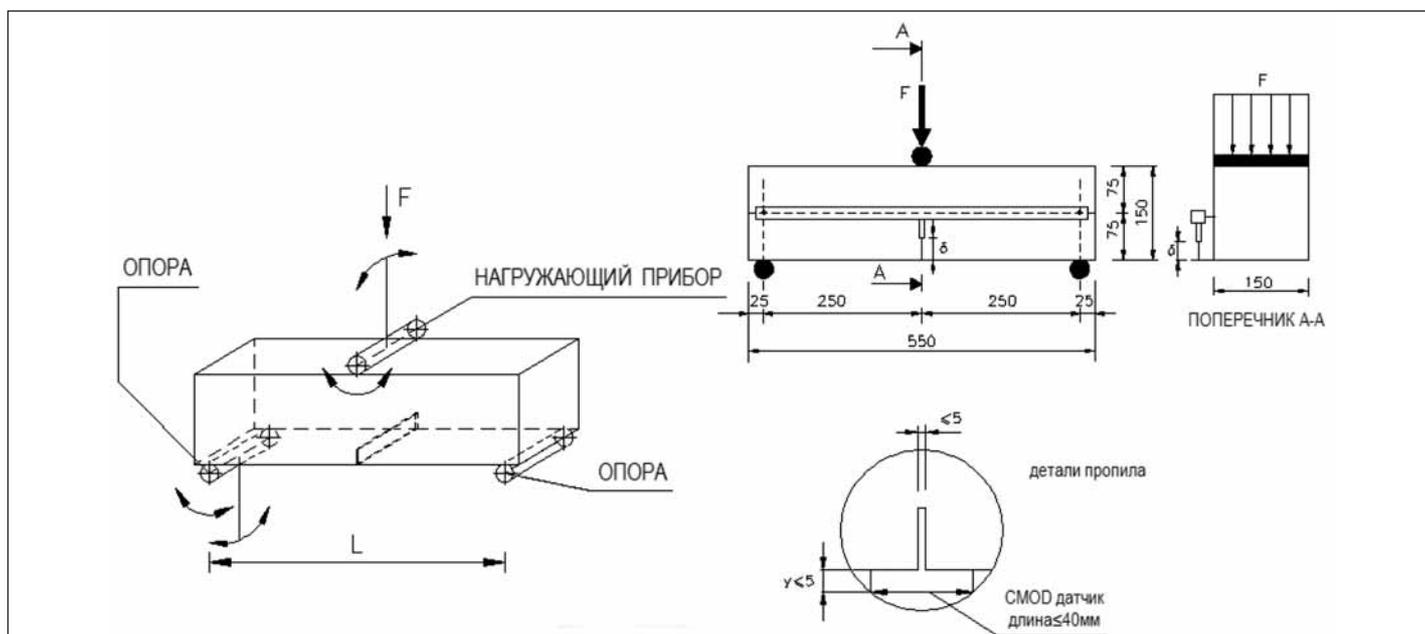


Рис. 4. Устройство сталефибробетонной призмы для испытаний на остаточную прочность при изгибе в соответствии с EN 14651

на изгиб балка должна быть с пропилом, соответственно и концепция испытаний отлична от российской (рис. 4).

По российским нормам сталефибробетон тестируется по стандартному методу, как и железобетон – без пропила. Данное отличие затрудняет распространение применения фибробетона в секторе подземного строительства на территории Российской Федерации. В ГОСТах и СНИПах применение фибры не прописано, метод испытаний также не адаптирован под российские нормативы. Поэтому внедрение фибробетона проходит довольно болезненно, несмотря на то, что перед нами большое количество примеров иностранного опыта использования данного материала в подземном строительстве, в частности – тоннельном. Для решения данного вопроса необходимо проводить испытания по европейским нормам на территории РФ, а затем сверять полученные результаты с расчетными данными (рис. 5).

Использование фибры в бетоне во многих случаях способно полностью заменить традиционную арматуру. Ввиду чрез-

мерных нагрузок, слабых пород или особенностей проектной конструкции крепление не всегда представляется полная замена арматуры на фибру. В таких случаях рассматривается вариант комбинированного армирования, состоящего из фибры и стальных стержней. В этом случае количество закладываемой традиционной арматуры существенно сокращается. При замене арматуры на фибру конструкция не теряет своей несущей способности, при этом значительно ускоряется и облегчается процесс возведения крепи, так как исключается производство, подготовка и установка армирующего каркаса или сварных сеток. Помимо всего прочего, повышается безопасность производства работ, так как армирование свода всегда связано с опасной работой на высоте.

Один из наиболее волнующих вопросов – это коррозия. Вопреки сомнениям скептиков по поводу коррозионной стойкости сталефибробетона, он, согласно европейским отчетам по испытаниям, показывает положительные результаты.

Подвергнется ли фибробетон коррозии или нет, зависит от его качества. Бетон с низким содержанием воды, но с применением пластификаторов обеспечивает низкую пористость, а также высокую водонепроницаемость. Основным преимуществом фибробетона перед традиционной арматурой, особенно стальными сетками, является его дискретность. У традиционного железобетона при достижении трещиной арматуры начинается процесс коррозии, особенно в условиях агрессивной среды, которая распространяется от места соприкосновения арматуры и трещины далее по всему армированию, что через определенный промежуток времени приводит конструкцию к утрате несущей способности. Основываясь на отчете Н. Бартона и Е. Гримстада 1994 г. об испытаниях бетона в подземном строительстве, в случае армирования стальной фиброй коррозия носит локальный характер – ржавеют отдельные фиброволокна. Каждое из них имеет бетонную щелочную оболочку. При раскрытии трещины коррозия может поразить лишь те волокна, которые соприкасают-

Рис. 5. Испытание сталефибробетонной призмы на остаточную прочность при изгибе в соответствии с EN 14651



ся с самой трещиной, далее в конструкции коррозия не распространяется. Б. Малмберг также провел испытания фибробетона на предмет коррозионной стойкости, которые показали, что на стойкость оказывают влияние те же самые параметры, что и в случае традиционного железобетона. Для того чтобы определить как долго стальные волокна могут распределять нагрузку и предотвращать дальнейшее развитие трещины, необходимо проанализировать ширину и глубину трещины, тип и диаметр используемой фибры и суровость окружающей среды.

Фибра, вставшая на пути начала развития трещины, не будет корродировать при условии раскрытия трещины не более чем на 0,2 мм. Это показатель, при котором трещина имеет свойство самосокращения. Согласно вышеупомянутому отчету, волокна, которые все-таки подверглись коррозии, не теряют несущую способность мгновенно, коррозия протекает по поверхности волокна, тем самым оно сохраняет свои рабочие способности.

Говоря исключительно о фибронабрызг-бетоне, поверхность иногда может иметь несколько ржавый оттенок ввиду того, что выступающая наружу фибра проржавела. Как только она отваливалась или убиралась, никакого неестественного для бетона оттенка не возникало.

Основываясь на доступных отчетах об испытаниях сталесибробетона на коррозионную стойкость можно сделать вывод, что коррозия – проблема чисто визуального и эстетического характера, она никак не отражается на несущей способности бетона.

Российский офис Группы компаний МАККАФЕРРИ ООО «ГАБИОНЫ МАККАФЕРРИ СНГ» совместно с ОАО «Минскметропроект» заложили в проект реконструкции Рокского тоннеля (Республика Северная Осетия) стальную анкерную фибру Wirand, как во временную крепь, так и в постоянную.

Рокский тоннель – единственный сухопутный транспортный путь, связывающий Россию и Южную Осетию. Он был построен 25 лет назад и требует реконструкции – под воздействием грунтовых вод идет разрушение свода, на некоторых участках произошли обрушения. Также необходимо обновить его инженерную инфраструктуру.

Для проведения реконструкции Рокского тоннеля необходимо было подготовить сервисную штольню на 93-м километре дороги «Кавказ» для переключения движения транспорта на время работ. Реконструкция сервисной штольни длиной 3805 пог. м заключалась в увеличении сечения тоннеля для возможности открытия движения транспорта в реверсивном графике. Также на подъезде к Рокскому тоннелю на 86-м километре было принято решение о строительстве тоннеля для защиты автомобильной дороги от схода лавин и камнепадов. Исходя из экономических соображений, а также требований безопасности, было принято решение о замене арматурных сеток стальной фиброй (рис. 6).

Путем расчетов, основанных на европейской нормативной базе, Минскметропроект при

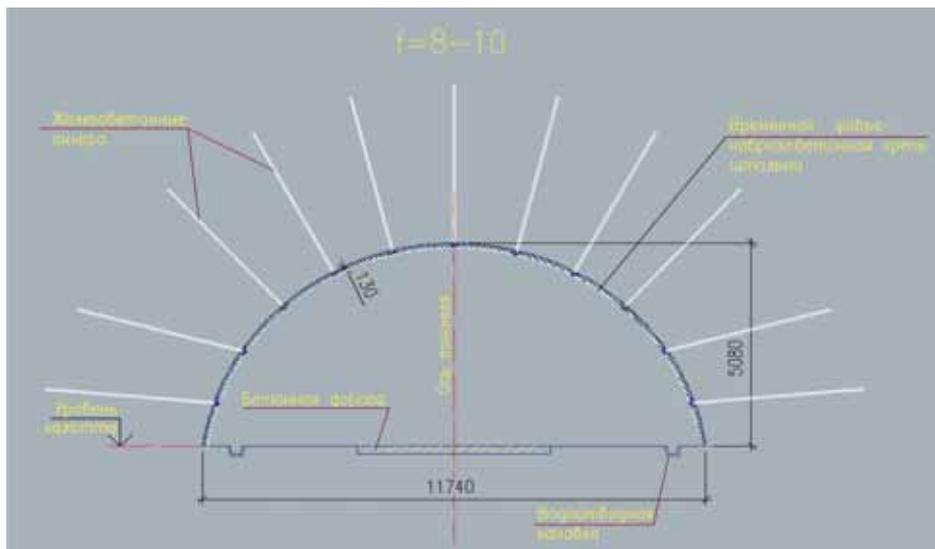


Рис. 6. Тоннель на 86-м километре

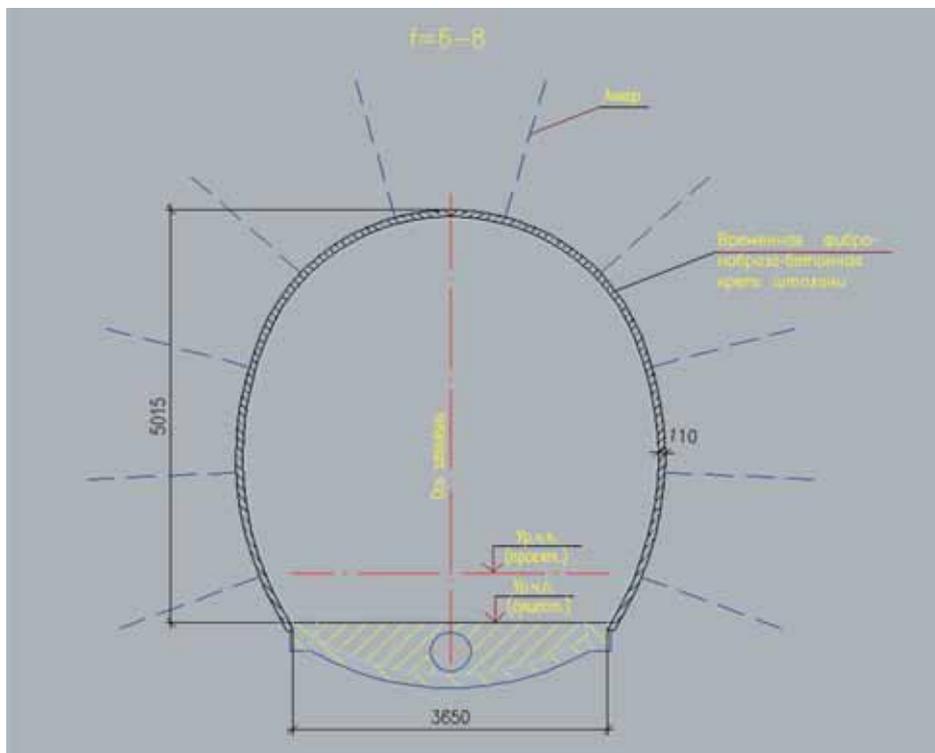


Рис. 7. Сервисная штольня на 93-м километре

поддержке МАККАФЕРРИ разработал проектные решения с применением стальной фибры Wirand SF4N и SF3N во временной крепи сервисной штольни Рокского тоннеля. Работы производило ООО «Бамтоннельстрой-Гидрострой». Толщина фибронабрызг-бетона, согласно расчетам, варьируется от 110 до 160 мм (рис. 7).

При использовании фибры строителями и проектировщиками было отмечено, что существенно увеличивается скорость производства работ – армирование фиброй занимает 12 ч, а стальной сеткой – 36 ч. Использование фибры для армирования во временной обделке повышает удобство и безопасность ведения работ в выработке, так как совмещаются два процесса – набрызг-бетонирование и установка сеток. Фибронабрызг-бетон более плотно покрывает контур выработки, без образо-

вания пустот, возможных при традиционном армировании. Фибронабрызг-бетон воспринимает большие деформации без потери несущей способности по сравнению с набрызг-бетоном, армированным металлической сеткой.

Постоянная обделка тоннеля запланирована на лето 2012 г. В проектном решении предусмотрено комбинированное решение – стальная анкерная фибра FF3 марки Wirand и традиционная стальная стержневая арматура. Для возможности применения фибры в постоянной монолитной обделке тоннеля были проведены испытания на сжатие кубов (табл. 1) и изгиб призм (табл. 2) в соответствии с Европейским Нормативным документом EN 14651. Сравнили три дозировки фибры – 25, 30 и 35 кг/м³.

Эти же самые испытания были проведены и подрядчиком, но уже в соответствии с

Таблица 1

## Испытание кубов на сжатие в соответствии с EN 14651

Наименование	Значения		
Количество фибры «Wirand FF3», кг/м <sup>3</sup>	25	30	35
О.К., см	17,5	20	16,0
Температура бетонной смеси, °С	18,3	18,6	18,6
Воздуховлечение, %	3,34	3,74	3,30
Прочность на сжатие, МПа	Среднее значение	Среднее значение	Среднее значение
1 день	10,6	3,5	7,1
3 дня	28,4	17,7	29,6
7 дней	39,0	33,2	42,6
28 дней	53,3	45,0	57,2

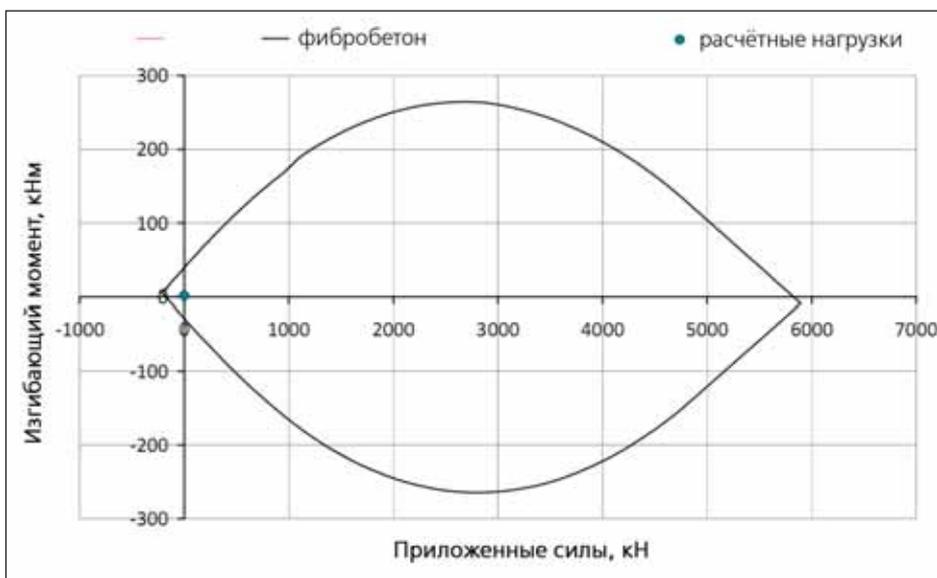


Рис. 8. Расчетная программа «Domipus» для заложения фибры в монолитный и сборный бетон

ГОСТ 10180-90. Испытания, проведенные как подрядчиком, так и независимой лабораторией, показали очень хорошие результаты и полностью удовлетворяют проектным требованиям. В табл. 3 приведено сравнение расходов материалов на сооружение 1 п. м основного сечения автодорожного тоннеля на км 86+30, предоставленное Минскметропроектом.

Толщина финальной отделки на данном участке составляет 400 мм, высота сечения 8950 мм и пролет 11600 мм. Как видно из табл. 3, при использовании фибры общее количество массы арматуры ниже, соответственно и общая стоимость конструкции значительно снижается при полном сохранении несущей способности.

Для упрощения расчета монолитных и сборных фибробетонных конструкций специалисты компании МАККАФЕРРИ разработали специальную программу. Отдельная программа создана и для расчета фибры в набрызг-бетон (рис. 8).

Многолетний мировой опыт применения фибробетона в тоннельном строительстве, и тот небольшой опыт его использования в России говорит о том, что фибра является весьма пригодным, а зачастую незаменимым материалом при возведении как временной, так и постоянной крепи. Стальная фибра Wirand была применена более чем на сорока объектах подземного строительства. Компания МАККАФЕРРИ имеет многолетний опыт использования стальной фибры в строительстве тоннелей, как в Европе, так и во всем мире, и готова поделиться своими знаниями для развития этого направления в России и ближнем зарубежье.



ООО «ЛАБИОНЫ МАККАФЕРРИ СНГ»  
(495) 937-58-84, 775-19-93  
info@maccaferri.ru  
www.maccaferri.ru

Таблица 2

## Испытание призм на сжатие в соответствии с EN 14651

Тип фибры	Дозировка, кг/м <sup>3</sup>	$f_{lk}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$f_{R,1k}$ , Н/мм <sup>2</sup>	$f_{R,3k}$ , Н/мм <sup>2</sup>	Минимально допустимое значение (fib Model Code 2010)	
					$f_{R,1k} / f_{lk} > 0,4$	$f_{R,3k} / f_{R,1k} > 0,5$
Wirand FF3	25	3,73	2,07	2,09	0,56	1,01
	30	2,88	3,09	2,72	1,07	0,88
	35	3,28	2,84	2,82	0,86	0,99

Таблица 3

## Сервисная штольня на 93-м километре

Наименование материала	Тоннель, армированный арматурными стержнями	Тоннель, армированный фиброй Wirand FF3 (доз. 30 кг/м <sup>3</sup> )
Арматурная сталь, кг	1042,7	325,13
Стальная фибра, кг	—	343,8
Бетон В30, м <sup>3</sup> (лоток/стены, свод)	4,6/14,46	4,6/14,46



## Сделайте свой бетон уникальным

Компания МАККАФЕРРИ производит стальную фибру под торговой маркой WIRAND® и является одним из крупнейших производителей стальной фибры в Европе. Применение стальной фибры для армирования бетона позволяет качественно улучшить его эксплуатационные характеристики. Наряду со стальной фиброй компания МАККАФЕРРИ разрабатывает и производит широкий спектр материалов для тоннельного строительства: стекловолоконные и стальные анкеры, материалы для дренажа и гидроизоляции, добавки в бетон, керамические плиты для облицовки стен, а также полипропиленовую фибру для пассивной противопожарной защиты. Специалисты компании МАККАФЕРРИ обеспечивают квалифицированную инженерную поддержку на всех этапах проектирования и строительства подземных сооружений.

реклама

**MACCAFERRI**

[www.maccaferri.ru](http://www.maccaferri.ru)

Engineering a better solution

# ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ШВЫ В АВТОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЯХ

В. Р. Гоппе, ГИП «Сочитранстуннельпроект ТО-44», к. т. н.

Тоннельные конструкции должны быть запроектированы и выполнены таким образом, чтобы они обладали достаточной надежностью при возведении и эксплуатации с учетом, при необходимости, особых воздействий (например, сейсмических и взрывных, геомеханических, гидро- и газодинамических, термических и т. д.).

Основным свойством, определяющим надежность строительных конструкций и сооружений в целом, является безотказность их работы, способность сохранять заданные эксплуатационные качества в течение определенного срока службы.

Для обеспечения необходимого срока безотказной работы тоннельных сооружений (как правило, 100–150 лет), их конструкции должны удовлетворять набору необходимых нормативных требований.

Повышенный уровень ответственности принимается для сооружений, отказы которых могут привести к тяжким экономическим, социальным и экологическим последствиям (уникальные сооружения). В соответствии с ГОСТ 27751-88 транспортные тоннели необходимо относить к I уровню ответственности (повышенному), который требует не только безусловного выполнения рекомендаций действующих норм к тоннельным конструкциям, но и закладки повышенных требований к последним для обеспечения запаса их прочности, надежности и долговечности.

На наш взгляд в технической и нормативной литературе по тоннелестроению недостаточно внимания уделено деформационным швам в тоннельных конструкциях, как

наиболее важному и ответственному элементу тоннельного сооружения.

В соответствии с накопленным опытом строительства и проектирования, а также с действующими нормами в тоннельных конструкциях следует устраивать деформационные швы, отсекающие определенные участки сооружения друг от друга.

Ниже рассмотрим вопросы повышения надежности и совершенствования конструкций деформационных швов в тоннельных обделках и дорожных одеждах на основе изучения опыта применения новых конструктивных элементов, материалов и технологий.

«Сочитранстуннельпроект ТО-44» ведет проектирование транспортных объектов в г. Сочи, в т. ч. автомобильных тоннелей. В соответствии с техническими заданиями они проектируются в монолитной железобетонной обделке и с дорожной одеждой из двух слоев монолитного цементобетона.

Вопросы обеспечения прочности, надежности и долговечности, в частности, деформационных швов в тоннельных конструкциях являются, на наш взгляд, весьма актуальными для проектировщиков и строителей автомобильных тоннелей как в Сочи, так и в других регионах РФ.

Приведенные ниже рисунки представляют собой принципиальные схемы, а не законченные технические решения.

## Деформационные швы в монолитной железобетонной тоннельной обделке

Как известно, деформационный шов предназначен для уменьшения (или исключения)

нагрузок на элементы конструкций в местах возможных деформаций, возникающих:

- при колебании температуры воздуха в тоннеле или массива пород, окружающих его;
- сейсмических или тектонических явлениях;
- продольных и поперечных деформациях обделки под внешней нагрузкой;
- деформаций при неравномерной нагрузке или осадке грунта и других воздействий (для монолитных бетонных и железобетонных тоннельных обделок, в общем случае, значимы, например, также деформации от ползучести и усадки бетона и т. д.).

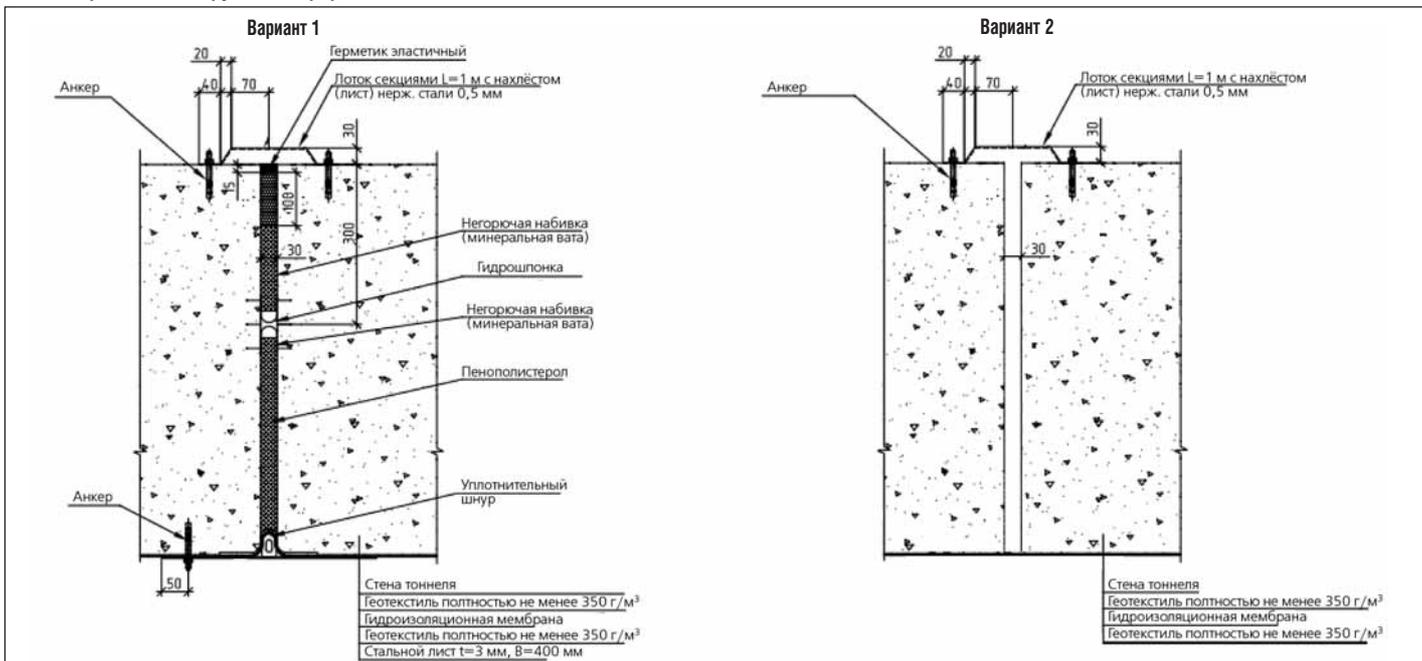
Указанные воздействия способны вызвать опасные внутренние усилия, которые могут снизить несущую способность тоннельной конструкции или даже ее разрушить.

Деформационный шов – это своего рода поперечный разрез в конструкции тоннельной обделки (перпендикулярный продольной оси тоннеля), разделяющий сооружение на отдельные блоки и, тем самым, позволяющий ему деформироваться в этих отдельных блоках в разной степени и без разрушений.

Исходя из приведенного определения деформационного шва, для тоннельной обделки можно было бы использовать простейшую его конструкцию (рис. 1, вариант 2).

Конструкции деформационных швов должны обеспечивать водонепроницаемость тоннельной обделки. Однако, исходя из опыта тоннелестроения, эти швы являются местом, через которое в тоннель проникают грунтовые воды, т. к. водоне-

Рис. 1. Варианты конструкции деформационных швов для монолитной железобетонной тоннельной обделки



проницаемость их должным образом не обеспечивается.

Поэтому разработаны конструкции заполнения и герметизации швов, а также усиления гидроизоляции в местах их расположения (рис. 1, вариант 1).

Для герметизации деформационный шов, как правило, заполняется упругими изоляционными вставками из полимерных материалов (пористого полиэтилена, пенополистирола, поливинилхлорида и т. п.), имеющих высокую прочность и эластичность.

Кроме того, могут дополнительно устанавливаться полимерные уплотнительные шнуры и гидрошпонки. Для огнезащиты полимерных материалов и изделий в конструкции деформационного шва устанавливают защитные приспособления. В варианте 1 – это лоток из профилированного стального листа, негорючий герметик, негорючая набивка (минеральная вата).

Расчетная ширина деформационного шва (или величина возможных деформаций отдельного блока тоннельной обделки) должна быть определена по наименьгоднейшему сочетанию факторов, приводящих к деформациям в конструкции.

Расчетные расстояния  $L$ , м, между антисейсмическими швами в монолитной железобетонной обделке можно определить по ВСН 193-81 из формулы:

$$L = \frac{\delta_{сeйс} T_0}{4\pi A}, \quad (1)$$

где  $c_1$  – скорость продольных сейсмических волн в грунте, м/с;

$T_0$  – преобладающий период сейсмических колебаний массива, определяемый в процессе изыскания, с;

$A$  – возможная максимальная амплитуда колебаний массива, определяемая в процессе изысканий, см;

$\delta_{сeйс}$  – допускаемое конструкцией шва продольное смещение смежных участков тоннеля относительно друг друга при расчетном сейсмическом воздействии, см.

Целесообразно расстояния между антисейсмическими швами установить с шагом, кратным длине передвижной тоннельной опалубки, используемой для сооружения монолитной железобетонной обделки.

Например, при длине опалубки 9 м швы целесообразно устраивать с шагом  $9 \times 4 = 36$  м. Это хорошо коррелируется с п. 5.12 СНиП 32-04-97, по которому антисейсмические деформационные швы тоннельной обделки «следует совмещать с температурно-осадочными деформационными швами, расстояние между которыми в обделках из монолитного железобетона должно быть не более 40 м».

Решая обратную задачу (по формуле 1), можно найти допускаемое конструкцией шва продольное смещение ( $\delta_{сeйс}$ ) смежных участков тоннеля относительно друг друга.

При этом  $\delta_{сeйс}$  определится:

$$\delta_{сeйс} = \frac{4\pi AL}{c_1 T_0}. \quad (2)$$

Как видно из последней формулы, продольное смещение ( $\delta_{сeйс}$ ) смежных участков тоннеля относительно друг друга или расчетная ширина антисейсмического шва будет тем больше, чем длиннее участок (секция) тоннельной конструкции.

Для условий строительства г. Сочи при расчетной сейсмичности 9 баллов и при известных показателях  $c_1$ ,  $T_0$ , и  $A$  продольное смещение секции тоннельной обделки (при длине секции до 40 м) от действия продольной сейсмической волны будет составлять до 25–30 мм.

Учет расчетных продольных температурных деформаций тоннельной обделки также необходим, хотя и более актуален для климатических районов с большим годовым перепадом температур.

Для г. Сочи (и в целом Краснодарского края) продольные температурные деформации тоннельной обделки (аналогичной по длине секции) могут составлять до 10 мм.

Ее величину ( $\delta_t$ ) с достаточной для проектировщика точностью можно определить из формулы:

$$\delta_t = \alpha (T_{макс} - T_{исх}), \quad (3)$$

где  $\alpha$  – коэффициент линейной температурной деформации бетона,  $\alpha = 0,00001$  1/°C;

$T_{макс}$ ,  $T_{исх}$  – усредненные по сечению максимальная и исходная температура бетона в сечении секции обделки по ее поперечной горизонтальной оси, °C.

Учет расчетных продольных деформаций тоннельной обделки от внешней нагрузки (горного давления и т. п.) также необходим. Расчет этих деформаций более сложен и требует привлечения методов теории упругости. В данном случае необходимо рассматривать объемное напряженно-деформированное состояние тоннельной обделки: чем больше вертикальные деформации обделки под нагрузкой, тем больше и поперечные деформации, и искомые продольные. Впрочем, решение проблемы упрощается, когда расчет тоннельной обделки проводится, например, по методу конечных элементов в трехмерной (3D) постановке. Эти искомые продольные деформации условно обозначим  $\delta_{3D}$ .

Из других возможных деформаций следует отметить деформации ползучести бетона, которые можно определить эмпирически, исходя из технологии приготовления и укладки бетонной смеси (условно обозначим  $\delta_n$ ).

Деформации от тектонических явлений и при неравномерной нагрузке или осадке грунта и т. п., в общем случае, также значимы, но их выявление либо очень затруднительно, либо вообще невозможно. Снижению их влияния служат дополнительные деформационные швы, отсекающие приконтактный участок тоннеля, как это уже упомянуто выше. Фактически положение таких швов не-

обходимо уточнять на основе геотехнического и геологического мониторинга в ходе строительства тоннеля.

Из четырех, определенных выше значений деформаций, можно с уверенностью сказать, что три могут накладываться и действовать суммарно в определенный момент времени в процессе эксплуатации. Тогда общая возможная деформация получится путем сложения

$$\sum \delta = \delta_{сeйс} + \delta_{3D} + \delta_n. \quad (4)$$

Из опыта расчетов, для района г. Сочи (района с высокой расчетной сейсмичностью) основной составляющей является  $\delta_{сeйс}$ , т. к., кроме всего прочего, высокая расчетная сейсмичность требует повышенной несущей способности тоннельных обделок и  $\delta_{3D}$  будет относительно невелика.

Деформации ползучести бетона можно существенно снизить применением дисперсного армирования конструкционного бетона обделки, как дополнения к традиционно армированию стержневой арматурой. Кроме того, дисперсное армирование повышает трещиностойкость, вязкость разрушения, морозостойкость.

Конечно, имеется вероятность одновременного наложения также и температурной деформации бетона. И все же, на наш взгляд, одновременный учет наложения здесь этого вида деформации нецелесообразен. В частности, для условий строительства в г. Сочи, где максимальный возможный перепад температур невелик и вероятность землетрясения силой 9 баллов принимается (по нормам) как 5 % 1 раз в 50 лет (также невелика) – такой совместный учет приведет к необходимости назначения излишней конструктивной ширины деформационного шва.

Исходя из того, что его конструкция должна допускать взаимные продольные смещения смежных участков обделки при деформациях без силового воздействия элементов обделки друг на друга, фактическая ширина шва должна быть больше чем расчетная величина, полученная по формуле (4).

У каждого материала, используемого для наполнения деформационного шва, имеется допустимый предел сжатия под нагрузкой, измеряемый в % от его ширины.

Современные материалы, используемые для наполнения деформационных швов, имеют допустимый предел сжатия под нагрузкой порядка 25 % от ширины шва. На основе этого, конструктивная ширина деформационного шва в тоннельной обделке должна превышать прогнозируемую общую расчетную деформацию как минимум на 25 %.

Исходя из вышесказанного, необходимую конструктивную ширину ( $\Delta_{ши}$ ) можно определить по формуле:

$$\Delta_{ши} = 1,25 \sum \delta. \quad (5)$$

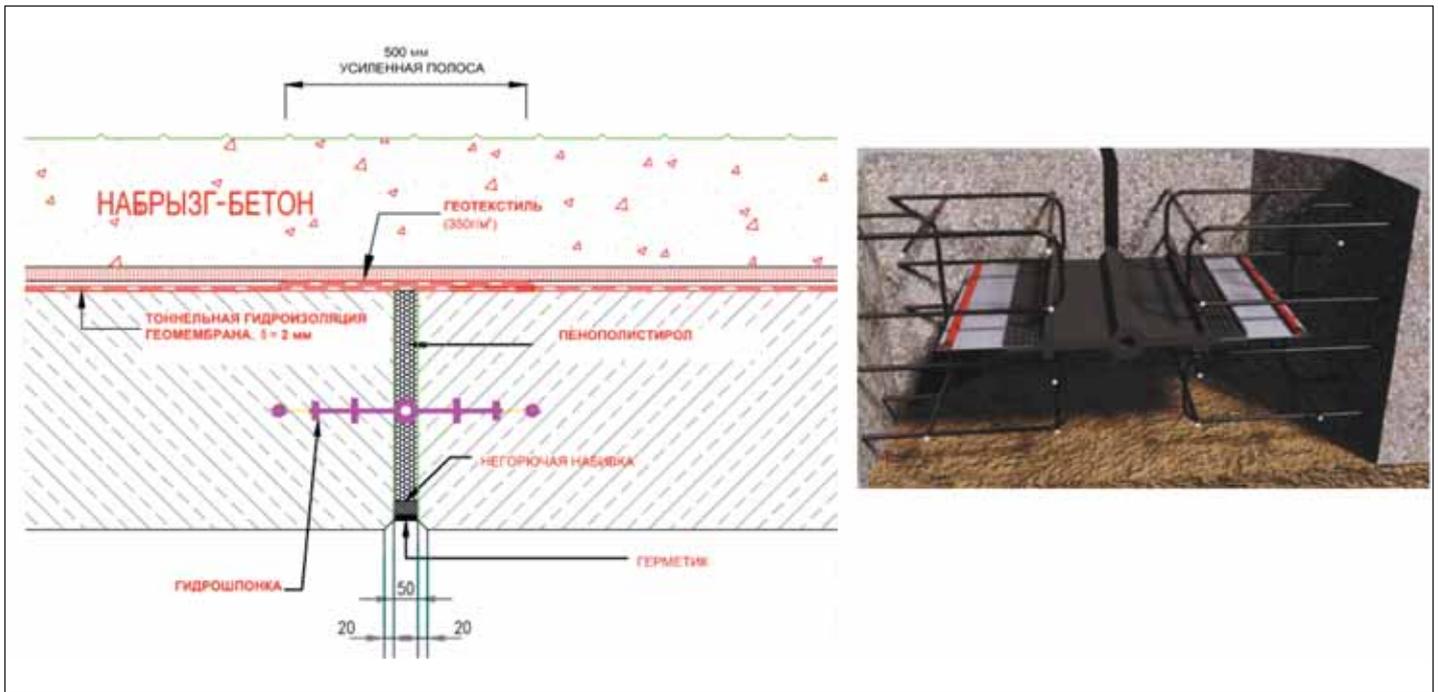


Рис. 2. Вариант 3 узла деформационного шва в монолитной железобетонной тоннельной обделке (справа – вид расположения гидрошпонки)

Таким образом, для обделок, сооружаемых при строительстве тоннелей в условиях г. Сочи, конструктивная ширина деформационного шва может составлять 40–50 мм (рис. 2).

Из приведенных вариантов конструкций деформационных швов для монолитной железобетонной тоннельной обделки (секция длиной около 40 м) можно рекомендовать:

- вариант 1 (с шириной выреза 30 мм) с заполнением и усилением шва – для применения в тоннелях, заложенных в обводненных породах с сейсмичностью района до 7 баллов;
- вариант 2 (с шириной выреза 30 мм) без заполнения и усиления шва – для использования в тоннелях, заложенных в необводненных породах или породах с периодической средней обводненностью (типа верховодки и т. п.) с сейсмичностью района до 9 баллов;
- вариант 3 (с шириной выреза 50 мм) с заполнением и усилением шва – в тоннелях, заложенных в обводненных породах с сейсмичностью района до 9 баллов.

Кроме всего прочего необходимо отметить, что конструкции антисейсмических деформационных швов должны обеспечивать в

определенных пределах подвижность во всех направлениях, т. е. продольные, поперечные и вращательные перемещения. Это необходимо, т. к. сейсмические волны (растяжения-сжатия и сдвига) практически могут воздействовать по любым направлениям.

### Деформационные швы дорожной одежды в тоннеле

Дорожная одежда в тоннеле, в соответствии с действующим СНиП 32-04-97, должна иметь деформационные швы в местах деформационных швов обделки тоннеля и на выходах у порталов, т. е. цементобетонные покрытия над деформационным швом тоннельной обделки следует прерывать во всех случаях.

На рис. 3 представлена схема (поперечное сечение) конструкции двухполосной проезжей части в тоннеле, предполагающей сооружение ее с использованием бетоноукладчиков со скользящими формами – ширина одновременно укладываемой полосы дорожного покрытия может быть назначена по технологическим соображениям – 3,75 или 7,5 м.

Основные требования к конструкции деформационных швов в дорожной одежде тоннеля:

- она должна быть надежно закреплена в дорожной одежде. Особенно это важно для тоннелей, сооружаемых в зонах с высокой сейсмичностью;

- не должна нарушать плавности и характера движения транспортных средств при проезде через шов – должна быть обеспечена непрерывность проезжей части;

- быть водонепроницаемой, исключать попадание воды и грязи в нижерасположенные конструкции тоннеля;

- целесообразно, чтобы конструкция шва могла быть сравнительно легко заменена в процессе эксплуатации при возникновении дефектов;

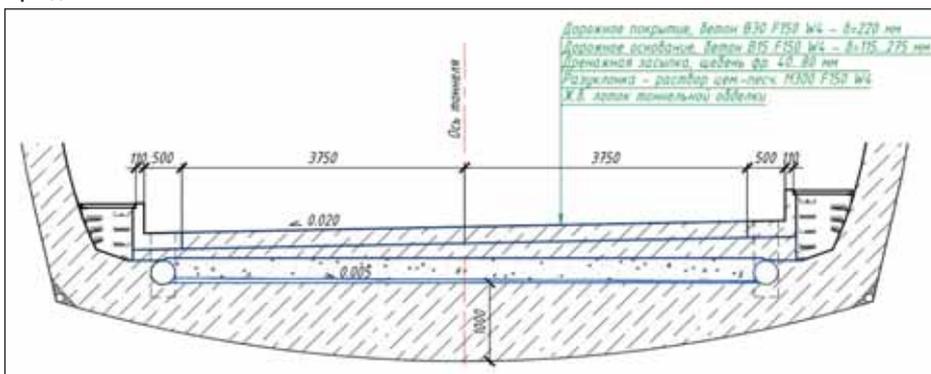
- для тоннелей, сооружаемых в зонах с высокой сейсмичностью, конструкция должна быть подвижна во всех направлениях, т. е. обеспечивать продольные, поперечные и вращательные перемещения.

Рассматривая вопросы проектирования цементобетонной дорожной одежды в тоннелях, в приложении к условиям их сооружения в районах с повышенной сейсмичностью (например, условия г. Сочи – 9 баллов по шкале MSK-64), необходимо отметить, что для расчета, назначения и конструирования деформационных швов в дорожной одежде в тоннеле возможны два принципиальных инженерных подхода:

- учет сейсмического воздействия только на конструкцию тоннельной обделки, а для дорожной одежды необходимо учитывать только температурные усадочные деформации и конструктивные мероприятия по ограничению влияния деформаций конструкции тоннельной обделки на конструкции дорожной одежды;

- учет сейсмического воздействия как на конструкцию тоннельной обделки, так и дорожной одежды в тоннеле, и, в связи с этим, также взаимовлияния их деформаций.

Рис. 3. Конструкция двухполосной проезжей части в тоннеле (поперечное сечение) – две полосы по 3,75 м с разделительной полосой 1 м



Оба подхода имеют свои преимущества и не противоречат действующим нормам СНиП II-7-81\* и СНКК 22-301-2000.

В первом варианте инженерного подхода целесообразно полностью исключить или максимально ограничить влияние деформаций конструкции тоннельной обделки на конструкции дорожной одежды.

При таком подходе она должна быть сконструирована с продольными швами из относительно небольших плит с условной длиной вдоль тоннеля равной расстоянию между швами сжатия, расширения-сжатия (пример варианта конструкций таких швов показан на рис. 4).

Это швы температурные-усадочные, предназначенные для уменьшения напряжений, возникающих при сезонных и суточных изменениях температуры воздуха, для снижения влияния деформаций усадки в цементобетонных покрытиях.

При температуре воздуха, превышающей ту, при которой устраивалось покрытие, происходит удлинение плит цементобетонного покрытия, для чего устраивают швы расширения.

Из вышесказанного видно, что температурные деформации (возможного расширения, т. е. удлинения плит покрытия) при одинаковой длине элемента существенно меньше, чем допускаемое конструкцией шва продольное смещение ( $\delta_{сейсм}$ ) смежных участков тоннеля относительно друг друга при сейсмическом воздействии (здесь мы также рассматриваем конкретный пример – условия строительства в г. Сочи). В связи с этим длина плиты цементобетонного дорожного покрытия между швами расширения может увеличиваться пропорционально во столько раз, во сколько  $\delta_{сейсм}$  больше  $\delta$ . Несомненно, будет целесообразно, чтобы расстояние между швами расширения цементобетонного дорожного покрытия было кратно расстоянию между антисейсмическими швами (в нашем случае, при расстоянии между антисейсмическими швами 36 м, целесообразно расстояние между швами растяжения при расчете принять 72 или 108 м).

При температуре воздуха ниже той, при которой производилась укладка цементобетонной смеси, плита покрытия укорачивается. Швы сжатия допускают это. При сокращении длины плиты силы трения между покрытием и основанием вызывают растягивающие напряжения в покрытии. Швы сжатия позволяют уменьшить эти напряжения и связанную с этим вероятность появления трещин. Условно говоря, швами сжатия дорожная одежда дополнительно делится на плиты между швами растяжения.

Конструктивно длина плиты цементобетонного покрытия между швами сжатия может увеличиваться – это зависит от максимальной разности температур одежды в момент укладки и в момент охлаждения до самой низкой возможной температуры.

Осуществляться минимизация количества швов сжатия может при помощи разделения

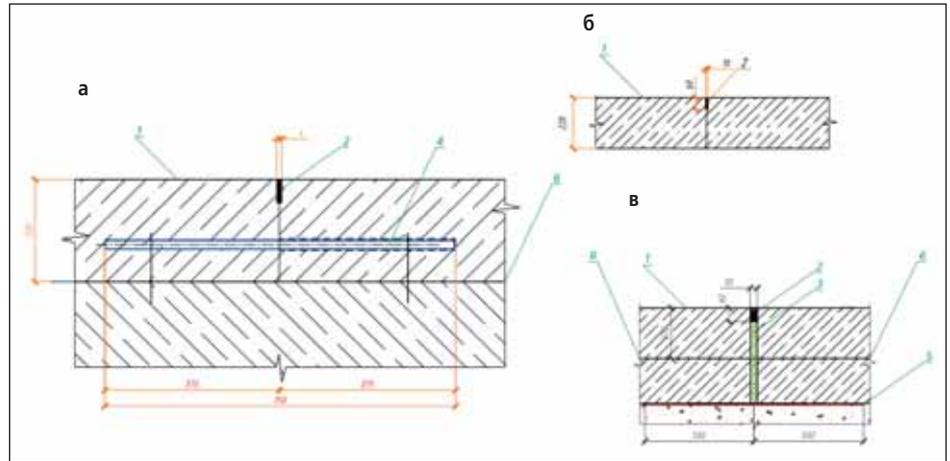


Рис. 4. Пример конструкций деформационных швов в цементобетонной дорожной одежде: а – продольный шов (шов коробления); б – шов сжатия; в – шов растяжения-сжатия; 1 – дорожное покрытие; 2 – мастика типа «БРИТ-Д-Ш» 3 – пластина типа 2Ф-I-AMC-C-30, ГОСТ 7338-90; 4 – шпилька, ст. арматура кл. А-I; 5 – фартук из геотекстиля; 6 – антифрикционная прокладка (РЕ-пленка)

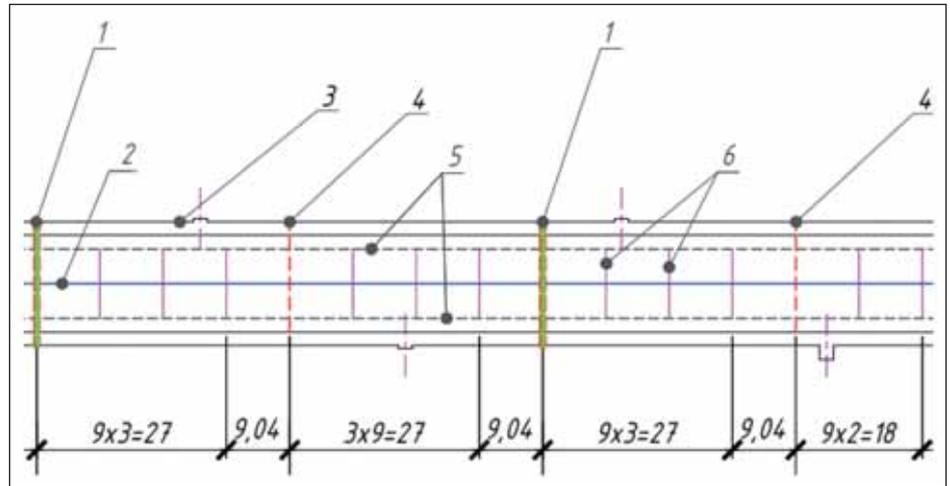


Рис. 5. Пример расстановки деформационных швов в неармированной цементобетонной дорожной одежде (план-схема): 1 – совмещенные антисейсмический деформационный шов в тоннельной обделке и шов расширения-сжатия дорожной одежды; 2 – продольный шов дорожной одежды; 3 – контур тоннельной обделки; 4 – антисейсмический деформационный шов в тоннельной обделке; 5 – рабочие швы бетонирования дорожной одежды; 6 – швы сжатия дорожной одежды

плит одежды (покрытия от основания) и нанесения на сопряженные поверхности трения различных антифрикционных покрытий (например, термопластиков, таких как полиэтилен и политетрафторэтилен).

Швы в продольном направлении устраивают таким образом, чтобы они допускали возможность температурного коробления в поперечном направлении и снижали вероятность появления продольных трещин в дорожной одежде.

В плане конструкция двухполосной проезжей части в тоннеле (см. рис. 3) может быть представлена в двух вариантах, исходя из принципиальных инженерных подходов, предложенных выше.

На рис. 5 представлен пример расстановки деформационных швов в неармированной цементобетонной дорожной одежде. В данном случае она условно делится на плиты размерами 9×3,75 м.

По второму варианту целесообразно жестко связать конструкции тоннельной обделки и дорожной одежды.

При таком подходе дорожная одежда должна быть сконструирована из больших плит с длиной вдоль тоннеля равной расстоянию между деформационными швами тоннельной обделки (оптимально около 40 м). Плита должна быть сконструирована из монолитного железобетона с непрерывным армированием. В данном случае в ней нет необходимости устраивать поперечные швы сжатия, усилия будут восприняты арматурой. Швы растяжения совмещаются с деформационными швами тоннельной обделки. Продольный шов может быть предусмотрен в тех случаях, когда технологически целесообразно выполнить бетонирование дорожного покрытия двумя полосами вдоль тоннеля.

Конструкция должна быть подвижна во всех направлениях, т. е. обеспечивать продольные, поперечные и вращательные перемещения, т. к. сейсмические волны (растяжения-сжатия и сдвига) практически могут воздействовать по любым направлениям, в т. ч. и в результате отражения.

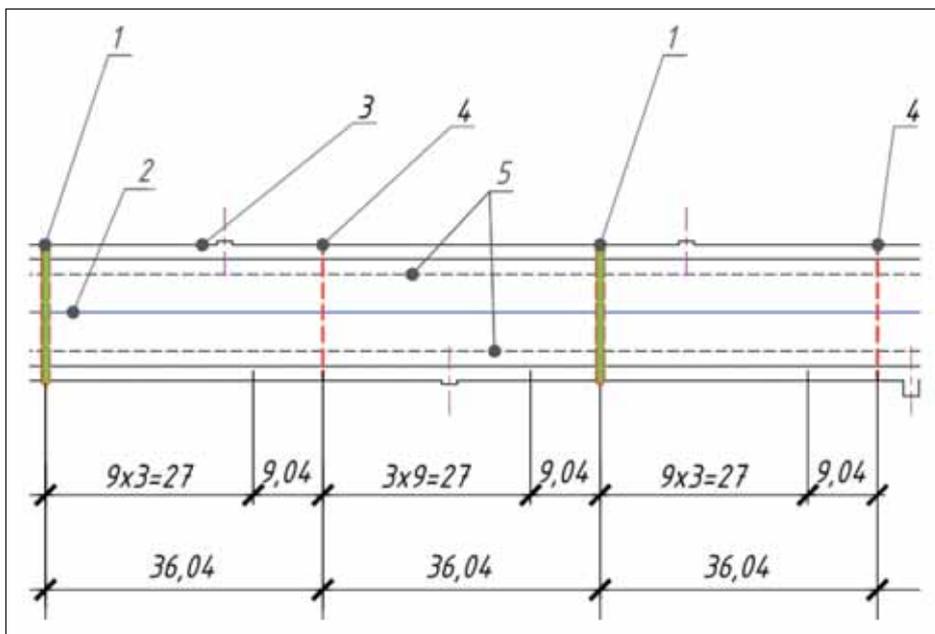


Рис. 6. Пример расстановки деформационных швов в непрерывно армированной цементобетонной дорожной одежде (план-схема): 1 – совмещенные антисейсмический деформационный шов в тоннельной обделке и шов расширения-сжатия дорожной одежды; 2 – продольный шов дорожной одежды; 3 – контур тоннельной обделки; 4 – антисейсмический деформационный шов в тоннельной обделке; 5 – рабочие швы бетонирования дорожной одежды

На рис. 6 представлен пример расстановки деформационных швов в непрерывно армированной цементобетонной дорожной одежде. В данном случае дорожная одежда условно делится на плиты размерами  $36 \times 3,75$  м. Количество их может быть сокращено вдвое в случае бетонирования дорожного покрытия сразу на ширину 7,5 м.

Как видно из рис. 5 и 6, во втором случае объемы необходимой нарезки швов радикально меньше. Нарезке подлежат только швы растяжения-сжатия и, в некоторых случаях, продольный шов.

Рассматривая известный нам опыт устройства швов растяжения-сжатия в дорожных одеждах тоннелей, отметим, что используются два основных типа конструк-

ций таких швов в дорожной одежде: закрытого и заполненного.

В швах закрытого типа, как правило используются для асфальтобетонных дорожных покрытий, зазор между сопрягаемыми участками лотка тоннельной обделки сверху закрыт уложенным без разрыва дорожным покрытием. В швах заполненного типа, применяемых для цементобетонных дорожных покрытий (рис. 4в), выполняют разрыв, а зазор заполняют герметизирующим материалом.

На наш взгляд, для обеспечения повышенной долговечности и ремонтпригодности цементобетонных дорожных покрытий целесообразно применять в них усиленные конструкции швов растя-

жения-сжатия. Для этого швы следует выполнять усиленными металлическим окаймлением, дополнительным армированием стержневой или дисперсной арматурой. Как варианты могут быть использованы конструкции с усилением только армокаркасом (рис. 7), или только дисперсным (фибрами) армированием, или дисперсным армированием с дополнительным армокаркасом.

Зазор шва целесообразно выполнять с помощью компенсаторов из эластомеров на подобие тех, что применяются в деформационных швах на мостах и путепроводах.

### Выводы

1. По нашему мнению, в связи с тем, что большинство заказчиков строительства автодорожных тоннельных сооружений требуют, как правило, применения в тоннелях цементобетонных дорожных одежд, необходимо уделить повышенное внимание разработке необходимых конструктивных решений для повышения их прочности, надежности и долговечности.

2. Деформационные швы – важные элементы тоннельных конструкций, напрямую влияющие на прочность, надежность и долговечность как дорожных одежд, так и всего тоннельного сооружения.

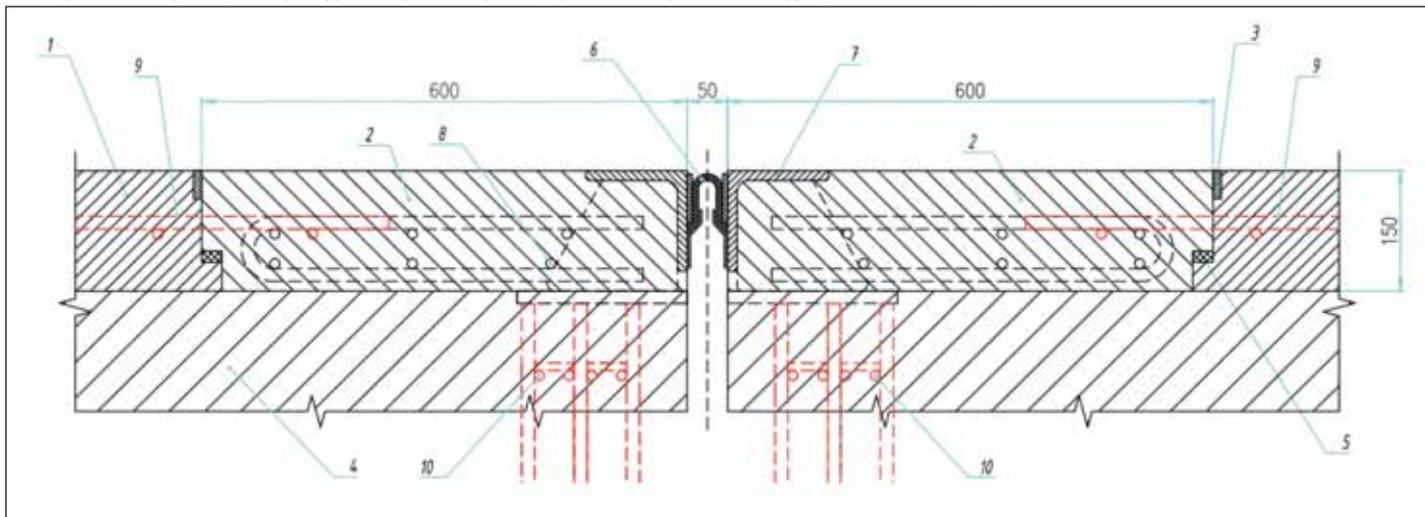
3. В технической и нормативной литературе по тоннелестроению недостаточно внимания уделено конструкциям деформационных швов в тоннельных конструкциях, особенно деформационных швов в дорожных одеждах автодорожных тоннелей.

4. Предложенные выше принципы для разработки деформационных швов в тоннелях, по нашему мнению, могут помочь специалистам-тоннелщикам в поисках оптимальных конструктивных решений.

Будем признательны тем специалистам, которые выскажут рациональную критику или дополнения изложенным выше предложениям.



Рис. 7. Конструкция, усиленная армокаркасом: 1 – цементобетонное дорожное покрытие; 2 – бетонный прилив из высокопрочного гидрофобизованного армированного бетона на гранитном щебне; 3 – герметизирующая мастика; 4 – цементобетонное дорожное основание; 5 – пористый уплотнительный шнур; 6 – компенсатор из эластомера; 7 – обрамляющий элемент (сталь); 8 – арматурный каркас усиления участка деформационного шва; 9 – арматурный каркас непрерывного армирования дорожного покрытия; 10 – арматурный каркас анкеровки дорожного покрытия в конструкцию тоннельной обделки



**Погружные насосы "Tsurumi Pump"** (Япония) применяются в строительстве тоннелей, шахт и других сооружений, при перекачивании шлама, жидкостей с высоким содержанием песка и твердых частиц, липкого ила, бентонита и там, где необходимо перекачивать загрязненные жидкости с больших глубин.

**Надежность** насосов Tsurumi подтверждена безотказной работой на многих объектах строительства в России. Насосы эксплуатируются тоннельными отрядами и специализированными строительными организациями по всей стране. На сегодняшний день насосное оборудование Tsurumi Pump не имеет аналогов.

**Уникальные преимущества** насосов Tsurumi:

**Работа «всухую» в течение неограниченного времени!**

**Сгорание двигателя исключено:** все насосы оборудованы би-металлическими датчиками перегрева, автоматически выключающими насос при перегреве и включающими после того как насос остыл

**Возможность работы в горизонтальном положении** благодаря специальной системе масляного подъемника в конструкции всех насосов

**Попадание влаги в корпус насоса исключено** благодаря вулканизированному входу электрокабеля

**Встроенная функция взмучивания** песка, липкого ила, бентонита со дна емкости для эффективной перекачки высокоабразивных жидкостей

**Возможность откачки** грязной жидкости до 1 мм (модель LSC).



Tsurumi предлагает широкий спектр моделей насосов от 0,4 до 150 кВт.

По всем вопросам просим обращаться к официальному дистрибьютору Tsurumi Pump в России:

**ООО «ТК «Решетилов и Ко»**

115114, г. Москва, Кожевнический проезд, д. 4, стр. 1

тел: (495) 649-8759; факс (495) 640-4989

info@reshetilov.ru <http://www.reshetilov.ru>

# ПРИМЕНЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ ПРИ РЕШЕНИИ СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ

К. Ю. Кесслер, генеральный директор ООО «КикСТРОЙ»

При возведении подземных сооружений строители часто сталкиваются с непростыми инженерными задачами. Именно это и произошло на одном из объектов Москвы в октябре 2011 г. Во время проходки тоннеля ТПМК диаметром 2,5 м на глубине 14,5 м от земной поверхности и на расстоянии около 80 м от приемной камеры произошла его неожиданная остановка. Специалистами был осуществлен выход в призабойную часть для проведения осмотра и определения причин случившегося. По результатам осмотра выявили, что произошла поломка ТПМК – отломилась планшайба от вала. Было вынесено заключение о необходимости сооружения шахтного ствола для замены рабочего органа проходческой машины.

Задача возведения ствола осложнялась тем, что ТПМК находился под проезжей частью и большим количеством действующих коммуникаций, а гидрогеологический разрез с отметки –5,5 м от поверхности земли до отметки –11,5 м был представлен сильно обводненными пылеватыми и среднезернистыми песками, и только ниже залегала твердо-пластичная глина.

В адрес ООО «КикСТРОЙ» была передана вышеизложенная информация для разработки предложения, которое бы позволило заказчику при закрытии только одной полосы дорожного движения в зоне действующих коммуникаций построить круглый ствол диаметром 4 м с временной крепью из стальных колец и деревянной затяжки с исключением возможности выноса обводненных грунтов внутрь подземного сооружения. В ответ компанией «КикСТРОЙ» был предложен вариант по опережающему инъекционному химическому закреплению грунтов,

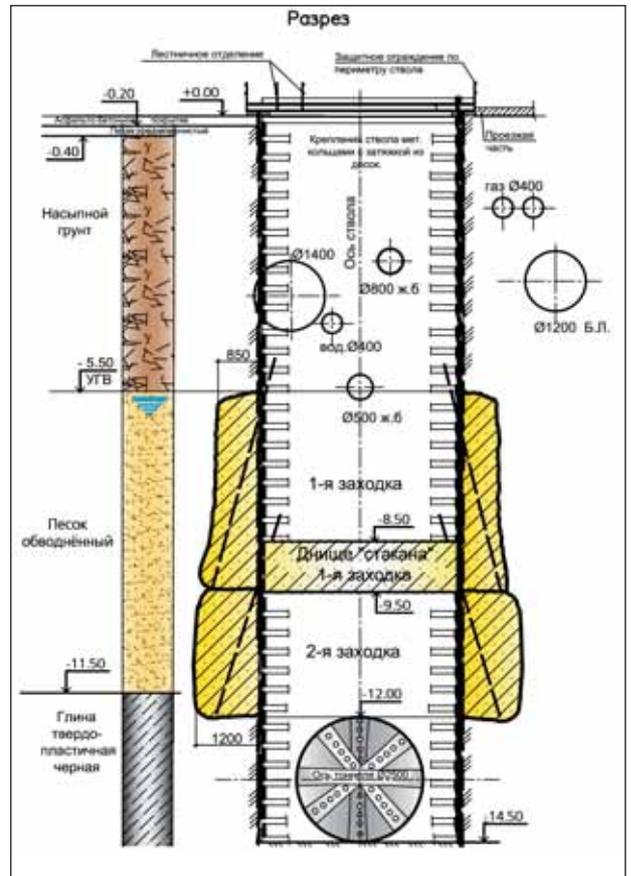
с проведением работ из забоя сооружаемого ствола. Данное решение было одобрено, и начался этап производства работ.

Так как при сооружении ствола до отметки –5,5 м от поверхности земли угроз по выносу обводненных грунтов не было, фактическое проведение работ по опережающему инъекционному химическому закреплению началось именно с этого уровня, а комплекс работ был разбит на две заходки, каждая из которых включала в себя следующие этапы:

- установка инъекторов (производилась комбинированием методов опережающего бурения и забивки);
- нагнетание инъекционного состава (инъекция);
- извлечение инъекторов.

Нельзя не отметить, что из всех трех этапов наиболее трудозатратным являлся этап инъекции, так как во избежание разрывов грунтов и для максимальной эффективности их насыщения инъекционным составом нагнетание производилось позонно, с шагом 100 мм, средняя скорость нагнетания равнялась 5 л/мин, а время полимеризации состава регулировалось в диапазоне от 1 до 20 мин.

Первая заходка глубиной до 4 м после проведения работ по химическому закреплению представляла собой «стакан» наружным диаметром 5,7 м, толщиной стены из закрепленных грунтов 0,85 м и дном толщиной 1 м, что позволило пройти ствол до отметки –8,5 м. Днище «стакана» не разрабатывалось в связи с тем, что оно являлось ПФЗ, предотвращающей вынос грунтов из забоя, а также платформой для проведения работ по второй заходке.



Общая схема проведения работ

Вторая заходка с установкой инъекторов длиной 3,5 м и заглублением их в глину на 0,5 м после проведения работ по инъекционному химическому закреплению грунтов, представляла собой только стены толщиной до 1,2 м из закрепленного грунта по периметру будущего ствола. После окончания производства работ по второй заходке заказчиком был благополучно сооружен ствол до необходимой отметки и произведена замена планшайбы.

Подводя итоги выполненных специалистами ООО «КикСТРОЙ» работ, можно констатировать, что метод инъекционного химического закреплению грунтов обладает следующими положительными характеристиками:

- возможность проведения работ в стесненных условиях и на малых строительных площадках;
- работы можно вести не только с поверхности земли, но и с отметок ниже УГВ;
- закрепленный грунт имеет высокие противодиффузионные свойства.

Именно благодаря этим характеристикам метод инъекционного химического закреплению грунтов позволяет на практике решать сложные, подчас неординарные инженерные задачи в подземном строительстве.



Вид ствола, сооруженного под защитой химзакрепления



# ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОСАДОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОХОДКИ ТОННЕЛЕЙ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ УЧАСТКА СТ. «НОВОКОСИНО» – «НОВОГИРЕЕВО» В МОСКВЕ

В. С. Елгаев, аспирант МИИТа

Проходка перегонных тоннелей участка Калининской линии Московского метрополитена от ст. «Новокосино» до ст. «Новогиреево» производилась механизированными тоннелепроходческими комплексами S-484 фирмы Herrenknecht (D<sub>тн</sub> = 6,236 м) с пенопригрузом забоя.

Для обеспечения нормальной работы щитового комплекса и эксплуатации тоннелей строительный зазор, образующийся между грунтом и оболочкой щита, грунтом и обделкой тоннеля, заполнялся твердеющим тампонажным раствором.

Тампонажный слой за обделкой тоннеля обеспечивает совместную работу обделки с окружающим грунтом (поддержание колец обделки в проектном положении), предотвращение осадок, сохранность, долговечность и повышение водонепроницаемости обделки (при сплошности тампонажного слоя) на период эксплуатации тоннеля.

Требования к тампонажным растворам для первичного нагнетания (подвижность, прочность, время схватывания, проницаемость раствора) определяются инженерно-геологическими условиями трассы тоннеля, представленными на данном участке преимущественно суглинком мягким и тяжелым полутвердой, тугопластичной консистенции, и технологическими параметрами его проходки (скорость проходки, объем нагнетания, количество точек одновременного нагнетания, конструкция хвостового уплотнения щита, характеристики смесительного оборудования, технологическая схема приготовления и нагнетания, протяженность коммуникаций для подачи раствора и т. п.). На отдельных участках трассы со сложными инженерно-геологическими условиями возникла необходимость применять модифицированные добавками составы для ускорения сроков схватывания, твердения и получения более прочного тампонажного камня.

В этой связи были проведены лабораторные исследования компонентов для тампонажного раствора. На основании анализа приняты к разработке рецептуры на основе портландцемента и гидравлической извести. Параллельно проводилось изучение готовой тампонажной смеси БИРСС ТМ-2 (портландцемент, песок строительный, наполнители).

При выборе компонентов вяжущих, заполнителей и химически активных добавок учитывалась обеспеченность строительного комплекса г. Москвы данными материалами, учтен экономический фактор.

Таким образом осуществлялся подбор состава следующих систем:

- портландцемент – песок – бентонит – вода – зола-унос;
- гидравлическая известь - микрокремнезем – зола-унос – смесь пескового отсева – вода.

Эти составы приняты как наиболее перспективные, позволяющие получать широкий диапазон технологических и эксплуатационных свойств в зависимости от геологических и гидрогеологических условий строительства. Данные системы не критичны к применяемому для нагнетания оборудованию.

В результате проведенных исследований было принято решение использовать при разработке рецептур порошок Бентокон «Медиум» ЗАО «Бентопрот» (г. Белгород).

Содержание CO<sub>2</sub> в гидравлической извести определяли газообъемным методом (экспресс-метод) на кальциметре, показанном на рис. Содержание CO<sub>2</sub> в процентах вычислялось по формуле:

$$CO_2 = \frac{C \cdot V \cdot (p - B) \cdot 100}{760 \cdot m \cdot 1000},$$

где: V – объем выделившегося CO<sub>2</sub>, мл;

p – атмосферное давление по барометру, мм. рт. ст.;

B – давление водяных паров при температуре опыта над насыщенным раствором NaCl, мм. рт. ст.;

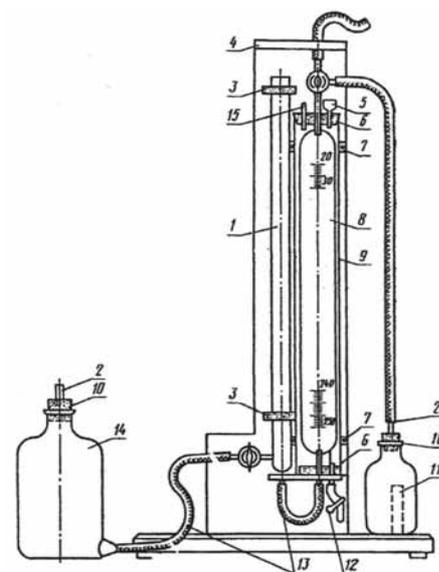
m – масса навески извести, г;

C – масса 1 мл CO<sub>2</sub> при температуре и атмосферном давлении опыта, мг.

При разработке составов для инъецирования использовался песок, приготовленный из смеси кварцевого песка Вяземского месторождения и известкового отсева производства ДСЗ «Товарково», и зола, образующаяся при сжигании Кузнецких углей (ТЭЦ-22, филиал ОАО «Мосэнерго»). В исследованиях применялись микрокремнезем конденсированный МК-85 (ОАО «Челябинский электрометаллургический комбинат») по ТУ 5743-048-02495332-96, портландцемент ПЦ500-ДО бездобавочный (г. Старый Оскол) и сухая смесь для тампонажного раствора БИРСС ТМ-2 (портландцемент, песок строительный, наполнители).

По результатам исследований разработаны гидроизоляционные составы для инъецирования за обделку подземных сооружений. Предложены три базовых варианта состава – на основе гидравлической извести, портландцемента и сухой смеси БИРСС-ТМ2. Разработаны рецептуры на основе портландцемента и гидравлической извести.

Рекомендации лабораторных исследований прошли экспериментальную про-



Конструкция кальциметра: 1 – цилиндр с краном; 2 – отводная трубка; 3 – клеммы для цилиндра; 4 – подставка; 5 – воронка; 6 – резиновая пробка к мантии; 7 – клемма для мантии; 8 – бюретка с краном; 9 – мантия; 10 – резиновая пробка N 20-22; 11 – склянка с пробиркой; 12 – пружинный зажим; 13 – соединительная резиновая трубка; 14 – склянка с тубусом; 15 – отверстие для термометра

верку в натуральных условиях на строительстве участка ст. «Новогиреево» – «Новокосино» Калининской линии Московского метрополитена.

На кольце № 1887 был испытан экспериментальный состав раствора с добавкой 8 л/м<sup>3</sup> суперпластификатора С-3. Также на кольце № 1687 были произведены экспериментальные работы по введению в гидроизоляционную тампонажную смесь пластифицирующих добавок типа С-3.

Полученные результаты показали, что примененный опытный тампонажный раствор обеспечивает требуемые реологические характеристики и позволяет получить качественную водонепроницаемую тампонажную обойму в заоблачном пространстве и достигнуть больших скоростей проходки при практическом отсутствии дефектов в блоках тоннельной обделки.

В настоящее время проходка перегонных тоннелей участка ст. «Новогиреево» – «Новокосино» завершена. По трассе пришлось проходить, в том числе, под путями Московской железной дороги и под Московской кольцевой автодорогой, а также в зоне зданий городской застройки. Никаких осадок дневной поверхности не произошло.

# МОДЕРНИЗАЦИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА В ПРЕДЕЛАХ ИСТОРИЧЕСКИХ ТЕРРИТОРИЙ МЕГАПОЛИСОВ

Е. М. Пашкин, Российский государственный геологоразведочный университет

**В**ся история освоения подземного пространства исторических территорий мегаполисов связана с возникновением дефицита свободных мест на освоенных землях, либо с каким-нибудь утилитарным подходом к использованию подземного пространства. С каждым десятилетием увеличивается число и объем возводимых под землей сооружений, в связи с чем решение проблем использования подземного пространства освоенных исторических территорий усложняется. Поэтому для оптимизации освоения подземного пространства применяемые при этом технологии и само осваиваемое геологическое пространство должны подвергнуться модернизации.

В аспекте поставленной проблемы модернизация подземного пространства рассматривается как преобразование структуры сферы взаимодействия объекта культурного наследия в связи с использованием подземного пространства в целях сохранения и приспособления объекта в современных условиях. При этом сохранение устойчивости памятника и использование его подземного пространства должно обеспечиваться современными «щадящими» технологиями, адекватными сложившимся инженерно-геологическим условиям.

Освоение подземного пространства в границах территорий объектов культурного наследия не противоречит Федеральному закону № 73 (Об объектах культурного наследия), поскольку оно формируется в пределах вертикальной зоны распространения правового режима охраняемой исторической территории.

Если говорить об использовании подземного пространства в исторической части города Москвы, то эту проблему необходимо рассматривать с двух позиций, ставших определяющими в последнее время. Прежде всего, со стороны изменения принятой несколько лет назад концепции по использованию подземного пространства в зданиях, строительство которых практически не было ограничено в центре города. Это было продиктовано сложившимся дефицитом территории.

Сейчас эта ситуация изменилась, и центру города придается историко-культурная функция с прекращением его застройки. Однако здесь сосредоточены многочисленные музеи, театры, концертные и выставочные залы и другие объекты культурного наследия, не имеющие возможность увеличивать свою площадь, кроме подземного пространства.

В общем балансе дефицита городских территорий подобную проблему испытывают исторические территории с размещен-



Рис. 1. Реставрация Каменноостровского театра в Санкт-Петербурге

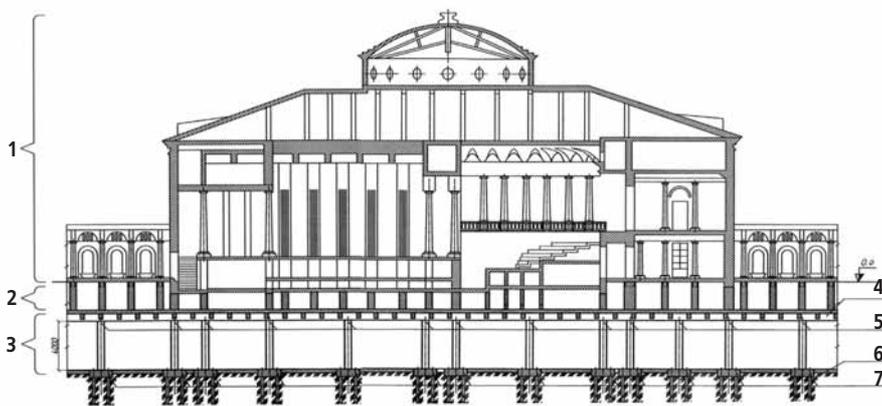


Рис. 2. Проект использования подземного пространства Останкинского музея: 1 – существующее здание; 2 – техническое подполье ( $H_{min} = 1400$  мм); 3 – новый подземный этаж; 4 – силовое ж/б перекрытие; 5 – новые ж/б колонны; 6 – ж/б плита пола; 7 – фундамент

ными на них объектами культурного наследия. Основным резервом развития эксплуатационных режимов структур, размещившихся в пределах памятников архитектуры, остается подземное пространство. Из-за создавшейся на исторических территориях инфраструктуры современные центры крупных городов обречены на формирование подземного вектора своего пространственного развития. Существенным в сложившейся ситуации является разработка правового документа (закона г. Москвы о градостроительном освоении подземного простран-

ства), на основании которого допускается формирование подземного пространства для нужд памятников архитектуры и сохраняются горизонтальные зоны действия правовых режимов в пределах их охранных зон.

Стратегия использования подземного пространства в крупных городах из-за создавшихся транспортных проблем и дефицита свободных территорий резко взяла курс на решение этих задач с расширением подземной инфраструктуры. В настоящее время использование подземного пространства является ключом к сохранению и под-

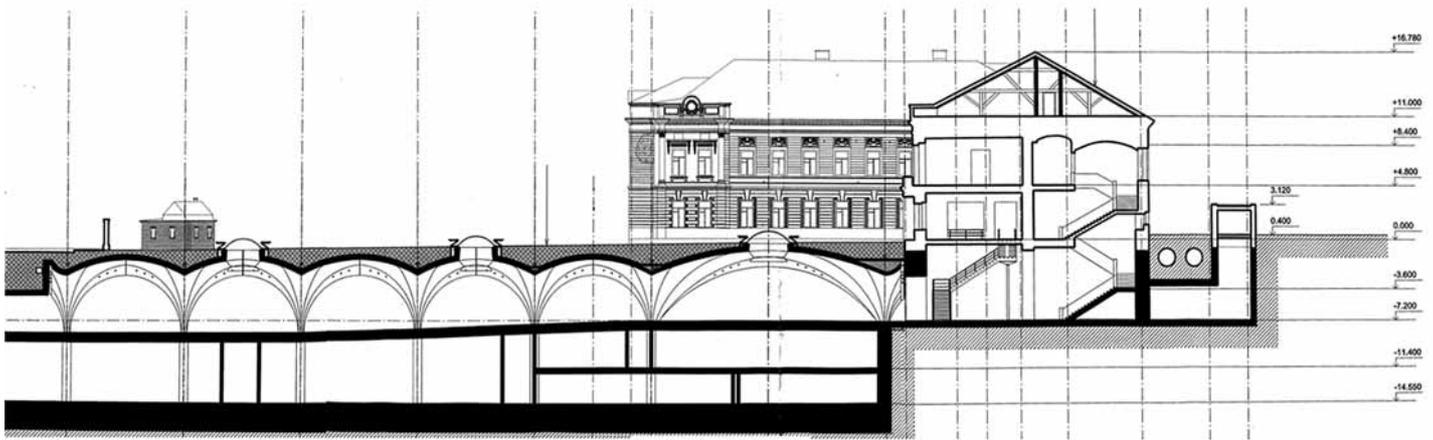


Рис. 3. Проект использования подземного пространства на территории бывшей усадьбы Голицына-Долгорукого

держанию условий для эксплуатации территории в целом, и при применении современных строительных технологий становится необходимым для исключения ущемления интересов сохранения историко-культурного наследия.

В связи с тем, что в наступившем столетии в крупных городах будет резко обозначена проблема инженерного освоения подземного пространства, возникает серьезная задача создания оптимального режима взаимодействия не только между геологической средой и подземными сооружениями, но и со сферой взаимодействия исторических территорий и с расположенными на них памятниками архитектуры.

Табу на использование в настоящее время исторических территорий в каких-либо утилитарных целях с созданием новых построек определяет единственно возможный подход при сохранении исторического облика городов и развития этих территорий – через использование их подземного пространства. Решение этой проблемы может рассматриваться в двух направлениях. Первое – уже частично нашедшее воплощение – это освоение подземного пространства под существующим пятном застройки памятника архи-

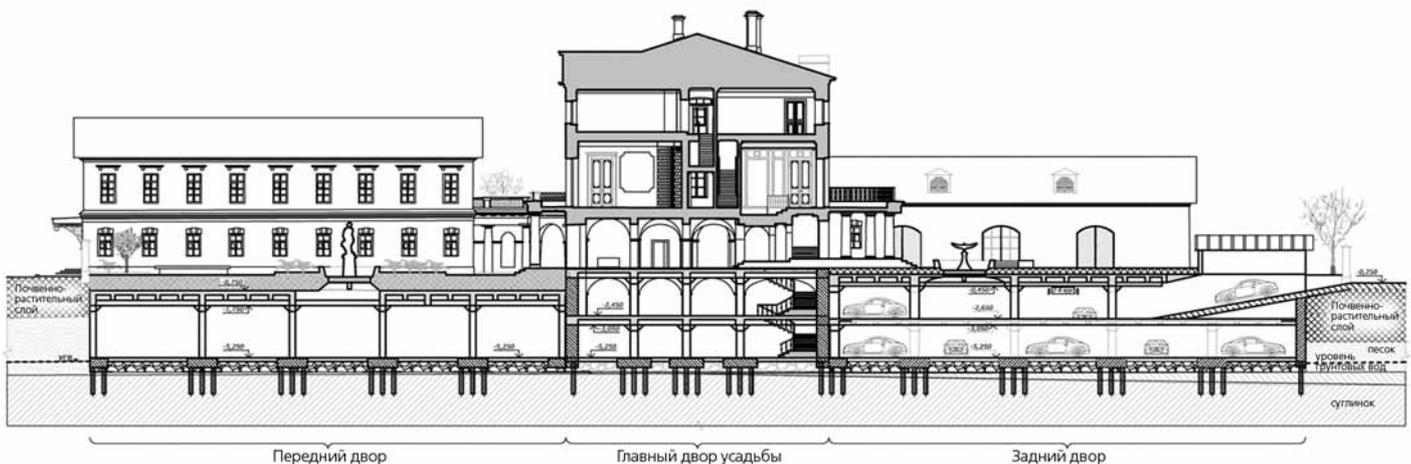
тектуры. Например, организация подземных помещений при реконструкции Третьяковской галереи, Государственного исторического музея, дома архитектора Тона, Константиновского дворца в Стрельне и др. Разновидностью такого решения является использование подземного пространства с частичным подъемом здания. Так, при реконструкции дома поэта А. Н. Майкова в Москве в 2009 г. организация подземного этажа сопровождалась подъемом здания на 0,8 м. Разработан также вариант с выходом за контуры пятна застройки, например, при реконструкции Большого театра, Петровского путевого дворца в Москве и Каменноостровского театра в Санкт-Петербурге (рис. 1). Все проекты были выполнены с соблюдением правовых режимов в пределах горизонтальных зон распространения земельных участков памятников.

В перспективе предполагается по такой схеме использовать подземное пространство для развития музеев «Архангельское», «Останкино» (рис. 2), Музея изобразительных искусств им. Пушкина на территории бывшей усадьбы Голицына-Долгорукова (рис. 3) и др. Также предполагается устройство подземного конференц-зала и двух-

уровневой подземной автостоянки на территории бывшей усадьбы Бобринских в Москве (рис. 4) и восстановление в структуре Малого театра первоначального зала театра Варгина с использованием подземного пространства для хранения декораций. По этому пути ведется освоение подземного пространства под крупными музеями для расширения экспозиционных площадей и других утилитарных целей за рубежом. Яркими примерами могут служить Национальный музей в Вашингтоне, Лувр в Париже и Дрезденская галерея.

Второе направление использования под памятниками архитектуры подземного пространства связано с необходимостью подъема ряда памятников, оказавшихся в результате процесса техногенеза ниже сложившейся дневной поверхности на 1–4 м и использование возникающего при подъеме подземного пространства в интересах реконструируемого объекта. Примером такого решения в г. Москве является разработанное проектное предложение по подъему храма Всех Святых на Кулишках на 4 м с созданием помещений (общей площадью 560 м<sup>2</sup>) в двух уровнях под первым этажом, выведенным на высоту современной дневной по-

Рис. 4. Проект использования подземного пространства на территории усадьбы Бобринских



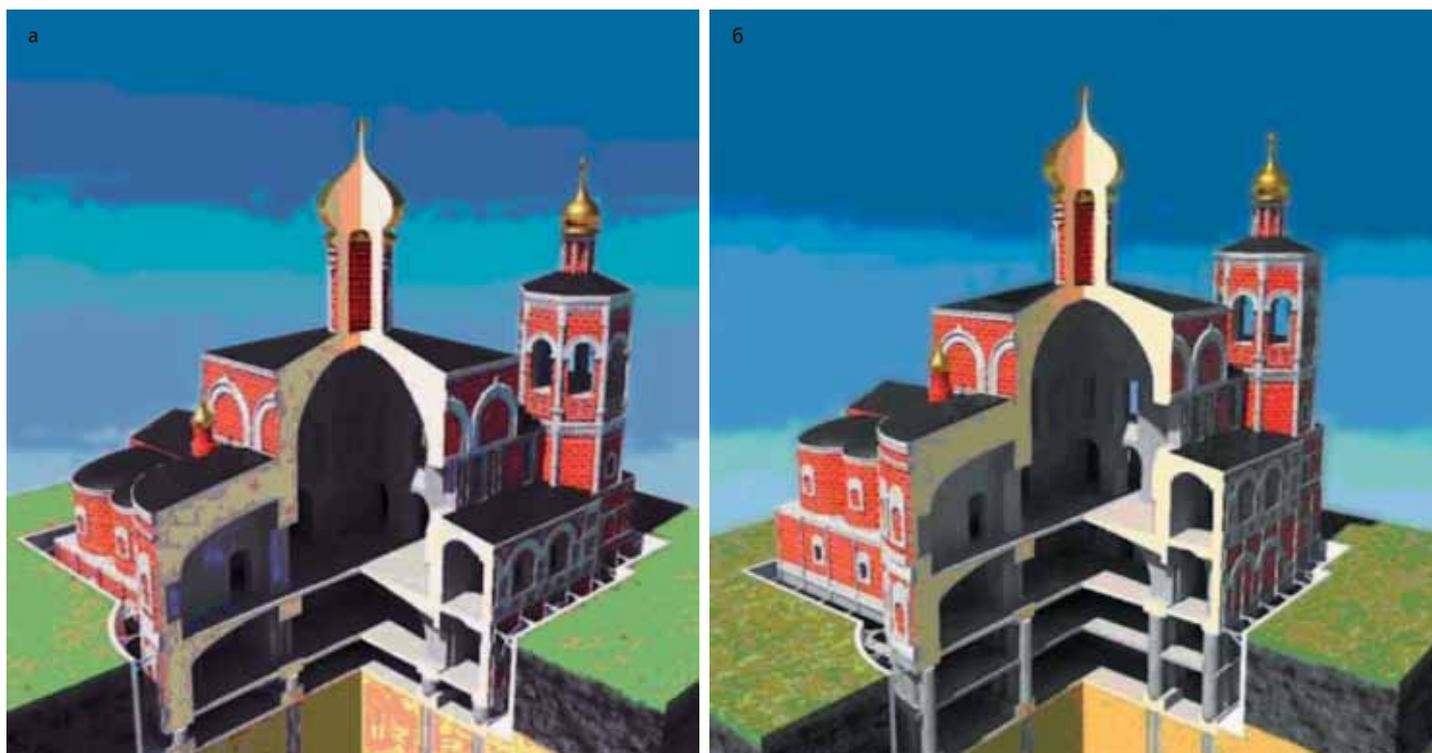


Рис. 5. Использование подземного пространства храма Всех Святых на Кулишках: а – до подъема; б – после подъема

верхности (рис. 5). Одновременно решается задача восстановления утраченной архитектуры памятника архитектуры XVII в. – возвращение соразмерности целого в виде соединенных в первоначальных пропорциях элементов нижнего и верхнего ярусов памятника.

Изменение пропорций элементов памятника в связи с вертикальным перемещением поверхности земли привело не только к нарушению зрительного восприятия, но и к созданию негативных условий его сохранения. Длительное пребывание нижнего яруса храма ниже уровня земли вызвало значительное ухудшение физического состояния стен, не предназначенных для взаимодействия с грунтами, насыщенными влагой и солями. Эта ситуация усугубляется еще и тем, что стены нижнего яруса помимо прямого предназначения воспринимать вертикальные нагрузки работают как подпорные стенки, сдерживая боковое давление грунта. Все это предопределяет необходимость подъема памятника с созданием не только необходимого дополнительного подземного пространства, но и конструктивного решения вопроса устойчивости и сохранности несущих элементов той части здания памятника, которая вступает во взаимодействие с геологической средой, и в целом всего памятника.

Целесообразность и возможность сохранения храма с помощью его подъема подтверждается мировым и отечественным опытом. В Москве были подняты около десяти зданий, причем одно из них пятиэтажное по ул. Серафимовича было поднято на высоту 1,85 м, а затем передвинуто на 20 м. В 2009 г. на 0,8 м была поднята усадьба поэта А. Н. Майкова. Во Франции с помощью этого метода было сохранено несколько памятни-

ков архитектуры – церковь Санкт-Стефан в Люневиле, Санкт-Жульен в Париже, здание старинной мэрии Витри-сюр-Сен в Париже и др. В Румынии в 1955 г. с помощью подъема на 3,5 м была спасена церковь XVI века в г. Ребежешть.

Для реализации принятого решения по подъему храма Всех Святых в рамках работ первого этапа здание памятника было вывешено на вдавливаемых железобетонных сваях, укрепленных железобетонным ростверком, который был связан с плитным фундаментом, что обеспечило устойчивость сооружению. На втором этапе для облегчения подъема храма из недр техногенных грунтов создали технологический зазор по всему периметру здания шириной 1,2 м на глубину 4 м, из которого в настоящее время ведется санация, укрепление и реставрация стен перед его подъемом. После этого приступят к подъему здания, который будет осуществляться системой гидравлических домкратов, снабженных четырьмя степенями механической и гидравлической защиты и единым пультом управления.

В центре Москвы насчитывается около 60 памятников архитектуры, оказавшихся в результате техногенеза заглубленными в толщу техногенных образований на 2–3 м ниже современной дневной поверхности. Их подъем с восстановлением первоначальных пропорций памятников и созданием надежных условий для их дальнейшего сохранения обеспечит получение также дополнительных площадей за счет использования подземного пространства до нескольких десятков тысяч квадратных метров, что может послужить хорошим экономическим стимулом в применении этой технологии. Однако их использование возможно лишь при высо-

кой технологичности освоения подземного пространства под памятниками архитектуры, которая должна включать не только современные технологические процессы взаимодействия с геологической средой, но и возможность оценивать результаты этих взаимодействий на геологическую среду и сохранность памятников архитектуры при помощи оценки результатов целенаправленного мониторинга.

Важным направлением в модернизации подземной инфраструктуры города является оптимизация существующего и проектируемого метрополитена. В первую очередь это относится к необходимости создания в исторической части города быстрого и надежного вида транспорта – метрополитена, взамен устаревшего трамвая, троллейбуса, автобуса. Наиболее эффективным решением этого вопроса может стать встраивание новых станций на действующих радиусах внутри Кольцевой линии, приближая их к историко-культурным центрам и селитебным территориям, например, создание станции «Консерватория» на линии, проходящей в 100 м от Московской консерватории. Или на вновь проектируемой трассе от «Третьяковской» до «Выставочной», которую целесообразно провести через Никитские Ворота, где размещены четыре театра, консерватория, пять музеев, далее через Патриаршие пруды и Тишинскую площадь – крупные селитебные территории, не имеющие развитой транспортной инфраструктуры. Таким образом в исторической части Москвы можно дополнительно построить до десяти станций метро, создав условия, при которых обстановка в центре города станет наиболее приемлемой для столичного мегаполиса.

# ПОДЗЕМНЫЕ АВТОСТОЯНКИ ДЛЯ ЦЕНТРА МОСКВЫ

С. О. Зега, к. т. н., ООО «ЗЭСТ»

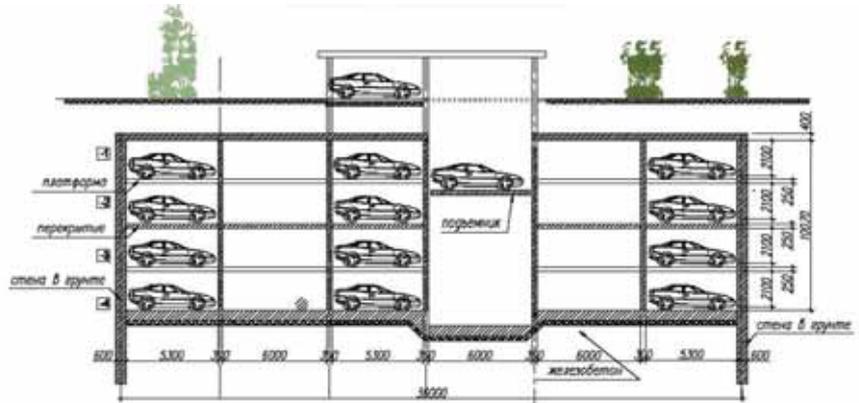
Е. В. Щекудов, к. т. н., Филиал ОАО «ЦНИИС» «НИЦ «Тоннели и метрополитены»

Площадь уличной сети в пределах 3-го транспортного кольца не позволяет обеспечить движение, и стоянку машин. Чтобы предоставить приоритет движущимся автомобилям необходимо иметь внеуличные организованные парковки. Учитывая дефицит общего строительного объема в этой части города, необходимо максимально использовать для стоянки машин подземное пространство. Его освоение требует значительных затрат средств, как правило, не менее 7–8 тыс. руб. за 1 м<sup>3</sup>. Поэтому минимальная стоимость стояночного места может быть достигнута в автоматизированных парковках, которые требуют значительно меньшего строительного объема, чем манежные.

На уже осуществленных автоматических стоянках небольшой (до 100 машин) вместимости на одно место приходится 65–75 м<sup>3</sup> строительного объема, а большие (более 300 машин) манежные стоянки требуют 120–140 м<sup>3</sup>.

Систем для автоматической парковки много. Среди них есть оригинальные российские разработки, которые опережают по своим характеристикам зарубежные аналоги. К ним относятся системы с различным вертикальным и горизонтальным движением, предложенные специалистами Инновационной группы «ЗЭСТ» и разработанные инженером А. Григорьевым. Они позволяют снизить объем подземного пространства на одно место до 45–50 м<sup>3</sup>, а скорость обслуживания довести до 90–120 с.

Но автоматизированные стоянки не могут быть одиночными. Только наличие большой сети идентичных стоянок может позволить создать систему их технического обслуживания и гарантировать надежность пользования. Такой заказ требует осуществления единой городской технической политики в области строительства автоматизированных стоянок. Да и их использование следует организовывать за счет единой диспетчерской службы, которая будет по запросу пользователя предоставлять ему удобную стоянку за устраивающую его цену. Такая диспетчерская служба, во-первых, позволит равномерно загрузить имеющиеся в городе стоянки, получить доход от их эксплуатации, во-вторых, выявит наиболее дефицитные места, где необходимо строить новые стоянки, в-третьих, позволит управлять общей транспортной ситуацией в центре города за счет рационального управления потоками автомобилей, движущимися на стоянку и от нее, что снизит вероятность возникновения пробок.



Стоянка на 120 машиномест



Распорные перекрытия

Разработка грунта





Погрузка разработанного грунта



Пространственная несущая конструкция

Стоянки автомобилей должны быть расположены удобно для пользователей и не нарушать комфорт жителей. Автоматизированные подземные парковки в наибольшей степени отвечают этим требованиям. Они компактны, не дают вредных выбросов, их въездные группы могут быть удалены от мест складирования. Если въезд расположен на улице, а склад машин во дворе, то даже жители, не имеющие автомобиля, получают выгоду за счет того, что двор не будет загроможден машинами их соседей. А проводя рациональную ценовую политику, можно будет обеспечить удобство и для

жителей, и для пользователей, приезжающих в центр.

Освоение подземного пространства требует сложных и дорогостоящих технологий. В этой сфере есть достижения, позволяющие вести работы более эффективно. Предложен и осуществлен на ряде объектов в центре города «Московский метод возведения подземных сооружений», который позволяет снизить затраты на освоение подземного пространства и минимизировать воздействие строительства на окружающую застройку. При этом методе крепление стен котлована производится

капитальными перекрытиями, что определяет небольшие перемещения и высокий запас прочности крепи в стадии проведения работ. Но, в отличие от известного метода «UP-DOWN», новый не требует дорогостоящих свай-колонн, поддерживающих капитальные перекрытия до того, как будет выполнена фундаментная плита, что дает ощутимый экономический эффект.

«Московский метод» предполагает следующую технологию работ.

Вначале по контуру возводимого гаража выполняется несущая сборно-монолитная «стена в грунте». Затем котлован разрабатывается на один этаж и в нем выполняется несущая пространственная конструкция, способная перекрыть пролет между «стенами в грунте». При необходимости эта конструкция усиливается дополнительными элементами. Она может быть рассчитана на движение по перекрытию тяжелой техники.

В дальнейшем грунт разрабатывается из-под распорных перекрытий с помощью миниэкскаваторов. Подъем грунта и его погрузка в самосвалы осуществляются гидравлическим грейфером, установленным на несущей распорной конструкции.

Нижние лежащие распорные перекрытия опираются на пространственную несущую конструкцию подвесками.

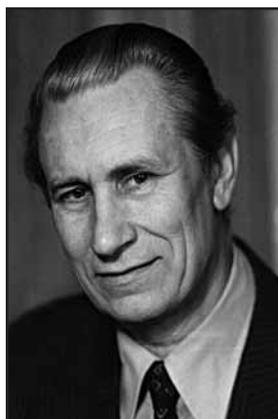
После сооружения фундаментной плиты выполняют бетонирование вертикальных элементов. По мере того, как колонны и стены набирают прочность, производится демонтаж инвентарных металлоконструкций.

На Тургеневской площади в Москве новым методом сооружен шестиэтажный подземный гараж. Работы проводились в сложных гидрогеологических и планировочных условиях. Капитальные перекрытия, усиленные инвентарными конструкциями, использовались для размещения тяжелого оборудования, складирования материалов, устройства бытового городка. Этим методом также построены нулевой цикл с автоматизированным подземным паркингом в Б. Строченовском пер., нулевой цикл здания на ул. Лефортовский Вал глубиной 20 м и другие объекты.

В комбинации с новыми технологиями автоматической парковки машин «Московский метод» позволяет сделать подземные автоматизированные стоянки экономически самостоятельными при умеренных ценах на парковку в случае правильной организации их использования. Стоимость стоянки на 120 машин может составить 90 млн руб. Чтобы она была экономически эффективна, годовой доход от сдачи в аренду должен составить примерно 25 млн руб., что соответствует 600 руб. в день на одно место. Такой уровень дохода может быть обеспечен при таксе 80 руб./ч при срочной парковке, 500 руб. за день и 200 руб. за ночь при регулярной длительной аренде места на стоянке.



## ПАМЯТИ ЕВГЕНИЯ АНДРЕЕВИЧА ДЕМЕШКО



13 марта 2012 г. ушел из жизни Евгений Андреевич Демешко.

Он родился 8 августа 1928 г. В 1952–1954 гг. Евгений Андреевич трудился в Метрогипротрансе, затем – аспирантура, после окончания которой в 1956 г. и успешной защиты кандидатской диссертации – работа в ЦНИИСе до 1979 г. в научных должностях в отделении Тоннелей и метрополитенов. Основные его научные интересы были связаны с фундаментальными и прикладными исследованиями в области теории взаимодействия тоннелепроходческих щитовых агрегатов с грунтами, многие разработки были сопряжены с конструкциями проходческих щитов, в том числе для бескессонной проходки тоннелей в тяжелых инженерно-геологических условиях, в неустойчивых грунтах естественной влажности. Выполненные им исследования касались подводных тоннелей, прочностных пространственных и вероятностных расчетов тоннельных обделок.

В 1979 г. Е. А. Демешко переходит на преподавательскую работу в МИИТ, где с 1990 г. заведует кафедрой тоннелей и метрополитенов, но не прекращает интенсивную творческую деятельность, итогом которой стали более сотни научных и методических разра-

боток, включая монографии, учебники и учебно-методические пособия. Им получено семь авторских свидетельств на изобретения.

Высокий профессиональный авторитет Евгения Андреевича послужил основанием для избрания его членом президиума Тоннельной ассоциации России, членом ряда специализированных советов по присуждению ученых степеней, научных советов по проблемам транспортного, подземного строительства, тоннеле- и метростроения. Е. А. Демешко неоднократно выступал в качестве эксперта в Совете государственной вневедомственной экспертизы.

Трудовые успехи Евгения Андреевича Демешко были отмечены двумя государственными наградами – медалями СССР. Он удостоен высоких отраслевых наград – знаков «Почетный транспортный строитель» и «Почетный железнодорожник».

Память о Евгении Андреевиче Демешко – человеке большой души, доброго сердца, интеллигенте, высококлассном специалисте и педагоге – останется у его коллег и учеников, в построенных при его консультациях и на основе его разработок многочисленных подземных транспортных объектах.

# 29–30 мая, 2012

Отель СокоС Олимпия Гарден  
Санкт-Петербург

AQUASTOP

WWW.AQUASTOP.RU

The logo features the word 'AQUASTOP' in large, stylized letters. 'AQUA' is in red, 'STOP' is in blue. A black outline of an umbrella is positioned above the text. The background consists of blue water with bubbles. The website address 'WWW.AQUASTOP.RU' is written in red below 'AQUA'.

реклама



## ВИНТОВЫЕ АНКЕРНЫЕ СВАИ АТЛАНТ

реклама



Применение:

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