

# Подземные ризонты

*Underground Horizons*

Июль

№21

2019

www.techinform-press.ru



С НАМИ СТРОИТЬ  
ЛЕГКО!



- ✓ **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО подземных частей технически сложных и уникальных объектов:**  
подземные автостоянки;  
транспортные развязки;  
гидротехнические сооружения
- ✓ **ОГРАЖДЕНИЕ КОТЛОВАНОВ**
- ✓ **ЗАКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ**
- ✓ **УСИЛЕНИЕ ФУНДАМЕНТОВ**
- ✓ **ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ на памятниках истории и архитектуры**



г. Пермь, ул. Кронштадтская, 35 тел./факс: (342) 236 90-70  
 ИЖЕВСК ::::: (3412) 56-62-11 МОСКВА ::::: (495) 643-78-54  
 КРАСНОДАР ::::: (861) 240-90-82 САНКТ-ПЕТЕРБУРГ ::::: (812) 923-48-15  
 КРАСНОЯРСК ::::: (391) 208-17-15 ТЮМЕНЬ ::::: (3452) 74-49-75  
 КАЗАНЬ ::::: (843) 296-66-61 УФА ::::: (917) 378-07-48  
 РОСТОВ-НА-ДОНУ ::::: (863) 311-36-36 ЧЕЛЯБИНСК ::::: (351) 223-24-53



АО «НЬЮ ГРАУНД»  
[www.new-ground.ru](http://www.new-ground.ru)  
[info@new-ground.ru](mailto:info@new-ground.ru)





ПРОДАЖА ТЕХНИКИ  
СЕРВИС | ЗАПЧАСТИ

## УСТАНОВКИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ



### DigiTrak Falcon

Самая совершенная в мире  
локационная система для ГНБ.  
Рабочие характеристики  
локационной системы DigiTrak  
Falcon являются мировым эталоном.



### Baroid

Компания Baroid  
специализируется на разработке  
промывочных жидкостей для  
бурения. Этот производитель  
много лет оправданно входит  
в число лучших в своей нише.



### ProAction Fluids

Гели для различных видов грунта.  
PRODRILL - стабилизатор почвы,  
загуститель и уменьшитель трения.  
PRODYNE - непенообразующий  
уменьшитель «липкости» глины.  
CLAYLOCK - добавка для  
предотвращения разбухания глины.

ООО «АГРО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»  
- ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИЛЕР VERMEER НА ТЕРРИТОРИИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И СТРАН СНГ



8(800) 350-64-62  
+7(495) 645-20-40

[www.vermeer-act.ru](http://www.vermeer-act.ru)  
[www.vermeer-machines.ru](http://www.vermeer-machines.ru)

[Info@vermeer-act.ru](mailto:Info@vermeer-act.ru)  
[www.act.su](http://www.act.su)

**Дорогие друзья!**



Перед вами очередной номер журнала «Подземные горизонты». Он посвящен вопросам развития нормативно-технической базы подземного строительства, строительству Большой кольцевой линии московского метрополитена, технологиям устройства гидроизоляции.

Директор Научно-исследовательского проектно-изыскательского и конструкторско-технологического института оснований и подземных сооружений им. Н.М. Герсеванова АО «НИЦ «Строительство» Игорь Колыбин в интервью журналу оценивает нормативную базу в области подземного строительства, приводит факторы, сдерживающие ее развитие, а также рассказывает о документах, которые должны появиться в ближайшее время.

Мы пристально следим за ходом строительства Большой кольцевой линии московского метрополитена, в этом выпуске предлагаем подборку материалов на эту тему, в которых специалисты делятся проблемами и планами реализации этого важнейшего для столицы проекта.

Устройство гидроизоляции — важнейшей элемент проекта строительства любого подземного объекта. Деловой разговор с производителями систем гидроизоляции мы публикуем на стр. 28–30. Вашему вниманию предлагаются также статьи отраслевых экспертов на заявленную тему.

К 45-летию начала строительства Байкало-Амурской магистрали мы публикуем материал об уникальном, единственном в своем роде Северомуйском тоннеле.

Надеемся, что интерес вызовут и публикации о новейших исследованиях в области систем мониторинга подземных конструкций.

*С уважением, главный редактор журнала «Подземные горизонты» Наталья Алхимова и весь творческий коллектив*

## Журнал «ПОДЗЕМНЫЕ ГОРИЗОНТЫ»

Официальный информационный партнер:

- Комитета по освоению подземного пространства НОСТРОЙ
- Объединения подземных строителей и проектировщиков
- Международной Ассоциации Фундаментостроителей

**№21 июнь — июль/2019**

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77-57244 от 12.03.2014

Учредитель **Регина Фомина**

Издатель **ООО «Информационное агентство «ТехИнформ»**

Генеральный директор **Регина Фомина**

### РЕДАКЦИЯ:

Главный редактор

**Наталья Алхимова** (profi@techinform-press.ru)

Редактор выпуска:

**Сергей Зубарев** (redactor@techinform-press.ru)

Дизайнер, бильд-редактор

**Лидия Шундалова** (art@techinform-press.ru)

Корректор **Мила Дмитриева**

Руководитель отдела стратегических проектов

**Людмила Алексеева** (editor@techinform-press.ru)

Руководитель службы рекламы,

маркетинга и выставочной деятельности

**Нелля Кокина** (roads@techinform-press.ru)

Отдел маркетинга

**Полина Богданова** (post@techinform-press.ru)

### ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ:

**В.Н. Александров**, специальный представитель губернатора Санкт-Петербурга по метростроению и подземному строительству

**С.Н. Алпатов**, генеральный директор Объединения подземных строителей и проектировщиков, президент Российского общества по внедрению бестраншейных технологий

**Андреа Беллокьо**, руководитель проектов компании Rocksoil S.p.A (Италия)

**А.И. Брейдбурд**, президент МАС ГНБ, генеральный директор ООО «Нефтегазспецстрой»/ГК «ЮНИРУС»

**В. А. Гарбер**, д.т.н., главный научный сотрудник НИЦ «Тоннели и метрополитены» АО «ЦНИИС»

**С.В. Кидяев**, вице-президент АО «Объединение «ИНГЕОКОМ»

**А.С. Кириллов**, генеральный директор ООО «ГНБ-Лидер»

**А.П. Ледаев**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Тоннели и метрополитены»

**К. Н. Матвеев**, председатель правления Общероссийской общественной организации «Тоннельная ассоциация России» (ТАР), первый заместитель генерального директора АО «Мосинжпроект»

**М.Е. Рыжевский**, к.т.н., президент компании MTR Ltd

**В.М. Улицкий**, д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Основания и фундаменты» ПГУПС

Адрес редакции: 192007, Санкт-Петербург, ул. Тамбовская, д. 8, лит. Б, оф. 35  
Тел./факс: (812) 490-47-65; (812) 905-94-36  
office@techinform-press.ru  
www.techinform-press.ru

Установочный тираж 8 тыс. экз. Цена свободная.

Подписано в печать: 10.07.2019. Заказ №  
Отпечатано в типографии «Премиум Пресс»,

г. Санкт-Петербург,  
ул. Оптиков, д. 4,  
www.premium-press.ru

За содержание рекламных материалов редакция ответственности не несет. Сертификаты и лицензии на рекламируемую продукцию и услуги обеспечиваются рекламодателем. Любое использование опубликованных материалов допускается только с разрешения редакции.

Информационное сотрудничество: Интернет-портал [undergroundexpert.info](http://undergroundexpert.info)

Подписку на журнал можно оформить по телефону  
**(812) 490-47-65** и на сайте [www.techinform-press.ru](http://www.techinform-press.ru)



## Содержание / Contents



Стр. 4–6

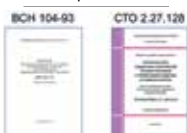
### **Техническое регулирование**

- 4 О техническом регулировании в подземном строительстве (интервью с К.Н. Матвеевым)



Стр. 8–11

- 8 Игорь Колыбин: мы должны отстаивать независимость и безопасность в сфере строительства



Стр. 12–15

- 12 Г.О. Смирнова. Нормативная документация и порядок применения новых строительных материалов в метро- и тоннелестроении



Стр. 16–17

### **События**

- 16 НОВОСТИ ОТРАСЛИ
- 18 Вокруг Бетанкура: от парадокса к перспективам



Стр. 18–19



Стр. 20–23

### **Экспертное мнение**

- 20 А.Г. Шашкин. Освоение подземного пространства как способ сохранения исторического центра



Стр. 24–25

- 24 Продолжая славные традиции (интервью с А.В. Рязановым, ОАО «Фундаментпроект»)



Стр. 26–27

### **Строительный практикум**

- 26 В.Е. Русанов, Г.М. Медведев, П.С. Мильчевский, С.П. Буюкян. Опыт применения автоматизированной системы мониторинга Монитрон-ДГН-2» при строительстве подземных сооружений



Стр. 28–31

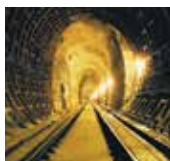
- 28 Подземные сооружения: защита и безопасность (деловой разговор)



Стр. 32–35



Стр. 36–41



Стр. 42–45



Стр. 46–49

32 *Е.Ю. Куликова.* Анализ дефектов железобетонных конструкций городских подземных сооружений

36 *И.Я. Харченко, А.И. Панченко, К.А. Исрафилов, Д.В. Газданов.* Эффективные способы ликвидации водопровялений при эксплуатации подземных сооружений

### Тоннели

42 *К.П. Безродный, М.О. Лебедев, Ю.С. Исаев, А.Д. Басов, О.В. Бойко, К.В. Романевич, Р.И. Ларионов, В.Г. Трунев.* Геотехнический мониторинг — залог безопасной эксплуатации тоннелей (ОАО «НИПИИ Ленметрогипротранс»)

### Метрополитены

46 БКЛ: от «Проспекта Вернадского» до «Каховской»



Стр.50–51



Стр. 52–54



Стр. 55–59



Стр. 60–65



Стр. 78–80

50 Руслан Сарыбаев: «На всех площадках ведутся активные работы»

52 Сергей Жуков: «За 87 лет существования Мосметростроя мы привыкли к сложным условиям»

55 *Д.Л. Бурин.* Особенности эксплуатации и обеспечение герметичности стволов шахтной вентиляции в условиях Петербургского метрополитена

### Бестраншейные технологии

60 *О.А. Потева, А.П. Шаманин.* Комплексный подход к ценообразованию строительства переходов трубопроводов бестраншейными методами

66 Инженерные сети: строительство и инновации (интервью с Е.В. Николаевым)



**Тоннельная ассоциация России является общероссийской общественной организацией, основные цели которой — содействие ускорению научно-технического прогресса в отечественном подземном строительстве; повышение эффективности и качества проектирования, строительства и эксплуатации подземных сооружений транспортного назначения; развитие комплексных подходов к освоению подземного пространства в градостроительной деятельности.**

**Объекты подземного строительства относятся к категории особо сложных и технически опасных объектов, а это обстоятельство, вполне естественно, требует пристального внимания к вопросам технического регулирования при проектировании, строительстве и эксплуатации подземных сооружений, целью которого является обеспечение безусловной надежности и полной безопасности сооружаемых объектов. О работе по формированию нормативно-технической базы подземного строительства и проблемах, которые существуют в этой работе, рассказывает председатель правления Тоннельной ассоциации России Константин Матвеев.**

Беседовала  
Наталья ВЛАДИМИРОВА

## О ТЕХНИЧЕСКОМ РЕГУЛИРОВАНИИ В ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**— Константин Николаевич, в чем заключается и как осуществляется работа Тоннельной ассоциации России (ТАР) в части развития нормативно-технической базы подземного строительства?**

— Если говорить в общих чертах, то основными документами, регламентирующими строительную отрасль в целом и подземное строительство в частности, являются Градостроительный кодекс и Технический регламент «О безопасности зданий и сооружений», которые имеют статус федеральных законов и являются документами обязательного применения. Они дополняются нормативно-техническими документами, составляющими доказательную базу Технического регламента «О безопасности зданий и сооружений», к которым относятся национальные стандарты и своды правил (СП), включенные в перечни нормативно-технических документов, утверждаемые на уровне Правительства Российской Федерации. Причем часть из них являются документами обязательного применения, а часть — добровольного. Вот к категории документов обязательного применения и привлечено основное внимание Тоннельной ассоциации России. Мы и члены ТАР принимали самое непосредственное участие в актуализации СП 120.13330.2012 «Метрополитены» и СП 122.13330.2012 «Тоннели железнодорожные и автодорожные», которые являются фундаментальными для нормативно-технической базы в области метро- и тоннелестроения. При этом следует отметить, что жизнь идет вперед, разрабатываются новые технологии, методы расчета строительных конструкций, материалы, оборудование, что, естественно, влечет за собой необходимость внесения соответствующих корректив в нормы, которые только что закрепились в действующих нормативных документах. Это закономерный процесс, связанный с развитием науки и техники, как у нас в стране, так и за рубежом. В соответствии с этим мы анализируем сложившуюся ситуацию и даем свои предложения о внесении изменений и дополнений в документы федерального уровня, высказываем свое профессиональное мнение, основанное на мнениях членов нашей

ассоциации. Показателен, в связи с этим результат такой работы по внесению изменений в СП «Метрополитены». В этот документ с момента его действия уже внесены два изменения, а в апреле текущего года утверждено еще одно дополнение, касающееся очень важных вопросов, в том числе:

- учтены требования ГОСТ Р 52257-2010 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования» в части научно-технического сопровождения проектирования и строительства особо опасных и технически сложных объектов;

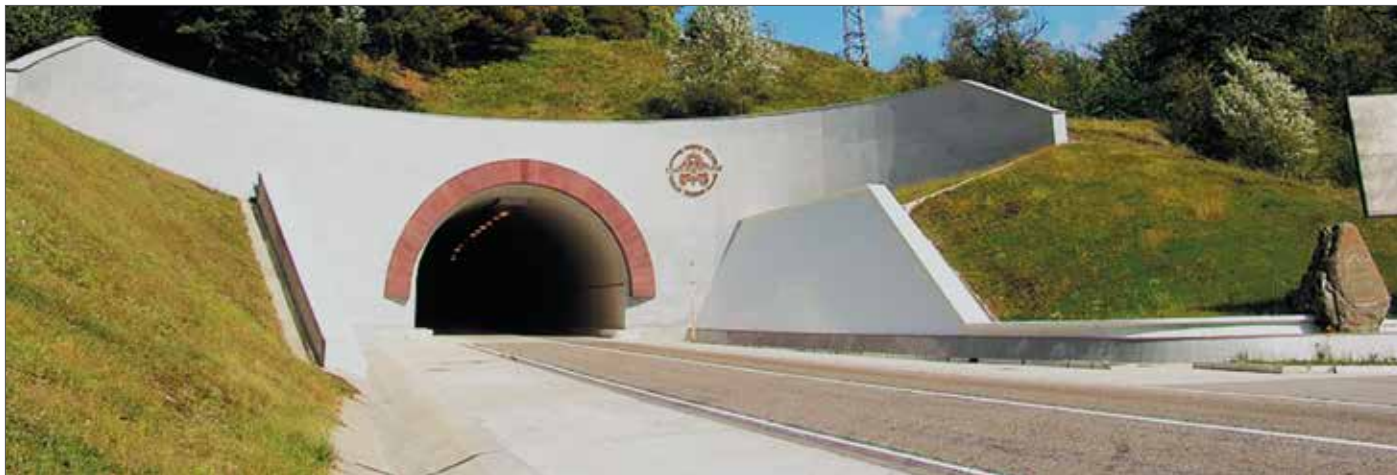
- введены положения, регламентирующие проектирование и строительство двухпутных перегонных тоннелей;

- введены положения, связанные с применением BIM-технологий в отечественном метростроении.

СП «Метрополитены» введен в действие в 2012 году. Учитывая имеющиеся перспективы развития метростроения в Москве, Санкт-Петербурге и других городах России, а также интенсивное развитие техники и технологий в этой области, видимо, уже назрела необходимость очередной актуализации этого СП. Подобная работа, в частности, по повышению эффективности научно-технического сопровождения проектирования и строительства железнодорожных, автодорожных и городских тоннелей, тоже уже назрела и зафиксирована в наших планах.

Нас радует также тот факт, что в текущем году был объявлен конкурс на разработку СП «Метрополитены. Эксплуатация». Такого нормативного документа до сих пор не было, но безопасная эксплуатация метрополитенов — давно назревшая проблема. И поскольку в число членов Тоннельной ассоциации России входят метрополитены Москвы и Санкт-Петербурга, мы, конечно, будем участвовать в этой работе, тем более что создание этого нормативного документа потребует корректировки отдельных положений и действующего СП «Метрополитены».

Таким образом, нормативно-технические документы, обеспечивающие выполнение требований «Технического регламента о без-



опасности зданий и сооружений», постоянно находятся в сфере внимания Тоннельной ассоциации России, и мы планомерно работаем над поддержанием их на должном уровне.

В действующей системе технического регулирования в строительстве имеется еще один и, пожалуй, самый большой пласт нормативно-технических документов — это нормативно-технические акты предприятий (стандарты организаций — СТО), специальные технические условия (СТУ), рекомендации и др. Эта часть нормативной базы определяет методические подходы к тем или иным технологическим процессам или расчетам, условия применения различных видов конструкций, оборудования и материалов, требования по обеспечению контроля выполненных работ и другие вопросы. Эти документы имеют статус нормативно-технических документов добровольного применения и соблюдение их требований, как правило, фиксируется в контрактах и технических заданиях на проектирование и строительство конкретных объектов.

Информация о таких разработках чрезвычайно ограничена. Вместе с тем, мы видим, что применение документов этого уровня в практике подземного строительства часто приносит ощутимый экономический эффект, что может стать серьезным поводом для повторного применения этих разработок. Приведу лишь один пример — недавно при ведении проходки тоннеля под одним из зданий Москвы специалисты ТАР сделали расчет, из которого следовало, что усиления здания не требуется, хотя изначально эти мероприятия были включены в проект. Наш расчет позволил исключить избыточные требования и сэкономить около 500 млн рублей. Информация о таких разработках может быть интересна членам ТАР, я думаю, что она должна накапливаться, систематизироваться и быть доступной для них. Сейчас мы ведем подготовительную работу по формированию

информационной базы таких нормативно-технических документов. В дальнейшем эти разработки, по нашему мнению, могут быть переведены в разряд стандартов саморегулируемых организаций или предприятий, объединенных по профессиональному принципу.

**— Тоннельная ассоциация России является членом Международной ассоциации тоннелестроения и освоения подземного пространства (ITA/AITES). Каким образом членство в этой организации влияет на работу по формированию нормативно-технической базы отечественного подземного строительства?**

— Действительно, Тоннельная ассоциация России вот уже на протяжении более 25 лет представляет интересы метро- и тоннелестроителей России в этой авторитетной международной ассоциации. Членство в этой ассоциации, участие в работе ежегодных мировых конгрессов и конференций по подземному строительству позволяет российским специалистам быть в курсе тенденций развития тоннелестроения во всем мире, вселяет в нас уверенность, что профессия подземного строителя будет всегда востребована и почетна, поскольку комплексное освоение подземного пространства является одним из основных направлений развития нашей цивилизации, спасением от многих экологических потрясений.

В части развития технического регулирования, нас очень интересует деятельность рабочих групп, сформированных Исполнительным комитетом ITA/AITES. В этих группах на общественных началах работают виднейшие специалисты мира по различным подотраслям подземного строительства. Ими осуществляется подробный анализ развития науки, техники и перспективные практики и разрабатываются соответствующие рекомендации, которые могут быть

использованы при планировании нормативно-технической деятельности и разработке конкретных нормативных документов. Участие в деятельности рабочих групп предоставляет широкие возможности для обмена мнениями по самым актуальным проблемам отечественными и зарубежными учеными и специалистами, без чего невозможно сформировать современную и эффективную нормативно-техническую базу. К сожалению, по ряду организационных и финансовых причин, мы пока не в полной мере используем эту возможность. Понимая необходимость исправления сложившейся ситуации по этому направлению нашей деятельности, Тоннельная ассоциация принимает меры, направленные на повышение эффективности работы специалистов в рабочих группах ITA/AITES. В частности, для включения в состав этих рабочих групп нами рекомендованы еще три специалиста, обладающих, что очень важно, хорошим знанием английского языка.

Организуется также тщательное изучение разработанных рабочими группами ITA/AITES документов. В первую очередь, по нашему мнению, отечественных специалистов могут заинтересовать их рекомендации на такие темы, как проектирование и неразрушающие методы испытаний тоннельных обделок, в том числе, из фибробетона, проведение инженерных изысканий и мониторинга при сооружении подземных объектов, обеспечение безопасности при производстве работ, в частности, под высоким давлением, эксплуатация и ремонт подземных сооружений, документы, связанные с гидроизоляцией подземных сооружений и ряд других. При этом мы прекрасно понимаем все трудности, которые нам предстоит пройти на пути использования разработанных ITA/AITES рекомендаций при формировании отечественной нормативно-технической базы — здесь и трудности технического перевода, и сложности, связанные с адаптацией разрабатываемых



мых документов к требованиям действующих в России нормативных документов. Но работу эту проводить необходимо.

**— Какие еще действия предпринимает ТАР в отношении совершенствования нормативной базы подземного строительства?**

— Члены Тоннельной ассоциации России работают в технических комитетах ТК 465 «Строительство» Федерального центра нормирования Минстроя РФ, ТК 150 «Метрополитены» Федерального агентства по техническому регулированию (Росстандарт) и с Департаментом строительства Правительства г. Москвы, где активно влияют на формирование планов работы этих организаций в части создания и актуализации нормативно-технических документов по подземному строительству. Участвуют они и в формировании базы нормативных документов, разрабатываемых по инициативе

национальных объединений саморегулируемых организаций НОСТРОЙ и НОПРИЗ.

Кроме того, нами направлено обращение в Минстрой РФ с предложениями о включении наших представителей в состав общественного комитета этого ведомства и внесении отдельных изменений в СП «Метрополитены». Результаты этого обращения уже есть — в начале нашей беседы я упоминал о том, что в апреле текущего года завершена разработка Изменений №3 к СП, которое утверждено и введено в действие в мае текущего года. Надеемся, что и вопрос участия наших представителей в работе общественного комитета Минстроя будет решен положительно.

**— Как организован информационный обмен ассоциации с членами ТАР?**

— Поскольку основная цель нашей работы — создание условий для повышения качества, эффективности и безопасности подземного строительства, главным инстру-

ментом в ее реализации является создание надежного информационного обмена по широкому кругу научных, технических, экономических и иных вопросов деятельности организаций, являющихся членами Ассоциации, распространение среди членов ТАР информации о современном уровне подземного строительства в зарубежных странах, об их передовом опыте и достижениях.

В связи с этим не могу обойти вниманием научно-технические конференции, организуемые ассоциацией. Эти мероприятия затрагивают актуальные темы метро— и тоннелестроения, неизменно пользуются заслуженным вниманием специалистов, занимающихся проектированием и строительством подземных сооружений. В этом плане интересна практика проведения таких конференций не только в Москве, но и в других городах России и СНГ. В последнее время нами были организованы такие мероприятия в Санкт-Петербурге, Екатеринбурге и Минске. Проведение конференций сочеталось с интересными техническими экскурсиями на строящиеся объекты метрополитенов. Участие в конференциях принимали, наряду с российскими специалистами, представители зарубежных фирм и тоннельных ассоциаций стран СНГ.

Будем развивать и другие формы работы с членами нашей ассоциации, в частности, добиваться повышения информативного содержания нашего сайта и бюллетеней научно-технической информации, совершенствовать практику проведения профессиональных конкурсов, повышать эффективность работы с высшими учебными заведениями, осуществляющими подготовку специалистов для подземного строительства.

Профессиональное сообщество метро- и тоннелестроителей всегда отличалось своими славными трудовыми традициями, непоколебимой стойкостью к любым жизненным ситуациям и взаимопомощью. Этими принципами руководствуются в своей работе и правление, и исполнительная дирекция Тоннельной ассоциации России.

Могу со всей ответственностью заявить, что Тоннельная ассоциация России открыта для всех начинаний, направленных на повышение эффективности и безопасности труда в подземном строительстве, обеспечение высокого качества выполняемых работ, раскрытие творческого потенциала инженерно-технических работников организаций-членов ТАР. При этом в своей работе мы готовы применять любые доступные формы и методы. ■





# СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ФОРУМ «ТРАНСПОРТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА РОССИИ»



1-2 ОКТЯБРЯ 2019 ГОДА

Центр цифрового лидерства SAP, г. Москва,  
Космодамианская набережная, 52/7

[P3TRANSPORT.RU](http://P3TRANSPORT.RU)

ОРГАНИЗАТОР:



СООРГАНИЗАТОР:



СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПАРТНЕР:



# ИГОРЬ КОЛЫБИН: МЫ ДОЛЖНЫ ОТСТАИВАТЬ НЕЗАВИСИМОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА



***В последние годы наблюдается изменение в подходах к проектированию объектов подземного строительства, методам его освоения, но эти тенденции не всегда находят отражение в действующей нормативно-технической базе. Данная ситуация негативно сказывается на развитии строительной отрасли, тормозит внедрение новых методов строительства. Сложившуюся ситуацию прокомментировал директор Научно-исследовательского, проектно-изыскательского и конструкторско-технологического института оснований и подземных сооружений им. Н.М. Герсеванова АО «НИЦ «Строительство» Игорь Колыбин.***

Беседовала  
Наталья АЛХИМОВА

**— Игорь Вячеславович, научно-технический прогресс не стоит на месте, появляются новые технологии, на рынок приходят современные материалы. А как развивается нормативно-техническая база подземного строительства?**

Мы должны рассматривать систему технического регулирования в области подземного строительства в рамках всей системы нормативной базы в строительстве, как ее неотъемлемую часть. Должен сказать, что есть факторы, которые сдерживают развитие системы в целом.

В первую очередь, это неоднозначность саморегулирования. С одной стороны, очень хорошо, что Закон о техническом регулировании привлек к нормированию большое количество заинтересованных лиц и организаций, которые проявляют инициативу в этом направлении. Но нужно понимать, что деятельность в области технического регулирования и нормотворчества требует высокого профессионализма. Развитие нормативной базы — это непрерывный процесс, который я бы сравнил с игрой в шахматы. Документы — это фигуры, которые выстраиваются в соответствии с установленными правилами. И профессионалы их хорошо знают. Когда же садятся играть непрофессионалы, не знающие ни ходов, ни правил, начинается сумятица. Такая же сумятица наступает, когда неспециалисты пытаются заниматься техническим нормированием. Это только нарушает стройность системы и ведет к появлению неоднозначных документов.

В идеале нормативная база должна представлять собой пирамидальную систему, содержащую документы разной иерархиче-

ской важности, которые четко друг с другом взаимосвязаны. При этом верхний уровень — это нормативы, в которых сосредоточены обязательные требования, они необходимы именно с точки зрения обеспечения безопасности. Документы второго уровня конкретизируют, дополняют и поясняют требования обязательных документов. Ниже, на третьем уровне, находятся документы методического характера добровольного применения, которые описывают технологии, предлагают некие методы расчета, но которые могут иметь альтернативу.

**— А как эта система построена в российском законодательстве?**

— В российском техническом законодательстве возглавляет эту «пирамиду» Градостроительный кодекс, который носит регулирующий характер. С точки зрения обеспечения безопасности, большую роль играет также Технический регламент «Безопасность зданий и сооружений», который определяет 8 категорий безопасности. Далее по значимости идут нормативно-технические документы.

К сожалению, эта строгая иерархическая система в какой-то момент дает сбой, так как документы исторически сложившейся и действующей еще со времен СССР нормативной базы, к сожалению, в каких-то частях нередко противоречат друг другу, ведь созданы они были различными министерствами без согласования между собой. Сейчас ведется серьезная работа, направленная на то, чтобы эту двойственность устранили.

В Минстрое России действует план разработки нормативно-технической базы до 2024 года, который ежегодно обновляется.



Говоря о преградах, которые существуют в техническом регулировании, хочу отметить, что органы экспертизы обязаны ориентироваться, в первую очередь, на так называемый Перечень 1521 («Перечень национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» (принят Постановлением Правительства Российской Федерации от 26 декабря 2014 года). К сожалению, этот документ сегодня уже не отражает современной ситуации на рынке, поскольку он утверждается правительством, и это происходит гораздо реже одного раза в год.

**— Какие нормативно-технические документы следует принять для оптимизации процесса подземного строительства в нашей стране? На что будут направлены эти изменения?**

— Документы, которые так или иначе касаются освоения подземного пространства, должны охватывать такие сферы деятельности, как градостроительство и комфорт городской среды. То есть это некий макрокомфорт потребителя. Они должны охватывать все аспекты безопасности, а также затрагивать технологические процессы и инженерные системы.

На сегодняшний день наименее отражены и системно проработаны именно проблем-

ные вопросы первой группы — градостроительные аспекты и макрокомфорт. Сегодня генпланы городов плоские. Освоение подземного пространства ведется бессистемно, во многом зависит от видения и понимания целесообразности главными архитекторами и главами администраций городов. В вопросах градостроительного регулирования подземного пространства много «белых пятен» на законодательном уровне.

Во то же время целесообразность и объективная необходимость развития подземного пространства зависит от многих, абсолютно объективных факторов: географического положения и природно-климатических условий, численности населения, истории развития городов и их археологического наследия, инженерно-геологических и гидрологических условий, наличия опасных природных процессов и пр. К сожалению, государственной стратегии освоения подземного пространства не существует.

Этот вакуум должен восполнить СП «Градостроительство. Планировка и застройка подземного пространства», работа над которым сегодня ведется. Ее осуществляет наш институт совместно с российским обществом по механике грунтов, в котором задействовано множество архитекторов-индивидуалов, специализирующихся именно на освоении подземного пространства. Работаает большая группа специалистов. Этот документ будет сложным и новаторским, и, в определенной степени революционным именно в силу двухмерности существующих градостроительных планов.

В свое время в нашем институте проводился мониторинг документов, относящихся к геотехническому проектированию и строительству, и это оказалась сложная схема (рис. 1), где 55 документов затрагивают геотехнику и подземное строительство непосредственно. Кроме того, есть документы, которые ссылаются на них, есть те, которые должны выполняться совместно с ними, и те, на которые, наоборот, ссылаются геотехнические документы. Всего же нормативных документов, относящихся к подземному строительству, сегодня около 200.

В подкомитете 19 «Геотехника» (ТК 465), где собраны эксперты примерно из 20 организаций, происходит обсуждение норм, которые необходимо включать в план разработки нормативно-технической базы Минстроя, а также ведется экспертный анализ тех документов, которые направляются на утверждение в Минстрой или в ТК 465. Это, как правило, документы федерального уровня — Своды правил, ГОСТы (межгосударственные стандарты) или ГОСТ Р (российские стандарты), а также отдельные стандарты организаций — в случае, если они официально представлены на экспертизу.

К сожалению, из-за разногласий с некоторыми странами ЕВРАЗЭС, нам не удастся принять единые для всех стран критерии безопасности — необходима разработка общих обязательных норм «Геотехническое проектирование. Основные положения». Этот документ должен стать, если так можно выразиться, «техническим законодательством» для всех стран ЕВРАЗЭС одновременно.



Наша первоочередная задача — эти нормы создать.

#### — Обязательны ли для применения документы второго уровня?

— Нет, но они могут содержать некие пункты обязательного характера, которые детализируют важные требования верхнего уровня.

Что же касается документов третьего уровня, то здесь требуется развитие большого количества нормативных актов, в том числе — методического характера. Основные направления — это устройство армированных, искусственных оснований, как усиленных, так и закрепленных; средства мониторинга (у нас хоть и есть СП, но он недостаточно проработан); проектирование и испытания анкерных и нагельных конструкций; освоение подземного пространства в специфических условиях — на просадочных грунтах, в арктических зонах, где можно с помощью специальных мероприятий обеспечить условия сохранности вечной мерзлоты; проектирование тоннельной проходки в неустойчивых грунтах — расчеты, связанные с предотвращением аварийных ситуаций именно в процессе проходки очень важны, и этими документами нормативная база должна быть дополнена, причем это касается не только подземного строительства, но и оснований и фундаментов в целом. Кроме того — новые технологии исследования свойств грунтов, некие расчетные модели, которые применяются в компьютерном моделировании, а также методы измерений и мониторинга.

#### — Каковы в этой связи действия Министра России как государственного регулятора?

— В последние годы ведется очень активная работа по актуализации нормативной базы и разработке новых нормативных документов, достаточно большое их количество

ежегодно выпускается. В СССР существовала одна из наиболее подробных и развитых систем технического нормирования. За последнее десятилетие вся эта нормативная база актуализирована, разработано большое количество новых документов. Можно сказать, что основная работа в этом направлении завершена.

Здесь важно то, что с конца 1980-х примерно до середины 2000-х гг. практически никакие научные исследования министерством не финансировались. Но развитие знаний, а значит, материалов и технологий, а следовательно, и норм, без науки, без исследовательских и опытно-конструкторских работ, невозможно.

Поэтому очень важно, что министерство в последние 15 лет, и особенно интенсивно в последние 7 лет финансирует научные разработки, которые направлены на включение тех или иных новаций в нормативную базу. Много работ по исследованию материалов для закрепления грунтов уже профинансировано или финансируется сегодня, это очень активно сейчас используется при подземном строительстве. Достаточно активные исследования ведутся в части анализа тех или иных защитных мероприятий при подземном строительстве. Одна из последних интересных работ — исследование трения грунта по контакту с подземным сооружением при вибрационных и динамических воздействиях.

С помощью министерства осуществляется работа по мониторингу зарубежных нормативных документов, публикаций и сопоставлению отечественной нормативной базы с зарубежной. Ведутся специализированные мониторинги по тем или иным направлениям, в частности, по геотехническим нормативным документам, по строительству в криолитозоне. На их основе и делаются выводы о необходимости дальнейшего развития того или иного направления нормативной базы как системы, которая до 2024 года должна быть выстроена, как она в деталях должна развиваться и по каким направлениям следует выстраивать приоритеты. Мы активно сотрудничаем с институтами ISO, в частности, я являюсь экспертом от России геотехнической группы 182-го комитета по ISO, поэтому те документы, которые разрабатываются странами ISO, тоже попадают к нам на рассмотрение и согласование. Россия — полноправный член ISO, который голосует за те или иные изменения, и мы можем предлагать своих экспертов в рабочие группы. Это тоже полезная работа, она показывает, что делается в мире и где у нас сильные, а где — слабые стороны.

#### — Какие принципиальные документы, нововведения созданы в области подземного строительства за последние годы?

— Перечислю их. Это СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений», в котором появились главы, посвященные подземному строительству, подземным сооружениям, геотехническому мониторингу и т.д. Этот документ 2016 года ушел намного дальше своего предшественника — СНиПа 1985 года, он открыл горизонты и численным расчетам, и компьютерному моделированию, и прогнозу влияния подземного строительства на окружающую застройку, и т.д. В последних редакциях этого свода правил появились главы, посвященные закрепленным грунтам и искусственным основаниям. И хотя он содержит самые основные требования, но, являясь обязательными, они дают возможность проектным организациям на легитимной основе включать эти технологии в проекты и защищать свои решения в органах экспертизы.

СП 45.13330.2017 «СНиП 3.02.01-87 Земляные сооружения, основания и фундаменты» посвящен технологиям, в том числе, подземного строительства — это бывший СНиП 30201-87, ныне актуализированный. В него вошло большое количество новых разделов, технологий, и это тоже большой прорыв.

В СП 120.13330.2012 «Метрополитены» отражены очень важные моменты, связанные как с функциональными требованиями, так и с требованиями безопасности строительства метро как открытым, так и закрытым способом. То же касается СП 122.13330.2012 «Тоннели железнодорожные и автодорожные», а также СП 248.1325800.2016 «Сооружения подземные. Правила проектирования». Последний разработан впервые, подобного в России раньше не существовало, это некий аналог Еврокода, который систематизирует все основные, принципиальные требования, пытается их подвести под единую линейку коэффициентов надежности по всем видам подземных сооружений, вне зависимости от способа их устройства и функционального назначения. И заодно он знакомит наших проектировщиков с требованиями Еврокодов, потому что в этом документе они переведены на нашу базу и представлены так, чтобы быть привычными и правильно восприниматься нашими специалистами.

В разработке очень важного документа — СП 249.1325800.2016 «Коммуникации подземные. Проектирование и строительство закрытым и открытым способами» участвовал целый коллектив авторов из НИИОСП, Тоннельной ассоциации России, ЦНИИСа, и Мосинжпроекта, так же как и в создании СП 250.1325800.2016 «Здания и сооружения. Защита от подземных вод», в работе над кото-

рым принимали участие, совместно с нашим институтом, специалисты НИИЖБ им. А.А. Гвоздева и «Триада Холдинг».

Документ новейшего времени — СП 291.1325800.2017 «Конструкции грунтоцементные армированные. Правила проектирования», связанный с джет-технологиями, которые активнейшим образом сегодня используются в подземном строительстве. Подобного ранее в нашей нормативной базе не существовало.

В СП 305.1325800.2017 «Здания и сооружения. Правила проведения геотехнического мониторинга при строительстве» изложены основные правила исследования влияния строящегося объекта на объекты, уже построенные — требования к мониторингу, к стратегии принятия решений. Возможности реализации защитных мероприятий посвящен СП 361.1325800.2017 «Здания и сооружения. Защитные мероприятия в зоне влияния строительства подземных объектов», в котором изложены виды таких мероприятий и требования к их проектированию.

Отметим, что разработка всех этих нормативов финансировалась министерством и проходила экспертизу в ТК 465. Это документы, кроме первых трех названных, третьего уровня, не обязательные к применению, но с точки зрения использования их проектными организациями при освоении подземного пространства, очень важные.

**— Как меняется нормативно-техническая база подземного строительства в связи с интенсивным сооружением метрополитена в Москве? Существуют ли документы, действующие только на территории Москвы как самостоятельного субъекта Федерации? Как они влияют на развитие норм и правил федерального значения?**

— Москва изначально была первопроходцем в части подземного строительства. И первые нормативные документы в области подземного строительства появились тоже в московской территориальной нормативной базе — глава, посвященная подземным сооружениям, была включена в Московские городские строительные нормы МГСН 2.07-97 «Основания и фундаменты подземных сооружений». Она потом трансформировалась, практически в той же редакции, в технические строительные нормы. Это был первый и, по моему мнению, прорывной документ, который оговаривал принципиальные вещи — что подземное строительство, помимо собственной надежности, должно гарантировать надежность и безаварийность окружающей застройки, что требуется прогноз, численное моделирование, что нужно использовать со-

временные сложные методы, которые тогда только еще появлялись, что необходимо подтверждать прогнозы результатами мониторинга, а в случае неблагоприятного прогноза — осуществлять защитные мероприятия. Это все появилось именно тогда в нормативных документах Москвы и дало большой импульс развитию подземного строительства.

Сегодня Закон о техническом регулировании не предусматривает использования территориальных норм, как таковых, за исключением того, что касается градостроительного развития. Вместе с тем, большое количество СТО, которые применяются в Москве и которые можно трактовать как некие московские нормы, разработаны через НОСТРОЙ различными организациями московского строительного комплекса, в том числе институтом «Мосинжпроект». Это документы очень интересные, все они имеют индекс «освоение подземного пространства» и там есть, например, такие нормы, как «Коллекторы для инженерных коммуникаций. Требования к проектированию, строительству, контролю качества и приемке работ» СТО НОСТРОЙ 2.16.65-2012 (Мосинжпроект), «Строительство подземных сооружений горным способом с применением обделок из набрызгбетона. Правила производства работ, контроль выполнения и требования к результатам работ» СТО НОСТРОЙ 2.27.128-2013 и другие. Должен отметить, что коллегами проделана огромная работа, которая может быть полезна всем, кто работает в сфере освоения подземного пространства, поэтому ее нужно каким-то образом через ТК 465 «Строительство» выводить в легитимную зону.

**— Отличается ли состояние отечественной нормативно-технической базы в области подземного строительства от других стран мира? В какой стране, по вашему мнению, она наиболее совершенна?**

— Если говорить о Еврокодах или, скажем, строительных нормах, принятых в США, то это весьма лаконичные документы. Так, например, в Еврокоде 7 «Геотехническое проектирование» нет даже главы, посвященной сооружению тоннелей, она только разрабатывается, нет там и норм, четко прописывающих действия при проектировании, строительстве и контроле. Однако в Еврокодах, как и в американских, и ранее в британских нормах, есть достаточно развитая система стандартов (ISO, ASTM и пр.), но все они — документы добровольного применения, которые дополняют Еврокоды в его обязательных требованиях.

С точки зрения подробной и тщательной проработки, отечественная нормативная база, наверно, лучшая в мире, с ней могла сравниться только немецкая система строи-

тельных норм DIN. Об этом свидетельствует, прежде всего, отсутствие крупных аварий на сооружаемых объектах. А ведь в мире они не так уж и редки.

**— А нужна ли такая детализация?**

— Это зависит от системы подтверждения соответствия, которая действует в стране. Если мы говорим о страховой системе, принятой в большинстве западных стран, то там страхуются риски, причем вердикт о страховании выносится на основании заключений экспертов, изучающих строительную документацию.

В России, к сожалению, страхование строительных рисков не прижилось. У нас выстроена система экспертиз — государственных и негосударственных. Однако должен отметить, что одним из результатов экономических потрясений последних десятилетий и демографической ситуации стало то, что на российском строительном рынке ощущается недостаток опытных экспертов среднего возраста. В силу этого кадровые проблемы органами экспертизы решаются за счет специалистов, часто не имеющих достаточного практического опыта, чтобы самостоятельно выносить решения. Поэтому во многом эксперты вынуждены полагаться на требования нормативных документов. В результате они перестраховываются, не принимают во внимание документы добровольного применения, пытаются свои заключения базировать на обязательных пунктах федеральной нормативной базы, в частности на Перечне 1521. Поэтому если мы не будем менять систему оценки соответствия, то нам, конечно, нужна именно развитая нормативная база.

Но я сторонник того, чтобы как можно больше появлялось документов добровольного применения, и чтобы эксперты обладали необходимым опытом, позволяющим оценивать полезность их использования. И, конечно, нам нельзя поддаваться призывам перейти на Еврокоды, которые иногда звучат в профессиональном сообществе. Наши контролирующие органы в таких условиях работать не смогут, ведь Еврокоды предназначены совершенно для иных систем проверки соответствия, в них нет необходимого для нас разнообразия грунтовых, природно-климатических условий, они базируются на совершенно других стандартах по металлам, материалам, даже классификация грунтов в них отличается от нашей. Так же, как мы защищаем свою экономическую безопасность в других сферах, мы должны отстаивать независимость и техническую безопасность в сфере строительства. ■

Г.О. СМИРНОВА,  
ведущий научный сотрудник  
НИЦ «Тоннели и метрополитены»  
АО «ЦНИИС»

*Обеспечение нормативных сроков службы, эксплуатационной надежности и долговечности сооружений путем защиты их от поступления грунтовых вод через ограждающие конструкции является основным назначением гидроизоляции подземных сооружений.*

*Оценку пригодности новых материалов для гидроизоляции конструкций и тампонажных смесей для заполнения строительного зазора при сооружении подземных транспортных объектов необходимо выполнять с учетом рекомендаций нормативной документации на такие виды работ и соблюдением существующего порядка подготовки документов, разрешающей их применение в метро-и тоннелестроении.*

# НОРМАТИВНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ И ПОРЯДОК ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В МЕТРО- И ТОННЕЛЕСТРОЕНИИ

**В**озросшие за последнее время объемы подземного транспортного строительства, в частности, в Москве, в сложных инженерно- и гидрогеологических условиях требуют обоснованного подхода к выбору материалов для гидроизоляции конструкций подземных сооружений. Если говорить о метро- и тоннелестроении, то это, в первую очередь, относится к подземным сооружениям открытого способа работ.

Гидроизоляция тоннелей и метрополитенов при закрытом способе работ, сооружаемых преимущественно механизированными тоннелепроходческими комплексами, обеспечивается за счет высокой водонепроницаемости бетона блоков (W12) и герметизации стыков между блоками обделки путем обжатия резинового уплотнительного контура, установленного по периметру боковой поверхности каждого блока и находящихся в упруго сжатом состоянии весь период эксплуатации тоннелей. Дополнительным

элементом гидроизоляции в этом случае служит эффективное заполнение строительного зазора при проходке тоннелей и характеристики используемого тампонажного материала.

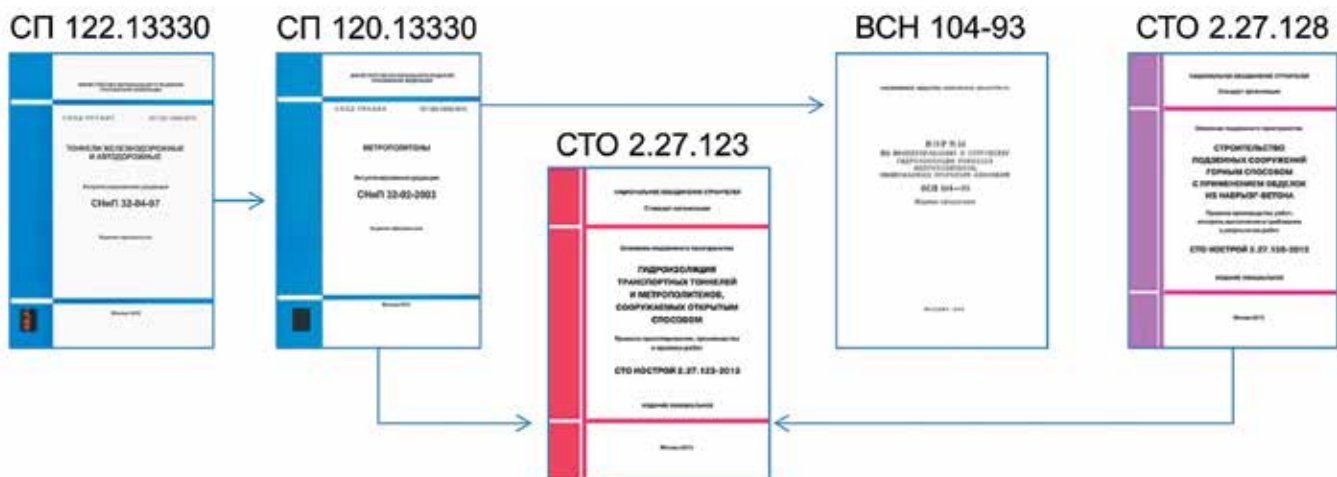
Для устройства гидроизоляции подземных сооружений метрополитена открытого способа работ существует ряд технологий, применение которых регламентируется действующими на настоящий момент нормативными документами (представлены на рисунке).

## Нормативная база подземного строительства при открытом способе работ

На основании многолетнего опыта исследований гидроизоляционных материалов, подготовки нормативно-технологической и проектной документации по устройству гидроизоляции подземных транспортных

### Нормативная документация

#### 1. По гидроизоляции подземных транспортных сооружений



#### 2. По заполнению строительного зазора при сооружении тоннелей и метрополитенов

**Таблица 1.**  
**Технические требования к материалам для гидроизоляции конструкций тоннелей и метрополитенов**

Характеристики материала	Показатели для материалов		ГОСТ, раздел ГОСТ на испытания
	Битумно-полимерных (на основе полотна из полимерных волокон)	Полимерных (безосновных)	
Условная прочность, МПа, не менее	не нормируется	10	ГОСТ 2678, п.3.4
Разрывная сила при растяжении, Н, не менее	600	не нормируется	ГОСТ 2678, п.3.4
Относительное удлинение при разрыве, % <sup>*</sup>	30–40	150–200	ГОСТ 2678, п.3.4
Водопоглощение в течение 24 ч, % по массе, не более	1	1	ГОСТ 2678, п.3.10
Водонепроницаемость при гидростатическом давлении, МПа, не менее	0,2	0,3	ГОСТ 2678, п.3.11
Температура хрупкости вяжущего, °С, не выше	минус 25	минус 50	ГОСТ 2678, п.3.11
Гибкость на брусе с закруглением радиусом 10±0,2 мм, не выше	минус 15	минус 40	ГОСТ 2678, п.3.9
Теплостойкость, °С, в течение 2 ч, не ниже	85	85	ГОСТ 2678, п.3.12
Адгезия к бетону, МПа, не менее <sup>**</sup>	0,5	0,5	ГОСТ 28574, ГОСТ 26589
Химическая стойкость (снижение условной прочности и относительного удлинения или разрывной силы при воздействии солей, кислот, щелочей, бензина, минеральных масел и др.), %, не более <sup>***</sup>	10	10	ГОСТ 2678, п.3.4
<i>Примечания</i>			
<sup>*</sup> Определяется условиями эксплуатации тоннеля			
<sup>**</sup> За исключением гидроизоляционных мембран, не имеющих адгезии к железобетонным конструкциям			
<sup>***</sup> Для гидроизоляции тоннельных конструкций, подверженных воздействию агрессивных сред			

сооружений открытого способа работ НИЦ ТМ АО «ЦНИИС» в развитие СП 120.13330 (СП 120.13330-2015 0 (СНиП32-02-2003) Метрополитены) на базе ведомственного документа ВСН 104-93 «Нормы по проектированию и устройству гидроизоляции тоннелей метрополитенов открытого способа работ», разработал стандарт организации СТО НОСТРОЙ 2.27.123-2013. «Гидроизоляция транспортных тоннелей и метрополитенов, сооружаемых открытым способом».

Документ учитывает большой объем предлагаемой строительным рынком номенклатуры современных гидроизоляционных материалов и технологий, определяет требования к физико-механическим характеристикам разных видов гидроизоляционных материалов — битумно-полимерных материалов, полимерных мембран, напыляемых систем и области их применения, порядка ведения гидроизоляционных работ и контроля их качества.

В обязательных к применению по Федеральному закону «Технический регламент

о безопасности зданий и сооружений» от 30.12.2009 №384-ФЗ пунктах раздела 5.6 СП «Метрополитены» кратко даны общие положения по устройству гидроизоляции, перечислены основные виды ее и дана таблица требований к материалам для гидроизоляции конструкций открытого способа работ. По вопросам проектирования и устройства гидроизоляции СП отсылает к упомянутому выше СТО НОСТРОЙ в котором, в зависимости от вида гидроизоляционного материала, определены основные положения по выбору конструктивных и технологических решений и условий устройства гидроизоляции, приведены методики испытаний материалов и контроля качества при производстве работ.

Еще один нормативный документ — СТО НОСТРОЙ 2.27.128-2013. «Строительство подземных сооружений горным способом с применением обделок из набрызгбетона», регламентирующий устройство гидроизоляции мембранного типа или методом напыления на тоннельные конструкции

при строительстве подземных сооружений горным способом с применением обделок из набрызгбетона, по вопросам выбора, требованиям к материалам, устройству гидроизоляции и контролю ее качества также отсылает пользователей к стандарту по открытому способу работ.

### **Нормативная база подземного строительства при закрытом способе работ**

Что касается гидроизоляции тоннельных сооружений закрытого способа работ, кроме упомянутой выше технологии возведения обделки из набрызгбетона, необходимо обратить внимание на дополнительную гидроизоляцию обделок тоннелей, которая обеспечивается за счет эффективного заполнения тампонажным материалом строительного зазора при проходке выработок.

В этом случае речь идет о тампонажных растворах для первичного нагнетания за об-

Таблица 2.  
Требования к тампонажным растворам для нагнетания за обделку

Наименование показателей тампонажных растворов	Вид раствора			Методика измерения показателя
	на основе цемента	бесцементные	двухрастворная система (компоненты А и Б)	
Плотность раствора, т/м <sup>3</sup>	1,4–1,8		1,2–1,4 (А)	ГОСТ 5802
Условная вязкость *1, с, не более	—	—	150	ГОСТ 33213
Подвижность (растекаемость), см	12–30	—	—	ГОСТ 31356
Подвижность (по осадке конуса), см	—	15–20	—	ГОСТ 10181
Жизнеспособность (осадка конуса) через 24 ч, см	—	7–10	—	ГОСТ 10181
Срок годности*2 (жизнеспособность) через 72 ч, не менее	—	—	95–100	ГОСТ 31356
Водоотделение в %, в течение: 1 ч, не более	2,0	—	—	ГОСТ 26798.1
2 ч, не более	—	1,0	2	
Водоотделение под давлением 0,1 МПа через 1 ч, %	—	2–10	—	ТУ 5745-001-40279705-05
Выход тампонажного камня, %	95–100	—	—	ВСН 132-92
Сроки схватывания: ■ начало, мин, не ранее ■ окончание, ч, не более	40 3	—	(А+Б) 40–50 с	ГОСТ 310.3
Пластическая прочность раствора (через 1 ч), МПа	—	0,03–0,05	—	ГОСТ 5802
Прочность на сжатие тампонажного камня, МПа, не менее	3,0	0,3–0,5	(А+Б) 2–5	ГОСТ 5802
<b>Примечания:</b>				
*1) Условная вязкость определена по воронке ВБР-1				
*2) Срок годности определяется по показателю подвижности раствора				

делку, приготовленных из сухих смесей или отдельных строительных материалов. Работы по проектированию и производству работ по нагнетанию растворов за тоннельную обделку, согласно СП «Метрополитены», регламентируются двумя нормативными документами — ВСН 132-92. «Правила производства и приемки работ по нагнетанию растворов за тоннельную обделку» и СТО НОСТРОЙ 2.27.19-2011. «Сооружение тоннелей тоннелепроходческими механизированными комплексами с использованием высокоточной обделки».

Все проектные решения на проведение работ по заполнению строительного зазора — выбор составов тампонажного раствора в зависимости от гидрогеологических условий трассы, порядок их приготовления и нагнетания, контроль качества работ для конкретного объекта — определяются, как правило, Технологическим регламентом на проходку тоннелей.

### Возникающие проблемы

Так как технологические регламенты часто разрабатываются организациями без достаточного опыта и квалификации в этом вопросе, а иногда и подразделениями строительных фирм, надеяться на соблюдение нормативных требований к тампонажным растворам (табл. 2) и выбору их для конкретных условий строительства не приходится. Тем более что разработкой новых и модификацией существующих тампонажных материалов часто занимаются фирмы, предприятия и строительные лаборатории, не имеющие отношения к подземному транспортному строительству, например, лаборатории строительных материалов, занимающиеся цементами, бетонами, минеральными порошками и даже асфальтобетонными смесями, требования к которым никак не совпадают с требованиями к тампонажным растворам.

Набор и наименование контролируемых характеристик растворов, составы тампонажных растворов в таких случаях принимается произвольно, ГОСТы и методики, которым необходимо следовать при испытании материалов, часто не указаны или не соответствуют принятым нормативам. Все это затрудняет оценку пригодности предлагаемых для приготовления тампонажных растворов сухих смесей, вяжущих, составов растворов.

### Как нормируются инновации?

Фирмы-производители гидроизоляционных материалов, в том числе, смежных областей строительного комплекса (например, гражданского), предлагают различные по техническим, физико-механическим характеристикам материалы, часто не зная или не учитывая повышенные требования подземного строительства к качеству гидроизоляционных материалов (табл. 1). С просьбами о замене проектных решений по гидроизоляции конструкций на новые материалы или технологии нередко обращаются и строительные организации.

Во всех случаях для применения новых материалов в подземном строительстве, даже в опытно-поисковом порядке, требуется наличие документов, разрешающих и обосновывающих их применение. Такие документы, в виде «заключений» или «рекомендаций», могут быть подготовлены только после проверки профильными НИИ (например, НИЦ ТМ АО «ЦНИИС») заявляемых производителями характеристик материалов на соответствие их требованиям нормативной документации.

Заключения или рекомендации разрабатывают на основе исходной документации по материалу (ТУ, сертификатов и приложений к нему — протоколов и актов испытаний, технических описаний технологии, оборудования и т.п.), а если таковых нет, то после испытаний материала с определением всех нормируемых показателей и оформления соответствующей документации на материал. Только после опытно-производственного устройства гидроизоляции из предложенного материала, отработки технологии и контроля качества гидроизоляционного покрытия на объекте материал может быть рекомендован для гидроизоляции конструкций подземного сооружения.

Проектные и строительные организации, имеющие достаточный опыт проектирования и строительства тоннелей и метрополитенов, к которым обращаются разработчики новых материалов, как правило, отсылают их за



**Таблица 3.**

**Испытания и разработка нормативно-технологической документации на применение строительных материалов в метро- и тоннелестроении**

Испытания и сертификации материалов Аттестат аккредитации № RA.RU.21A557, выдан 25.06.2015 Федеральной службой по аккредитации на соответствие ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009					
Испытания и оценка качества материалов с определением физико-механических и реологических характеристик:					
Гидроизоляционных материалов для подземного транспортного строительства		Тампонажных смесей и растворов для заполнения строительного зазора		Инъекционных растворов для укрепления грунтов на основе цементов, силикатов, смол	Бентонитовых материалов для пригрузки забоя, устройства «стен в грунте», микротоннелирования, ГНБ, гидроизоляции подземных сооружений
Подготовка: заключений по составам и характеристикам материалов, сертификатов соответствия качества материалов нормативной документации					
Разработка нормативно-технологической документации: технических условий на материалы, технологических регламентов на производство работ для конкретных строительных объектов, стандартов организаций (СТО), рекомендаций на применение материалов в метро— и тоннелестроении, проектно-сметной документации, нормативной документации (СП, ГОСТ)					

получением заключений или рекомендаций по предлагаемым материалам в НИЦ ТМ АО «ЦНИИС» (или АО «ЦНИИС»).

**Порядок получения заключений на новые материалы**

Заключение или рекомендации на применение новых гидроизоляционных или тампонажных материалов может быть подготовлено только на основании анализа технической информации по материалу и лабораторных исследований физико-механических и реологических характеристик материалов, при этом можно действовать в двух направлениях:

1. Представить в НИЦ ТМ техническую документацию на предлагаемый материал в полном объеме:

- технические условия (ТУ) на материал, сертификат соответствия материала ТУ с обязательным приложением акта и протокола испытаний материала сертифицированной строительной лабораторией с определением контролируемых параметров по методикам, предусмотренным в перечисленных выше нормативных документах;

- дополнительно представить техническую информацию по технологии применения материала — условия, особенности устройства гидроизоляции, необходимое оборудование или порядок приготовления тампонажных растворов;

- если имеются, заключения сторонних организаций по материалу, опытно-производственному или производственному его применению в других отраслях строительства.

2. Передать НИЦ ТМ предлагаемый материал в необходимом количестве для проведения испытаний и техническую документацию, перечисленную в п. 1 для оценки пригодности материала в метро- и тоннелестроении.

На основании анализа технической документации и проведения испытаний материалов в лаборатории НИЦ ТМ готовится заключение или рекомендации на применение материала в метро- и тоннелестроении. По заданию заказчика ЦНИИС-ТЕСТ может оформить Сертификат на соответствие предлагаемого гидроизоляционного или тампонажного материала ТУ.

Во всех случаях, перед применением материала на строительном объекте рекомендуется его опытно-производственная проверка, при этом результаты ее должны быть оформлены комиссионно Протоколом и Актом испытаний с указанием объекта, характеристик материала, условий и технологии применения, результатов контрольных работ по оценке качества гидроизоляции или данных по заполнению строительного зазора тампонажным раствором.

Завершающим этапом может являться разработка, на основании технической документации (по пп. 1, 2) и результатов применения материала на строительных объектах, нормативно— технологической документации на применение предлагаемого материала в метро- и тоннелестроении — Технологического регламента, Руководства или Стандарта организации.

Виды строительных материалов, качество и пригодность которых для сооружения тоннелей и метрополитенов могут быть определены, а также номенклатура разрабатываемой НИЦ ТМ АО «ЦНИИС» нормативно-технологической и нормативной документации представлены в табл. 3. ■

# НОВОСТИ ОТРАСЛИ

## МИНТРАНС РАССМОТРИТ ТЭО СТРОИТЕЛЬСТВА СЕВЕРОМУЙСКОГО ТОННЕЛЯ-2

**«Российские железные дороги» (РЖД) направили в Минтранс технико-экономическое обоснование (ТЭО) строительства второго Северомуйского тоннеля на БАМ. Об этом сообщил заместитель генерального директора РЖД Андрей Макаров в ходе заседания временной комиссии Совета Федерации по осуществлению парламентского контроля за ходом реализации комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года в части транспортной инфраструктуры.**



По словам Андрея Макарова, РЖД предварительно оценили строительство второго Северомуйского тоннеля, которое займет около восьми лет, в 120 млрд рублей. В РЖД поступают предложения от частных инвесторов, которые предлагают различные схемы финансирования проекта.

«Инвесторы готовы построить тоннель при условии определенных льготных тарифов на перевозку в течение длительного времени. Все эти варианты сейчас рассматриваются», — отметил Андрей Макаров.

Напомним, Северомуйский тоннель-1 был открыт в декабре 2003 года. Ожидается, что второй тоннель позволит увеличить провоз-

ную способность на участке БАМа с 16 млн до 100 млн т грузов.

В конце июня текущего года ООО «Северомуйский тоннель-2» («дочка» АО «Сибантрацит») и The Robbins Company (США) заключили контракт на проектирование и поставку оборудования, предназначенного для строительства второго Северомуйского тоннеля на БАМе.

The Robbins Company к октябрю 2019 года спроектирует скальный одноциповой тоннелепроходческий комплекс (ТПК). Стороны подписали соглашение об изготовлении и поставке двух комплексов общей стоимостью \$74 млн. Срок производства и поставки составит 10 месяцев.

Проектом строительства Северомуйского тоннеля-2 управляет УК «Востокуголь», входящая в группу «Сибантрацит». Ожидается, что строительство займет 5 лет, инвестиции не превысят 60 млрд рублей. Для реализации проекта создана рабочая группа, в которую вошли представители РЖД, «Сибантрацита» и «Востокугля». Предполагается заключение концессионного соглашения, в конце строительства тоннель будет передан РЖД.

Северомуйский тоннель-2 станет одним из самых протяженных в России, его длина составит около 15,5 км. Он позволит увеличить пропускную способность на этом участке БАМа с 16 млн до 100 млн т грузов в год.

## ПАМЯТНЫЙ ЗНАК МЕТРОСТРОЮ

Московская городская дума приняла постановление об установке памятного знака Метрострою. Памятник установят на месте первой шахты Метростроя, которая расположена между станциями «Красносельская» и «Сокольники» по адресу ул. Русаковская, вл. 13.

Ранее сообщалось, что изначально предлагалось возвести памятный знак, посвященный 85-летию метрополитена, но члены комиссии приняли решение, что все метростроевцы заслуживают этой чести. Предложение поступило от генерального директора компании «Мосметрострой» Сергея Жукова в октябре 2018 года. Предложение поддержали и депутаты Красносельского района. Финансирование планируется организовать из средств АО «Мосметрострой».

## В САМАРЕ ОБНОВЯТ ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ МЕТРО



В Самаре намерены поменять парк подвижного состава местного метрополитена.

По информации департамента транспорта Самары ведомства, за четыре года предстоит не только закупить новые вагоны, но и отремонтировать 24 старых.

Сейчас сотрудники ведомства рассматривают различные варианты вагонов

и прописывают техническое задание. Когда в департаменте определятся с заводом, который займется поставкой, будет понятен их тип.

Также в ведомстве выразили желание, чтобы компания-поставщик занялась ремонтом износившихся вагонов, которые имеются в самарском парке.

## ПОМОЩЬ МАЛОМОБИЛЬНЫМ ПАССАЖИРАМ



**Инспекторы Центра обеспечения мобильности пассажиров (ЦОМП) московского метро начали сопровождать маломобильных граждан до Государственного исторического музея. Он стал шестым культурным объектом, до которого сотрудники ЦОМП помогают добраться людям с ограниченными возможностями.**

«С начала года инспекторы Центра сопроводили более 700 пассажиров до культурных объектов Москвы. Обычно сопровождение в метро осуществляется от входа и до выхода со станции, включая лифты, лестницы, эскалаторы, платформы и вагоны поездов. Кроме того, есть социально значимые маршруты, когда сотрудники ЦОМП провожают пассажиров до конечного пункта, — до электричек, аэроэкспрессов, автостанций, социальных и культурных объектов, таких как Исторический музей», — рассказала заместитель начальника метрополитена по развитию клиентских сервисов и работе с пассажирами Юлия Темникова.

Сотрудники ЦОМП сопровождают маломобильных пассажиров метро по маршрутам до Третьяковской галереи, музея-заповедника «Царицыно», Пушкинского музея, Музея русского импрессионизма и культурного центра «Интеграция».

## СОГЛАШЕНИЕ С КИТАЙСКОЙ КОРПОРАЦИЕЙ

**Подписано соглашение о сотрудничестве по проекту развития транспортно-пересадочного узла (ТПУ) «Мичуринский проспект» в Москве между АО «Мосинжпроект» и китайской корпорацией China Railway Construction Corporation (CRCC), — сообщил заместитель мэра Москвы по вопросам градостроительной политики и строительства Марат Хуснуллин.**

«Соглашение предполагает участие китайских специалистов в проектировании. Привлечение проектировщиков и инженеров этой компании позволит сократить сроки работ на объекте», — подчеркнул Марат Хуснуллин.

Как сообщил заместитель мэра, китайская корпорация изучает потенциал рынка строительства в Москве и готова участвовать в проектах не только как проектировщик и подрядчик, но и как инвестор.

Президент корпорации CRCC Чень Феньцзянь отметил, что подписание нового соглашения свидетельствует о положительном развитии сотрудничества между Москвой и Китаем.

«Мы видим, как активно и динамично развивается российская столица, за-

пускаются новые масштабные градостроительные проекты. Мы рады, что проектируя и строя метро, можем принимать участие в этой работе», — заявил Чень Феньцзянь.

Первый заместитель генерального директора по развитию АО «Мосинжпроект» Альберт Суниев уточнил, что пассажиропоток ТПУ составит около 50 тыс. человек в часы пик. «Технологическая часть пересадочного узла предполагает связь недавно открытой станции Калининско-Солнцевской линии «Мичуринский проспект» и строящейся одноименной станции Большого кольца. Сюда же подведут маршруты наземного городского пассажирского транспорта», — отметил Альберт Суниев.

## МЕТРО В ДУБАЕ – ГОРОДСКАЯ ДОСТОПРИМЕЧАТЕЛЬНОСТЬ

Дубайское метро пользуется необыкновенной популярностью у туристов. Одна из основных причин повышенного интереса заключается в великолепных видах, которыми пассажиры могут любоваться из окна поезда. Потрясающие картины открываются пассажирам первого вагона. Возможность полюбоваться городом с высоты 10–15 м обеспечивается тем обстоятельством, что большая часть путей проходит по виадукам, под землей находится лишь девять центральных станций. Максимальная скорость движения поездов достигает 110 км/ч — поездка с ветерком обеспечена. Однако любителям быстрой езды и эффектных видов следует быть предусмотрительными — поездка может оказаться «золотой», ведь проезд в вагонах первого класса стоит в два раза дороже и требует покупки специального проездного.

Перроны в метро Дубая отделены от путей прозрачным ограждением. Это не только обеспечивает безопасность пассажиров, но и сохраняет прохладу — все станции оборудованы системами кондиционирования, воздух поддерживается на уровне 20°. Интерьеры станций практически одинаковые — они символизируют одну из пяти природных стихий — воду, солнце, песок, ветер, землю.



Есть лишь небольшие цветовые различия в облицовке стен.

Дубайский метрополитен молод — открытие состоялось 9 сентября 2009 года в 9 ч 9 мин и 9 с! Сегодня в эксплуатации 49 станций на двух линиях: красной и зеленой.

В планах — увеличить количество линий до четырех, по которым будут курсировать 99 пятивагонных составов. Здесь действуют самые современные системы автоматизации — все электропоезда функционируют в автоматическом режиме, без машинистов.



*В возведении Исаакиевского собора и Александровской колонны, ставших одними из высоких символов Санкт-Петербурга и, в свое время, духовного роста всей страны, ее движения вверх, незаменимую роль сыграли технические решения Августина Бетанкура. Недавно имя этого выдающегося российского инженера испанского происхождения вновь громко прозвучало в связи с идеями по развитию Северной столицы. Сейчас, однако, в ее центре нет возможностей роста без ущерба историко-архитектурному наследию. С одним «но»: если не использовать подземное пространство, освоение которого уже стало трендом большинства мегаполисов мира. Так что теперь инженерный гений Бетанкура вспомнили ради спасительного «движения вниз». Это вопрос не только развития города, но и сохранения исторического наследия. Так считают специалисты, собравшиеся в петербургском Доме архитектора на первые Бетанкуровские чтения.*

Игорь ПАВЛОВ

## ВОКРУГ БЕТАНКУРА: ОТ ПАРАДОКСА К ПЕРСПЕКТИВАМ

**М**ероприятие, прошедшее 6–7 июня, организовали Союз архитекторов Санкт-Петербурга, Российское общество по механике грунтов, геотехнике и фундаментостроению (РОМГГиФ), проектный институт «Геореконструкция», Школа гражданского строительства, каналов и мостов Политехнического университета Мадрида, Международное общество механики грунтов и геотехники (ISSMGE), при поддержке комитетов по внешним связям и по градостроительству и архитектуре Санкт-Петербурга, а также Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I.

Темой первых Бетанкуровских чтений стало «Развитие подземного пространства как средство сохранения исторической среды». Своим опытом и идеями в этом направлении поделились не только российские, но и испанские специалисты в области геотехники, подземного строительства, архитектуры и градостроительства.

Конференцию открыли президент Союза архитекторов Санкт-Петербурга Олег Романов, генеральный консул Королевства Испания в Санкт-Петербурге Феликс Вальдес и председатель комитета по градостроительству и архитектуре — главный архитектор Санкт-Петербурга Владимир Григорьев.

В приветствии от лица председателя комитета во внешним связям Евгения Григорьева отмечалось, что в Северной



столице накоплен большой и уникальный опыт развития городской среды, который в рамках обсуждаемой темы может быть интересен испанцам, прежде всего, с точки зрения метростроения. Как известно, Петербургский метрополитен является самым глубоким в мире по средней глубине залегания станций, что во многом обусловлено особенностями исторической застройки города. А для петербургских специалистов важно подробнее познакомиться, в частности, с достижениями Мадрида, успешно развивающего подземное пространство и при этом сохраняющего свое историко-архитектурное наследие.

Далее тон конференции задал сопредседатель ее оргкомитета Алексей Шашкин (генеральный директор института «Геореконструкция», доктор геолого-минералогических наук, член президиума РОМГГиФ и, кстати, член Совета по сохранению и развитию территорий исторического центра Санкт-Петербурга). Эксперт подчеркнул, что наша Северная столица — «не просто мегаполис, а исторический мегаполис». Город обладает самым обширным в мире



охраняемым ЮНЕСКО историческим центром, где сегодня проживает около миллиона человек. «Если мы хотим сделать город удобным для современной жизни и одновременно сохранить его исторический облик, необходимо осваивать подземное пространство», — уверен Алексей Шашкин.

По мнению эксперта, начинать надо с создания генерального плана в формате 3D. При этом должна быть разработана строгая иерархия освоения и развития подземного пространства, от общегородских нужд до локальных объектов. И если, например, для реализации таких капиталоемких проектов, как сеть автомобильных тоннелей, сегодня нет денег, под землей необходимо зарезервировать территории на будущее.

А с технической стороны на первый план здесь выходят вопросы геотехники, и в Бетанкуровских чтениях совсем не случайно участвовали такие ведущие российские ученые этого направления, как Вячеслав Ильичев (президент РОМГГиФ), Евгений Пашкин, Рашид Мангушев, Владимир Улицкий.

В целом было представлено почти два десятка докладов. Рассматривались проблемы и достижения в освоении подземного пространства Санкт-Петербурга, Москвы, Мадрида. В частности, обсуждалось взаимное влияние городской застройки и сооружений метрополитена, перспективы устройства подземных паркингов в историческом центре, основы геотехнического мониторинга в условиях стесненной застройки и т. д. Испанским опытом поделились ученые Политехнического университета Мадрида Игнасио Менендес Пидаль и Давид Санс-Араус.



## По результатам Бетанкуровских чтений предложено:

1. Возобновить разработку концепции освоения подземного пространства Санкт-Петербурга для специального раздела генерального плана, посвященного развитию подземного пространства.
2. Привлечь к участию в разработке концепции ведущих специалистов, связанных с освоением подземного пространства.
3. Учесть результаты разработки концепции в градостроительных документах (для резервирования территорий под общегородские нужды).

В рамках конференции был подписан меморандум о сотрудничестве между Союзом архитекторов Санкт-Петербурга и Фондом Августина де Бетанкура (Испания). Последний, кстати, основан при Школе гражданского строительства, каналов и мостов Политехнического университета Мадрида. Инициатором ее создания, как позднее и первого в России технического университета (ныне ПГУПС) являлся Августин Бетанкур.

В подписанном меморандуме речь идет, в частности, об осуществлении совместных

исследований и разработок, обмена передовым опытом в области архитектуры, строительства, градостроительства, производства стройматериалов, оборудования и т. д.

Подводя итоги конференции, организаторы отмечали: «Мы надеемся, что данное событие положило начало доброй традиции, связывающей геотехников и архитекторов в хороший альянс специалистов как минимум двух стран: России и Испании».

Предполагается, что Бетанкуровские чтения будут проводиться ежегодно. ■





А. Г. ШАШКИН,  
генеральный директор института  
«Геореконструкция»  
д. г-м. н., член президиума  
РОМГГиФ, член Совета  
по сохранению  
и развитию территорий  
исторического центра  
Санкт-Петербурга

**Санкт-Петербург — особый мегаполис, обладающий самым обширным в мире историческим центром, охраняемым ЮНЕСКО. Сегодня в исторических кварталах проживают более миллиона петербуржцев. Имеем ли мы право превращать центр города в музей, а горожан — в экспонаты? Как сделать исторический центр удобным и комфортным для современной жизни, одновременно сохранив его неповторимый облик? Ответ на все вопросы один: необходимо осваивать подземное пространство, придав этому направлению развития города особый статус.**

ГЕОРЕКОНСТРУКЦИЯ  
■ ■ ■ ■

## ОСВОЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА КАК СПОСОБ СОХРАНЕНИЯ ИСТОРИЧЕСКОГО ЦЕНТРА

**П**етербург всегда развивался по плану. Традиция, заложенная великими архитекторами Трезини и Леблонем, сохраняется. И до сих пор основой городского развития является Генеральный план, который, как и 300 лет назад, имеет размерность плоскости (2D). Сегодня, если мы намереваемся осваивать подземное пространство, необходим современный формат — 3D-генплан. Иначе под землей может сложиться стихийный город — наподобие тех, что возникали в эпоху средневековья — с узкими кривыми улицами, случайными постройками.

Поясню: подземные постройки в отличие от наземных, гораздо сложнее преобразовать, реконструировать и даже просто снести. Если под перекрестком двух улиц, под городской площадью разместить подземное сооружение — можно быть уверенным в том, что на этом месте в ближайшую сотню лет не возникнет ничего нового.

Считаю, что с учетом городских нужд должна быть разработана многоуров-

невая, строгая иерархия освоения и развития подземного пространства. На верхнем уровне подземные пространства, необходимые для города в целом, на втором — пространства, отвечающие нуждам отдельных территорий города, на третьем — подземные объемы локального объекта. Между сооружениями различного уровня иерархии должны существовать горизонтальные связи.

Безусловно, в первую очередь важно обеспечить общегородские надобности, вывести под землю автомобильные тоннели, сквозные магистрали, развязки, вокзалы, общественные парковки и пр. Причем уже сегодня чрезвычайно важно определить и зарезервировать пространства под такие нужды, даже если пока нет возможности запланировать финансирование подобных объектов. Зоны подземного пространства города должны быть в резерве, и этот ресурс следует сохранить для потомков.

Напомню, именно такой подход положен в основу «подземного плана» Хельсин-

ки — далеко не мегаполиса, но безусловного лидера в освоении подземного пространства. С 1980-х Департамент по градостроительству финской столицы начал разрабатывать проект распределения и развития территорий ниже поверхности земли. На нем показаны участки, которые зарезервированы под городские нужды, и отражена информация о пространствах, пригодных для строительства. Сегодня этот план во многом уже реализован.

Успешным примером реновации, решенной за счет освоения подземного пространства, служит вокзал в Антверпене, где несколько этажей уведены под землю, на которые и приходят поезда.

В сравнении с нашим городом, возникают следующие вопросы, требующие обсуждения, анализа, исследования. Насколько вероятен вариант подобного развития Московского вокзала в Петербурге, который активно используется для современного высокоскоростного сообщения между столицами, но зажатого между недавними постройками, лишившими его возможности развития «вширь»?

Что следует разместить под пл. Восстания — транспортную развязку Невского и Лиговского пр., как предполагали в 1960-е гг., или же коммерческие площади, как намеревались в 2000-е?

Общегородское подземелье, безусловно, можно наделить функциями, по аналогии с наземным генеральным планом. Под землей могут располагаться вестибюли музеев, театров, концертных залов; торговые и деловые зоны, зоны по обслуживанию населения. Известно, например, как используется подземное пространство под дворами Лувра, объединившее корпуса музея единым просторным вестибюлем, откуда есть выход и на подземную парковку, и в торговую галерею.

Сегодня активно внедряются такие идеи в ГМИИ им. Пушкина. Однако планы устройства подземного вестибюля Русского музея, предложенные некогда О.С. Романовым, так и остаются несбыточными мечтами, и мы по-прежнему вынуждены пробираться в крупнейший музей русского искусства через подвальные лазы, предусмотренные некогда для прислуги.

За последние 20 лет обновление, преимущественно за счет освоения подземелий, коснулось многих театров мира. Не стал исключением и Большой театр в Москве, получивший Бетховенский зал под Театральной пл. и технологическое пространство под сценой. Что мешает использовать этот опыт для создания



Иерархия освоения и развития подземного пространства



Трансформируемый Бетховенский зал Большого театра, устроенный под Театральной пл.



Развитие подземного пространства под Лувром (Париж)



подземного вестибюля у Александринского театра, где впечатление от любого спектакля в состоянии испортить давка в гардеробах и при выходе?

Сегодня вокруг Театральной пл. вырос зрелищный комплекс: к исторической сцене и консерватории прибавились Вторая сцена и концертный зал Мариинского театра с общим количеством зрителей около 6 тыс. Не только припарковать машину негде, но и общественный транспорт в часы начала и окончания представлений подходит к площади с трудом. Считаю, городу есть резон взять на вооружение опыт небольшого французского города, в котором двухэтажный паркинг был устроен ниже дна реки. Такой объект был бы уместен, например, под Крюковым каналом.

Скажем, в Париже Вандомскую пл. отдали людям, переместив движение машин под землю. Это реальный пример, как можно

эту проблему решить. В Санкт-Петербурге же автомобили окончательно победили пешеходов. Любоваться самым красивым городом на свете становится невозможно без противотога.

Убежден, развитие подземного пространства Северной столицы — это настоятельная необходимость, без которой город не сможет полноценно существовать.

Строить в исторических кварталах, и не осваивать при этом подземное пространство — непозволительная роскошь. При реконструкции охраняемых государством зданий, приспособлении для современного использования памятников архитектуры важно предусмотреть проекты освоения подземных пространств на глубину хотя бы 1–2 этажей.

И, конечно, не откладывая далеко, пора решать задачу перехода к 3D-кадастру, который позволит обозначать границы

сооружений не только в плане, но и по глубине. Необходимо строительство проходных коллекторов, объединяющих в едином тоннеле всевозможные инженерные коммуникации.

Ведущие петербургские геотехники готовы к освоению подземного пространства нашего города, построенного, как известно, на коварных слабых глинистых грунтах. Специалисты института «Геореконструкция» создали передовые компьютерные программы расчета подземных сооружений на слабых грунтах, разработали эффективные проектные решения. Подрядчики вооружены инновационными геотехнологиями.

Классическим примером освоения подземного пространства стал Каменноостровский театр. Заброшенное на десятилетия здание было возвращено к современной жизни по проекту института «Геореконструкция». Замечу, возвращено не только его главное предназначение, но, благодаря устройству подземного объема, размеры старого театра вчетверо превысили прежние, что дало возможность разместить все необходимое оборудование для работы современного театра. Напомню, что во многом благодаря устройству подземного парадного вестибюля новую жизнь и статус государственной резиденции получил заброшенный Константиновский дворец в Стрельне. Локальное освоение подземных объемов помогает сегодня превращать бывшие склады корабельного леса на острове Новая Голландия в один из самых привлекательных для горожан центров города.

Но о чем никогда нельзя забывать, приступая к проектам освоения подземелья, дело это сложное, связанное с высокими рисками и, как отметил в свое время Конфуций — «природа не терпит неточностей и не прощает ошибок». Следовательно, к подземному строительству пригодны только специалисты-геотехники экстра-класса. ■



Устройство двухэтажного паркинга ниже дна реки в историческом городе Франции





Минтранс России



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО

РОСАВТОДОР



ИНФОРМАВТОДОР



*ДОРОГА  
2019*

16-18  
ОКТЯБРЯ

МВЦ «Екатеринбург-ЭКСПО»

[DOROGA2019.RU](http://DOROGA2019.RU)



**Институт «Фундаментпроект» — предприятие с почти 70-летней историей. Он создан путем преобразования федерального государственного унитарного предприятия «Проектно-изыскательский институт «Фундаментпроект» и является его правопреемником. «Фундаментпроект» участвовал в изысканиях и проектировании практически всех крупных строек СССР: Череповецкого, Новолипецкого, Норильского металлургических комбинатов, Красноярского алюминиевого завода, БАМа, АвтоВАЗа, Южно-Якутского угольного комплекса, телебашен в Москве, Алма-Ате, Ташкенте и т.д. О производственной деятельности предприятия рассказывает заместитель генерального директора института по проектно-изыскательским работам, кандидат геолого-минералогических наук Александр Рязанов.**



**ФУНДАМЕНТПРОЕКТ**

125080, г. Москва,  
Волоколамское шоссе, д. 1, стр. 1  
Тел. +7 (499) 800-97-79  
www.fundamentproekt.ru

## ПРОДОЛЖАЯ СЛАВНЫЕ ТРАДИЦИИ

**— Александр Викторович, удалось ли сохранить добрые традиции предприятия, заложенные в советское время?**

— В настоящее время, как и раньше, ОАО «Фундаментпроект» является ведущей организацией в области решения сложных геотехнических задач, проектирования оснований и фундаментов. География наших работ охватывает всю территорию России. Деятельность института представлена 4 крупными направлениями — проектированием, инженерными изысканиями, лабораторными исследованиями и производственно-строительными работами.

В нашем арсенале — все виды инженерных изысканий в регионах России, в том числе для районов со сложными природными условиями — многолетнемерзлыми породами, слабыми грунтами, повышенной сейсмической опасностью и опасными геологическими процессами.

Проектный отдел сегодня осуществляет комплексное проектирование сооружений, включая также такие специфические мероприятия, как инженерная защита, закрепление грунтов (в том числе методами термостабилизации), геотехнический мониторинг и др.

Строительный блок занимается такими видами геотехнических работ, как усиление

подземных конструкций и фундаментов сооружений, заморозка и закрепление грунтов, осушение и водопонижение. Институт является разработчиком и производителем систем замораживания грунтов.

Много внимания уделяется проблемам геотехнического мониторинга объектов. Институт «Фундаментпроект» — разработчик систем для проведения мониторинга, наши специалисты осуществляют монтаж этого оборудования непосредственно на объектах, а также проводят сам мониторинг.

**— Расскажите об интересных объектах последних лет. Какие инженерные задачи приходится решать?**

— Сегодня мы осуществляем свою деятельность в рамках крупнейших проектов лидеров нефтегазовой отрасли — НОВАТЭКа, Роснефти, Газпрома — таких, как Ванкорское, Бованенковское, Новопортовское месторождения, проекты «Ямал СПГ» и «Арктик СПГ». Месторождения этих компаний находятся на Крайнем Севере, где повсеместно распространена вечная мерзлота. Это очень сложные грунты, они чутко реагируют на нарушение теплового баланса, которое формируют тепловыделяющие объекты, в том числе нефтегазодобывающие скважины, трубопроводы. Оттаивание



вечномерзлых грунтов сопровождается развитием деформаций, создавая опасность возникновения аварийных ситуаций. Не допустить развитие аварийных ситуаций — наша задача.

**— Работа на севере, видимо, имеет большие перспективы, особенно в разрезе задач по освоению Арктики?**

— Да. Помимо сугубо производственных задач в этой области, ведем научно-исследовательские работы в части совершенствования методик проектирования, разработки новых технических решений, технологий строительства. Часть наших разработок ложатся в основу отраслевых и федеральных нормативных документов. Так, коллектив института принимал участие в разработке серии СТО для северных объектов Газпрома. Кроме того, наши специалисты принимают участие в разработке нормативных документов в этой области совместно с коллегами из НИЦ «Строительство» и ТК 465, в частности, СП 25.13330.2012 «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах» (Актуализированная редакция СНиП 2.02.02–85\*). При этом конкурентное преимущество предприятия — методики расчета достаточно сложные, использующие численные методы. В свое время ОАО «Фундаментпроект» разработал первый нормативный документ РСН 67-87 «Инженерные изыскания для строительства ...», который до сих пор является основополагающим в части выполнения теплотехнических расчетов в грунтах с использованием численных методов. Этот документ послужил основой и для разработки нашим институтом специализированного программного обеспечения, активно используемого при проектировании.

**— Расскажите о своей деятельности на объектах в европейской части России.**

— Институт «Фундаментпроект» достаточно активно задействован в проектно-изыскательских работах на европейской территории РФ в целом и московского региона в частности. Это инженерно-геологические изыскания и комплексные работы по обследованию в крайне стесненных городских условиях Москвы; проектирование сложных фундаментов с динамическими нагрузками, ограждающих конструкций заглубленных сооружений, осуществление научно-технического сопровождения и оптимизация технических решений на карстоопасных территориях Москвы, Самары; выполнение сложных геотехнических расчетов напряженно-деформированного



состояния грунтовых массивов, оценки воздействия строящихся сооружений на объекты окружающей застройки, гидрогеологическое моделирование и т.д. Отдельно стоит упомянуть работы, связанные с проведением геотехнического мониторинга за строящимися объектами и анализом их состояния.

**— Что можете рассказать о взаимодействии института с зарубежными компаниями?**

— Работа в других странах в последние годы — не такая обширная практика, как в советское время. Одна из последних наших работ — проектирование и авторский надзор гостиничного комплекса на Сейшельских островах. Что касается зарубежных компаний, которые приходят работать в Россию, — здесь у нас большой пул заказчиков, например, канадская SNC-Lavalin, французские Technip и Vinci. Ведутся переговоры с китайскими компаниями. ■

В.Е. РУСАНОВ, к.т.н.,  
Г.М. МЕДВЕДЕВ, инженер,  
П.С. МИЛЬЧЕВСКИЙ, инженер  
ООО «НИЦ Тоннельной  
ассоциации»,  
С.П. БУЮКЯН, д.т.н.  
АО «Институт «ГСПИ»  
ГК «Росатом»

# ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА «МОНИТРОН-ДГН-2» ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

*Начиная с 2014 года, ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации» совместно с институтом АО «ГСПИ» активно внедряют и модернизируют систему датчиков гидростатического нивелирования «Монитрон-ДГН-2» (ТУ26.51.12-001-92485181-2017; сертификат №0173414), основанную на принципе сообщающихся сосудов для контроля относительных вертикальных деформаций зданий и сооружений, попадающих в зону влияния строительства в режиме реального времени.*

Основными преимуществами системы являются: работа в автоматизированном непрерывном режиме; высокая точность (среднеквадратическая погрешность измерений составляет  $\pm 0,5$  мм); высокая скорость получения данных (1 цикл измерений системы с 15 датчиками составляет 3–4 мин, что фактически соответствует проведению измерений в режиме реального времени).

Система представляет собой группу металлических герметичных сосудов в виде цилиндров (рис. 1), которые жестко крепятся в предусмотренных программой (проектом) мониторинга местах несущих конструкций. Сосуды соединяются между собой ПВХ-трубками, закрепляемыми на штуцерах. Система заполняется специальной жидкостью с низкой температурой замерзания и малой вязкостью при отри-

цательных температурах (до  $-30$  °С). Таким образом, формируется замкнутая система сообщающихся сосудов, заполненная жидкостью.

Для контроля уровня жидкости в каждом цилиндрическом сосуде предусмотрена установка считывающего датчика. В сборе (рис. 2) цилиндрический сосуд с жидкостью и считывающий датчик называется датчиком гидростатического нивелирования. Датчики объединяются в систему кабелями питания данных с подключением к регистрирующему устройству — контроллеру (см. рис. 3), который передает данные на компьютер со специальным программным обеспечением. При подключении компьютера в сеть интернет данные измерений вносятся в базу данных на удаленном сервере, обрабатываются web-сервисом [Monitron.xyz](http://Monitron.xyz), разработанным ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации»,



Рис. 1. Конструкция датчика гидростатического нивелирования



Рис. 2. Установленный датчик гидростатического нивелирования



Рис. 3. Регистрирующее устройство

и становятся доступными для просмотра авторизованным организациям и специалистам (рис. 4).

Авторизованным пользователям предоставляется актуальная информация по объекту мониторинга в режиме реального времени: план наблюдаемого объекта со схемой расположения датчиков системы «Мониторн-ДГН-2» с указанием фактических деформаций в текущий момент (рис. 5); положение ротора ТПМК (если предусмотрено); критерии оценки измеренных перемещений; максимальные фактические значения измеренных перемещений; графики перемещений в режиме реального времени (рис. 6).

Кроме возможности самостоятельной работы пользователя с web-сервисом для контроля мониторинга объекта, системой предусмотрена автоматизированная рассылка оперативных справок с заданной частотой один или более раз в сутки. Система также рассылает предупреждающие уведомления по электронной почте или sms в случаях опасности достижения предельных значений перемещений и деформаций по предварительно заданным критериям.

Кроме датчиков гидростатического моделирования, на сегодняшний день ведется адаптация приема и обработки данных сервисом контрольно-измерительного оборудования как в ручном, так и в автоматическом режиме: датчиков виброакустического мониторинга; тензометрических датчиков; геодезического оборудования (в том числе роботизированного); инклинометров; экстензометров; пьезометров; трещиномеров; систем видеонаблюдения.

За время применения системы «Мониторн-ДГН-2» при мониторинге зданий и сооружений накоплен существенный практический опыт. Объектами мониторинга были фундаменты зданий и здания различного назначения в Москве и Дубне, коллекторы, конструкции и фундаменты гидротехнических сооружений — Загорской ГАЭС-2

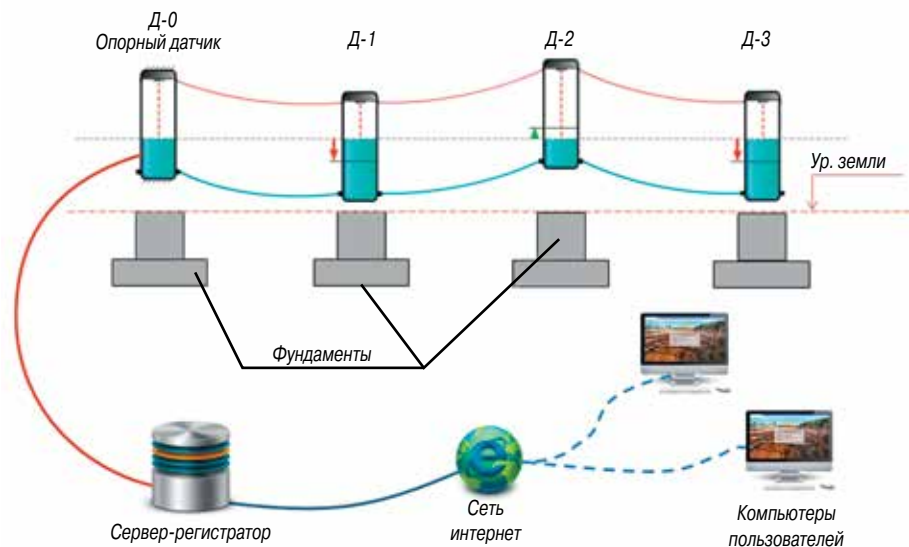


Рис. 4. Принципиальная схема работы системы «Мониторн-ДГН-2»

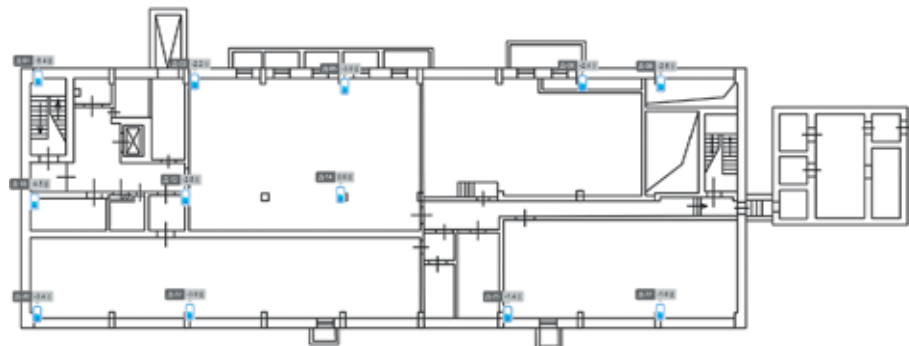


Рис. 5. Пример плана наблюдаемого объекта со схемой расположения датчиков гидростатического нивелирования

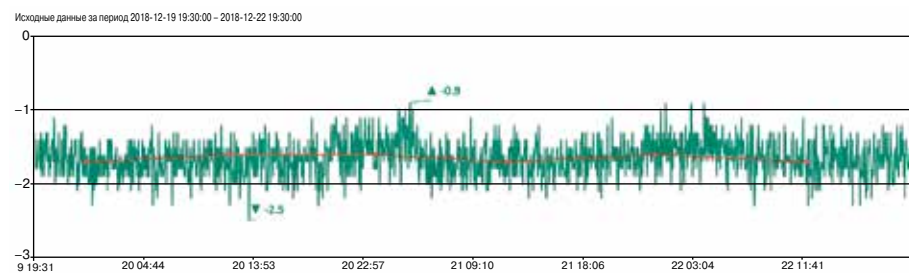


Рис. 6. Пример графика перемещений для одного датчика гидростатического нивелирования за указанный пользователем период

на р. Кунье и Карамышевского шлюза №9 Канала им. Москвы, станций Московского метрополитена «Савеловская» и «Беломорская».

Система автоматизированного мониторинга вертикальных деформаций «Мониторн-ДГН-2» показала свою эффективность при применении на объектах гражданской и транспортной инфраструктуры. Полученная с помощью системы информация способствовала успешной и безаварийной реализации строительства наземных и подземных сооружений в условиях плот-

ной городской застройки, в том числе на участках с эксплуатируемыми сооружениями Московского метрополитена.

Система, безусловно, является перспективной, учитывая неснижающиеся объемы строительства в крупных городах России. По заданию Правительства Москвы в настоящее время разрабатывается руководящий документ, в котором будет закреплён накопленный опыт по выполнению автоматизированного мониторинга на объектах. Руководство по автоматизированному мониторингу планируется завершить в 2019 году. ■



**Антон РОКОТЯНСКИЙ,**  
технический эксперт отдела  
«Подземное строительство»  
компании «БАСФ»



**Денис БАЛАКИН,**  
технический директор Группы  
компаний «Пенетрон-Россия»



**Андреа ПИККИО,**  
инженер Marei S.p.A. Направление  
УТТ (подземное строительство)

# ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ: ЗАЩИТА И БЕЗОПАСНОСТЬ

*Гидроизоляция подземных сооружений — процесс ответственный и трудоемкий, что обусловлено не только агрессивностью среды, в зоне которой ведется строительство, уровнем подземных вод, особенностью грунтов, но и жесткими требованиями по обеспечению эксплуатационной, экологической безопасности объектов. Рынок сегодня предлагает различные технологии гидроизоляционной защиты подземных объектов, кроме того, ассортимент их постоянно расширяется и обновляется, совершенствуются технические характеристики материалов.*

*Какими критериями следует руководствоваться при выборе технологий, насколько современная нормативная база позволяет закладывать в проекты эффективные инновационные гидроизоляционные технологии и какие из них отвечают сегодняшним требованиям рынка? Об этом мы попросили рассказать представителей трех ведущих компаний — производителей гидроизоляционных систем.*

*Особые требования к качеству и безопасности подземных сооружений заставляют производителей отвечать на эти вызовы, какие гидроизоляционные системы сегодня востребованы в этом секторе строительства?*

#### **Антон Рокотянский:**

— Гидроизоляционных материалов на рынке много. И основа их самая различная: битумная и битумно-синтетическая, полимерная EVA, метил-метакрилатная, полимер-цементная. Это и полиуретаны, и полимочевина. Широко представлены рулонные материалы, ПВХ-мембраны, напыляемые мембраны, мембраны для применения при строительстве NATM (новоавстрийский тоннельный метод). Но вместе с тем далеко не все материалы могут применяться в подземном строительстве и особенно при сооружении метро. Всегда есть факторы и нюансы, которые ограничивают или сужают их области применения.

#### **Денис Балакин:**

— Рынок предоставляет строителям большие возможности в области гидроизоляции строительных конструкций. Но напомним: все типы гидроизоляционных систем для подземного строительства и требования к ним указаны в не так давно актуализированных документах: ГОСТ 31384-2017, СП 28.13330.2017 и С72.13330.2016. Этими

документами в первую очередь руководствуются проектировщики при выборе защитных технологий, обеспечивающих безопасность подземных объектов.

#### **Андреа Пиккио:**

— Рынок подземного строительства для компании Marei очень важен, — почти 20 лет мы инвестируем значительные ресурсы в разработку качественных технологий и решений. Очевидно, что самые совершенные строительные конструкции, которые применяются в сооружении метро, тоннелей — бетонные, железобетонные, стальные — могут оказаться беззащитными в контакте с грунтовыми водами, агрессивной средой ниже уровня земли. Грамотное и рациональное применение современных гидроизоляционных систем — гарантия стойкости, долговечности, безопасности подземных объектов.

*Успевает ли отечественная нормативная база реагировать на инновационные технологии в области гидроизоляции и, по вашему мнению, есть ли необходимость в изменениях норм?*

#### **Антон Рокотянский:**

— Нормативная база по гидроизоляционным системам не может существовать отдельно от отрасли, где она применяется. И я бы сказал, в этом плане, скорее, отстает отрасль в части подготовки ведомственных

документов. За последние год–два ситуация выровнялась. Актуализирован СНиП «Тоннели железнодорожные и автодорожные», СП «Метрополитены», были выпущены стандарты Нострой, ТА России. Нас, как производителей, наконец, услышали заказчики — строители метрополитенов, Росавтодор и РЖД.

Например, абсолютно своевременным является заказ департамента градостроительной политики Москвы на разработку «Руководства по проектированию бетонных и железобетонных тоннельных обделок с использованием композитных материалов», который выполняет ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации». В этом документе, уверен, будут рассмотрены все инновационные, а значит, востребованные технологии, которые можно применять в транспортном, тоннельном строительстве Москвы.

Также хотел бы напомнить: в понятие «гидроизоляционная система» большинство заказчиков забывают включить инъекционные материалы. Их практически никогда не учитывают при разработке проектов на стадии «РД» и «П» и рассматривают только на случай аварии. И вот здесь нормативная федеральная и отраслевая база полностью отстают от реалий, и по всей цепочке заказчик — проектировщик — подрядчик специалисты вынуждены пользоваться только регламентами и СТО производителей инъекционных материалов и опираться только на свой опыт.

#### **Денис Балакин:**

— Нормативная база успевает за рынком, но не в той степени, как это необходимо. Например, пока не вводится в СП неоднократно предлагаемое нашей компанией определение «объемная» гидроизоляция, которая более точно характеризует применение сухих строительных гидроизоляционных проникающих смесей (ГОСТ Р 56703) и гидроизоляционной добавки в бетон с эффектом самозалечивания трещин.

#### **Какие требования следует учитывать проектировщикам при выборе способа гидроизоляции сооружений метрополитена?**

#### **Антон Рокотянский:**

— Это требования СП 122.13330.2012 «Тоннели железнодорожные и автодорожные». Актуализированная редакция двух документов СНиП 32-04-97, СП 120.13330.2012 «Метрополитены» и СНиП 32-02-2003, СТО Нострой и, конечно, действующими нормативными актами в отрасли. И проектировщик, и заказчик, и подрядчик должны руководствоваться опытом применения



материалов и в России, и в Европе именно для метрополитенов. Следующий критерий — возможность получения технической поддержки производителя практически онлайн. Безусловно, важен и здравый смысл при выборе технологий, профессионализм и компетентность всех участников проекта.

#### **Денис Балакин:**

— Выбирая материал, систему, считаю, следует обратить внимание на следующие характеристики: долговечность не менее 50 лет, на всесезонность и всепогодность при применении, высокую ремонтпригодность, гарантии от известного добросовестного производителя.

#### **Андреа Пиккио:**

— Защита подземных сооружений обеспечивается различными гидроизоляционными системами, однозначных решений здесь быть не может, все зависит от гидрогеологических условий — устойчивости грунтов, уровня подземных вод. С учетом этих показателей и принимается решение о выборе метода — это может быть нагнетание бетонного раствора и торкретирование, заделка стыков и швов, обмазочная гидроизоляция.

Другими словами, защита от грунтовых вод в метростроении, тоннельном строительстве одна из самых сложных задач. Мы подходим к решению этой проблемы комплексно, — разработкой специализированных решений занимается профессиональная команда Marei — Underground Technology Team.

И, конечно, соглашусь с коллегой, очень важен тесный контакт с заказчиком и проектировщиками. Скажем, сотрудничество на-

шей компании со специалистами Института «Ленметрогипротранс» позволило выработать эффективные решения по гидроизоляции при строительстве петербургских станций метро неглубокого заложения.

#### **Можно ли предотвратить течи при строительстве тоннелей с использованием ТПМК и притоннельных сооружений?**

#### **Антон Рокотянский:**

— Этого можно достичь, в первую очередь, на мой взгляд, за счет грамотно спроектированных элементов бетонной обделки при трассировке тоннеля с правильным двух–трехкратным, а может 10–кратным (если это требуется при соответствующей геологии), запасом в части уплотнительных элементов. Далее, это правильное технологическое решение и качественное исполнение заблочного нагнетания и последующего контрольного нагнетания. Здесь мелочей нет, иначе мы можем получить выносы грунта и уйти в аварийные инъекционные работы.

Непродуманный выбор технологии и отсутствие специальной химии для заблочного нагнетания приведут к тому, что потом придется долго «лечить» перегон инъекционными материалами (постинъекции). А это всегда удорожает проходку и увеличивает сроки сдачи объекта.

#### **Денис Балакин:**

— Течи при строительстве тоннелей можно предотвратить методом применения гидроизоляционной добавки в бетон «Пенетрон Адмикс» с эффектом самозалечивания трещин совместно с гидроактивным жгутом «Пенебар» в монолитных конструкциях тон-

нелей и притоннельных сооружений.

При использовании высокоточных блоков обделки также необходимо использовать гидроизоляционную добавку «Пенетрон Адмикс» совместно с инъектированием швов железобетонной бетонной обделки эластичной полиуретановой смолой «Пене-СплитСил», предварительно герметизировав устье шва сухими гидроизоляционными смесями «Пенекрит» и «Пенетрон».

#### **Андреа Пиккио:**

— Одним из самых распространенных вариантов ремонта и гидроизоляции тоннелей является использование синтетических мембран в комплексе с материалами строительной химии. Специально для таких работ Mapei в сотрудничестве с компаниями Miretti и Leister разработан инструмент для сварки синтетических мембран. Этот аппарат адаптирован для использования в средах с потенциально взрывоопасными газами и обеспечивает максимальный уровень безопасности для операторов.

*Отличаются ли способы гидроизоляции при строительстве открытых и заглубленных сооружений? Какие из них наиболее эффективны для тех и других условий?*

#### **Антон Рокотянский:**

— Методы и способы гидроизоляции, конечно, зависят от типа сооружения, и они абсолютно разные. Гидроизоляция фундамента трансформаторной подстанции, подземного пешеходного перехода, наклонного ствола, вентиляционной камеры, самой станции и перегона не может быть одинакова. Это совершенно разные типы сооружений по назначению, нагрузке и условиям эксплуатации. Тем более нужно учитывать, какое давление на сооружение будет оказывать вода. Гидроизоляция станционных комплексов, сооружаемых открытым способом, абсолютно отличается от построенных подземным горным методом.

Важным этапом гидроизоляции при подземном горном методе строительства являются предъинъекции. И уже при монтаже — качество бетонной или чугунной обделки и уплотнительных элементов в них.

При открытом методе строительства способ гидроизоляции также непрост. К конструкциям подземных сооружений метрополитенов и транспортных тоннелей открытого способа строительства относятся сооружения, возводимые в открытых котлованах с пазухами для обратной засыпки грунтом. В этом числе объекты, которые строятся с использованием ограждающей конструк-

ции котлована — стены в грунте в качестве несъемной опалубки, а также сооружения, возводимые с применением стены в грунте в качестве несущей конструкции.

Эффективны, на мой взгляд, в этих случаях гидроизоляционные системы, соответствующие требованиям актуальных СНиП, они долговечны, просты и технологичны при производстве работ.

#### **Денис Балакин:**

— Методы, безусловно, отличаются требованиями к водонепроницаемости при гидростатическом давлении. Если говорить о нашем опыте, то эффективно применять для открытых и заглубленных сооружений первичную защиту от коррозии, то есть материалы, снижающие водонепроницаемость бетона: сухую гидроизоляционную проникающую смесь «Пенетрон» или гидроизоляционную добавку в бетон «Пенетрон Адмикс» с эффектом самозалечивания трещин. Оба варианта предусматривают обязательную герметизацию швов гидроактивным жгутом «Пенебар», шовой сухой смесью «Пенекрит» (для статичных швов и трещин) или полимерными лентами «ПенеБанд» (для деформационных швов).

#### **Андреа Пиккио:**

Методы гидроизоляции в разных способах строительства, в том числе и на одном объекте, могут отличаться, часто используются абсолютно разные составы и системы. Наши специалисты создали в помощь проектировщикам, специалистам, которым приходится по долгу службы принимать решения, Альбомы технических решений по применению материалов Mapei в транспортном строительстве. В этих рекомендациях все тонкости использования материалов учтены.

Кроме того, нередко для сложных в техническом, инженерном плане подземных сооружений разрабатываются специальные составы, по специальным рецептурам. Так, например, при строительстве новых станций петербургского метро, в частности, при сооружении «Адмиралтейской», технологи Mapei подготовили комплексное решение, на основе собственных разработок.

*Существуют ли решения, позволяющие осуществить надежную герметизацию мест прохода труб и кабелей в конструкциях метрополитена?*

#### **Антон Рокотянский:**

— Существуют, и не только для метрополитенов, но и для строительства подземных сооружений и заглубленных частей гражданских сооружений (подвалы, парковки и т.п.).

В комплексе эти системы появлялись постепенно по мере приобретения опыта, накопления знаний при эксплуатации тех или иных сооружений. Началось все с материалов с кальматирующим эффектом и бентонитовых шнуров. Сейчас такие системы представлены набухающими шнурами и пастами на различных основах, а также ПВХ деформационными лентами в комплексе с эпоксидными клеящими составами, обмазочной двухкомпонентной эластичной полимерцементной гидроизоляцией и, конечно, ре-инъекционными шлангами со специальными суспензиями и составами.

Тем не менее, не многие производители могут обеспечить комплексный подход к герметизации самых сложных мест прохода инженерных коммуникаций, тем более на таких ответственных сооружениях, как метрополитен.

#### **Денис Балакин:**

— Решений по надежной герметизации вводов коммуникаций множество. Например, применением гидроактивного жгута «Пенебар» совместно с шовой сухой смесью «Пенекрит», так же эффективно применяются инъектирования полиуретановыми смолами «ПенеПурФом» или «ПенеСплитСил».

#### **Андреа Пиккио:**

— В линейке продукции Mapei, безусловно, есть такие решения: мы участвовали в проектах строительства станций метро, крупных тоннелей. Завершая разговор, вот что хотелось бы подчеркнуть особо. Гидроизоляция тесно связана с другими видами работ в подземном строительстве. Это, например, укрепление грунтов. Прокладка тоннелей, подземных железных дорог, каковым, по сути, является метро, это, безусловно, масштабное вмешательство в природу. И здесь одним из приоритетов мы считаем защиту окружающей среды. Примером новейших разработок, ориентированных на обеспечение экологической безопасности при сооружении станций метро, тоннелей являются вспенивающие агенты POLYFOAMER ECO 100 и POLYFOAMER ECO 100 PLUS с очень низким уровнем воздействия на окружающую среду для подготовки грунта при тоннелепроходческих работах посредством ТВМ. Они содержат биоразлагаемые анионные поверхностно-активные вещества и природные полимеры и имеют нулевое содержание гликоля.

Считаю, обеспечение экологической безопасности подземных сооружений должно стать одним из основных принципов в проектировании и строительстве подобных объектов. ■



Организатор конференции

Генеральные информационные партнеры



INTERNATIONAL  
ASSOCIATION OF  
FOUNDATION  
CONTRACTORS

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ  
ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ

**ФУНДАМЕНТЫ**

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВЩИКОВ И СТРОИТЕЛЕЙ



**НИЦ строительство**  
научно-исследовательский центр

**25-27 СЕНТЯБРЯ**  
/ 2019

**МЕЖДУНАРОДНАЯ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**«РОССИЙСКИЕ И ЗАРУБЕЖНЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
И СТРОИТЕЛЬСТВА МОСТОВЫХ  
СООРУЖЕНИЙ»**

**Место проведения:**

Москва,  
Петровский путевой дворец,  
Ленинградский проспект, 40

[www.fc-union.com](http://www.fc-union.com), [info@fc-union.com](mailto:info@fc-union.com)

тел.: +7 (495) 66-55-014, моб.: +7 916 36-857-36



Е.Ю. КУЛИКОВА,  
д.т.н., профессор кафедры  
«Строительство подземных  
сооружений и горных  
предприятий» НИТУ «МИСиС»

*Одним из факторов, тормозящих широкое освоение подземного пространства городов, является недостаточная надежность несущих конструкций подземных сооружений, выполненных в основном из железобетона.*

*Несмотря на большие достижения в проектировании и технологии строительства этих объектов, они не всегда в полной мере удовлетворяют требованиям долговечности.*

*Появление дефектов в обделках снижает срок службы подземных сооружений от 4 до 20 лет и требует дополнительных капиталовложений. Значительная часть финансовых средств уходит на борьбу с отказами, среди которых основное место занимают нарушения гидроизоляционных свойств несущих конструкций подземных объектов.*

## АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГОРОДСКИХ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Например, на ликвидацию течей, устройство дренажей и подобные мероприятия на метрополитене в среднем затрачивается: для перегонных тоннелей — 0,005%, станционных — 0,018% на единицу стоимости основных фондов, что в конечном итоге составляет значительную сумму. Ремонты коммунальных тоннелей, обусловленные необходимостью ликвидации нарушений плотности и размыва обделки, составляют 2–30% от стоимости строительства каждого кубометра сооружения на один год эксплуатации. Эта статья посвящена анализу типичных отказов, характерных для большинства подземных сооружений города.

Наиболее важной задачей в области проектирования и строительства городских подземных сооружений является решение вопроса долговечности их обделок, который предусматривает безотказность работы сооружения в течение заданного срока эксплуатации при минимальной стоимости его возведения.

Надежность несущих конструкций подземных сооружений изменяется в течение эксплуатации согласно следующей зависимости:

$$\beta(t) = \beta(0) \left[ 1 - \frac{t^3}{\tau_0^3} \right], \quad (1)$$

где  $\beta$  — индекс надежности;  $\tau_0$  — время, соответствующее спаду надежности, лет;  $t$  — время эксплуатации подземного сооружения, лет.

Качество строительства, срок службы подземных сооружений и капитальные затраты, требуемые на его возведение, зависят от вида обделки и технологии ее возведения.

Вскрытие механизма образования дефектов обделок подземных сооружений позволяет разработать мероприятия по предотвращению их образования, удешевлению эксплуатации и строительства подземных сооружений в городе. Поэтому классификация дефектов и выявление динамики их развития представляется крайне актуальной задачей, особенно в условиях городского строительства. Необходимым материалом для анализа состояния несущих конструкций городских подземных сооружений могут служить данные для подземных сооружений транспортного назначения и тоннельных инженерных сетей, длительно и в значительном количестве используемых в любом большом городе.

### Протечки в тоннелях метрополитена

Характер и интенсивность фильтрации воды в тоннелях метрополитена находится в прямой зависимости от гидростатического давления грунтовых вод. По интенсивности фильтрация воды может быть подразделена на три вида: сосредоточенные течи, т. е. места, где имеется заметное на глаз течение воды, капеж, сырость.

Сосредоточенные течи в тоннелях глубокого заложения наблюдаются главным образом

в местах с наиболее дефектной изоляцией и защитной железобетонной рубашкой при наличии значительных сквозных швов или трещин в рубашке и, вероятно, в обделке тоннеля, а также при наличии зазоров между рубашкой и обделкой.

В тоннелях мелкого заложения сосредоточенные течи наблюдаются главным образом в температурно-осадочных швах. Причиной этого является недостаточно продуманная конструкция изоляции температурно-осадочных швов. Снаружи шов оклеен рулонным изоляционным материалом без устройства складки (компенсатора), необходимой для восприятия деформации; с внутренней стороны изоляции шов имеет призму, залитую битумом и законопаченную паклей. С первых же дней эксплуатации битум выжимает из шва паклю и начинает вытекать из шва. При этом создаются условия для свободного проникновения воды через шов. Оклеенная изоляция вследствие температурных деформаций, вероятно, прорывается или расстраивается в стыках и отстает от обделки. По произведенным замерам дебит воды (расход), фильтрующейся в отдельных дефектных местах и в тоннелях глубокого заложения, достигает 200 л/мин.

Сосредоточенные большие течи могут и не причинить сильного вреда обделке, так как они омывают значительную по размерам поверхность бетона обычно по трещинам небольшой ширины — 2–3 мм. Даже при агрессивной воде сосредоточенные течи менее вредны для бетона, чем при капее неагрессивной воды, охватывающей большую поверхность. В таких местах в первую очередь и должны производиться работы по ликвидации фильтрации воды.

В тоннелях, как правило, в местах, имеющих сосредоточенные течи, происходит отложение красно-бурых, а местами белых натечных образований, выносимых водой. Натечи расположены большей частью на стенах или в лотке тоннелей.

Белые натечи отлагаются в виде плотной бесформенной массы или в виде сталактитов при фильтрации воды через свод или перекрытие и состоят в основном (до 65%) из углекислого кальция. В большинстве случаев отложения белого цвета имеются на участках тоннелей, проложенных в известняках. Происхождение их можно объяснить тем, что воды имеют сильную естественную карбонизацию, и, кроме того, происходит частичное выщелачивание известнякового раствора из-за обделки и в меньшей степени — выщелачивание бетона обделки.

Красно-бурые натечи имеют вид илистых отложений, иногда пенообразны и в основ-

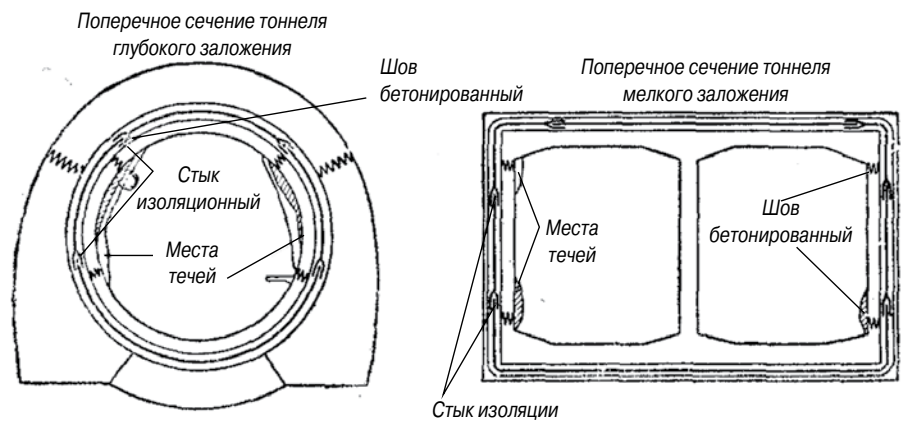


Рис. 1. Схема расположения мест фильтрации (по поперечному сечению)

ном состоят из гидрата окиси железа (до 22%) и являются продуктом выноса грунтовой воды.

Предположение, что происходит ржавление арматуры рубашки, благодаря чему вода и насыщается железом, не основательно, так как течь, имея сосредоточенный выход, т. е., проходя через трещину в рубашке шириной в несколько миллиметров, не может дать такого большого количества выноса железа, которое имеется у некоторых течей.

Осмотром арматуры железобетонной рубашки в местах, где имеются красно-бурые отложения, установлено весьма незначительное ржавление арматуры, свободной от бетона, к тому же и сама арматура покрыта плотной пленкой этих же отложений. Арматура после 8 лет нахождения в таких условиях имеет на своей поверхности незначительные коррозионные изъявления (в виде отдельных углублений).

Капез представляет собой фильтрацию воды в виде капель и в большинстве случаев наблюдается на больших площадях. В отдельных местах такая фильтрация сосредоточивается на площадях примерно 8–12 м<sup>2</sup> и в большинстве случаев приурочена к верхней части тоннеля — его своду.

Этот вид фильтрации проявляется обыкновенно в местах, где имеются небольшие зазоры, между железобетонной рубашкой и обделкой тоннеля, и неплотный (пористый) бетон самой рубашки, но без наличия в ней сквозных трещин. Капез появляется в местах, где гидроизоляция нарушена, а обделка имеет пористость, при которой происходит фильтрация небольшого количества воды.

Влияние фильтрующей воды на бетонную обделку наиболее неблагоприятно при фильтрации в виде капеза. Такой вид фильтрации охватывает большие поверхности и даже при неагрессивной воде может привести к коррозии бетона рубашки в связи с выщелачиванием из бетона известии.

Под сыростью подразумевается фильтрация воды, вызывающая намочение бетона и образование отдельных сырых пятен на его поверхности.

Некоторые проявления фильтрации имеют сезонный характер, и фильтрация воды возникает весной и осенью. Такие явления наблюдаются лишь в тоннелях мелкого заложения и указывают на зависимость фильтрации от атмосферных осадков, просачивающихся в грунт и насыщающих его водой.

Наибольшее количество мест фильтрации воды в тоннелях глубокого заложения сосредоточено на боковых частях тоннеля; в тоннелях мелкого заложения — почти на уровне лотка тоннеля и у перекрытия.

Места фильтрации (рис. 1) находятся вблизи стыка изоляции и шва бетонирования и, вероятно, происходят от неплотности шва и стыка изоляции.

В отдельных случаях на станциях фильтрация через некоторое время самопроизвольно уменьшается и исчезает. Часто после исчезновения фильтрации в одном месте она появляется по соседству. Такое явление можно объяснить местным самоуплотнением бетона.

Одной из причин самоуплотнения бетона может быть закупорка в нем пор примесями, которые содержатся в грунтовой воде. Также самоуплотнение может быть обусловлено и химическими процессами в самом бетоне под влиянием химических агентов, содержащихся в грунтовой воде. При содержании в воде свободной углекислоты может происходить превращение свободного гидрата оксида кальция в карбонат кальция. Содержащиеся в воде бикарбонаты кальция и магния также могут вступать в реакцию с гидратом оксида кальция. Образующиеся частицы карбоната кальция и магния отлагаются на стенках пор и, постепенно уменьшая их сечение, тампонируют поры в бетоне.

## Протечки в коллекторных тоннелях

Выход отделки канализационных коллекторов из строя или частичное ее разрушение происходит под воздействием следующих факторов:

- гидрабразивное изнашивание лотковой части тоннеля;
- газовая и химическая коррозия, вызываемые агрессивностью сред, протекающим по тоннелям;
- биологическая коррозия;
- выщелачивание свободной извести из бетона под воздействием внешних грунтовых вод.

Каждый из названных факторов в отдельности или совместное действие нескольких из них приводит отделку в аварийное состояние или выводит ее из строя на долгое время. Временная зависимость роста дефек-

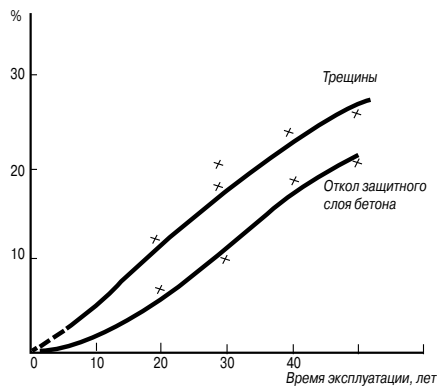


Рис. 2. Рост дефектов в конструкциях коллекторов от времени эксплуатации

тов в несущих конструкциях коллекторных тоннелей Москвы показана на рис. 2. Оценочные расчеты указывают на значительное влияние коррозии и гидрабразивного износа лотка тоннеля на несущую способность отделки коллектора.

Нами получено представление о состоянии более 19751 м тоннелей метрополитена в однопутном исчислении и 56142 м коллекторных тоннелей. Некоторые результаты и характеристики этого освидетельствования представлены в таблице.

### Классификация дефектов

Все дефекты несущих конструкций обследованных подземных сооружений можно разделить на несколько типов.

#### Трещины продольного, поперечного, косо-диагонального направления (относительно оси сооружения)

Для коллекторных тоннелей наиболее характерным является расположение продольных трещин в сводовой части сечения, тогда как в тоннелях метрополитена они в основном приурочены к месту сопряжения путевого бетона и блоков колец отделки, торцам шпал, углам дренажного лотка, местам примыкания сооружений. Длина трещин может достигать нескольких метров, их раскрытие — до 6–7 мм.

Поперечные трещины в коллекторах приурочены к технологическим швам вторичной отделки, что характерно для большинства подземных сооружений. При этом раскрытие

трещин доходит до 3 см и более.

Образованию трещин, ориентированных как в продольном, так и в поперечном направлении, способствует коррозионное ослабление бетона отделки. При этом считается, что продольные трещины образуются как под воздействием внешнего горного давления, так и внутреннего гидростатического напора, действующего постоянно или кратковременно. При образовании поперечных трещин главную роль, очевидно, играют неравномерные просадки грунтов, находящихся под тоннелем и вызывающие появление изгибающих моментов. Образование трещин увеличивает водопроницаемость отделки подземного сооружения и может привести к излиянию канализационных вод на водоносный горизонт, что недопустимо с точки зрения санитарных норм.

В транспортных тоннелях эти трещины располагаются у основания дренажного лотка, в местах сопряжения смежных выработок и подземных сооружений, в путевом бетоне на уровне торцов шпал и в плоскости стыка стенового бетона. Поперечные трещины имеют ограниченную длину и раскрытие до 7 мм.

Косо-диагональные трещины приурочены к спинкам и ребрам железобетонных блоков и чугунных тубингов и являются результатом несостыковки прочностных показателей материала отделки давлению, развиваемому домкратами проходческого щита. Аналогичное происхождение чаще всего имеют отдельные сколы стыков, углов и другие подобные дефекты.

#### Течи, среди которых доминируют «свищи», представляющие собой сквозные отверстия, диаметр которых колеблется от 0,5 до 5 см

«Свищи» оказывают значительное влияние на нарушение гидроизоляционных свойств отделки подземного сооружения и являются активными проводниками в него водно-песчаной смеси. Так, при эксплуатации коммунальных подземных сооружений через «свищи» в среднем в месяц намывается до 5–10 кг песка на 1 м тоннеля, что приводит к образованию крупных полостей за отделкой, величина которых может достигать более 3–7 м<sup>3</sup>.

«Свищи» оказывают значительное влияние на снижение фильтрационной надежности отделки канализационных тоннелей. В целом не создавая аварийной обстановки, они являются причиной утечки фекальных масс в окружающий массив и, с другой стороны, проводником в тоннель песка, который является мощным агентом истирания. Наиболее уязвимым местом отделки и местом образования эксплуатационных «свищей» являются места расположения технологических швов.

Состояние тоннелей метрополитена

№ п/п	Наименование тоннеля	Удельный вес дефектов						
		Общая доля нарушений, %	Течи, «свищи», шт. на 1000 м	Разрушения, размыв лотка, %	Трещины, сколы, %	Просадка лотка, %	Смещение колец, %	Эллиптичность, %
1	Коллектор «Ново-Рязанская ул. — ул. К. Маркса»	9,2	7,3	2,0	0,6	1,6	—	—
2	Коллектор по Сущевскому валу	30	45	21,6	2,3	3,5	—	—
3	Ново-Люберецкий канал	21,8	25	13,9	2,05	6,7	—	—
4	Главный коллектор Юго-Западного района	56	31	56	0,23	—	—	—
5	Правобережный Чуровской коллектор	55,3	25	47	3,47	—	—	—
6	Перегон «Шукинская» — «Сходненская»	10,7	0,06	—	7,88	0,9	10,7	—
7	Перегон «Марксистская» — «Новогиреево»	—	1	—	9,4	0,2	0,7	4,8

Подобное же явление отмечается в тоннеле метрополитена. Так, наличие «свищей» на отрезке тоннеля метрополитена 10 м привело к выносу в него водно-песчаной смеси, объем которой нарастал от кубических сантиметров в сутки в начале эксплуатации тоннеля до нескольких кубометров через полгода его работы.

Анализ показывает, что от 60 до 90% «свищей» приурочено к местам расположения технологических швов. Характерными для фильтрации воды через швы в конструкциях, являются участки тоннелей из железобетонных блоков, то есть участки тоннеля, выполненные из отдельных блоков, без монолитной связи друг с другом. Такие тоннели имеют наибольшую фильтрацию по сравнению с участками, выполненными из монолитного бетона.

Производимая вслед за возведением обделки тоннеля цементация для заполнения оставшихся пустот за обделкой может значительно уменьшить отмеченные дефекты в бетонной кладке, но лишь при определенных геологических условиях участка. Таким условием является наличие за обделкой трещиноватых твердых пород. При условиях залегания тоннелей в суглинках или песчаных грунтах нагнетание растворов не всегда дает положительный эффект. Устройство больших участков тоннеля глубокого заложения без температурных и осадочных швов приводит к образованию поперечных трещин в железобетонной рубашке и, возможно, в самой обделке тоннеля.

Исследование течей позволило выявить закономерность их развития во времени. На рис. 3 приводятся результаты обработки данных о возникновении течей на протяжении ряда лет в тоннелях Тбилисского метрополитена (кривая 2) и в коллекторных тоннелях Москвы (кривая 1). Полученные зависимости

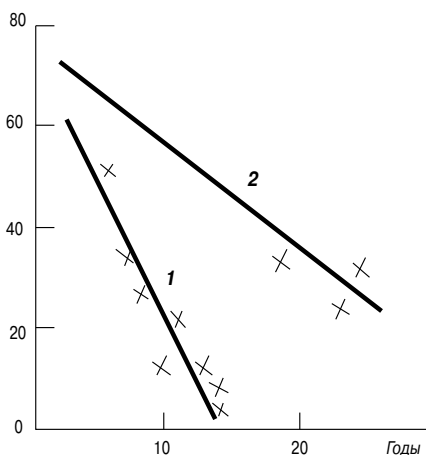


Рис. 3. Снижение образования течей через обделку подземного сооружения во времени: 1 – коллекторные тоннели Москвы, 2 – тоннели Тбилисского метрополитена

свидетельствуют, что образование течей в обделках подземных сооружений со временем уменьшается, несмотря на то, что предыдущие течи тщательно заделывались и не могли служить «разгрузочными отверстиями» для напоров и потоков подземных вод.

Отметим, что фильтрация грунтовых вод в подземное сооружение происходит по кольцевым стыкам блоков или тубингов, по продольным стыкам и по отдельным течам — «свищам». Около 40–50% притоков в подземное сооружение поступает через разуплотненные стыки между блоками (тубингами), более 50% — через «свищи». Через трещины выносятся более 60% несвязного грунта, через «свищи» — около 40%. Наряду с течами через «свищи» имеет место слабая фильтрация воды через тело блоков, проявляющаяся в виде мокрых пятен.

**Просадка лотка подземного сооружения**

Осадка лотка в основном происходит в местах выноса грунта. Образование полостей под лотком подземного сооружения нарушает статический режим работы обделки и приводит к осадке.

На рис. 4 приводится зависимость просадки тоннеля метрополитена от объема вынутого грунта, полученная автором на основании анализа материалов освидетельствования обделок тоннелей. Как следует из графика, величина осадки возрастает параболически во времени, что ведет к нарастающему расстрескиванию лотковой части тоннеля.

**Эллиптичность, наблюдаемая у кольцевых железобетонных или чугунных обделок**

В соответствии с нормативными документами максимальное отклонение диаметров тоннельной обделки от проектных не должно превышать ±50 мм, однако на практике отклонения значительнее. Наряду с эллиптичностью колец, может наблюдаться их смещение, достигающее 70–80 мм.

Значительное уменьшение или увеличение вертикального диаметра по сравнению с проектным (отрицательная и положительная эллиптичность) может возникнуть в результате выноса грунта через возникшие дефекты за счет неравномерного обжатия колец. При этом возникают избыточные напряжения в нижней трети смежного блока сборной обделки. Установлено, что при отрицательной эллиптичности –5 см происходит уменьшение несущей способности обделки на 12,5%, а при –10 см — в 3 раза. Одновременно изменение плотности грунта в заобделочном пространстве вызывает уменьшение упругого отпора с 0,5·10<sup>4</sup> кН/м<sup>3</sup> до 0,1·10<sup>4</sup> кН/м<sup>3</sup>, что приводит к снижению несущей способ-

ности обделки в 20 и более раз. В совокупности это и является причиной образования продольных и отчасти поперечных трещин в несущих конструкциях подземного сооружения под действием нагрузок от горного давления, смещения элементов обделки относительно друг друга, сколов и других разрушений блоков и тубингов.

**Размыв лотка**

Коллекторные тоннели подвержены размыву лотка, связанному с истирающим действием твердых включений, характерных для масс, протекающих по тоннелю. Действие абразивов усугубляется наличием «свищей», трещин и химического воздействия, что ведет к ослаблению материала и конструкции лотка.

**Вывалы отдельных кусков бетона** из сводной части обделок подземных сооружений.

**Выводы**

Таким образом, несмотря на высокие требования к проектированию и производству работ при подземном строительстве, несущие конструкции подземных сооружений обладают рядом существенных дефектов, в непродолжительное время приводящих к выходу объектов из строя и дорогостоящим ремонтам, составляющим от 25 до 100% от стоимости строительства подземного сооружения.

Анализ дефектов несущих конструкций подземных сооружений позволяет установить причины их возникновения, обусловленные, главным образом, наличием фильтрационных процессов в системе «породный массив — несущие конструкции подземного сооружения» и на стадии проектирования предложить меры, минимизирующие риски возникновения подобных дефектов. ■

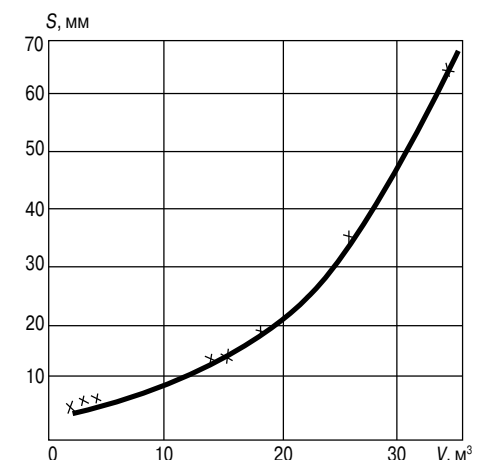


Рис. 4. Зависимость просадки тоннеля S от количества вымытого песка V

И.Я. ХАРЧЕНКО,  
д.т.н., профессор МГСУ,  
А.И. ПАНЧЕНКО,  
д.т.н., профессор МГСУ,  
К.А. ИСРАФИЛОВ,  
инженер, ЗАО «Ингеострой»,  
Д.В. ГАЗДАНОВ,  
инженер ООО «Нанопром»

**Ликвидация водопроявлений при строительстве и эксплуатации подземных сооружений различного назначения является чрезвычайно важной и актуальной задачей, определяющей степень их эксплуатационной надежности и безопасности. Активные водопроявления сопровождаются не только коррозией ограждающих конструкций, снижающей их несущую способность, но и суффозионным разуплотнением грунта в заобделочном пространстве, следствием чего являются сверхнормативные деформации не только подземных сооружений, но и окружающей застройки.**

# ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ЛИКВИДАЦИИ ВОДОПРОЯВЛЕНИЙ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

## Причины и методы устранения водопроявлений

На основании анализа многолетнего опыта выполнения работ по ликвидации водопроявлений в подземных сооружениях, установлено, что они являются следствием допущенных нарушений при устройстве и оформлении стыковых соединений различного вида; ошибочных проектных решений из-за несоответствия проектных и фактических геотехнических условий; изменения характера работы подземных сооружений вследствие развития разуплотнений грунта в заобделочном пространстве. При этом основная доля водопроявлений приходится на деформационные и рабочие швы, организуемые в теле подземных сооружений, а также на участки сопряжений основных и вспомогательных подземных сооружений различного назначения, таких, как, например, эвакуационные выходы, лифтовые шахты, электросиловые, вентиляционные и насосные камеры и т.д. (рис. 1).

Разработка и реализация проектных решений по ликвидации водопроявлений в подземных сооружениях основывается на результатах их обследования с применением различных методов. Это могут быть инструментальные методы с отбором и испытанием кернов и проб, аналитические и расчетно-аналитические методы, визуальные с фотофиксацией дефектов, геофизические и сейсмоакустические методы, позволяющие выявлять зоны суффозионных разуплотнений грунта в заобделочном пространстве. При этом геофизические методы обследования применяются как с целью установления участков возможных суффозионных разуплотнений грунта, так и после завершения работ по их устранению с целью оценки качества выполненных инъекционных работ. Анализ результатов обследования подземных сооружений позволяет выполнить классификацию



Рис. 1. Классификация источников водопроявлений в подземных сооружениях

водопроявлений и назначить эффективные методы по их устранению.

## Принцип расчета экономики

Результаты обследования являются основой для расчетного обоснования эксплуатационной пригодности подземных сооружений, а также оценки влияния водопроявлений на окружающую застройку, транспортные и инженерные сооружения.

При технико-экономическом обосновании проектных решений по ликвидации водопроявлений и гарантированному обеспечению эксплуатационной пригодности подземных сооружений следует руководствоваться принципом «90/10», в соответствии с которым затраты по ликвидации как 90% объема водопроявлений, так и остаточных 10% водопроявлений соизмеримы. Другими словами, стремление обеспечить полную герметичность подземных сооружений и сформировать «подводную лодку» является экономически нецелесообразным в сравнении с обеспечением организованного водоотлива остаточных 10% водопроявлений.

## Материалы для ликвидации протечек

С целью устранения водопроявлений в подземных сооружениях применяются как инъекционные смеси на минеральной, так и на полимерной основе.

Инъекционные смеси на минеральной основе, в зависимости от характера водопроявлений и конкретных геотехнических условий, изготавливаются на основе общестроительных и специальных цементов, микроцементов, бентонитов, композиционных вяжущих в виде цементно-бентонито-силикатных смесей, смесей на основе сульфоалюминатов кальция, а также смесей на основе коллоидного кремнезема. Инъекционные смеси на полимерной основе изготавливаются на основе гидроактивных полиуретанов, акрилатов и метакрилатов, эпоксидных смол, а также водно-битумных эмульсий.

Инъекционные смеси на минеральной основе используются преимущественно с целью ликвидации разуплотнений в заобделочном пространстве, упрочнения структуры грунта в зоне развития суффозионных процессов, при устройстве вертикальных и горизонтальных противофильтрационных завес, при ликвидации водопроявлений через трещины в теле каменных, бетонных и железобетонных конструкций для восстановления их конструктивного качества.

Инъекционные смеси на полимерной основе применяются для ликвидации активных водопроявлений с последующим ремонтом дефектов минеральными композициями, восстановлением водонепроницаемости деформационных швов, ликвидацией сквозного промокания вследствие капиллярного подсоса в структуре каменных, бетонных и железобетонных конструкций. Достаточно часто решением проблемы ликвидации водопроявлений становится использование комбинированных инъекционных систем: на полимерной основе — для ликвидации активных водопроявлений; на минеральной основе — для устройства противофильтрационных завес, устранения водопроявлений через трещины и дефекты в структуре бетонных и железобетонных конструкций с упрочнением и восстановлением эксплуатационной пригодности.

Эффективным методом ликвидации различного вида водопроявлений в подземных сооружениях являются комбинация инъекционных технологий с применением минеральных особо тонкодисперсных порошков, а также технологий на основе

применения специальных строительных смесей. Это связано с тем, что инъекционные растворы на минеральной основе обладают высокой технологичностью, экологически нейтральны, имеют высокую долговечность при более низкой себестоимости по сравнению с полимерными системами.

Специальные инъекционные смеси применяются с целью заполнения крупных пустот, каверн и трещин (первый этап), с последующим нагнетанием смесей на основе микроцементов для заполнения капиллярно-пористой структуры и микротрещин как в грунте, так и в железобетонных ограждающих конструкциях. При этом, в зависимости от геотехнических условий и интенсивности водопроявлений, объем потребляемых минеральных вяжущих может изменяться в диапазоне 1,5–20 кг/м<sup>2</sup> поверхности.

Важным фактором, определяющим эффективность применения инъекционных систем на минеральной основе, является их совместимость по составу с бетонными ограждающими конструкциями подземных сооружений, высокая прочность и долговечность, низкий коэффициент фильтрации, проявление эффекта самозалечивания трещин в бетоне с шириной раскрытия до 1 мм. Одним из главных критериев, определяющих уровень технологичности инъекционных смесей при ликвидации водопроявлений в подземных сооружениях, является низкая вязкость и высокая седиментационная устойчивость, сохраняемая в течение до 90 мин, а также управляемая кинетика набора прочности после завершения инъекционных работ, долговечность, термоморозостойкость, морозо-солестойкость.

Исходя из этих условий, а также с учетом многообразия задач, связанных с ликвидацией водопроявлений в подземных сооружениях, специалистами НИУ МГСУ разработаны и освоены инъекционные смеси на минеральной основе «ПФС+», «Аквабиндер — У», «Аквабиндер — МД», «Аквабиндер-injekt», «Аква-Блок», «Интроцем». Нужно отметить, что особо тонкодисперсные вяжущие (ОТДВ) «Интроцем» разработаны в рамках реализации программы импортозамещения, в качестве альтернативы минеральным вяжущим «Микродур», широко применяемым для приготовления различных инъекционных систем на минеральной основе.

«Интроцем» является экологически чистым продуктом, совместимым по минеральному составу с грунтом или бетоном. В зависимости от дисперсности частиц, содержащихся в количестве 95% и 50%

массы вяжущего, «Интроцем» классифицируется на три вида: «Интроцем-Экстра» при  $d_{95} \leq 5,5$ ; «Интроцем-Ультра» при  $d_{95} \leq 9,0$ ; «Интроцем-Стандарт» при  $d_{95} \leq 15,5$ .

Основные физико-механические характеристики ОТДВ «Интроцем» приведены в табл. 1.

Введение в состав инъекционной суспензии ОТДВ пластификатора улучшает ее пенетрационную способность и повышает седиментационную устойчивость. Предварительная пропитка грунта водным раствором на основе сульфанола облегчает последующее распространение суспензии ОТДВ в процессе инъектирования и обеспечивает увеличение диаметра грунтобетонных массивов (рис.2).

На основании комплексных лабораторных исследований определены эффективные области применения инъекционных смесей на основе ОТДВ «Интроцем», при ликвидации водопроявлений в бетонных и железобетонных конструкциях, которые представлены в табл. 2.

Готовая к употреблению сухая смесь «Аквабиндер-У» представляет собой композиционное минеральное вяжущее для приготовления инъекционных растворов с регулируемыми сроками схватывания и затвердевания. Материал предназначен для стабилизации и упрочнения водонасыщенных грунтов, включая грунты пльвунного типа. «Аквабиндер-У» состоит из силикатов и алюминатов кальция, биокремнезема, а также химических добавок (модификаторов вязкости, седиментации, прочности). Инъекционный раствор, в зависимости от геотехнических условий и технологии применения, изготавливается с водовяжущим отношением В/В = 0,8–2,5. При этом, инъекционная смесь обладает высокой технологичностью, проникающей способностью в структуру грунта, ускоренной гидратацией, способностью к химическому и физико-химическому связыванию воды, находящейся в капиллярно-поровом пространстве грунта. Отличительной особенностью является ее интенсивное загустевание после завершения инъекционных работ. Раствор может применяться как в манжетной технологии, так и в струйной цементации Jet-1. Это является особенно актуальным при производстве работ по стабилизации и упрочнению водонасыщенных грунтов, обладающих пльвунными свойствами. После нагнетания в структуру грунта или заобделочное пространство, наступает фаза ускоренной гидратации, сопровождающаяся связыванием частиц грунта, интенсивным ростом кристаллогидратов и затвердеванием. Это исключает размывание сформированного грунтобетонного массива

Таблица 1.  
Физико-механические характеристики ОТДВ «Интроцем»

Наименование показателя	Тип ОТДВ		
	Экстра	Ультра	Стандарт
Истинная плотность, г/см <sup>3</sup>	2,9	2,9	2,9
Прочность при сжатии, при В/Ц=0,5, МПа, в возрасте:			
■ 1 сут	≥ 20,0	≥ 10,0	≥ 5,0
■ 2 сут	≥ 35,0	≥ 30,0	≥ 20,0
■ 7 сут	≥ 50,0	≥ 45,0	≥ 35,0
■ 28 сут	≥ 60,0	≥ 55,0	≥ 45,0
Сроки схватывания, при В/Ц=0,5, мин			
■ начало, не ранее	150	170	180
■ конец, не позднее	240	270	300
Свойства инъекционной смеси, при В/Ц = 2,0:			
седиментация через 120 мин, %	≤ 1,0	≤ 2,0	≤ 5,0
время истекания из воронки Марша,			
■ через 0 мин, с	34,0	33,0	32,5
■ через 60 мин, с	34,5	33,0	32,5
■ через 90 мин, с	35,0	33,5	33,0
Прочность на отрыв (сцепления), МПа	≥ 0,65	≥ 0,5	≥ 0,35

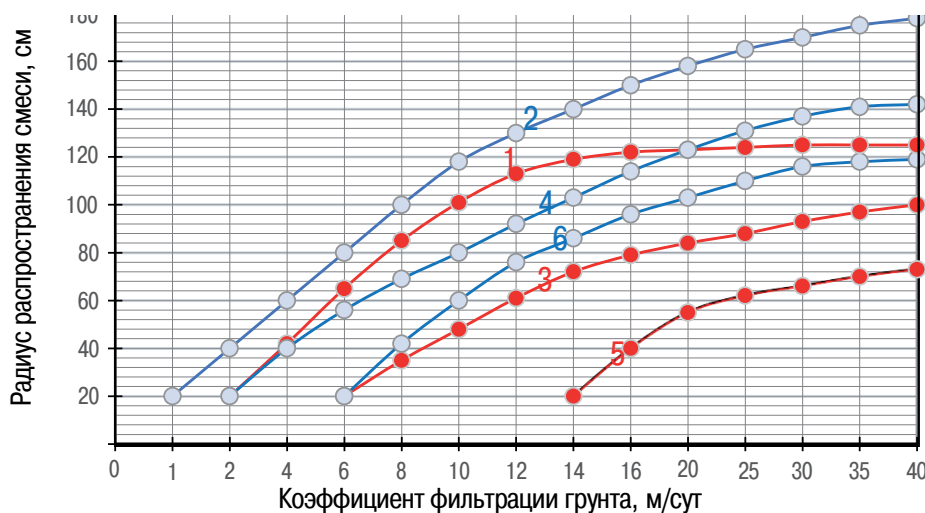


Рис. 2. Распределение инъекционной смеси «Интроцем» в зависимости от дисперсности вяжущего и вида песчаного грунта: 1,3,5 – без предварительной обработки грунта; 2,4,6 – с предварительной обработкой грунта; инъекционная смесь при В/В=3,0; 1 и 2 – Интроцем-экстра; 3,4 – Интроцем-ультра; 5 и 6 – Интроцем-стандарт.

Таблица 2.  
Эффективные области применения инъекционных смесей на основе ОТДВ «Интроцем».

Ширина раскрытия трещин, мм	Интроцем-Экстра	Интроцем-Ультра	Интроцем-Стандарт
0,1... 0,7 мм	В/Ц = 0,7±1,0 P <sub>н</sub> ≤ 1,5 МПа	нет	нет
0,8... 1,5 мм	В/Ц = 0,7±1,0 P <sub>н</sub> ≤ 1,2 МПа	В/Ц = 0,7±1,0 P <sub>н</sub> ≤ 1,2 МПа	нет
1,5... 3,0 мм	не рекомендуется	В/Ц = 0,7±1,0 P <sub>н</sub> ≤ 1,0 МПа	В/Ц = 0,7±1,0 P <sub>н</sub> ≤ 1,0 МПа

Примечание: P<sub>н</sub> – рекомендуемое давление нагнетания

и обеспечивает сохранение его проектных геометрических параметров в неустойчивых водонасыщенных грунтах плавунного типа.

Для выполнения работ по устройству подземных сооружений в условиях водонасыщенных неустойчивых грунтов, имеющих характер плавунных, предусмотрена их стабилизация и упрочнение с применением химических методов и технологического оборудования, предназначенного для 2-компонентной струйной цементации. В качестве инъекционного материала применяется 2-компонентное композиционное вяжущее «АкваБиндер-МД» (ТУ 5744-021-43260800-2015), предназначенное для стабилизации водонасыщенных и плавунных грунтов: компонент «А» представляет собой готовую к употреблению минеральную сухую смесь, содержащую в своем составе химически активный кремнезем, и компонент «Б», являющийся активатором гидратационного твердения кремнезема и минеральной части композиционного вяжущего. Через инъекционную форсунку одновременно подаются два компонента (компонент «А» и компонент «Б»), которые смешиваются с водонасыщенным грунтом и обеспечивают его быстрое загустевание, стабилизацию структуры с прочностью при сжатии через 30 мин не менее 0,01 МПа, а через 3 сут – не менее 0,07 МПа. В проектном возрасте прочность грунта составляет 0,1–1,5 МПа, в зависимости от соотношения компонентов и режима струйной цементации. Сетка инъекционных скважин назначается из условия обеспечения сплошности массива, при эффективном диаметре распространения струи 600–1000 мм.

Инъекционные смеси на основе «Аквабиндер-инъект» предназначены для ликвидации активных водопроявлений и приготавливаются на основе композиционного вяжущего с регулируемыми сроками начала схватывания и ускоренным набором прочности. Особенностью этой инъекционной смеси является контролируемый срок начала схватывания до 30–90 мин, достаточный для доставки смеси в зону активного водопроявления и промывки инъекционного оборудования, но короткий интервал времени конца схватывания (до 2–5 мин) после завершения нагнетания с последующим ускоренным набором прочности до 70% от марочной в первые 24 ч твердения. Кроме того, для ликвидации интенсивных локальных водопроявлений применяется сухая смесь на минеральной основе «Аквабиндер-Блок» с практически мгновенным схватыванием при контакте с водой и ускоренным затвердеванием. Особенностью применения «Аквабиндер-Блок» является необходимость доставки отдельных порций сухой смеси в зону активного водо-



проявления с использованием специально приготовленные закладочных пакетов.

Как показывает анализ многолетнего опыта ликвидации водопроявлений в подземных сооружениях различного назначения, наиболее эффективным проектным решением является комбинированное применение тампонажных смесей для предварительной цементации с целью заполнения крупных пустот, каверн и трещин (первый этап) и последующим инъецированием с применением микроцементов для заполнения капиллярно-пористой структуры и микро-трещин как в грунте, так и в железобетонных ограждающих конструкциях.

Полиуретановые смолы могут найти эффективное применение для ликвидации активных протечек воды. К сожалению, в настоящее время отсутствуют результаты экспериментальных исследований морозостойкости и термоморозостойкости полиуретановых смол, а практика многолетних наблюдений не позволяет сделать однозначный вывод об их долговечности. В этой связи к инъекционным смесям на основе полиуретановых смол не предъявляются требования по долговечности. Поэтому после останова активного притока воды выполняется основное нагнетание инъекционными смесями на основе микроцементов для обеспечения длительной и эффективной герметизации сооружения.

Для ликвидации зон разуплотнения заобделочного пространства, сформированных вследствие суффозионного разуплотнения, также применялись инъекционные смеси на основе бентонита. Бентонит традиционно используется для обеспечения водонепроницаемости подземных сооружений в тампонажных растворах для повышения их стабильности (седиментационной устойчивости), сдерживая процесс водоотделения за счет развитой поверхности частиц, способной адсорбировать значительное количество воды. Наибольшее практическое применение имеет натриевая бентонитовая глина, способная увеличивать объем после смешивания с водой до 10 и более раз. В этой связи основной областью применения бентонитовых смесей является устройство гидроизоляционных отсеков на стадии строительства и ремонта после ликвидации активного водопроявления при незначительных коэффициентах фильтрации грунта. В связи с тем, что инъекционные смеси на основе бентонита в обводненных условиях значительно увеличиваются в объеме, но не твердеют, область их применения ограничивается только устройством противотрационных завес при отсутствии активных водопроявлений. Кроме того, для устройства надежного гидроизоляционного слоя

необходимо выполнить сплошное нагнетание материала в заобделочное пространство с обеспечением «нахлеста» между соседними зонами нагнетания не менее 30%. В связи с тем, что материал имеет высокую вязкость и нагнетается при повышенном давлении, оценка сплошности гидроизоляционного экрана должна быть предметом самостоятельного исследования, так как именно это является определяющим фактором для достижения поставленной цели. Кроме того, обеспечение эксплуатационной надежности инъекционных систем на основе бентонита возможно только при положительных температурах при исключенном переменном увлажнении-высушивании.

Эффективной тампонажной смесью, обладающей гидратационным твердением, является инъекционная смесь «ПФС+», которую следует рассматривать в качестве альтернативы инъекционным смесям на основе бентонита. На основании выполненных исследований установлены реологические и прочностные характеристики «ПФС+», которые определяют эффективные области его применения. В качестве раствора для ликвидации пустот и разуплотнений грунта в заобделочном пространстве тоннельных сооружений применяются растворы с водовязущим отношением  $V/B = 1,0-2,5$ , в зависимости от проектной прочности (рис. 3).

Установлено, что «ПФС+» с водовязущим отношением  $V/B = 2,5$  и более обладает условной вязкостью по воронке Марша сопоставимой с условной вязкостью воды (рис. 4).

Инъекционная смесь на основе «ПФС+» может применяться как с использованием односторонних разжимных или забивных пакеров, так и в манжетной технологии закрепления грунтов с формированием грунтобетонных массивов диаметром до 1,5 м и более.

## Прорыв в Алабяно-Балтийском тоннеле

Одним из характерных примеров, демонстрирующих эффективность применения комбинированной технологии цементации для ликвидации водопроявлений, является ликвидация водопроявлений в автотранспортном Алабяно-Балтийском тоннеле, входящим в состав транспортной развязки в районе ст. метро «Сокол» в Москве. Тоннель имеет длину 450 пог м, ширину 31,6 м, высоту 5,4 м, с глубиной заложения поверхности дорожного покрытия от поверхности 24,55 м. Вдоль трассы тоннеля по ул. Балтийская проходит пойма р.Таракановки. Тоннель является однопролетным сооружением с несущими железобетонными монолитными конструкциями: монолитной железобетонной плитой в основании тоннеля, вертикальными стенами толщиной 400–600 мм из бетона В30, W 8–12 и ограждающими конструкциями котлована тоннеля из одного ряда бурокасательных свай  $\varnothing 830-1000$  м и двух-трех рядов грунтоцементных свай  $\varnothing 800$ , выполненных по технологии Jet-1. В соответствии с проектом гидроизоляция тоннеля — битумно-полимерная наносилась методом набрызга. Перекрытие представлено железобетонной монолитной плитой толщиной 800 мм из бетона В35 W12. Гидроизоляция — 2 слоя гидроизола.

Эксплуатационная пригодность тоннельных сооружений существенно ограничивалась значительными водопроявлениями через деформационные швы, а также многочисленные трещины и дефекты структуры бетона, распределенные по поверхности вертикальных и потолочных железобетонных ограждающих конструкций.

С целью разработки проекта ликвидации водопроявлений было выполнено комплекс-

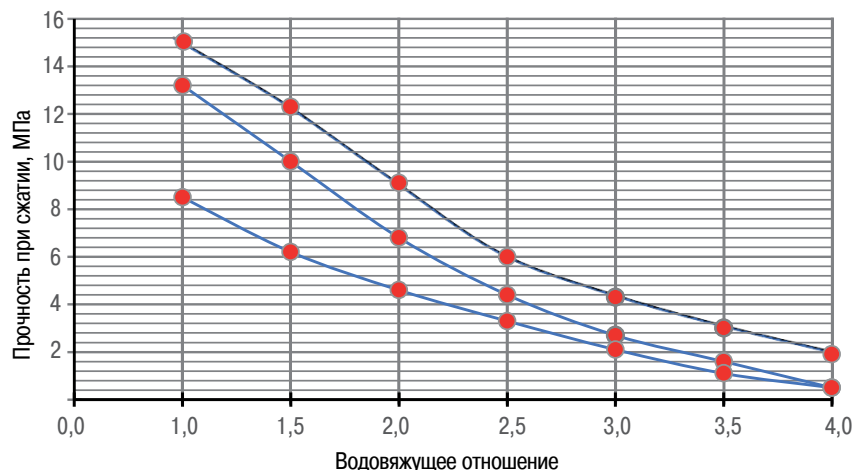


Рис. 3. Влияние водовязущего отношения на прочность при сжатии смеси «ПФС+», через 24 ч, 3 сут, 28 сут

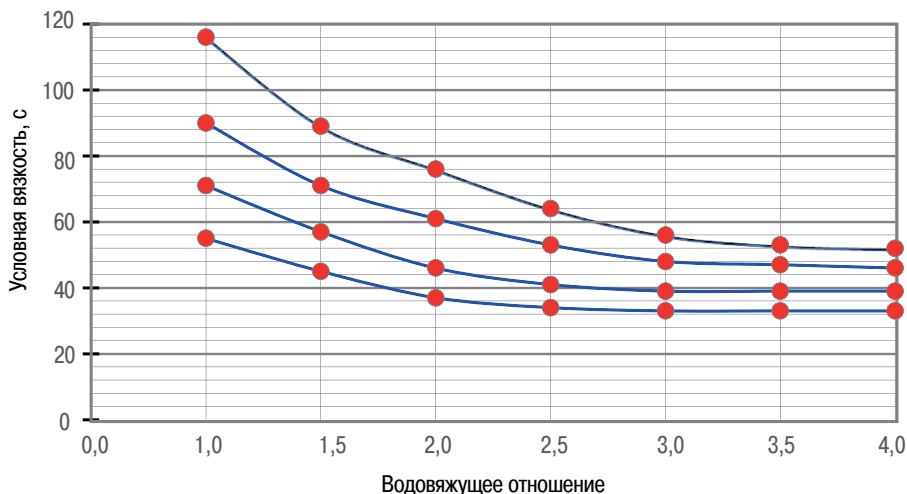


Рис. 4. Влияние водовяжущего отношения на условную вязкость «ПФС+» вязкость через 30 мин, 60 мин, 90 мин

ное инструментально-визуальное обследование тоннельных сооружений с применением технологии сплошного лазерного автоматизированного сканирования, позволяющей фиксировать различные дефекты и нарушения в конструкциях с большой детализацией и точностью без перерыва в режиме эксплуатации тоннелей, которое было дополнено определением фактического класса бетона (методами неразрушающего контроля и методом отрыва со скалыванием). Кроме того, с применением метода электромагнитного импульсного сверхширокополосного (ЭМИ СШП) зондирования были выявлены зоны разуплотнения заобделочного пространства, образовавшиеся вследствие развития суффозионных процессов, сопровождающих водопроявления через ограждающие конструкции (рис. 5).

По результатам этих работ дана оценка фактического состояния с оценкой несущей способности конструкций тоннеля. На этом основании была сформирована классификация выявленных дефектов по степени их влияния на надежность и долговечность конструкций, разработаны проектные решения по ремонту и восстановлению эксплуатационной надежности обделки тоннеля.

В результате обследования были выявлены следующие наиболее характерные дефекты и повреждения:

- трещины в несущих конструкциях тоннеля (в перекрытиях, стенах и ригелях) с шириной раскрытия до 2,0 мм;
- водопроявления различного характера и интенсивности через рабочие и деформационные швы и трещины (на карте дефектов обозначены как «проникновение»). В местах протечек, большая часть которых имеет интенсивность не более 5 л/ч, наблюдается выщелачивание;
- сколы бетона (без обнажения рабочей арматуры и с площадью скола не более 0,5 м<sup>2</sup>).

В соответствии с разработанным проектом, предусматривалось реализовать комплексную технологию для ликвидации водопроявлений и восстановлению качества железобетонных конструкций с применением инъекционных систем как на полимерной, так и на минеральной основе.

Зоны разуплотнений заобделочного пространства с поглощением инъекционной суспензии более 5 л/мин при давлении менее 1 МПа заполняются составом

«ПФС+», при более интенсивном поглощении — тампонажными смесями на основе портландцемента типа «БИРС ТМ». После ликвидации зон разуплотнения грунтов предусмотрена инъекция суспензии «Интроцем-Экстра» на основе микроцемента. При этом водный поток переносит микроцемент в места водопроявлений (неплотности бетона, сквозные трещины, неплотности холодных швов бетонирования и т.д.), что сопровождается кольматацией дефектов в железобетонных ограждающих конструкциях. Затвердевая, микроцемент образует равнопрочную с телом конструкции пломбу. Это позволяет ликвидировать водопроявления и восстанавливать сплошность и прочность бетона в конструкциях, используя известный в бетоноведении принцип «самозалечивания».

В соответствии с разработанным проектом, предусматривалось проведение работ по ликвидации водопроявлений в три этапа:

Этап 1. Заполнительная инъекция смесью твердеющего материала на минеральной основе типа «ПФС+» и «БИРС ТМ» в зону контакта внутреннего железобетонного ограждения тоннеля и внешнего ограждения из железобетонных буронасательных и грунтоцементных свай, с последующим инъецированием водной суспензии на основе ОТДВ «Микродур R-X» или «Интроцем-Экстра».

Этап 2. В случае, если на этапе 1 не ликвидировано водопроявление — обруивание, расшивка дефектов в железобетонных конструкциях и инъецирование через эти дефекты водной дисперсии микроцемента типа «Микродур R-X» или «Интроцем-Экстра».

Этап 3. В случае, если после выполнения работ на этапе 2 имеют место остаточные водопроявления — покрытие по слою грунтовки внутренней бетонной поверхности тоннеля напыляемой гидроизоляционной мастикой типа «Eliminator NF» для исключения намокания бетонной поверхности за счет капиллярного подсоса влаги через структуру бетона.

Результаты выполненных работ представлены на рис. 6.

Параллельно с этапами 1–3 проект предусматривал восстановление гидроизоляции в деформационных швах путем инъекции эластичного гидроизоляционного материала типа MC-InjektGL-95TX. Инъекция производилась в деформационных швах через специально пробуренные под углом 32° шпурты с установкой пакеров.

В соответствии с проектом, предусматривалось выполнить ремонт деформационных швов общей длиной 974 пог м и ликвидировать водопроявления через

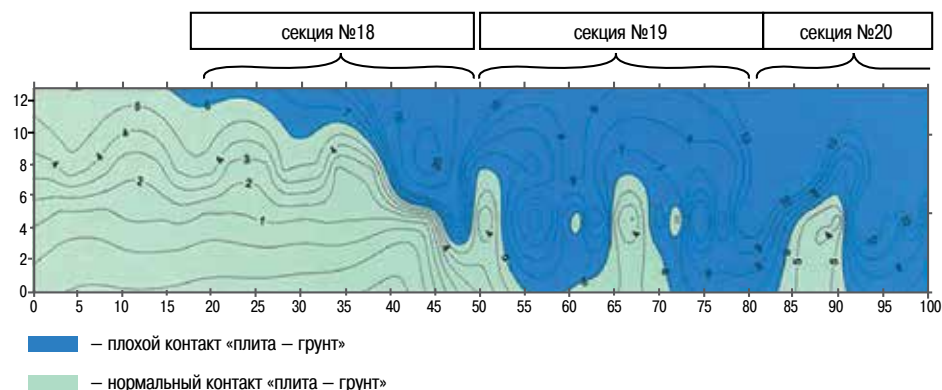


Рис. 5. Карта качества контакта плиты основания — грунт

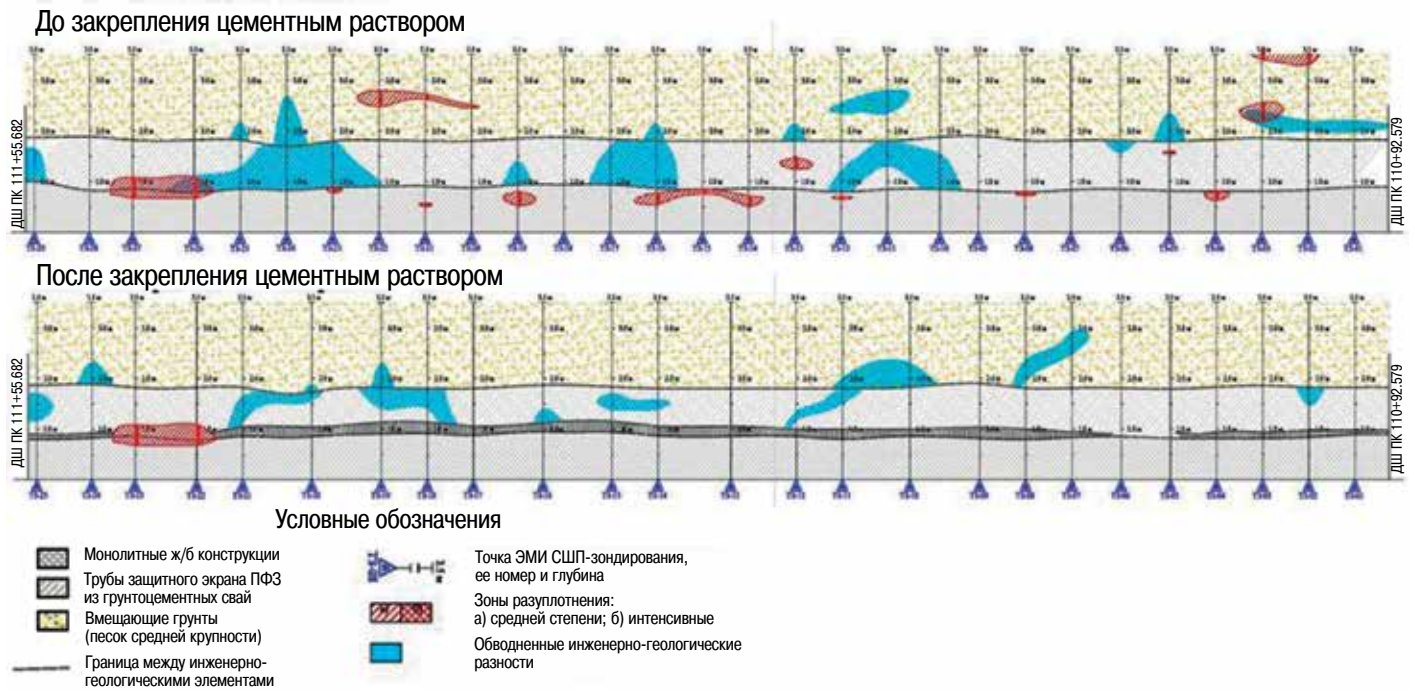


Рис. 6. Работы по ликвидации водопровявлений и разуплотнений грунта на правой стенке Алабяно-Балтийского тоннеля

тело ограждающих конструкций общей площадью 1562 м<sup>2</sup>. Как показал анализ результатов выполненных работ, на всех участках тоннельных сооружений, на которых проектные решения были реализованы в полном объеме, водопровяления были полностью устранены. При этом, в зависимости от геотехнических условий и интенсивности водопровялений, суммарный объем потребляемых инъекционных смесей на минеральной основе составляет от 20 до 250 кг/пог м тоннеля.

### Выводы

На основании выполненных исследований и анализа результатов производственного опыта установлено, что для ликвидации активных водопровялений в качестве превентивной меры, целесообразно использовать инъекционные системы на полимерной основе с последующим применением специальных тампонажных смесей и особо тонкодисперсных минеральных вяжущих, обеспечивающих

ликвидацию суффозионных разуплотнений в заобделочном пространстве, полное устранение водопровялений и восстановление эксплуатационной пригодности тоннельных и притоннельных сооружений. Для ликвидации водопровялений в подземных сооружениях технологически целесообразным и экономически эффективным является применение специальных инъекционных и ремонтных смесей на минеральной основе. ■



**Испытания, натяжение и контроль геотехнических конструкций:**

Полые гидроцилиндры Jack и гидростанции к ним  
усилие до 2780 кН

Датчики анкерной нагрузки до 1000 кН

Грунтовые анкера Атлант

+7 342 200-79-00  
info@anker-system.ru  
www.anker-system.ru

 **Сделано в России**





К.П. БЕЗРОДНЫЙ,  
 М.О. ЛЕБЕДЕВ, Ю.С. ИСАЕВ,  
 А.Д. БАСОВ, О.В. БОЙКО,  
 К.В. РОМАНЕВИЧ, Р.И. ЛАРИОНОВ  
 ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»,  
 В.Г. ТРУНЕВ  
 ООО «НИЦ «Бамтоннель»

*Геотехнический мониторинг на всех стадиях строительства и эксплуатации таких сложных инженерных сооружений, как тоннели, является важнейшим элементом предупреждения аварий, прогноза технического состояния конструкций и безопасной эксплуатации.*

*Мировая практика эксплуатации тоннелей свидетельствует: в первые 5–10 лет после строительства серьезных повреждений конструкций и оборудования не возникает. В последующие 15–25 лет от резких колебаний температуры воздуха, агрессивного воздействия воды, обледенений, изменения состояния грунтов оснований начинают проявляться дефекты, особенно в бетонных обделках. После полувека эксплуатации обнаруживаются повреждения, связанные с просчетами проектирования и строительства, старения материала конструкций, понижения деформационно-прочностных свойств во вмещающих тоннели породах.*

*На примере эксплуатации одного из самых сложных действующих тоннелей мира — Северомуйского, который располагается в сейсмичной Байкальской рифтовой зоне, российские ученые и практики подтвердили и обосновали необходимость геотехнического мониторинга, как возможности с помощью современных систем контроля обеспечить безопасную эксплуатацию подземных сооружений подобного типа.*

*Северомуйский тоннель, как известно, входит в состав Байкало-Амурской магистрали, 45-летие которой строители БАМа отмечают в июле этого года.*



# ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ — ЗАЛОГ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТОННЕЛЕЙ



**Д**ействующий Северомуйский тоннель (СМТ) в однопутном исполнении с параллельной транспортно-разведочно-дренажной штольней (ТРДШ) был сдан в эксплуатацию в 2004 году. Его строительство велось почти 30 лет, что было связано с необычно сложными природными условиями, недостаточной изученностью трассы тоннеля на стадии изысканий, отсутствием опыта проектирования и строительства тоннелей в сложных горно-геологических условиях. Сложность природных условий была обусловлена тем, что СМТ располагался в сейсмичной Байкальской рифтовой зоне (БРЗ) с вероятным проявлением землетрясений интенсивностью более 9 баллов. Высокая сейсмическая активность территории связана с неотектоникой, развитием новейших тектонических структур.

По инженерно-геологическим и гидро-геологическим условиям строительства СМТ длиной 15,3 км и глубиной заложения в Гольцово-вой части до 1 км является одним из наиболее сложных тоннелей мира. Блоково-разрывное строение Муякан-Ангара-канского междуречья явилось характерной особенностью геологии СМТ. Вдоль трассы

тоннеля при уточнении геологических условий проходки в ходе строительства были выделены структурные блоки, местоположение которых указано в табл. 1.

Горные породы СМТ представлены гранитами, которые в тектонических зонах в разной степени разрушены до состояния песка и глины. Устойчивость гранитов в забоях подземных выработок зависит от их прочностных свойств, трещиноватости и водонасыщенности. Раскрытие трещин и их водонасыщенность определяются напряженным состоянием и его видом: если преобладает напряжение растяжения, то раскрытие и водопроницаемость горных пород выше, а преобладание напряжений сжатия способствует закрытию трещин и уменьшению водопроницаемости и водообильности горных пород. Общая протяженность разломных зон по трассе тоннеля и штольни составила около 1/3 его длины.

При строительстве тоннеля были смонтированы замерные станции, оснащенные датчиками (рис. 1), фиксирующими местные суммарные деформации конструкций от горного давления, гидростатики и температурных воздействий. По измеренным мест-

ным деформациям вычисляются суммарные напряжения от всех воздействий.

Система замерных станций по трассе тоннеля предназначена для измерения, регистрации и оперативного анализа напряженно-деформированного состояния конструкций крепи и обделки Северомуйского тоннеля на воздействия горного и гидростатического давлений с учетом температурных напряжений, а также вычислением напряжений в обделках тоннеля от горного давления и сравнение результата с запасом несущей способности.

Получаемые данные служили основой оперативного контроля напряженно-деформированного состояния Северомуйского тоннеля, находящегося под воздействием горного и гидростатического давлений, а также сейсмоявлений, своевременного вмешательства в конструктивные изменения обделок.

Замерные станции на Северомуйском тоннеле были смонтированы, начиная с 1978 года, в различных горно-геологических условиях и предназначались для определения проявления горного и гидростатического давления, сил температурного и сейсмического воздействия на обделку основного тоннеля и транспортно-разведочно-дренажной штольни (ТРДШ).

Наличие таких замерных станций оказало большую роль в выборе рациональных конструкций крепи и обделки, а также в технологии их сооружения.

Учитывая высокую сейсмическую активность района строительства СМТ, особое внимание при строительстве и эксплуатации тоннеля уделялось проявлениям напряженно-деформированного состояния в виде остаточных деформаций, которые были зарегистрированы при долговременных наблюдениях на замерных станциях и расчетов соответствующих напряжений. По состоянию на 1989 год, на СМТ в работе находилось 18 замерных станций с датчиками деформометрами ПЛДС-400.

На рис. 2 приведены результаты измерений деформаций на замерной станции №12. Видно, что два датчика среагировали активно в июне 1988 года на землетрясение с  $K = 13$  с эпицентром, расположенном примерно в 40 км от этой замерной станции. Также отмечены скачки деформаций, которые можно связать с землетрясениями 1986 г. — одним в апреле и двумя парами землетрясений в мае и июле с  $K = 11$ . Максимальные остаточные деформации составили  $-2 \cdot 10^{-4}$ .

Для обеспечения безопасной эксплуатации Северомуйского тоннеля при его строительстве и первых годах эксплуатации создавалась система геодинамической безопасности (геотехнический мониторинг —

Таблица 1  
Местоположение структурных блоков

Тектонические блоки III порядка	Привязка			
	пикеты по поверхности		пикеты по тоннелю	
	от	до	от	до
Западный	65+56	÷ 18+50	65+56	÷ 18+00
IV тектоническая зона	18+50	÷ 07+10	18+00	÷ 08+10
Гольцовый блок	07+10 <sub>зап</sub>	÷ 26+80 <sub>вост</sub>	08+60 <sub>зап</sub>	÷ 26+45 <sub>вост</sub>
Троговая тектоническая зона	26+80	÷ 29+60	26+45	÷ 31+47
Промежуточный тектонический блок	29+60	÷ 38+10	31+47	÷ 39+70
III тектоническая зона	38+10	÷ 47+70	39+70	÷ 45+80
Восточный блок В и его тектонические блоки IV порядка:	47+70	÷ 89+03	45+80	÷ 89+03
B <sub>1</sub>			45+80	÷ 53+50
B <sub>2</sub>			53+50	÷ 70+00
B <sub>3</sub>			70+00	÷ 81+10
B <sub>4</sub>			за пределами тоннеля	

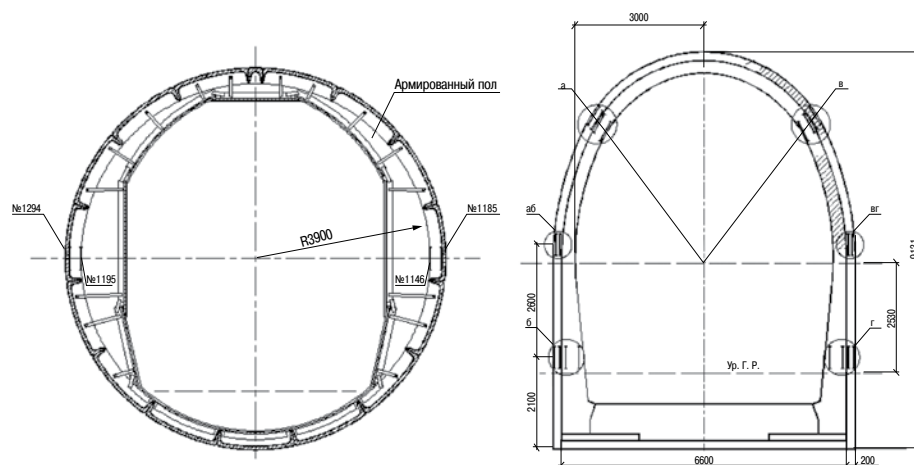


Рис. 1. Характерный вид замерных станций, оснащенных датчиками: а — чугунная тубинговая обделка (с датчиками на горизонтальном диаметре) с облойкой усиления в зоне ангараканской депрессии Западного тектонического блока; б — временная арко-бетонная крепь и постоянная обделка из монолитного железобетона в IV тектонической зоне.

ГТМ) тоннеля в составе АСУ ТП. В данную систему входили автоматизированные системы сейсмомониторинга и контроля напряженно-деформированного состояния вмещающего массива методом естественных импульсов электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ). Большая часть этого проекта была реализована — в тоннеле установлены датчики, размещено оборудование (рис. 3), выполняющее измерения по датчикам, проложены кабельные линии для передачи информации в помещение АСУ ТП, расположенном на Восточном портале. Оставалось выполнить только пусконаладочные работы. К сожалению, финансирование работ на этом было закончено.

На этом фоне контрастно выделяется система геодинамической безопасности (геотехнического мониторинга), реализованная

при строительстве олимпийских тоннелей на совмещенной дороге «Адлер — Альпика-Сервис».

Геотехнический мониторинг в составе АСУ ТП эксплуатации транспортных тоннелей на участке «Адлер — горноклиматический курорт «Альпика-Сервис», состоит из:

- контроля напряженно-деформированного состояния (НДС) обделок;
- оценки устойчивости системы «обделка — вмещающий массив» методом ЕЭМИ;
- контроля состояния системы «обделка — вмещающий массив» по данным регистрации сейсмических колебаний с помощью сети сейсмостанций (сейсмомониторинг).

Информация с контрольно-измерительной аппаратуры девяти тоннелей в режиме реального времени поступает на серверы мониторинга в здание диспетчерской по авто-

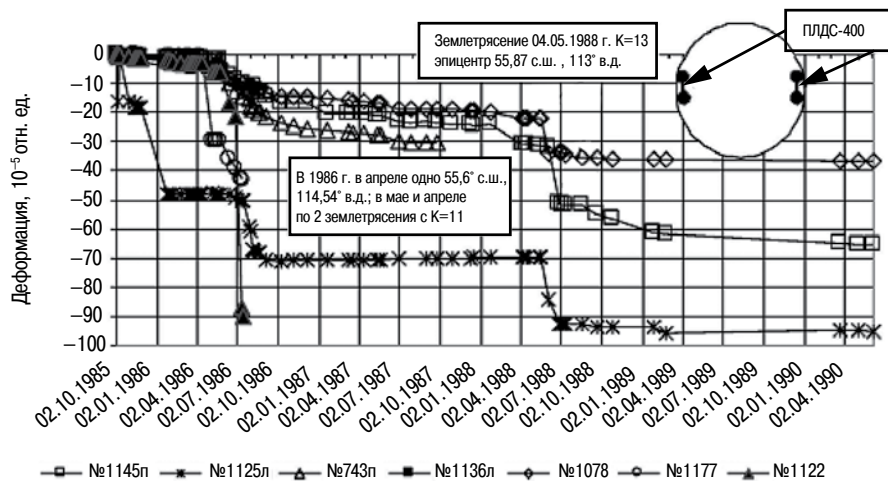


Рис. 2. Результаты долговременных измерений деформаций на замерной станции №12 ТРДШ пикет 45+80. Деформометры ПЛДС-400 установлены на железобетонные тубинги

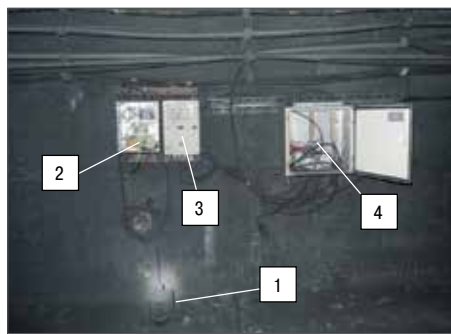


Рис. 3. Размещение оборудования системы геодинамической безопасности в тоннеле: 1 – трехкомпонентный сейсмодатчик; 2 – блок обработки сейсмомониторинга; 3 – блок обработки ЕИЭМПЗ; 4 – коммутационный шкаф

мобильной дороге и в здание диспетчерской по железной дороге. После обработки поступающих данных информация визуализируется на отдельном АРМе, расположенном на столе перед диспетчером, осуществляющего контроль всех автоматизированных систем безопасной эксплуатации тоннелей.

Во время эксплуатации Северомуйского тоннеля за техническим состоянием тоннельной обделки, водопроявлениями, водопритоками и гидростатическим давлением воды на обделку ведет наблюдение Тоннелеобследовательская станция Восточно-Сибирской железной дороги (ТОС ВСЖД). В декабре 2016 года было проведено обследование дренажной и водоотводной систем тоннеля и дренажных коллекторов по теме «Реконструкция верхнего строения пути (ВСП) и дренажно-транспортной штольни Северомуйского тоннеля» силами ООО «НИЦ «Бамтоннель».

При обследовании обделки тоннеля зафиксированы следующие дефекты:

- водопроявления различной интенсивности, в том числе течи, капез, сырость;
- высолы;

- трещины разной направленности, в том числе продольные, косые, поперечные;
- отслоение штукатурки на отдельных участках обделки и у деформационных швов.

Обнаруженные в результате обследования дефекты в виде водопроявлений и высолов указывают на недостаточную эффективность работы дренажной системы тоннеля на этих участках. В обделке тоннеля зафиксировано большое количество участков с сыростью и капезом, в штольне на аналогичных участках, как правило, действуют течи из скважин, за исключением некоторых участков, на которых отсутствуют водопроявления.

Дренажная штольня функционирует не в полном объеме, так как помимо участков, на которых обводнена штольня и не обводнен тоннель, есть участки, на которых обводнены и тоннель, и штольня, а также отмечены несколько участков, где имеется сырость и капез в тоннеле, но при этом нет водопритоков в штольню.

Камеры заобделочного дренажа не решают вопрос осушения тоннеля в полной мере, так как вблизи многих КЗД имеются водопроявления на поверхности обделки тоннеля. Причиной слабой эффективности работы КЗД может быть сниженная со временем захватывающая способность дренажных скважин, а также малое их количество. Установлено, что из 48 камер заобделочного дренажа только пять можно признать работающими, остальные — практически сухие и не выполняют водозахватные функции.

При обследовании обделки тоннеля зафиксировано множество водопроявлений в виде течей по швам и трещинам обделки, капезей, мокрых пятен, указывающих на то, что несмотря на значительные водопритоки в ТРДШ, эффективное осушение тоннельной обделки не обеспечивается.

А что же при этом происходит с напряженным состоянием самих обделок? В 2017

году при ревизии всех замерных станций по трассе тоннеля были выполнены измерения по датчикам, установленным внутри обделок. На рис. 4 показаны кривые изменения напряженного состояния обделки во времени.

На всех замерных станциях по отдельным датчикам отмечены незначительные изменения напряженного состояния, как в сторону уменьшения напряжений, так и в сторону их увеличения. Но при этом в среднем напряженное состояние обделок остается стабильным.

Является ли такая информация достоверной? Безусловно, да. Струнные датчики (тензометры) установлены во многих искусственных сооружениях, в том числе транспортных тоннелях, гидротехнических, подземных сооружениях, объектах сложных геометрических форм большого поперечного сечения. И в течение десятилетий являются основным источником для получения информации о техническом состоянии сооружений. Но только в статической работе сооружений.

А что же с динамической работой обделок тоннеля? Для этого используется аппаратура системы сейсмомониторинга, которая обеспечивает непрерывную регистрацию сейсмических колебаний и вычисление по заданным критериям динамических воздействий от сейсмических процессов в обделке тоннеля и во вмещающем массиве горных пород с последующим суммированием с показаниями датчиков контроля НДС обделок.

Как показала практика эксплуатации системы автоматизированного мониторинга олимпийских тоннелей, с определенными формами динамических нагрузок, которые не являются одномоментными, справляется система контроля НДС обделок. Так, например на первом железнодорожном тоннеле было зафиксировано 5 событий, связанных с проливными дождями (18.09.2014, 25.06.2015, 04.06.2016, 29–30.08.2017, 25.10.2018, рис. 5.)

В это время происходит мгновенное увеличение напряженно-деформированного состояния обделки за счет роста гидростатического давления. Нормальные тангенциальные напряжения в обделке получают двукратное приращение по отношению к величинам напряжений, действующим до этого. Но сразу после прекращения дождя напряженное состояние обделки возвращается к первоначальному состоянию. Так, например, обильные атмосферные осадки 25.10.2018 привели к росту гидростатического давления, которое сохранялось в течение 10 часов (с 5:00 до 14:00), максимальное увеличение сжимающих нормальных тангенциальных напряжений составило 0,7 МПа. Быстрому росту гидростатического давления способствует трещиноватость массива,

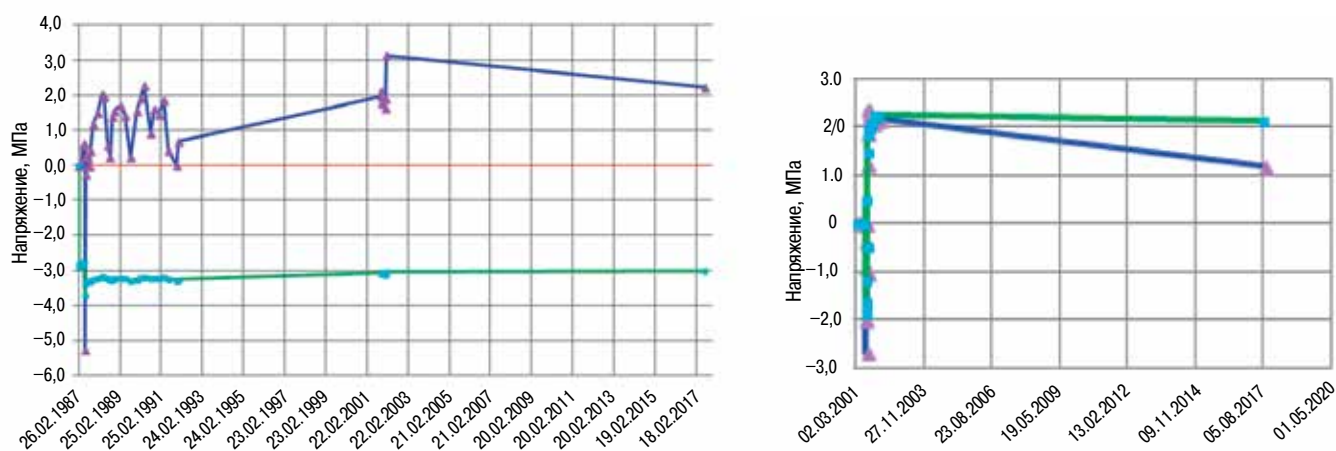


Рис. 4. Кривые изменения напряженного состояния обделки тоннеля: а – в зоне ангараканской депрессии; б – напряжения в монолитной железобетонной обделке на ПК 15+65 (ВП)

представленного серыми известняками, склонного к карстообразованию.

С учетом сложных гидрогеологических условий, в которых построен Северомуйский тоннель, при наличии автоматизированной системы контроля НДС обделки при помощи датчиков, размещенных внутри конструкций, можно было бы ответить на ряд вопросов, связанных с эффективностью работы дренажной системы и ее влиянием на НДС обделки.

При строительстве Северомуйского тоннеля произошло большое количество аварийных ситуаций с выносом в тоннель и штольню водогрунтовой массы объемом до 6500 м<sup>3</sup>, разрушением крепей и обделок, потерей проходческого оборудования и человеческими жертвами. Происходящие в таких случаях разуплотнения окружающего массива впоследствии могут влиять на изменение напряженного состояния обделок в течение многих лет. Поэтому на таких участках при эксплуатации необходим более тщательный контроль технического состояния конструкций.

По результатам заключения экспертной комиссии, созданной Госгортехнадзором России для расследования аварии в IV тектонической зоне 16–22 апреля 1999 года, был сделан вывод, что при эксплуатации СМТ, положение станет еще более опасным, поскольку на устойчивость обводненного массива вмещающих горных пород, представленного нарушенными и перематыми породами, будет оказывать значительное негативное воздействие вибрация от движения поездов в тоннеле. Такое же негативное воздействие будут оказывать землетрясения слабой и средней интенсивности (до 7 баллов).

Образовавшаяся при аварии депрессионная воронка и провал на поверхности над трассой тоннеля на ПК 15+50 диаметром 5 м и глубиной 12 м способствует дополни-

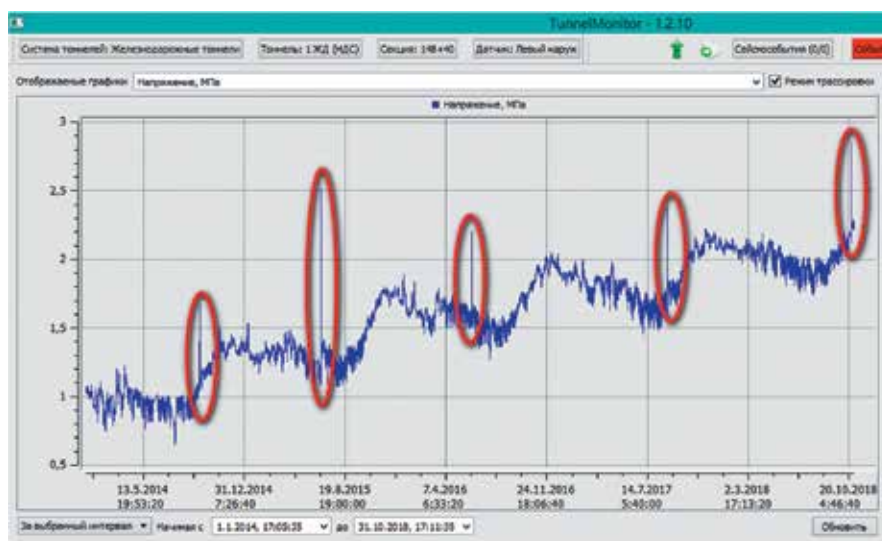


Рис. 5. Изменение нормальных тангенциальных напряжений в обделке из монолитного железобетона на ПК 148+40, МПа. Красным цветом выделено увеличение напряжений из-за проливных дождей

тельным водопритокам в тоннель и штольню от источников в четвертичных отложениях межгорных речных долин и коры выветривания. С учетом большого количества участков со значительными водоприпусками, в период эксплуатации тоннеля очень важной задачей является контроль технического состояния дренажных систем тоннеля и штольни по всей трассе для исключения условий увеличения нагрузок на обделки за счет гидростатического давления.

Мировая практика эксплуатации тоннелей свидетельствует, что в первые 5–10 лет после строительства никаких серьезных повреждений конструкций и оборудования в тоннелях не возникает. Через 15–25 лет начинают проявляться некоторые дефекты, особенно в бетонных обделках от резких колебаний температуры воздуха, агрессивного воздействия воды, обледенений, просадок породы в основании тоннеля и т.п. Еще через 50–70 лет появляются повреждения, связанные с просчетами проектирования и

строительства, старения материала конструкций, понижения деформационно-прочностных свойств во вмещающих тоннели породах. Но серьезные нарушения в тоннелях, особенно построенных в сложных горно-геологических условиях с высокой сейсмичностью как СМТ, могут случиться практически в любое время из-за стихийных бедствий — землетрясений, наводнений и других, а также несоблюдения условий безопасной эксплуатации, дефектах в обделке, состоянии окружающего массива, порталов, пути, несвоевременном проведении осмотра и ремонта.

Любая авария в тоннелях представляет собой неконтролируемую ситуацию и может привести к тяжелым последствиям. В таких условиях геотехнический мониторинг на всех стадиях строительства и эксплуатации тоннеля представляется совершенно необходимым элементом предупреждения аварий, прогноза технического состояния конструкций и безопасной эксплуатации. ■

**Строительство метрополитена остается одним из приоритетных направлений градостроительного развития Москвы. «До конца 2023 года намечено ввести 134 км линий, 55 станций и шесть электродепо. Москвичи смогут воспользоваться 34 новыми пересадками», — заявил заместитель мэра Москвы по вопросам градостроительной политики и строительства Марат Хуснуллин в одном из своих интервью в мае этого года. По его словам, только до конца 2021 года планируется построить более 57 км линий, 21 станцию метро и три электродепо, в том числе четыре участка Большой кольцевой линии (БКЛ). Сегодня сооружение станций БКЛ развернуто на всем метрокольце, Строительство Южного участка ведется компанией «ИБТ». Нам удалось побывать на производственной площадке станции метро «Воронцовская» (рабочее название — «Калужская») и побеседовать с главным инженером предприятия Александром Севериным и его заместителем Евгением Камневым.**

## БКЛ: ОТ «ПРОСПЕКТА ВЕРНАДСКОГО» ДО «КАХОВСКОЙ»

### О Южном участке БКЛ

Строительство Южного участка Большой кольцевой линии (БКЛ) метро планируется завершить в 2022 году, — сообщил Марат Хуснуллин. «Работы развернуты на всех площадках южной части Большого кольца. Нормативный срок строительства этого участка предполагает его ввод в 2023 году, но мы надеемся ввести его раньше — в 2022-м», — подчеркнул заместитель мэра Москвы.

Южный участок БКЛ длиной около 9 км включает три станции: «Улица Новаторов» — расположена на пересечении ул. Новаторов с Ленинским пр., «Воронцовская» — образует пересадку со ст. «Калужская» оранжевой ветки метро, «Зюзино» — расположена на пересечении ул. Каховка с Севастопольским пр. Его строительство началось в апреле 2017 года. Открытия этого участка ждут около 500 тыс. москвичей — жители районов пр. Вернадского, Обручевский, Коньково, Черемушки, Зюзино. Он разгрузит часть Сокольнической, Калужско-Рижской и Серпуховско-Тимирязевской линий, а также Кольцевой и Московского центрального кольца. Уменьшится количество машин на Ленинском и Севастопольском пр., ул. Профсоюзная, Варшавском ш. и Южной рокаде. Завершить работы планируется в 2020 году.

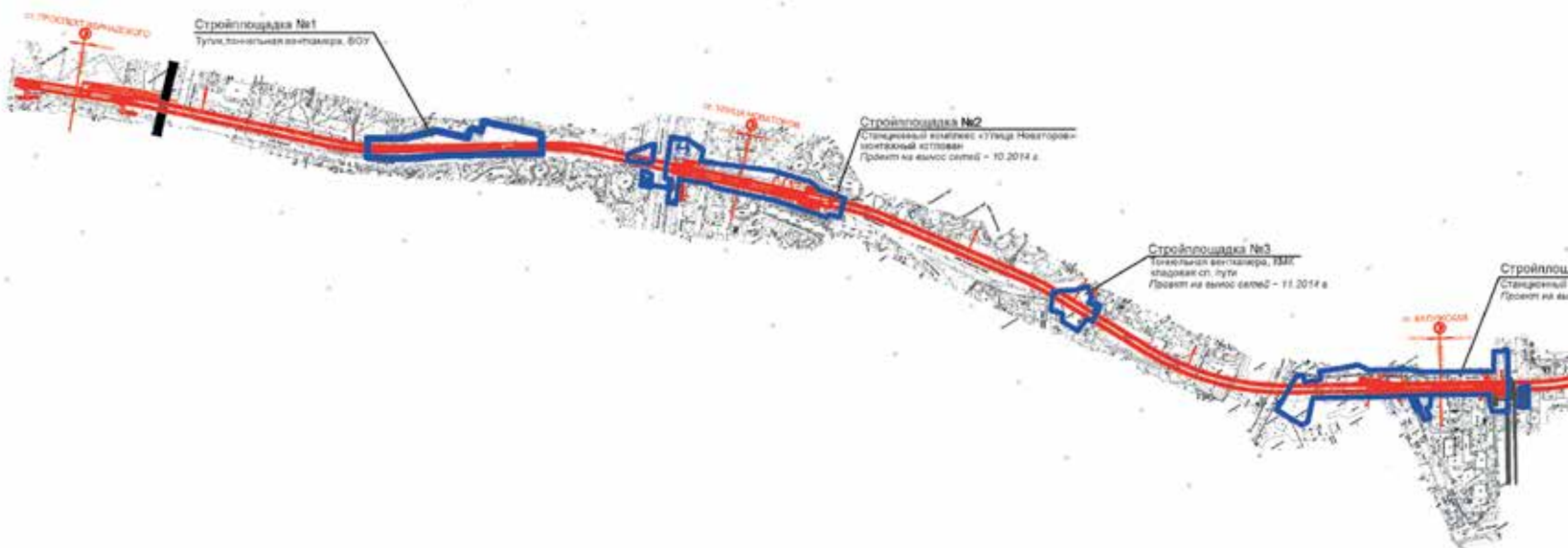
Южный участок Большого кольца «Прспект Вернадского» — «Каховская» — один

из самых важных, — он соединит сразу три радиальные линии московской подземки — красную «Сокольническую», оранжевую «Калужско-Рижскую» и серую «Серпуховско-Тимирязевскую».

Станция «Воронцовская» своим названием (по парку и усадьбе Воронцово, находящимся недалеко от будущей станции) обязана москвичам — за него на московском интернет-портале «Активный гражданин» проголосовали 58,62% человек. Всего в голосовании приняли участие 202 610 человек.

Станция «Улица Новаторов» станет пересадочной на проектируемую Коммунарскую линию метро, которую протянут в Новую Москву. Это название пока рабочее, на портале «Активный гражданин» ведется голосование, и, скорее всего, название станции будет изменено. По словам руководителя департамента строительства Москвы Андрея Бочкарева, до «Коммунарки» новая линия будет подземной, а маршрут до Троицка могут сделать наземным, с навесами, защищающими пути от осадков.

Став частью Большого кольца Московского метро, станция «Зюзино» улучшит транспортную доступность районов Зюзино и Черемушки, снизит загрузку южных участков действующих перегруженных линий подземки — Сокольнической, Калужско-Рижской и Серпуховско-Тимирязевской. Кроме того,





строительство станции позволит уменьшить интенсивность уличного движения в районах Обручевский, Черемушки и Зюзино на 10-15%, что, в свою очередь, улучшит экологическую ситуацию на юго-западе столицы. Численность населения в зоне влияния станции — 105 тыс. человек. Происхождение ее названия связано с тем, что исторически на месте, где она строится, находилась усадьба Василия Зюзина — опричника Ивана Грозного.

Станция расположится вдоль ул. Каховка, у ее пересечения с Севастопольским пр., запроектировано два подземных вестибюля. Выходы будут вести на обе стороны Севастопольского пр. и ул. Каховка, к жилой и общественной застройке, остановкам наземного пассажирского транспорта. Пассажиропоток — 150 тыс. чел./сут, в утренние часы пик — более 15 тыс. чел./ч.

Все три станции — «Воронцовская», «Улица Новаторов» и «Зюзино» — открытого типа, они строятся практически одновременно.

### Слово — специалистам

«Из наших сегодняшних объектов я бы хотел отметить станцию «Воронцовская», — рассказывает Александр Северин. — По оценке департамента строительства города Москвы, эта станция по наличию коммуникаций — одна из самых сложных в столице. Здесь присутствуют все их виды — кабели связи, высоковольтные кабели, пересекали территорию будущей станции коллектор



связи, газо- и теплосеть. Все это находилось в зоне строительства котлована. Поэтому проблема освоения площадки была одной из самых серьезных. Сначала все сети пришлось переложить внутрь котлована. Сейчас строим ограждающие конструкции, и когда эта работа будет завершена, сети можно будет из котлована убрать, перенести их на построенную «стену в грунте».

Этой работой компания «ИБТ» совместно с АО «Мосинжпроект» — генеральным подрядчиком на объекте — занимается здесь уже третий год. Перенос сетей продолжа-

ется, уже освобождена монтажно-щитовая камера и треть станционного комплекса.

«Еще одно обстоятельство, осложняющее работу метростроителей, — работа рядом с действующей подземкой, — продолжает Александр Северин. — По существу, треть станции, которую мы строим, находится в технической охранной зоне метро. Это, а также интеграция в состав метрополитена,





которая нам еще предстоит, — серьезный осложняющий этап любого строительства. Кроме того, места для развертывания мощностей на городской территории крайне мало — слева от котлована находится специализированный институт, справа — гражданская и промышленная застройка. Фактически есть место только под котлован, это также создает определенные проблемы».

Другая особенность станции «Воронцовская» — ее глубокое заложение: она строится на глубине 52 м (от основания ложа), так как БКЛ как соединительная линия по проекту должна находиться ниже действующей ветки метро. Соответственно, при строительстве станции выполняются мероприятия по водопонижению.

«Впрочем, в части гидроизоляции никаких новшеств нет, применяем проверенную двойную оклеечную, и этот вариант нас полностью устраивает», — отмечает главный инженер компании «ИБТ».

На глубине 40 м при проходке строители столкнулись с окремненными песками. Они тяжелее в разработке, по этой причине скорость работы ТПМК была несколько снижена. Еще одна сложность проходки, по словам главного инженера, в том, что строители должны прийти на «Воронцовскую» под действующим метро на глубине (от лотка) 1,5 м. Для того чтобы исключить нештатные ситуации, предусмотрены спецмероприятия: страховочные рельсовые пакеты, защитные экраны и пр.

Высокие шестиэтажные вестибюли «Воронцовской» — это тоже ее особенность. В Москве такое встречается не часто, обычно вестибюль занимает площадь, эквивалентную 2–3 этажам. На «Воронцовской» же фактически высота в 2 раза больше.

При этом шестиэтажный вестибюль будет присоединяться к неглубокой действующей «Калужской», в чем и состоит сложность.

На Южном участке БКЛ работают два тоннелепроходческих механизированных комплекса — ТПМК Herrenknecht S-219 «Роза» и ТПМК Herrenknecht S-218 «Наталья» — диаметром 6,250 м. По старой метро-строительской традиции они названы женскими именами в честь одиночного снайпера отдельного взвода снайперов-девушек 3-го Белорусского фронта, кавалера ордена Славы II и III степеней Розы Шаниной, а также в честь единственной женщины-машиниста московского метрополитена Наталии Корниенко. Щит «Роза» был изготовлен в 2012 году. Ранее он применялся при строительстве дренажно-коммуникационных тоннелей в Ашхабаде.

«Старт первого проходческого комплекса на Южном участке БКЛ состоялся 8 октября 2018 года, — поясняет Александр Северин. — Проходка ведется одновременно из разных котлованов, с разных станций. ТПМК «Роза» полностью прошел переход от 8-й площадки (см. схему 1) — от ст. «Каховская» — к будущей станции «Зюзино», построен тоннель протяженностью 996 м на глубине 16–20 м (варьируется в зависимости от геологических условий). Кроме того, 22 июня у нас состоялась очередная сбойка — вышел щит «Наталья», который двигался от будущей станции «Воронцовская» к станции «Улица Новаторов». Пройден второй перегонный тоннель протяженностью 1236,8 м. Сейчас «Наталья» демонтируется и передвигается снова на 8-ю площадку, чтобы подойти к «Зюзино» вторым тоннелем. Таким образом, мы закончим перегоны на эту станцию. 8-я площадка — стратегически важный объект в

рамках возведения Южного участка БКЛ, так как в будущем здесь новый участок примкнет к тупикам действующей станции «Каховская». Этот процесс всегда требует серьезной инженерной подготовки, определенных графиков взаимодействия с метрополитеном. Хотя, в принципе, при таком огромном темпе строительства метро в Москве это стало обыденным делом.

«Геология здесь в основном благоприятная — песок, суглинок, — продолжает разговор Евгений Камнев, который непосредственно отвечает за проходку. — Обследована геология камер, где планируется сбойка — на глубине около 20 м, — и обнаружен небольшой избыток воды. Поэтому будем работать с институтом «Моспромпроект» — автором проекта — над операциями по защите от подтопления. В проекте этого нет, там запланировано такие участки проходить под защитным экраном, но предварительные работы, которые мы провели, пробуриив разведывательные шпур, показали, что экран не поможет. Там нужно применять другое решение, вносить изменения в проект. Хочу отметить, что такая обводненность никаких помех для работы ТПМК не создает, но, чтобы не было обрушения грунта, это место необходимо дополнительно проработать».

На некоторых стройплощадках ведется уже внутреннее обустройство. Причем, по словам строителей, это не зависит от готовности перегонных тоннелей.

При проходке осуществляется постоянный мониторинг наземных зданий и сооружений. На самом проходческом комплексе также применяется ряд технических мероприятий, чтобы нивелировать воздействие на городскую застройку.

«Проходческая машина компании Herrenknecht с активным грунтопригрузом забоя позволяет обеспечивать безосадочную проходку, как и все машины, которые работают в Москве, — поясняет Александр Северин. — Тем не менее, нами осуществляется жесткий мониторинг просадок и контроль работы грунтопригруза. Пока все идет в штатном режиме.

Это важно, поскольку проходка ведется под инфраструктурой столицы — под дорогами, коллекторами, теплотрассами, другими инженерными коммуникациями, которых очень много. Так, например, на километровом перегоне с 8-й площадки на станции «Зюзино» пройдено 56 разных сетей коммуникаций.

Станция «Зюзино» — неглубокого заложения — 21 м, станция «Улица Новаторов» — тоже. Строительство котлованов также было связано со сложностями, вызванными как необходимостью переноса большого

количества инженерных коммуникаций, так и плотнейшей городской застройкой, которая не оставляет метростроителям возможности развернуть технические мощности. Так, например, забор котлована в районе «Зюзино» находится на расстоянии 1,5–2 м от жилых домов, в непосредственной близости Севастопольский пр. и ул. Каховка — городские артерии, необходимость обеспечения проезда по которым обусловили очень сложную организацию обхода стройки, переключения движения. Здесь также пришлось перенести теплотель — серьезный объект районного масштаба».

В районе строительства станции «Улица Новаторов» условия аналогичные — плотная городская застройка, а также Ленинский пр. — трасса федерального значения — и множество коммуникаций.

### Интеграция с действующими станциями метрополитена

Главный инженер строительства Александр Северин рассказал, как будет происходить подсоединение вновь построенных станций метро к действующим и в чем специфика Южного участка БКЛ, и подчеркнул, что при подсоединении «Воронцовской» к «Калужской» метро закрывать не планируют.

«Разработан специальный проект подсоединения, согласно которому действующий вестибюль метро будет закрываться наполовину, потоки движения будут перепускаться, и в этот момент построенный вестибюль присоединят к действующему. Предусмотрено два прохода на вход, два — на выход, поэтому подключают сначала один вход-выход, затем другой. Такой режим движения будет соблюдаться на «Воронцовской» и «Калужской» в течение 1,5–2 месяца. Но здесь пассажиропоток не очень большой — около 15 тыс. чел./ч, — поэтому большого скопления людей на станциях даже в час «пик» не ожидается.

Станция «Каховская», как известно, закрыта с 30 марта текущего года. Ранее заместитель мэра Москвы по вопросам градостроительной политики и строительства Марат Хуснуллин сообщил в СМИ, что работы по реконструкции Каховской линии метро будут продолжаться полтора–два года: «Мы должны участок полностью реконструировать, потому что он был построен 30 лет назад и устарел — мощность и энергоустановка не позволяют эксплуатировать в современном метро. Будем стараться открыть ее года через 1,5».

БКЛ будет запускаться участками, это колоссальные объемы работ. Ввод в постоянную эксплуатацию трех–четырёх станций



Благодаря строительству Большого кольца метро, москвичи получают десятки новых вариантов для быстрых и удобных поездок по городу. В поездах и на станциях метро других линий внутри БКЛ станет свободнее. В будущем к ней можно будет присоединить новые радиусы в те районы Москвы, которые пока недостаточно обеспечены метро.

### Мэр Москвы Сергей Собянин

одновременно ложится серьезной нагрузкой на метрополитен, потому что их нужно интегрировать в действующее метро. Эта работа начинается с пуска в так называемые «окна», когда метро закрыто, работа будет проводиться в основном ночью.

«Мы интегрируем новые станции, полностью готовые к эксплуатации, с действующим метро и передаем их метрополитену, — комментирует Александр Северин. — Я думаю, все три станции будут присоединяться как единый участок, это сложная и тонкая работа, потому что необходимо отладить работу всех без исключения систем, а в метро их очень много. При этом интеграция на физическом уровне — это подсоединение построенных станционных комплексов к действующим, это соединение тоннелей, прокладка кабельных сетей к коммуникациям высоковольтных и низковольтных сетей, их «отверточное» соединение. А пусконаладка — это стыковка всех программ, чтобы диспетчер мог в штатном режиме управлять работой новых станций в едином комплексе метро. При этом сначала проверяется каждая программа, потом их комбинации, а уже в конце идет комплексная проверка работы всех систем в целом, все отработывается по определенным установленным алгоритмам. Комплексные испытания — это итог всей пусконаладочной работы. Интеграция происходит, как правило, в течение месяца. Но для нас важен первый поезд — технический. Если он прошел без сбоев, значит, станция готова к работе. А дальше в течение 2–3 недель идет обкатка, тестовая эксплуатация, станция функционирует точно так же, как с пассажирами в рабочем

режиме, только без пассажиров. С тем же интервалом ходят поезда, налаживаются системы безопасности и пр. Но все это происходит после того, как надзорные инстанции приняли объект в эксплуатацию.

Должен сказать, что пока все работы осуществляются по графику. По плану, строящийся Южный участок БКЛ будет сдан в 2021 году», — резюмировал Александр Северин.

Строительство БКЛ планируют выполнить более чем на 50% уже в этом году. Полностью замкнуть линию должны в 2023 году. Ее протяженность составит 70 км. Со станций можно будет сделать 19 пересадок на радиальные линии метро, четыре пересадки на МЦК, 11 пересадок на линии железной дороги и еще пять — на первые Московские центральные диаметры. На сегодняшний день на БКЛ действуют шесть станций из 31 запланированных. ■





**Эта компания уже зарекомендовала себя отличной работой, сдав точно в срок и без нареканий станции «Мичуринский проспект» и «Рассказовка» Солнцевской линии московского метрополитена. Следующий рубеж — три станции Большой кольцевой линии (БКЛ).**

**О том, как идет строительство, рассказывает генеральный директор ООО «ИБТ» Руслан Сарыбаев.**

## РУСЛАН САРЫБАЕВ: «НА ВСЕХ ПЛОЩАДКАХ ВЕДУТСЯ АКТИВНЫЕ РАБОТЫ»

**— Руслан Вячеславович, какие работы ведет компания на БКЛ?**

— Сегодня на всех площадках ведутся активные работы. Буквально 21 июня состоялась еще одна сбойка: тоннелепроходческий комплекс построил правый перегонный тоннель в 1236,8 м от станции «Воронцовская» до «Улицы Новаторов». Сейчас идет проходка левого перегонного тоннеля на том же участке, а на месте будущих станций «Зюзино» и «Улица Новаторов» строители заняты поготовительными работами для последующего возведения конструктива станционных комплексов.

**— Каковы технические особенности станций БКЛ, которые строит компания? Особенности перегонных тоннелей? Какие для их строительства применяются интересные и новые технические решения?**

— Две станции имеют неглубокое заложение: это «Зюзино» и «Улица Новаторов». Станция «Калужская» — глубокая, нижнее основание будет располагаться на глубине 52 м. Что касается перегонов, то их на протяжении всего участка будет шесть. Какие-то особенности в их строительстве назвать сложно, поскольку все применяемые технологии давно и активно используются всеми метростроителями: это и ограждающие конструкции котлована, выполняемые с применением метода «стена в грунте», который позволяет обходиться без крепления стен траншей для предотвращения их обрушения; и сооружение тоннелей с помощью тоннелепроходческих механизированных комплексов;

и метод укладки верхнего строения пути с помощью шпал LVT, когда ВСП вывешивают в пространстве на этих специальных блоках и просто заливают бетоном.

**— Можно ли выделить среди строящихся компаний «ИБТ» станций БКЛ самую сложную в техническом исполнении и почему?**

— Самой сложной стала, пожалуй, станция «Воронцовская» в силу нескольких причин. Первое — до сих пор из зоны застройки не вынесены все коммуникации, что усложняет процесс строительства; второе — проходка будет осуществляться под действующими станциями метро; третье — ее нужно будет соединять с работающей станцией «Калужская» Калужско-Рижской линии.

**— Компанией «ИБТ» уже построены в Москве станции «Мичуринский проспект» и «Рассказовка». Расскажите об их технических особенностях.**

— Каждая станция по-своему уникальна. «Рассказовка», например, стала основой большого транспортно-пересадочного узла, который объединил практически все виды транспорта, перехватывающие парковки и жилье. А еще одна ее особенность, конечно, дизайн в виде зала общественной библиотеки. Путевые стены задекорированы под полку с книгами, а колонны представляют собой шкафы картотеки, на ящиках которых расположены названия литературных произведений и QR-коды, позволяющие скачать их.



Редакция благодарит  
пресс-службу  
ООО «ИБТ» за помощь  
в подготовке материала

«Мичуринский проспект» стал первой полуподземной в московском метрополитене станцией и является самой сложной из-за конструктивных особенностей и месторасположения. Плотная жилая застройка района, резкие перепады рельефа и подземные сооружения позволили расположить новую подземку вдоль одноименного шоссе между двух перекрестков: ул. Удальцова с Мичуринским пр. и ул. Лобачевского с той же магистралью.

Одна путевая стена традиционно глухая, а другая — прозрачная, выполненная из панорамного стекла. Здесь — три этажа. На первом расположены пути и платформа, на втором — смотровая площадка, а третий уровень занимают технические помещения и оборудование, от которых зависит жизнеобеспечение станции.

Дизайн станции отражает деятельность известного советского биолога и селекционера Ивана Мичурина. Главный визуальный образ — это мир растений: фруктовых деревьев и цветущего сада.

В соответствии с новыми требованиями обе станции оснащены всеми необходимыми приспособлениями безбарьерной среды: лифтами (от подъемников в метро решили отказаться), пандусами, информационной системой для слабовидящих людей.

**— С какими сложностями столкнулась компания в ходе реализации этих проектов?**

— Чтобы начать строительство станции «Рассказовка», специалистам компании «ИБТ» пришлось осушать озеро объемом 1800 м<sup>3</sup>. А что касается «Мичуринского проспекта», то здесь дела обстояли гораздо сложнее. Из-за резкого перепада рельефа станцию пришлось сооружать на сваях. Здесь использовано более 1000 свай. А чтобы грунт не размыл, подземную часть р. Раменки мы заключили в коллектор. Еще одна причина, по которой мы не смогли разместить станцию под землей, — под коллектором проходит тоннель Большой кольцевой линии.

**— Южный участок Большой кольцевой линии метро должен быть открыт в 2021 году. Каковы дальнейшие перспективы компании в строительстве Московского метро или метро других городов? На других объектах подземного строительства?**

— Мы рассчитываем выиграть тендер на строительство еще, как минимум, четырех станций метро. Но говорить о каких-то конкретных проектах пока не будем. Надеемся, что у нашего дружного коллектива все получится! ■



# СЕРГЕЙ ЖУКОВ: «ЗА 87 ЛЕТ СУЩЕСТВОВАНИЯ МОСМЕТРОСТРОЯ МЫ ПРИВЫКЛИ К СЛОЖНЫМ УСЛОВИЯМ»



**В марте этого года мэр Москвы Сергей Собянин сообщил, что северо-восточный участок БКЛ готов на 40%, а проходка тоннелей между станциями «Рубцовская» и «Стромынка» Большой кольцевой линии (БКЛ) метро выполнена на 90%:**

**«Работы идут полным ходом. Участок очень сложный. Он проходит под рекой Яузой и примыкает к четырем действующим веткам. Это требует тщательности, качества и безопасности работ», — отметил Сергей Собянин.**

**Северо-восточный участок БКЛ строит АО «Мосметрострой». Генеральный директор Сергей Жуков рассказал о том, как ведутся работы.**

**— Какие станции строит АО «Мосметрострой»? Расскажите о подробностях строительства каждой из них, а также о перегонных тоннелях и работе тоннелепроходческих щитов.**

— Наша компания занимается строительством шести станций на этой линии: «Шереметьевская», «Ржевская», «Стромынка», «Рубцовская», «Лефортово» и «Авиамоторная». Протяженность участка — 14,6 км.

Северо-восточное направление Большого кольца разделено на два пусковых этапа. В декабре этого года планируем открыть участок с двумя станциями — «Лефортово» и «Авиамоторная». Сейчас здесь сооружают монолитные конструкции станций и вестибюлей, ведут архитектурную отделку, устройство верхнего строения пути, монтируют оборудование и прокладывают кабельную продукцию в готовых перегонных тоннелях.

Заключительным этапом станет участок с четырьмя станциями — «Рубцовская», «Стромынка», «Ржевская» и «Шереметьевская». Перегонные тоннели между «Рубцовской» и «Стромынкой» уже построены, идет устройство верхнего строения пути. На «Стромынке» продолжается разработка грунта и крепление котлована. На «Рубцовской» осуществляются монолитные работы, идет монтаж опалубки круглых проемов на платформенной части под декоративное освещение. В мае началась щитовая проходка двух тоннелей от «Стромынки» в сторону «Ржевской».

Станции глубокого заложения «Ржевская» и «Шереметьевская» сооружают классическим горным способом через шахтные стволы. Перегонные тоннели между ними

построят с помощью тоннелепроходческих комплексов, которые транзитом пройдут эти станции и финишируют в специальной демонтажной камере перед «Савеловской». Один щит в работе с декабря прошлого года и на сегодняшний день пересек «Ржевскую». Вторую машину планируем запустить в конце июля — начале августа. Для проходки будущих эскалаторных тоннелей вначале заморозили грунты из-за их обводненности и неустойчивости. Сейчас в активной фазе сооружение пересадок с «Ржевской» на «Рижскую» Калужско-Рижской линии и с «Шереметьевской» на «Марьину Рощу» Люблинско-Дмитровской. Это один из самых сложных видов работ с примыканием к действующим станциям метрополитена. Ожидается, что весь участок полностью будет готов в 2022 году.

**— Каковы особенности проходки на строящихся участках? Были ли какие-то сюрпризы, которых не ожидали строители, или работы ведутся в штатном режиме? Приходится ли менять трассы тоннелей?**

— Главной особенностью по северо-восточному участку могу назвать то, что пять из шести станций будут образовывать пересадочные узлы с действующими объектами метрополитена. Поэтому при прохождении под ними и примыкании для сооружения пересадок приходится вести ювелирную работу, часто практически вручную. На участке не пришлось менять трассу и применять нестандартные технологии. При этом во время проходки между станциями «Рубцовская» и «Стромынка» Большого кольца под р. Яуза, чтобы подготовиться к любым трудностям,

Редакция благодарит  
пресс-службу  
АО «Мосметрострой»  
за помощь в подготовке  
материала

ТПМК заранее оборудовали дополнительными баками и насосами для полимерного состава и бентонита. В случае аварии такой запас мог бы потребоваться для стабилизации состояния забоя. К счастью, не понадобился. Когда шли под участками Московской и Октябрьской железной дороги, использовали страховочные пакеты на путях. Отмечу, что мы строим перегоны, не перекрывая транспортные магистрали. За 87 лет существования Мосметростроя мы привыкли к сложным условиям и не всегда предсказуемой московской геологии.

**— С какими трудностями, может быть, неординарными ситуациями приходится сталкиваться в ходе строительства БКЛ? Какие применяются оригинальные, нестандартные технические решения?**

— Основные трудности для метростроителей — это сложная геология и плотная городская застройка. Эти факторы заставляют нас постоянно искать нестандартные решения. Например, на «Стромынке» по периметру котлована по технологии «джет-граундинг» устроена противофильтрационная завеса (ПФЗ). Она была необходима из-за близости фундаментов зданий и геологических особенностей местности. С глубины 7 м здесь начинается слой водонасыщенного песка. При разработке он заполнял все, что выкапывали строители, притягивая соседние горизонты. Чтобы этого не допустить, из двух рядов джет-свай мы создали ПФЗ. Этот грунтоцементный массив заместил собой песок и позволил разрабатывать котлован. Вертикальность свай проверяли методом инклинометрии, используя дорогостоящее оборудование. В отечественном метростроении его применяли впервые.

К оригинальным решениям еще можно отнести также сооружение уникальной демонтаж-монтажной камеры круглого сечения. Ее диаметр — 31,5 м, глубина — 45,9 м. Для исключения расстрельной системы крепления котлована выполнили железобетонные балки, что позволило упростить выдачу разработанной породы на поверхность. Камера предназначена для старта и финиша тоннелепроходческих механизированных комплексов. Сначала двум щитам предстоит долгий подземный путь — протяженностью около 3,5 км — на глубине от 30 до 70 м. Они проложат тоннели под пятью участками Московской и Октябрьской железной дороги, Третьего транспортного кольца, пройдут через «Ржевскую» и «Шереметьевскую» и завершат работу в демонтажной камере перед «Савеловской». Эта проходка тоже относится к нестандартному



Монтаж опалубки круглых проемов на платформенной части под декоративное освещение на станции «Рубцовская» БКЛ



После успешной проходки правого перегонного тоннеля между станциями «Нижегородская» и «Авиамоторная» БКЛ щит выдвигают в демонтажную камеру для разборки

варианту, поскольку после транзита станций глубокого заложения будет осуществлена переборка станционных тоннелей с диаметром 6 × 8,5 м. Такой способ оказался экономически целесообразнее. Также в круглом котловане финишируют два щита, которые построят более 2 км тоннелей со стороны «Рубцовской».

**— Поскольку строительство станций БКЛ ведется в условиях плотной городской застройки, как осуществляется защита от просадок зданий? Ведется ли мониторинг? Какая научная организация сопровождает строительство?**

— Для обеспечения безопасности объектов московского метро научно-исследова-

тельский центр «Тоннели и метрополитены» разработал ведомственные нормативно-технические документы и расчетные методики. Нормы утверждены Правительством Москвы. Этими документами руководствуются все организации, которые проектируют, строят и реконструируют любые наземные и подземные сооружения в технических и охранных зонах столичной подземки.

Перед началом работы проводится геологоразведка, определение влияния на объекты над зоной проходки, а на необходимых этапах производится мониторинг дневной поверхности и объектов. Отдельно исследуются грунтово-водные условия в местах пересечения тоннелей и наземного транспорта. Во время строительно-монтажных работ



Отделка путевой стены на станции «Лефортово» БКЛ



Сооружение пересадки между станциями «Ржевская» Большой кольцевой линии и «Рижская» Калужско-Рижской линии

мониторинг за зданиями, железнодорожными путями и действующими станциями при пересечении осуществляет заказчик.

Если проектом предусмотрено пересечение железнодорожных магистралей во время щитовой проходки, то используют технологию страховочных пакетов, которые позволяют не допустить проседания или перекоса путей. Рельсовый страховочный пакет (РСП) — это система в виде прочной решетки из металлических креплений и поддерживающих элементов, устанавливаемых на рельсах. Именно она принимает на себя все нагрузки от проходящих по путям составов, что обеспечивает безопасность движения грузовых

и пассажирских поездов. Для мониторинга зданий и сооружений устанавливают специальные геодезические отметки — репера.

**— Помимо строительства шести станций БКЛ, Мосметрострой ведет работы по продлению Люблинско-Дмитровской линии на север. Расскажите, на каком этапе находитесь?**

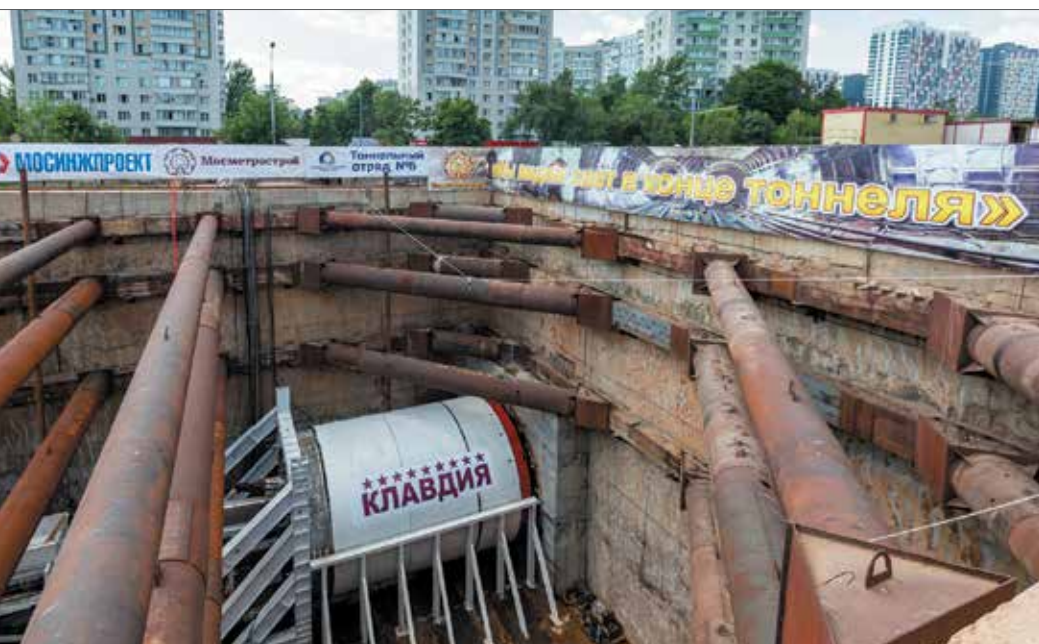
— Сейчас идут подготовительные работы в рамках заключенного контракта о продлении Люблинско-Дмитровской линии с двумя станциями — «Улица 800-летия Москвы» и «Лианозово». Этот этап включает освоение строительных площадок под основной

период: ограждение, вынос и переустройство инженерных коммуникаций, требующих согласования. Также в рамках этого участка ожидается тендер на конечную станцию «Физтех», за ней будут построены оборотные тупики. Станция должна появиться в 2023 году на территории поселка Северный.

**— Какие события, связанные с проходкой перегонных тоннелей, запланированы на лето текущего года?**

— Начало лета выдалось насыщенным. Во-первых, завершилась проходка правого перегонного тоннеля от станции «Нижегородская» до «Авиамоторной» северо-восточного участка Большой кольцевой линии. После демонтажа и санации ТПМК перевезут на другую площадку для дальнейшего сооружения второго тоннеля к «Ржевской». В первой половине июля ожидаем выход второго щита на «Авиамоторной», построившего левый тоннель со стороны «Нижегородской».

Значимым событием в первой половине июня стало начало щитовой проходки левого перегонного тоннеля от тупиков за станцией «Селигерская» в сторону «Лианозово». К старту щита «Клавдия» построили специальную монтажную камеру. Тоннелепроходческому комплексу Lovat предстоит пройти 2,3 км на глубине 15–20 м по песку и суглинкам через будущую станцию «Улица 800-летия Москвы» до «Лианозово», расположенную вдоль Дмитровского шоссе, рядом с одноименной платформой Савеловского направления МЖД. Там подготовят демонтажную камеру к выходу щита. Ожидается, что сооружение левого перегона завершится в мае 2020 года. ■



ТПМК Lovat-242SE с бессменным именем «Клавдия» 11 июня 2019 года начал проходку левого перегонного тоннеля от камеры съездов за «Селигерской» до «Лианозово» Люблинско-Дмитровской линии.





Д.Л. БУРИН, начальник службы  
тоннельных сооружений  
ГУП «Петербургский  
метрополитен»

**Метрополитен Санкт-Петербурга является вторым по старшинству и величине в Российской Федерации, а также самым глубоким в мире по средней глубине залегания станций. Одной из важнейших задач при эксплуатации линий метрополитена является создание нормальных условий воздушной среды и микроклимата в тоннельных сооружениях. Эти вопросы решает вентиляция, которая в большинстве случаев бывает с искусственным побуждением и только в некоторых случаях — с естественным.**

## ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕРМЕТИЧНОСТИ СТВОЛОВ ШАХТНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ В УСЛОВИЯХ ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

### Климатические, гидрогеологические и другие условия и возникающие проблемы

Для метрополитенов тех городов, где средняя температура самого холодного месяца ниже 0 °С, а к таким относится и Санкт-Петербург, существуют два режима вентиляции — зимний (вентиляционные установки, расположенные на перегонах, работают на приток) и летний (вентиляционные установки на станциях — на вытяжку). Подача воздуха к вентиляционным установкам осуществляется через вентиляционные сооружения. На линиях глубокого заложения от вентиляционного киоска, расположенного на поверхности, воздух проходит через шахтный ствол и далее через вентиляционный тоннель нижнего вентиляционного узла (НВУ) к перегонным тоннелям или на станцию.

Следует отметить, что подавляющее большинство стволов шахтной вентиляции

на Петербургском метрополитене имеют значительную глубину (до 60–90 м) и пройдены в слабых обводненных четвертичных отложениях.

Другая, не менее острая проблема, связана с эксплуатационной надежностью строительных конструкций стволов вентиляционных шахт в условиях промерзания обделки в зимний период. В условиях Санкт-Петербурга температура наружного воздуха может опускаться ниже –20 °С, а в течение одного зимнего периода чередование промерзания и оттаивания обделки происходит многократно. В условиях знакопеременного температурного режима также происходит поочередное промерзание и оттаивание грунтов и воды в заобделочном пространстве, а обделка подвергается дополнительным нагрузкам и деформациям. С течением времени возникает значительный износ конструктивной обделки, вплоть до разрушения и поступления через нарушенные участки воды и грунтовых масс.



Рис. 1. Общий вид чугунной тубинговой обделки ствола шахтной вентиляции



Рис. 2. Общий вид железобетонной тубинговой обделки ствола шахтной вентиляции



Рис. 3. Общий вид монолитной железобетонной обделки ствола шахтной вентиляции

Геологические условия Санкт-Петербурга в целом, с точки зрения размещения в грунтовом массиве подземных сооружений, относятся к категории неблагоприятных. Характерным является наличие в верхней части геологического разреза мощной толщи водонасыщенных и неустойчивых четвертичных отложений (до 30–50 м), под которыми располагаются устойчивые протерозойские глины. Максимальная мощность толщи четвертичных отложений имеет место в центральной и северной части города, которая уменьшается по направлению от центра города к южной его части. Перегонные тоннели метрополитена по возможности размещены в толще

устойчивых протерозойских отложений, как правило, находящихся на значительной глубине.

Стволы вентиляционных шахт неизбежно пересекают всю толщу неблагоприятных четвертичных отложений и входят нижней своей частью в устойчивые, преимущественно сухие, протерозойские глины. В четвертичной толще зачастую присутствует несколько водоносных горизонтов, в том числе, содержащих напорные или агрессивные по отношению к бетону и металлическим конструкциям воды.

### Устройство гидроизоляции

В связи с имеющимися сложностями, возникающими при разработке грунтового массива на территории Санкт-Петербурга, основное предпочтение при сооружении шахтных стволов отдается специальным способам строительства, таким как замораживание грунтов. Также особое внимание уделяется гидроизоляции подземных и заглубленных сооружений. Выбор материала строительных конструкций (монолитный бетон, сборный железобетон, чугун и сталь) обычно обусловлен условиями участка строительства и способом производства строительно-монтажных работ. В качестве несущей и ограждающей конструкции стволов применяется, как правило, обделка кругового очертания — чугунная или сборная железобетонная, реже монолитная обделка. При этом на интервале колец, расположенных в четвертичных неустойчивых водоносных отложениях применяется чугунная обделка (рис. 1), обладающая повышенными гидроизоляционными свойствами. Кольца нижней части стволов шахт, расположенные в толще устойчивых отложений проектируются в сборной железобетонной (рис. 2) либо в монолитной железобетонной обделке (рис. 3).

Кольца чугунной обделки состоят из тубингов, соединяемых при помощи болтовых связей. Через отверстия в тубингах производится заполнение пустот между наружным контуром обделки и внутренним контуром горной выработки тампонажным раствором, который является элементом системы гидроизоляции. Отверстия для нагнетания закрываются чугунными пробками. Стыки между тубингами зачеканиваются свинцовым шнуром.

Элементы сборной железобетонной обделки также соединяются при помощи болтовых связей (применяются специальные асбобитумные шайбы, которые, разрушаясь при натяжке, обеспечивают

заполнение внутренних зазоров между болтами и стенками отверстий вязким битумом). Отверстия для нагнетания заделываются цементным раствором, а стыки между тубингами зачеканиваются цементным раствором.

Гидроизоляция монолитной обделки обеспечивается за счет сплошности монолитного бетона, а в случае применения многослойной монолитной обделки — оклеечной или обмазочной гидроизоляцией между слоями бетона.

### Порядок обслуживания объектов метрополитена

Порядок обслуживания искусственных сооружений Петербургского метрополитена, а также порядок ведения технической документации устанавливает Инструкция по содержанию искусственных сооружений Петербургского метрополитена, требования которой распространяются на все искусственные сооружения и обязательны для работников, непосредственно их обслуживающих, а также руководителей структурных подразделений — владельцев искусственных сооружений. Главной задачей ответственных лиц за содержание зданий и сооружений метрополитена является обеспечение исправного, работоспособного технического состояния искусственных сооружений, своевременное выявление дефектов, повреждений и осложнений, приводящих к снижению надежности, безопасности и эксплуатационной пригодности объекта, а также выполнение работ по приведению объекта в работоспособное техническое состояние. Ответственные лица обязаны детально знать состояние искусственных сооружений, изучать причины появляющихся в них дефектов, повреждений и осложнений, не только своевременно устранять неисправности, но и предупреждать их возникновение.

### Виды надзора

Основным организационным мероприятием, проводимым в процессе содержания объектов Петербургского метрополитена, является надзор, а именно система осмотров, обследований и наблюдений. В процессе содержания искусственных сооружений Петербургского метрополитена осуществляются следующие виды надзора: постоянные осмотры; постоянные наблюдения; специальные осмотры; специальные наблюдения; обследования; мониторинг; надзор за искусственными сооружениями, нуждающимися в особом контроле; техни-

ческий надзор за производством работ, выполняемых сторонними организациями; инспекторский надзор за техническими и охранными зонами метрополитена.

### Комплексный подход к обследованию вентиляционных шахт

Для разработки мероприятий по ремонту стволов вентиляционных шахт выполняются технические обследования, включающие, помимо сплошного визуального осмотра (иногда с привлечением промышленных альпинистов), работы по анализу геологических и гидрогеологических особенностей грунтового массива, проведению испытаний образцов материала обделки, химическому и биологическому анализу грунтовых вод, проведению контрольных вскрытий обделки (методом бурения отверстий), анализу материалов, отобранных из заобделочного пространства. Комплексный подход к проведению обследования позволяет качественно осуществить подбор технологий и материалов, применяемых при ремонте. На основании выполненного обследования делаются выводы о характере и причинах, вызвавших повреждения тоннельной обделки, и формируются конкретные рекомендации по выполнению ремонта с указанием объемов проведения тех или иных работ, а также необходимых материалов.

В процессе эксплуатации стволов шахтной вентиляции возникают дефекты и повреждения, развитию которых способствуют многочисленные циклы воздействия знакопеременных температур. Повышенная влажность в пространстве шахтного ствола негативно влияет на состояние лестничных отделений (интенсивная коррозия приводит к быстрому разрушению металлических элементов). Так, из-за опасности неконтролируемого обрушения элементов лестничных отделений по ряду шахт Петербургского метрополитена было принято решение об их демонтаже. На новых участках линий метрополитена большинство шахтных стволов вовсе не оборудуются лестничными отделениями, что постепенно увеличивает количество шахт, где выполнение визуального осмотра (надзора) в рамках эксплуатации невозможно.

### Как осуществлять надзор при отсутствии доступа к объекту?

Реальность настоящего времени такова, что устройство лестничных отделений в

сечении ствола из устойчивых к коррозии материалов — достаточно дорогостоящее мероприятие и в этой связи практически нереализуемое. В условиях необходимости содержать объекты метрополитена в соответствии с действующими нормами и требованиями, актуальность приобретают следующие вопросы: комплексное решение доступа к объекту вообще, а также в рамках проектирования работ по ремонту (реконструкции) эксплуатируемых объектов; реализации системы надзора при отсутствии доступа к объекту.

Если решение первого вопроса связано с финансированием работ, которое выделяется весьма ограниченно, то по второму вопросу Петербургский метрополитен на данном этапе предпринимает меры по осмотрам обделки стволов шахтной вентиляции, не оборудованных лестничными отделениями, путем применения сил промышленных альпинистов.

### Содержание стволов вентшахт при отрицательных температурах

Опыт содержания стволов вентиляционных шахт в период отрицательных температур наружного воздуха, с учетом дополнительного фактора работы вентиляционного оборудования на приток, показывает, что существует серьезная проблема обледенения несущей обделки. Это опасное явление ухудшает характеристики и качество конструкций, их прочность и долговечность. Кроме того, нависающая толща льда внутри сооружения представляет собой при обрушении серьезную опасность для обслуживающего персонала (см. рис. 4). Также обледенение обделки и водопроявления через обделку приводят к другим негативным последствиям, а именно: к разрушению бетона жесткого основания сооружений НВУ; коррозии кабелей и других инженерных сетей в стволе; коррозии оборудования, установленного в НВУ; увеличению водопритока в водопропускные сооружения.

Основными первопричинами обледенения являются наличие воды на контакте несущей обделки и грунтового массива и нарушения в конструкциях обделки (зазоры в болтовых соединениях, зазоры в пробках для нагнетания, трещины в тубингах, некачественная чеканка швов и т.д.), которые приводят к появлению водопроявлений. Указанные причины после каждого цикла «замерзания/оттаивания» приводят к увеличению водопритока из мест нарушений. Другой причиной обледенения являются



Рис. 4. Пример обледенения участка чугунной тубинговой обделки ствола шахтной вентиляции.

гидрогеологические условия, в которых производится строительство вентиляционного ствола.

### Профилактика лучше, чем лечение

Возникает вопрос — почему не выполнить ликвидацию водопроявления в конкретном месте и тем самым не допустить дальнейшего развития дефекта на несущей обделке? Оперативной возможности устранения водопроявлений в стволе препятствуют следующие факторы.

Во-первых, отсутствие штатных средств подмащивания (полок, подъемников). В некоторых стволах имеются лестничные отделения, но расположены они в одном сегменте ствола, в некоторых стволах посередине ствола установлены несущие композитные конструкции для крепления кабельной продукции, в других стволах лестничные отделения отсутствуют, а следовательно, отсутствует доступ к обделке для ремонта вовсе.

Во-вторых, необходимость соблюдения вентиляционных режимов для проветривания сооружений метрополитена. Иными словами, выполнение работ возможно только в период постоянных положительных температур наружного воздуха (не менее +5 °С).

Среди характерных дефектов обделки стволов шахт тоннельной вентиляции следует выделить следующие основные типы: водопроявления (протечки, течи, высолы — рис. 5); трещины (рис. 6); сколы (повреждения) и отверстия в элементах обделки (рис. 7); деформация (смещения) и разрушения элементов обделки (рис. 8).



Рис. 5. Пример наличия протечек и образования высолов в монолитной железобетонной обделке ствола шахтной вентиляции



Рис. 6. Пример наличия трещин в спинке, ребрах и бортах тубинга чугунной обделки ствола шахтной вентиляции. Установлены маяки для контроля за динамикой раскрытия трещин



Рис. 7. Пример наличия скола части радиального ребра тубинга чугунной обделки ствола шахтной вентиляции



Рис. 8. Пример наличия излома тубингов чугунной обделки ствола шахтной вентиляции со смещением внутрь ствола

## Водопроявления

С гидрогеологической точки зрения водопроявления в обделке стволов шахт приурочены к трем основным уровням по глубине — к верховодке, к водонасыщенным прослоям в четвертичных отложениях, к напорным водам в четвертичных отложениях и протерозойских глинах.

Водопроявления в чугунной и сборной железобетонной обделке приурочены в основном к стыкам между тубингами, к болтовым отверстиям и к отверстиям для нагнетания. Для монолитной обделки характерными местами водопроявлений являются холодные стыки между заходками бетонирования. В зависимости от степени развития дефекта, водопроявление может быть представлено стадиями от слабого намочения в месте протечки до изливания воды в виде струи, приводящего к увлаж-

нению обделки на ниже расположенных участках.

## Трещины

Трещины в элементах чугунной обделки встречаются достаточно редко и, как правило, являются признаком силового воздействия на обделку со стороны грунтового массива. Трещины в сборных железобетонных тубингах, помимо описанных выше причин, могут являться результатом коррозии и расширения арматурных стержней внутри бетона. В монолитной железобетонной обделке трещины могут возникать в стыках между заходками бетонирования (в холодных швах). Трещины являются дефектом, во многих случаях опасным для несущей способности элемента обделки. Зачастую трещины сопровождаются деформациями элементов.

## Сколы

Сколы материала обделки в чугунных тубингах в большинстве случаев являются результатом механических повреждений — при монтаже, при транспортировке, при эксплуатации, в частности, при сооружении или демонтаже внутренних конструкций обустройства ствола. В некоторых случаях сколы чугунной обделки являются следствием деформаций (вызванных разными причинами) или результатом образования сети трещин, когда фрагмент обделки отделяется в результате образования замкнутой сети трещин.

## Отверстия

Отверстия являются редко распространенным дефектом, характерным лишь для чугунных тубингов. Отверстия

в большинстве случаев незначительны по размеру, малозаметны или незаметны при визуальном осмотре, и проявляются в виде протечек и/или высолов, расположенных в нехарактерных местах — в спинках тубингов, на стыке спинки тубинга и ребер/бортов. Дефекты в виде отверстий представляют опасность с точки зрения нарушения гидроизоляции обделки. При этом устранение дефектов (заделка отверстий) представляет собой сложную техническую задачу. Как известно, чугун с трудом поддается сварке. Таким образом, заварить отверстия путем установки накладки в большинстве случаев не представляется возможным.

### **Смещение элементов обделки от проектного положения**

Смещение элементов обделки от проектного положения характерно преимущественно для чугунной обделки. Они выражаются в наличии уступов в кольцевых и радиальных стыках обделки и в большинстве случаев являются недоработками, допущенными при монтаже обделки.

При строительстве ствола шахты в процессе сборки чугунных колец в ряде случаев допускается брак, выражающийся в непроектной установке элементов обделки (в установке тубингов со смещением внутрь ствола или в сторону грунта). Невозможность монтажа тубингов в проектное положение может вызываться некачественной разработкой грунта. Для создания болтовых связей в этом случае соответствующие отверстия часто рассверливаются до большего диаметра либо болтовые связи не устанавливаются вовсе. Чеканка стыков тубингов при монтаже их со смещением также затруднена и выполняется некачественно или не выполняется вовсе.

Таким образом, допущенный при строительстве брак при монтаже колец и тубингов приводит к невозможности установки элементов гидроизоляции обделки. Как следствие, в местах имеющих смещения, уступов часто наблюдаются протечки. При этом, как показывают результаты наблюдений, величина уступа (смещения) не развивается со временем. Крайним проявлением горного давления при недостаточности несущей способности обделки является деформация элементов обделки, сопровождающаяся нарушением целостности тубингов и их разрушению, и даже выпадением отдельных элементов из конструкции.

### **Причины нарушения гидроизоляции**

Факторы, приводящие к нарушению гидроизоляции строительных конструкций метрополитена, можно разделить на три взаимосвязанные группы: причины, связанные с гидрогеологическими особенностями грунтов; факторы, обусловленные конструктивными особенностями сооружений; прочие, связанные с процессом эксплуатации, в том числе невозможностью доступа к объекту в ходе работ по контролю состояния объекта.

Основными причинами возникновения характерных для шахтных стволов дефектов являются: низкое качество строительно-монтажных работ (недостаточное натяжение болтовых связей, некачественная чеканка стыков); физический износ материала чеканки стыков; ослабление болтовых связей и пробок в отверстиях для нагнетания за счет коррозии и температурных знакопеременных воздействий; отверстия и трещины в элементах обделки, источником которых является производственный (строительный) брак.

Трещины являются признаком силового воздействия на обделку со стороны грунтового массива, кроме того, они могут являться результатом коррозии и расширения арматурных стержней внутри железобетонных конструкций.

Сколы бетона в сборной железобетонной или в монолитной железобетонной обделке — это результат силовых воздействий на обделку, а также следствие коррозии арматуры внутри конструкции. Причиной образования подобных дефектов в чугунных тубингах являются особенности процесса их литья, когда при отливке могут возникать скопления пузырьков воздуха, при твердении способствующих образованию несплошностей, мелких отверстий, каверн и трещин.

Возникновение смещений и деформаций в элементах обделки стволов шахт тоннельной вентиляции происходит при сочетании ряда негативных факторов и воздействий, таких как: ослабление элементов обделки и болтовых связей прочими дефектами; недостаточный учет горного и гидростатического давления при проектировании объекта; замораживание воды, расположенной в заобделочном пространстве, сопровождающееся увеличением в объеме.

Определяющим фактором в большинстве случаев является именно промораживание заобделочного пространства в период отрицательных температур, в котором в результате размывания тампонажного раствора образуются полости, заполненные водой. Как известно, вода при замерзании расширяется

в объеме. С учетом наличия отпора грунта, а также с учетом его возможного промораживания, расширение реализуется в виде деформации обделки внутрь ствола.

При этом, для чугунных тубингов происходит хрупкое разрушение с отделением отдельных фрагментов тубинга и падением их внутрь ствола. Для сборной железобетонной обделки характер разрушения иной: исходя из конструктивных особенностей, в случае деформации и смещения внутрь обделки тубинга, происходит разрушение бетона в местах болтовых связей с раскалыванием бетона и изгибом болтов, деформация армирования. Крупные фрагменты железобетонных тубингов, как правило, не отделяются и не падают в основание ствола, а сохраняют крепление к обделке. При этом в зоне произошедшей деформации часто существенно снижается давление от расширяющегося льда на конструкцию. Естественно, процесс деформации сопровождается полной потерей гидроизоляционных свойств обделки в месте дефекта.

### **Выход — «утепление» обделки вентиляционных стволов**

С учетом сроков эксплуатации сооружений Петербургского метрополитена, наличием сложных инженерно-геологических условий, а также при низких средних температурах в зимние месяцы и возрастанием количества циклов замораживания и оттаивания, объем повреждений обделки шахт со временем возрастает. Соответственно, объем средств, затраченных на финансирование работ по проектированию и выполнению ремонтов, также увеличивается. В этой связи актуальным является вопрос не только оптимизации расходов на проектные работы, но и проблема, связанная с принятием решений по снижению негативного воздействия знакопеременных температур на обделку объектов в период эксплуатации.

Перспективными направлениями необходимо считать применение конструкций, материалов и технологий при новом строительстве и ремонте, которые позволят снизить уровень воздействия низких температур на обделку стволов шахтной вентиляции. Пути решения данного вопроса прорабатываются специалистами предприятий в области промышленной вентиляции и микроклимата, ведущими ВУЗами Санкт-Петербурга и специалистами ГУП «Петербургский метрополитен». В частности, ведется проработка вариантов «утепления» обделки эксплуатируемых на Петербургском метрополитене стволов шахтной вентиляции. ■



О.А. ПОТЕЕВА,  
А.П. ШАМАНИН,  
АО «Газпром промгаз»

*На рубеже XX и XXI вв. в строительном комплексе России была поставлена задача разработать новую нормативную базу. Однако созданные Госстроем РФ ГЭСН-2001 не охватывали ряд направлений, в том числе бурение скважин на нефть и газ, горизонтальное направленное бурение (ГНБ). Нормы Сборника ГЭСН 81-02-04-2001 «Скважины» действовали прежде всего для скважин на воду.*

*В связи с этим по заданию ПАО «Газпром», в соответствии с решениями Правительства Российской Федерации, в 2000–2004 гг. эта брешь в нормативной базе была ликвидирована. В дальнейшем осуществлялась работа по совершенствованию сметно-нормативной базы, разработке нормативных документов, программного обеспечения по расчету смет ресурсным методом в текущем уровне цен и пополнению базы.*

## КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ЦЕНООБРАЗОВАНИЮ СТРОИТЕЛЬСТВА ПЕРЕХОДОВ ТРУБОПРОВОДОВ БЕСТРАНШЕЙНЫМИ МЕТОДАМИ

### Сборник «ЭСН Газпром»

Благодаря комплексному подходу к разработке новой сметно-нормативной базы по строительству скважин, были разработаны Сборники элементных сметных норм, Сборники сметных цен, дополнения к ЕНВ, индивидуальные и временные ЭСН на монтаж целого ряда буровых установок, индексы пересчета сметных цен из базисного уровня в текущий, сметный программный комплекс СПК по расчету смет ресурсным методом в текущем уровне цен «Строительство скважин», методические документы по ценообразованию (Инструкция по разработке, согласованию и утверждению ПСД на строительство скважин, Внутрикорпоративные правила по формированию договорной цены, Методика по определению стоимости строительства скважин в морских условиях, Методика по расчету индексов к базисному уровню цен на строительство скважин, Методика по определению индивидуальных норм накладных расходов и сметной прибыли и др.).

В 2004 году АО «Газпром промгаз» впервые издал Сборник элементных сметных норм на строительство подводных переходов магистральных трубопроводов методом наклонного направленного бурения в ОАО «Газпром» (Сборник «ЭСН Газпром») для трубопроводов с условным диаметром

Ду от 200 мм до 1200 мм. Исходными данными для расчета элементных сметных норм этого сборника являлись материалы отчета американской компании J.D.Hair&Associates, Inc., типовые технологические карты, в которых определены комплекс работ и специфика условий выполнения строительства переходов магистральных переходов через водные преграды методом наклонного направленного бурения и исходные данные Каспийского трубопроводного проекта. Сборник предусматривал нормы на подготовительные работы к бурению, монтаж/демонтаж установки, бурение и расширение пилотной скважины, протаскивание рабочего трубопровода в скважину. Нормы сборника были рассчитаны на строительство подводных переходов в зависимости от длины скважины (протяженности перехода), условного диаметра протаскиваемого рабочего трубопровода в скважину и группы грунтов (I — ил, пески, глина, II — гравий, III — мягкие грунты), учитывали затраты труда рабочих, машины и механизмы, расход материалов, в том числе, бентонит сухой.

Начиная с июля 2012 года, компания «Газпром промгаз» полностью отказалась от использования при составлении сметной документации безнадежно устаревшей сметно-нормативной базы 1984 и 1991 гг. и перешла на новую корпоративную сметно-

нормативную базу по строительству скважин на нефть, газ, ПХГ и расчет смет ресурсным методом в текущем уровне цен.

Внедрение корпоративного программного продукта СПК «Строительство скважин» дало возможность перейти на выпуск сметной документации в ценах года окончания проектирования, что позволило с высокой степенью достоверности определять лимит сметной стоимости, обеспечить прозрачность затрат.

Использование единого корпоративного программного комплекса для разработки сметной документации на строительство скважин также позволяет сформировать укрупненные показатели стоимости строительства, которые должны быть основой для определения сметной стоимости строительства на стадии планирования инвестиций. Это особенно важно в условиях дефицита финансовых ресурсов и настоятельной необходимости повышения требований к качеству составления сметных расчетов. Кроме того, использование единого программного продукта является элементом контроля сметных лимитов.

Опыт комплексного подхода к решению задач по сметному ценообразованию строительства скважин на нефть и газ позволяет делать выводы о необходимости такого же подхода и в ценообразовании бестраншейными методами.

### ГЭСН на буровые комплексы класса «мини»

Сборник «ЭСН Газпром» 2004 года был утвержден как временный нормативный документ со сроком действия до 31.12.2006. Однако этот срок неоднократно продлевался, так как нормы государственного уровня на строительство подводных переходов магистральных трубопроводов методом ГНБ отсутствовали.

И вот, наконец, в 2017 году государственная сметно-нормативная база пополнилась ГЭСН на монтаж/демонтаж установки горизонтального направленного бурения и устройство закрытого подземного перехода методом ГНБ. Нормы предусмотрены для бестраншейной прокладки подземных коммуникаций машинами горизонтального бурения прессово-шнековыми, типа РВА с тяговым усилием 20 тс, 50 тс, 100 тс, 250 тс. Однако наличие этих норм решает проблему определения стоимости, по большей части, небольших по длине (максимум, до 100 м) и диаметру переходов для городских условий, и не учитывает специфику строительства подводных переходов магистральных трубопроводов при использовании установок классов «Мега» и «Макси». Стояла задача их разработать.



### Подходы аналогичны

Необходимо отметить, что технология ГНБ для труб диаметром до 500 мм отличается от технологий для труб больших диаметров. Система ценообразования при строительстве скважин на нефть и газ традиционно базируется на геологических подходах, учитывающих особенности проведения буровых работ. Работа над временными элементными сметными нормами на бурение и расширение пилотной скважины протяженностью от 200 до 1500 м при строительстве подводных переходов магистральных трубопроводов методом наклонно направленного бурения от 500 мм до 1400 мм, проводившаяся АО «Газпром промгаз» по заданию руководства в 2017 году, показала наличие множества факторов, которые не учитываются при общестроительных подходах к формированию стоимости ГНБ. В то же время нами был сделан вывод, что целесообразно применить подходы к ценообразованию на ГНБ с учетом накопленного опыта по ценообразованию при сооружении скважин на нефть и газ.

Так, в строительстве скважин отсутствует расчет стоимости машино-часа работы буровой установки. Эти затраты складываются из целого ряда норм и затрат.

Основой основ для расчета является комплект буровой установки. Сборник элементных сметных норм на строительство скважин на нефть и газ «ЭСН Газпром» предусматривает соответствующие нормы на комплект буровой установки, в настоящий момент разработаны нормы на 41 комплект. Нормы содержат как перечень оборудования, узлов и блоков с указанием их типа и марки, так и массу, которая необходима для расчета затрат на транспортировку комплекта. В сметно-нормативной базе учтена стоимость конкретного комплекта, имеются цены

и на отдельные составляющие комплекта. Нормы амортизации и на капитальный ремонт определены на 1 станко/сут. В зависимости от комплекта, разработаны нормы на монтаж/демонтаж буровой установки, материалы и запчасти для текущего ремонта бурового и силового оборудования, расходуемые в процессе выполнения работ, имеются нормы на расход горюче-смазочных материалов, электроэнергии, износ инструмента. Расход химреагентов на приготовление буровых растворов определяется по проекту.

### ВЭСН на наклонное направленное бурение

При разработке АО «Газпром промгаз» в 2017 году норм на наклонное направленное бурение (ННБ) в части формирования затрат на буровой раствор принят подход по аналогии со скважинами на нефть и газ: в таблицах сборника ведомственных элементных сметных норм (ВЭСН) требуемое количество и марка бентонита, объем воды, а также наименование и количество химических реагентов не указано и определяется по проекту. Это очень важное изменение, так как от марки и качества глинопоршка весьма существенно зависит и расход материала (может отличаться кратно). В то же время цена бентонита разных марок также отличается, причем от нескольких процентов до 7 раз.

Методология разработки ВЭСН соответствует требованиям «Методических рекомендаций по разработке государственных элементных сметных норм на строительные, специальные строительные и ремонтно-строительные работы», утвержденных 08.02.2017. Основным принципом разработки ВЭСН является принцип усреднения технических скоростей бурения, расширения пилотной скважины, калибровки и протаскивания

**Таблица 1.**  
**Классификация грунтов по буримости методом ННБ**

Категория грунта	Описание грунтов	Рекомендуемый буровой инструмент
1	Торф и растительный слой без корней, ил влажный и иловатые грунты, суглинки легкие, лессовидные супеси без гальки и щебня, пески (не плавуну) рыхлые; мел слабый	Гидромониторная головка Расширитель Barrelreamer
2	Торф и растительный слой с корнями или с небольшой примесью мелкой (до 3 см) гальки и щебня; глины слабой и средней плотности (ленточные и пластичные); лесс; суглинки с примесью до 20% мелкой (до 3 см) гальки или щебня, супеси с примесью до 20% мелкой (до 3 см) гальки или щебня; пески плотные	Шарошечное долото Гидромониторная головка Расширитель Barrelreamer Расширитель FlyCutter
3	Глины с частыми прослоями (до 5 см) слабосцементированных песчаников и мергелей, плотные, мергелистые, загипсованные, песчанистые; суглинки с примесью свыше 20% мелкой (до 3 см) гальки или щебня, суглинков плотный, супеси с примесью свыше 20% мелкой (до 3 см) гальки или щебня, песчаники, слабосцементированные глинистым и известковистым цементом; плавуну; лес плотный; дресва, мел плотный	Шарошечное долото Расширитель FlyCutter
4	Глины плотные с прослоями доломита; глины аргиллитоподобные, весьма плотные, плотные сильнопесчаные алевролиты; аргиллиты; песчаники глинистые, песчаники на известковистом и железистом цементе неплотные известняки и доломиты; галечно-щебенистые грунты; галечник мерзлый, связанный глинистым или песчано-глинистым материалом с ледяными прослойками	Шарошечное долото Расширители Hole Opener

трубопровода. При разработке ВЭСН применен принцип усреднения технических скоростей каждого из этапов бурения: бурение пилотной скважины, последовательные этапы расширения пилотной скважины, калибровка скважины и протаскивание трубопровода в готовую скважину. На основании этого принципа рассчитано время на замену компоновки низа буровой колонны (КНБК) различного диаметра, скорости проведения спуско-подъемных операций.

Таким образом, если при определении сметной стоимости бурения скважин на нефть и газ механические, технические и коммерческие скорости бурения являются величинами расчетными и определяются в проектной документации, то в сборнике ВЭСН на строительство подводных переходов магистральных трубопроводов методом

ННБ технические скорости использованы как нормируемые значения, так как в проектах данные показатели не рассчитываются.

### Классификация грунтов по буримости методом ННБ

Ввиду отсутствия в нормативной документации (в том числе, в ГЭСН) указаний о классификации грунтов при наклонном направленном бурении, в разработанном нами Сборнике ВЭСН грунты по буримости методом ННБ распределены на 4 группы, по аналогии с ранее разработанными нормами ИЭСН-2012 для условий строительства «Ожогового потока» с некоторыми изменениями.

Для грунтов первой и второй категории приняты расширители типа Barrel reamer, для третьей — Fly Cutter, для четвертой — Hole Opener. Основной задачей при выборе типа

породоразрушающего инструмента является обеспечение соответствия типа этого инструмента горно-геологическим условиям бурения. В случае, когда горные породы, составляющие разрез скважины, различаются по показателям буримости, следует предусматривать спуско-подъемные операции и смену породоразрушающего инструмента.

В ВЭСН принято, что расширение скважины до проектного диаметра осуществляется поэтапно, с последовательным увеличением диаметра расширителя с шагом 200 мм.

Для учета особенностей условий строительства переходов введен конструктивный параметр  $L^*D$  ( $m^2$ ) — длина перехода \* диаметр трубопровода. Зависимости скорости строительства от параметра  $L^*D$  ( $m^2$ ) позволяют вычислить технические скорости бурения и расширения для различных типов грунтов и конструктивных параметров переходов.

### Выявленные закономерности

По результатам анализа статистических данных и данных хронометражных наблюдений выявлены следующие закономерности:

- с увеличением длины скважины техническая скорость бурения уменьшается;
- с увеличением площади забоя и диаметра расширителя механические и технические скорости бурения уменьшаются по нелинейной зависимости;
- в порядке возрастания группы грунтов по буримости методом ННБ скорости бурения уменьшаются.

По результатам хронометражных наблюдений построены графики зависимости технической скорости расширения от площади забоя и диаметра расширителя, которые показывают отсутствие линейной зависимости, а следовательно, и доказывают, что применение общестроительных подходов в ценообразовании при определении стоимости строительства подводных переходов магистральных трубопроводов приводят к искажению определяемой стоимости.

В процессе протаскивания наибольшие тяговые нагрузки отмечаются на начальном и конечном этапах протаскивания (на спуске головного участка трубопровода и при выходе трубопровода). Значения тягового усилия и крутящего момента при протаскивании трубопровода изменяются в зависимости от прохождения участка скважины и типа грунта. Наиболее благоприятные условия для протаскивания наблюдаются в крепких, устойчивых грунтах и на прямолинейных участках. Для трубопроводов наружным диаметром более 700 мм значительное влияние



оказывает положительная плавучесть. При этом требуются дополнительные мероприятия по балластировке трубопровода, что приводит к увеличению затрат.

Определено, что скорость протаскивания практически не зависит от диаметра протаскиваемого трубопровода. Снижение скорости протаскивания, увеличение тягового усилия и момента вращения наблюдается на криволинейных участках и участках, сложенных неустойчивыми, склонными к осыпанию грунтами. Спрогнозировать такие участки на стадии проектирования при существующей нормативно-технической документации по строительству переходов методом ННБ не представляется возможным.

С учетом изложенного и данных хронометражных наблюдений, в сметных нормах сборника ВЭСН приняты следующие усредненные значения:

- скорость прохождения расширителя-кальбра принята 0,79 м/мин;
- скорость протаскивания трубопровода принимается 1,10 м/мин.

В ходе проведенных хронометражных наблюдений на 11 объектах строительства, расположенных в трех регионах РФ, работы на которых вели пять разных специализированных подрядных организаций, выявлено, что доля нормируемых производительных затрат рабочего времени от общего времени строительства составляет 26–86. Остается открытым вопрос, как данный фактор учитывать при действующей системе ценообразования, когда стоимость строительства определяется на основе стоимости машино-часа работы установки. Так, при строительстве скважин на нефть и газ амортизация буровой установки (БУ) в сметной документации учитывается на весь период, с момента мобилизации БУ до конца демобилизации. Конечно, если не предусмотрена передвижка БУ. Если же она, напротив, предусмотрена, то амортизация учитывается до момента передвижки, а сама передвижка учитывается в следующей скважине.

Новизна подходов при формировании сборника ВЭСН на ННБ проявляется и в том, что не применяется термин «машина горизонтального бурения» (как в ГЭСН), а используется термин «буровой комплекс», представляющий собой единый технологический комплекс, предназначенный для бурения, расширения, калибровки наклонной направленной скважины и протаскивания трубопровода в пробуренную скважину.

С нашей точки зрения, методологически неверно приравнивать буровые комплексы к строительным машинам, так как это приводит к существенному искажению достоверности определения затрат.

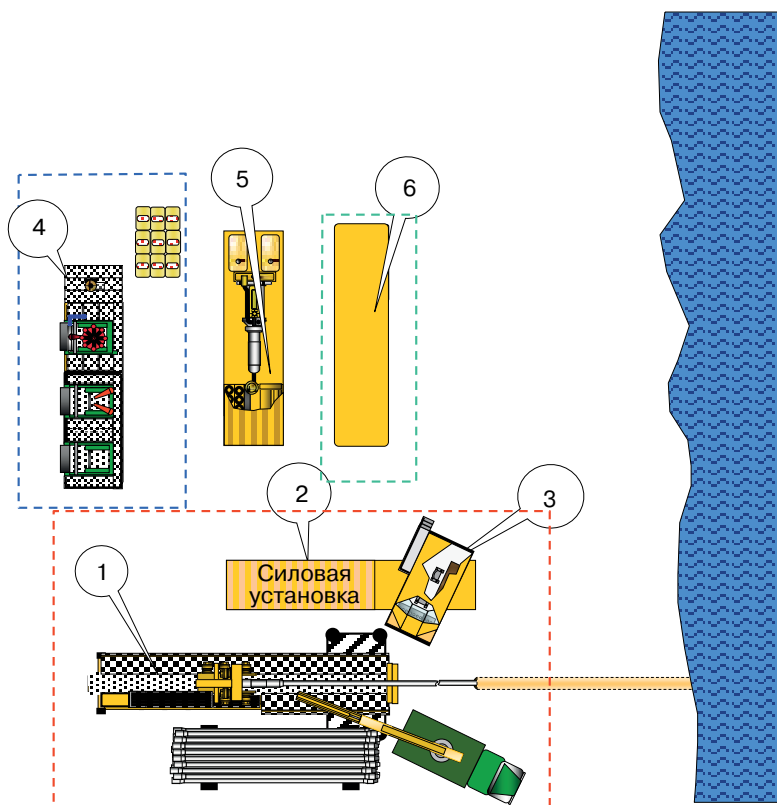


Рис. 1. Типовой состав бурового комплекса ННБ: буровой станок (1), силовая установка (2), кабина оператора (3), система приготовления бурового раствора (4), блок бурового насоса (5), система регенерации бурового раствора (6), шламонасос, насос для забора воды

### Типовые составы

При разработке норм был принят численно-квалификационный состав бригады и типовой состав бурового комплекса:

1. Оператор комплекса горизонтального направленного бурения, 5 разряд — 1 чел.
  2. Оператор комплекса горизонтального направленного бурения, 4 разряд — 1 чел.
  3. Оператор насосно-смесительного узла горизонтального направленного бурения, 4 разряд — 2 чел.
  4. Оператор насосно-смесительного узла горизонтального направленного бурения, 3 разряд — 2 чел.
  5. Водитель автомобиля, 5 разряд — 2 чел.
  6. Электромонтер по обслуживанию буровых, 3 разряд — 1 чел.
  7. Слесарь по обслуживанию буровых 5 разряд, — 1 чел.
  8. Машинист крана автомобильного 5 разряда, — 1 чел.
  9. Машинист экскаватора 6 разряда, — 1 чел.
  10. Машинист ДЭС — 3–4 чел.
  11. Машинист трубоукладчика грузоподъемностью 12,5–90 т — 6 чел. (только для этапа протаскивания трубопровода в скважину).
- Итого — 15–16 человек.

На рис. 1 представлен типовой состав бурового комплекса ННБ.

При разработке норм был принят следующий состав машин и механизмов:

- буровой комплекс ННБ с тяговым усилием 50–500 тс — 1 шт.;
- винтовой забойный двигатель — 1 шт. (для III и IV группы грунтов);
- грузовой автомобиль грузоподъемностью 15 т с краном манипулятором — 2 шт.;
- кран автомобильный КС грузоподъемностью 6,3–10 т — 1 шт.;
- экскаватор гусеничный с емкостью ковша 0,65 м<sup>3</sup> — 1 шт.;
- ДЭС 100–500 кВт — 2 шт.;
- трубоукладчик грузоподъемностью 12,5–90 т — 6 шт. (только для этапа протаскивания трубопровода в скважину);
- подвеска троллейная г/п 20–63 т — 5 шт. (только для этапа протаскивания трубопровода в скважину);
- вертлюг с номинальным тяговым усилием 50–500 тс — 1 шт. (только для этапа протаскивания трубопровода в скважину).

Расчет стоимости машино-часа без учета заработной платы машиниста АО «Газпром промгаз» проводит на основе действующего в ПАО «Газпром» документа РЭМ -2017.

## Почему использование ГЭСН затруднительно?

Конечно, при определении стоимости машино-часа расчеты делаются по конкретному буровому комплексу. Но насколько он может являться комплексом-представителем? На наш взгляд, целесообразно все-таки менять подходы и формировать нормы на комплекты по конкретным буровым комплексам, а далее калькулировать по этим нормам затраты с учетом стоимости каждого ресурса, определенного на основании мониторинга цен.

Существенная разница в стоимости комплексов ННБ разных производителей приводит к большой погрешности при применении в нормах и сметной документации обезличенного термина «Буровой комплекс ННБ с тяговым усилием 400 тс» (без конкретизации), а использование стоимости машино-часа — к недоверию определения стоимости строительства переходов.

Разработка ВЭСН в ПАО «Газпром» началась в июне 2016 года в отсутствие действующих государственных сметных нормативов, которые впервые введены в 2017 году Приказом Минстроя России от 24.01.2017 №41/пр с изменениями 3 к ГЭСН-2001 в редакции 2014 года. Действующие государственные сметные нормы для строительства, выполняемого с применением машин горизонтального наклонного бурения, введены приказом Минстроя России от 15.06.2017 № 886/пр. В то же время первая редакция ВЭСН была представлена в июле 2017 года. АО «Газпром промгаз» разработало 104 нормы (на 4 группы грунтов).

Таким образом, создание ВЭСН и ГЭСН осуществлялось параллельно и независимо.

Сравнительный анализ ГЭСН-2017 и ВЭСН-2017 показал следующие факторы и причины, которые затрудняют использование ГЭСН при определении стоимости строительства подводных переходов для магистральных газопроводов:

Показатель размерности трубы Ду — как наружный внешний диаметр трубопровода с изоляцией — не соответствует техническим требованиям к буровому комплексу ННБ с тяговым усилием к стальным трубам. В соответствии с сортаментом стальных прямошовных труб по ГОСТ 10704-91 (с изм. 1) и ТУ заводов-изготовителей наружный диаметр стальных труб регламентирован на основании требований ГОСТ 28338-89 (с изм. 1, 2) к значениям номинального (условного) диаметра труб. Например, для трубы с номинальным (условным) диаметром Ду 500 мм наружный диаметр должен быть 530 мм, для трубы с Ду 700 — 720 мм и т.д.

Таким образом, ГЭСН для стальной трубы Ду 700 мм, формально означает устройство перехода трубопровода с номинальным диаметром 600, наружным диаметром 630 мм и толщиной изоляционного слоя 35 мм.

Отсутствуют нормы для труб Ду 1400 мм.

Отсутствует классификация грунтов по группам буримости. ГЭСН составлены без учета специфики работ в разных грунтах по группе буримости. Для грунтов I–III групп буримости составлена одна норма.

В нормах для труб с диаметром 700, 1000 и 1200 неверно подобрана буровая установка по тяговому усилию. Например, для трубы Ду 1200 мм и длиной 1500 м принята установка с тяговым усилием 250 тс, такая же, как для трубы Ду 500 мм в то время, как следует принять установку не менее 500 тс.

Отсутствуют отдельные нормы на смену породоразрушающего инструмента (долота, расширителей) и спуско-подъемные операции КНБК, что не позволяет учесть затраты при бурении скважины, представленной грунтами разной группы по буримости.

Калибровка скважины учтена только в ГЭСН 04-01-084 для устройства больших переходов до 1500 м.

Включение в норму затрат на откачку отработанного бурового раствора (илососная машина) нецелесообразно. Работы по откачке, вывозу и утилизации бурового шлама могут также выполняться специализированной организацией по отдельному договору с последующим учетом в главе 9 ССР.

Из результатов сравнения ресурсной части норм ГЭСН-2017 и ВЭСН-2017 следует:

Норма затрат труда основных рабочих по ВЭСН для III группы грунтов примерно соответствует норме затрат труда основных рабочих по ГЭСН. Норма затрат труда машинистов по ВЭСН для III группы грунтов на 100% меньше, чем аналогичная норма ГЭСН.

Норма времени работы комплекса ННБ по ВЭСН меньше нормы времени работы установки ГНБ по ГЭСН на 69% — 242%.

Состав машин и механизмов, учтенный в ГЭСН (бентонито-смесительный комплекс на базе автомобиля КамАЗ, автоцистерна для подвоза воды), не предусматривает установки для регенерации бурового раствора, дизельную электростанцию и является характерным для строительства небольших переходов с диаметром трубопровода от 100 до 400 мм. Данный состав не соответствует составу машин, используемых на удаленных от инфраструктуры объектах строительства подводных переходов магистральных трубопроводов.

В ВЭСН нормы расхода бентонита, химических реагентов и воды определяются по

проекту, а в ГЭСН приведен расход данных ресурсов.

В ВЭСН расход бурового инструмента (долота, расширители, штанги) учтены как нормируемые материальные ресурсы. В ГЭСН буровой инструмент не указан. Возможно, буровой инструмент учтен в стоимости машино-часа, но указание на это в технической части к нормам отсутствует.

ВЭСН прошли экспертизу, согласованы и в ближайшее время будут введены в действие.

Анализ разрабатываемой в настоящее время сметной документации на строительство переходов показал, что при определении стоимости строительства подводных переходов магистральных трубопроводов нормы используются применительно, что также не может быть гарантией правильности и достоверности оценки стоимости. При этом применяются индексы, разработанные Минрегионом РФ по капитальным вложениям, без учета изменения стоимости по статьям затрат на строительство переходов, нет разработанных ресурсно-технологических моделей для этих целей. Часто при отсутствии норм для формирования смет используются методы экстраполяции, что также некорректно. Поскольку в ПАО «Газпром» сметы составляются ресурсным методом, к чему стремится и весь строительный комплекс России, то искажение набора ресурсов в смете приводит к недоверию определению начальной максимальной цены контракта.

## Выводы

Исходя из сказанного, представляется целесообразным в силу особенностей строительства переходов трубопроводов бестраншейными методами признать данные методы строительства специфическими, выделить данное направление в самостоятельный блок и подойти к решению вопроса по ценообразованию комплексно, для чего требуется:

- разработка методики по определению ресурсным методом стоимости строительства переходов бестраншейными методами;
- разработка элементарных сметных норм на применяемые буровые комплексы с учетом их комплектации;
- проведение мониторинга цен на ресурсы, разработка сборников текущих сметных цен на строительство переходов бестраншейными методами по районам строительства.

Только комплексный подход к ценообразованию с учетом особенностей строительства бестраншейными методами позволит достоверно оценить стоимость строительства. ■



**20-21**  
ноября  
**2019**

# КЛЮЧЕВЫЕ ТРЕНДЫ В КОМПОЗИТАХ НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

## В РАМКАХ КОНФЕРЕНЦИИ:

- › пленарное заседание
- › 10 секций
- › круглые столы
- › мастер-классы
- › курсы повышения квалификации

## В РАМКАХ ВЫСТАВКИ:

- › НИИ и конструкторское бюро
- › производители сырья, материалов и изделий, оборудования
- › дистрибьюторы

технологии  
моделирование и проектирование  
услуги

## COMPOSITE BATTLE WORLD CUP MOSCOW 2019

в  
**2019**  
году  
в новом формате

**2**  
дня  
Чемпионата



более  
**3**  
российских  
команд

более  
**12**  
иностраннных  
команд



Выставка и СМИ: [avyrikova@emtc.ru](mailto:avyrikova@emtc.ru)  
Конференция и Composite Battle: [composite-forum@emtc.ru](mailto:composite-forum@emtc.ru)  
[forum.emtc.ru](http://forum.emtc.ru)  
[@compositeforum](https://www.instagram.com/compositeforum)



**Качество и эксплуатационная надежность подземных коммуникаций обеспечивается не только передовыми технологиями прокладки, но прежде всего — высокой квалификацией специалистов компаний, специализирующихся в этом секторе строительного производства. Вместе с тем, развитие бизнеса в этой области ограничивается совокупностью ряда факторов — высокой и порой недобросовестной конкуренцией, ограниченной доступностью финансовых инструментов для предприятий малого бизнеса, а также различием видения конечной цели каждым участником строительного процесса, — будь то заказчик, проектировщик, строитель. О принципах работы, проблемах и планах компании «ГРАДИСС», мы говорим с техническим директором Евгением Николаевым.**

## ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ: СТРОИТЕЛЬСТВО И ИННОВАЦИИ

**— Евгений Владимирович, аналитики в начале года весьма пессимистично оценивали перспективы строительного рынка в целом. Как на вашем секторе отразилось снижение активности?**

— Российские аналитики всегда стараются сгустить краски, особенно в оценке нашей отрасли. Есть некоторое снижение активности, в частности, в госзакупках, и касается это в большей степени нашего региона. Но мы уже давно стараемся ориентироваться на коммерческого заказчика и не ограничиваемся работой, которая предлагается в Петербурге и Ленинградской области. Наше присутствие можно наблюдать и в различных регионах России — от Калининграда до Урала, и в странах ближнего зарубежья.

Мы специализируемся на строительстве, реконструкции и обслуживании инженерных коммуникаций различного назначения. Другими словами, работаем со всеми системами жизнеобеспечения промышленных и гражданских объектов. Беремся и за строительство тепловых, газовых сетей. Кроме того, оказываем услуги по диагностике трубопроводов, и не только выявляем дефекты, но даем рекомендации по их устранению.

А учитывая общее состояние сетей, особенно в регионах, оказываемые нами услуги всегда востребованы. Но и компаний с такой специализацией в стране достаточно, конкуренция в этом секторе рынка очень большая.

**— И каковы здесь ваши позиции?**

— Вполне устойчивы, в большей части потому, что мы выполняем весь комплекс работ, включая услуги по разработке и, в случае необходимости, корректировке проектной документации, по строительству и реконструкции сетей водоснабжения, водоотведения, тепло- и газоснабжения, а также работы по вводу объектов в эксплуатацию и передаче на баланс заказчика.

Мы, без преувеличения, считаем себя надежным партнером, — за годы работы на рынке не расторгли ни один контракт, все проекты

доводили до конца и с надлежащим качеством. И очень дорожим своей репутацией.

Нашими специалистами освоены и широко применяются как традиционные технологии строительства — открытым методом, так и бестраншейные, в том числе и методом ГНБ. Более того, мы следим за новинками, посещаем крупные выставочные площадки — отечественные и международные. Стараемся по мере производственной возможности отправлять руководящих сотрудников на курсы повышения квалификации, а также знакомить их с современными материалами и особенностями их применения.

**— Инновационные технологии прокладки коммуникаций сегодня хорошо приживаются?**

— К выбору технологий, считаю, следует подходить взвешенно и разумно. В любом самом перспективном, инновационном методе есть плюсы и минусы. Для выбора того или иного метода должно быть обоснование, должны быть приняты во внимание и взвешены многие факторы и учтены особенности расположения, геологии и необходимые временные границы для реализации конкретного проекта.

Строго говоря, окончательное решение зависит от внешних факторов, состояния ландшафта, категории грунтов. Если коммуникации проходят, как говорят, в чистом поле, то уместнее применить технологии открытого строительства, если сети предполагается протянуть на территории парка, заповедника, в плотной городской застройке, на территории действующего предприятия, то здесь, конечно, рациональнее бестраншейный метод.

Инновации интересны, когда они дают возможность оптимизировать затраты на проект, позволяют сократить сроки строительства. Если мы, получая готовый проект, видим, что есть возможность применить более рациональный, менее затратный способ, мы такое предложение заказчику сделаем. Но выбор за ним.



На российском рынке уже стали привычными и широко применяются технологии, позволяющие вести работы по ремонту и реконструкции сетей быстро и качественно. Это широко известный способ «труба в трубе», метод восстановления сети путем протаскивания новой полиэтиленовой трубы в старую, санация труб с помощью полимерного рукава. Применение данных методов позволяет минимизировать объемы восстанавливаемого благоустройства, а также значительно сократить сроки ремонта либо рестрикции существующих сетей водоснабжения и водоотведения в условиях плотной городской и промышленной застройки.

Одним из самых современных и эффективных способов реконструкции трубопроводов является метод с использованием полимерного рукава: трубопровод обретаёт, по сути, вторую жизнь, поскольку рукав после затвердевания принимает на себя все физико-механические нагрузки трубопровода — ему не страшны высокие температуры, любая агрессивная среда.

Отмечу, что усилиями специалистов компании «ГРАДИСС» создано собственное производство по выпуску полимерных рукавов различного назначения и областей применения. Имеющееся оборудование позволяет производить полимерные рукава от 100 до 1600 мм в диаметре, причем все материалы и компоненты нашего продукта — отечественные.

Это дает нам возможность предлагать более выгодный в финансовом плане продукт, не уступающий по своим свойствам представленным на нашем рынке зарубежным аналогам. А главное преимущество собственного производства в том, что мы можем предложить нашему заказчику самые сжатые сроки реализации проекта, у нас нет необходимости организовывать логистическую цепочку для доставки изделий из-за рубежа и тратить время на таможенные формальности.

**— Другими словами, вы стали участниками программы импортозамещения, объявленной государством, и это дало возможность вашей компании локализовать производство.**

— Конечно, мы знакомы с программой импортозамещения и, более того, наша продукция включена в каталог инноваций комитета по энергетике и инженерному обеспечению

правительства Санкт-Петербурга и рекомендована к применению на сетях водоснабжения и водоотведения. Это стало результатом более чем двухгодичной совместной работы с ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» по проработке технических условий и методик по применению нашего продукта.

Но какими бы прогрессивными, инновационными ни были технологии, качество прокладки коммуникаций, их эксплуатационная надежность в дальнейшем зависят от квалификации компании, от того, как организован выход на площадку, ведение СМР.

**— В чем вы видите для себя и компании «ГРАДИСС» залог успешной реализации проектов?**

— Для начала — это грамотно разработанная проектная документация. Получить такую можно лишь плотной и квалифицированной совместной работой заказчика и проектной организации. Когда техзадание продумано, проанализировано до деталей, проектировщики понимают, какие необходимо заложить проектные решения, чтобы заказчик по реализации проекта остался доволен полученным результатом.

Ну а дальше все зависит от организации дела, кроме того, мы никогда не приступаем к работе, не проведя дополнительную, детальную проработку проекта. Немаловажным считаю обязательную диагностику трассы, на которой будут производиться работы, даже если все предварительно утверждено комиссией. Опыт показывает, что на территориях с давней жилой либо промышленной застройкой могут быть забытые, и неучтенные сети.

Работа по строительству подземных коммуникаций и сооружений относится к сложному в инженерном отношении виду строительного производства и предполагает высокую квалификацию всей команды, которая этим занимается. Наша задача ведь не закопать строительные материалы в землю, а построить надежный инженерный объект.

Не только технологии и оборудование совершенствуются, меняются и материалы, применяемые в подземном строительстве — от этого тоже зависит поведение коммуникаций под землей. Все нюансы необходимо учитывать при проектировании и проведении СМР. Словом, профессиональные кадры — наш основной ресурс.

**— С кадрами в отрасли сейчас большие проблемы....**

— Действительно, найти квалифицированного инженера, рабочего сегодня на рынке труда очень сложно. Мы это давно поняли, и предпочитаем учить, растить профессионалов сами, внутри компании. Специалисты, которые сегодня занимают в «ГРАДИСС» ответственные позиции — это бывшие студенты питерских профильных вузов, ранее проходившие у нас практику и проявившие интерес к нашему делу. Так же мы отбираем и линейный персонал, рабочих. У нас костяк профессионалов сложился и, как в советские времена, наставники обучают новичков. Это самый лучший способ создать работоспособный коллектив, устойчивый бизнес.

**— А как дальше предполагаете развивать производство, бизнес?**

— Есть большое желание расширять применение бестраншейных технологий, освоить и внедрить тоннельный метод прокладки трубопроводов. Он, безусловно, более сложный, вместе с тем, один из самых экономически эффективных и производительных. А повышать производительность труда — задача первостепенная для нас: с каждым днем техника и оборудование, материалы дорожают, а работы, напротив, дешевеют.

Чтобы, например, приобретать производственное оборудование, осваивать и внедрять инновационные методы прокладки коммуникаций, нужны немалые вложения либо наличие доступных финансовых банковских инструментов. А к нашей отрасли отношение банков, мягко скажем, весьма странное. Например, компании, которая «не строит и не пашет», но имеет в активе недвижимость и сдает в аренду площади, кредит одобряют. А наш опыт, репутация, техника, которая стоит немалых денег и без которой ничего не построишь, в качестве залога не воспринимается. Это, с точки зрения банкиров, — металлолом.

Правда, когда на финансовом рынке происходят потрясения, все рушится, свобода от финансовых обязательств и обременений помогает устоять на ногах. С другой стороны, без банковской поддержки невозможно выстроить долгосрочную стратегию по развитию, что, в свою очередь, тормозит развитие бизнеса. ■



# TECH MINING RUSSIA

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ  
МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА  
5-6 ДЕКАБРЯ 2019

TechMining - это международная конференция и выставка, посвященная инновационным способам и технологиям в горной промышленности и добычи полезных ископаемых. Это платформа для обмена ценными знаниями, установления новых деловых связей и договоренностей о сотрудничестве, профессионального обсуждения проблем и перспектив развития одной из важнейших отраслей промышленности Российской Федерации.

Конференция состоит из стратегических сессий для обсуждения важнейших вопросов индустрии, таких как:

- Перспективы развития горнодобывающей отрасли
  - Инновационные способы разведки месторождений, добычи и транспортировки полезных ископаемых
  - Автоматизации технологических процессов и современные IT-технологии горнодобывающей промышленности
  - Технологии безопасности в горном производстве
  - Пути повышения эффективности действующих предприятий
- И многих других вопросов.

Во время Конференции проходит специализированная Выставка оборудования и технологий для горнодобывающей индустрии.



210  
лет



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Минтранс России



# ТРАНСПОРТ РОССИИ

КОМПЛЕКС «ГОСТИНЫЙ ДВОР»

## XIII МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ И ВЫСТАВКА

19-21 НОЯБРЯ 2019, МОСКВА

[transweek.ru](http://transweek.ru)

ОРГАНИЗАТОР



ПАРТНЕР КОНГРЕССА



АО ГЛОНАСС

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



Федеральная  
Технологическая  
Компания



НОВОСЛАВСК  
АВТОДОР



# ГРАДИСС

ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ



- Проектирование, строительство и реконструкция инженерных сетей
- Бестраншейные технологии строительства
- Санация трубопроводов различного назначения
- Разработка и производство полимерных материалов, применяемых при санации трубопроводов
- Комплексная диагностика и обслуживание инженерных коммуникаций



### Санация

Бестраншейное восстановление трубопроводов



### Открытая прокладка

Строительство инженерных сетей традиционным способом

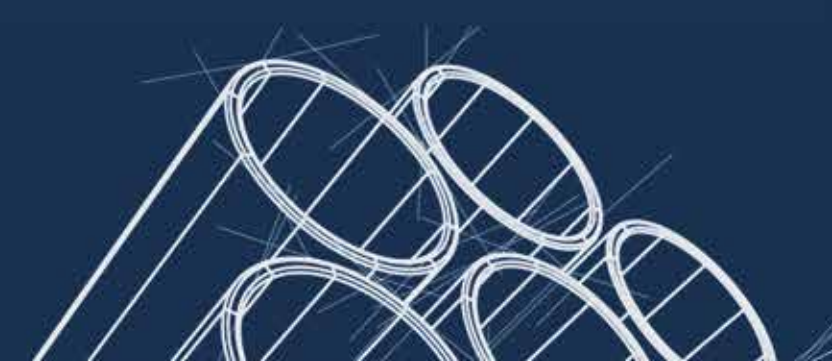


### Промывка и телеинспекция



### ГНБ

Прокладка сетей с минимальными затратами и сроками



ООО «ГРАДИСС»  
Санкт-Петербург,  
Большой Сампсониевский пр.,  
дом 66, литер «А»  
Тел./факс (812) 313-29-30  
[www.gradiss.ru](http://www.gradiss.ru)