

# Подземные горизонты

*Underground Horizons*

Август

№38

2024

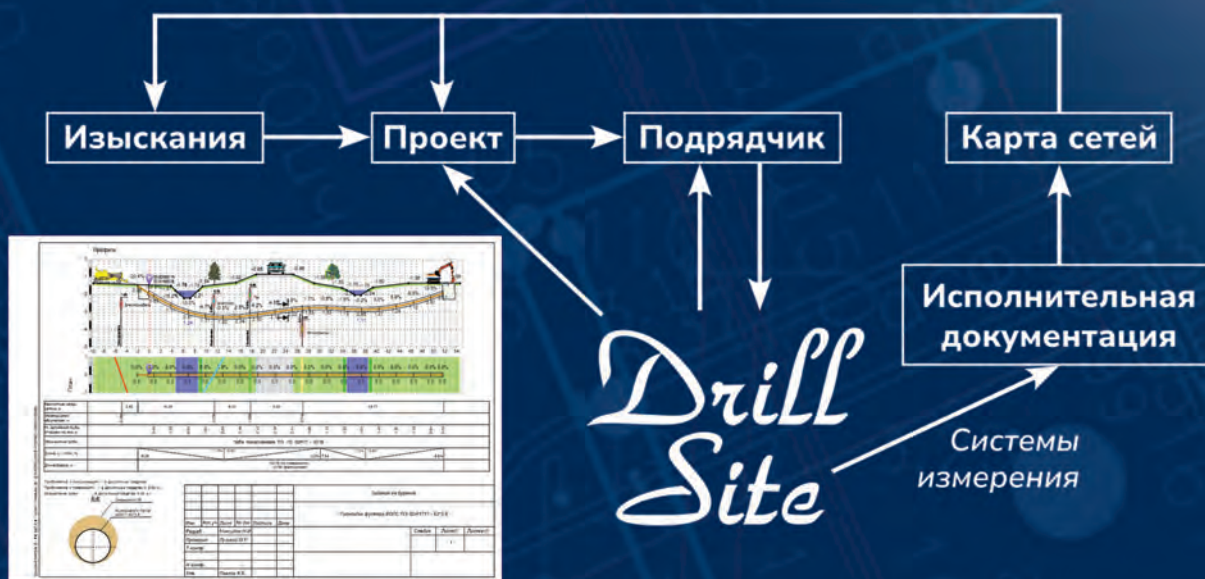
www.techinform-press.ru



## Drill Site

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ГНБ

- ПРОЕКТИРОВАНИЕ
- СОЗДАНИЕ ПРОФИЛЯ
- ИСПОЛНИТЕЛЬНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ
- КАРТОГРАФИРОВАНИЕ В 3D



ЛЮБОЙ ЗАДАЧЕ — ЛУЧШЕЕ РЕШЕНИЕ



www.drillsite.ru

www.piterpic.ru



Оборудование для  
горизонтального  
направленного  
бурения

HDD LOCATING SYSTEMS  
**Sense**



Многочастотные  
системы локации  
для горизонтального  
направленного  
бурения



Обучающий центр  
для обеспечения  
предприятий отрасли  
квалифицированными  
специалистами

## Комплексное решение для ГНБ

ООО «СЕНСЕ ГНБ»  
432028, г. Ульяновск, ул. Октябрьская д. 22, стр. 14  
+7 (8422) 45-72-00, +7 (917) 629-88-88, +7 (937) 275-67-90  
info@sense-inc.ru, www.etrill.ru, www.sense-hdd.ru



### Журнал «ПОДЗЕМНЫЕ ГОРИЗОНТЫ»

Официальный информационный партнер:

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

№38 август/2024

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 «Техинформ»**

Генеральный директор **Полина Богданова**

#### РЕДАКЦИЯ:

Главный редактор:

**Регина Фомина** (info@techinform-press.ru)

Выпускающий редактор:

**Сергей Зубарев** (sz-fsr@yandex.ru)

Дизайнер, билд-редактор

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

Руководитель службы информации

**Людмила Ковалевич**  
kovalevichl@mail.ru

Корректор:

**Инна Спиридонова**

#### ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ:

**В.Н. Александров**, Почетный гражданин Санкт-Петербурга

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

**Андреа Беллоккьо**, 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**, первый вице-президент АО «Объединение «ИНГЕОКОМ»

**А.П. Ледяев**, 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. Рыжковский**, к.т.н., президент компании MTR Ltd

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

**А.Г. Шашкин**, генеральный директор ООО «ПИ «Геореконструкция», доктор геолого-минералогических наук, член президиума РОМГГиФ, член Совета по сохранению и развитию территорий исторического центра Санкт-Петербурга, координатор Санкт-Петербургской комиссии по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям

Тел.: (812) 905-94-36, +7-931-256-95-77, +7-921-973-76-44  
office@techinform-press.ru  
www.techinform-press.ru

Установочный тираж 8 тыс. экз. Цена свободная.  
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

Подписку на журнал можно оформить по телефону

**+7 (931)-256-95-77** и на сайте **www.techinform-press.ru**



## СОДЕРЖАНИЕ



СТР. 4–8



СТР. 8–9



СТР. 10–11



СТР. 18–19



СТР. 20–29

### ЭКСПЕРТНОЕ МНЕНИЕ

- 4 **В. А. Марков.** Проектирование метро в России – движение по замкнутому кругу?
- 8 **Н. Г. Бобылев.** Тоннели и устойчивое развитие
- 10 **А. С. Маренков.** О разработке нормативных документов для транспортного тоннелестроения

### ТОННЕЛИ

- 12 **Е. И. Кучуркина.** Анализ проектных скоростей строительства тоннелей, сооружаемых ТПК
- 18 **В. А. Марков, И. Б. Василевская.** О тоннельных решениях для развития Южного кластера (АО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»)

### СТРОИТЕЛЬНЫЙ ПРАКТИКУМ

- 20 **Н. А. Сула.** Опыт строительства автотранспортных тоннелей на скоростных магистралях под действующими путями сообщения в Москве



СТР. 30–33



СТР. 34–38



СТР. 40–42



СТР. 44–45



СТР. 46–48

- 30 **А. А. Перегудов, А. А. Федоров, Д. Ю. Барабаш.** Дорога на Восток: строительство нового Джебского тоннеля в Саянах
- 34 **Автодорожный тоннель – ключевой элемент Восточного выезда (интервью с Д. А. Буровым)**
- 40 **Пневмоударное бурение – эффективный универсальный метод (ООО «Империал Индастрис»)**

### ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

- 44 **Пути повышения эффективности шахтных вентиляторов (открытый микрофон)**

### БЕСТРАНШЕЙНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- 46 **Константин Павлов** о цифровой платформе автоматизации ГНБ (ООО «ПИК»)
- 49 **Российский рынок оборудования для ГНБ в современных условиях (круглый стол)**

VI МЕЖДУНАРОДНАЯ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

# «ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

18–19  
/ 2024 СЕНТЯБРЯ

ПЕРМЬ  
ОТЕЛЬ HOLIDAY PERM

Организатор конференции



МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ  
ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ

Генеральный спонсор конференции

MALININ  
GROUP

Спонсоры конференции



Генеральные информационные партнеры



[www.fc-union.com](http://www.fc-union.com), [info@fc-union.com](mailto:info@fc-union.com), +7 (495) 66-55-014, +7 925 57-57-810

12+



## ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТРО В РОССИИ — ДВИЖЕНИЕ ПО ЗАМКНУТОМУ КРУГУ?

**В. А. МАРКОВ,**  
зам. генерального директора по проектированию метрополитенов  
АО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»

**В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ ПЕРЕД ПРОЕКТИРОВЩИКАМИ МЕТРОПОЛИТЕНОВ СТОИТ МНОГО ПРОБЛЕМ. СВЯЗАНЫ ОНИ И С ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ ВОПРОСАМИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, И С ПРИНЯТИЕМ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, ВНЕДРЕНИЕМ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ, ПРОХОЖДЕНИЕМ ГОСЭКСПЕРТИЗЫ. РАССМОТРИМ ЧАСТЬ ПРОБЛЕМ НА ОСНОВЕ ПЕТЕРБУРГСКОГО ОПЫТА.**

### КТО ПРОЕКТИРОВАЛ МЕТРО В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Прежде всего, следует отметить, что сегодняшние проблемы начинаются с выбора организации — разработчика проектной документации (ПД). Напомним, при СССР в городе, где предполагалось строительство метрополитена, изначально создавался филиал какой-либо действующей организации, занимающейся проектированием объектов метро.

В частности, в Ленинграде был создан институт «Метропроект», как филиал московского Метрогипротранса. Впоследствии техническая политика, проектные



Архитектурная концепция вестибюля станции метро «Адмиралтейская» в Санкт-Петербурге, ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»

решения и экономика метростроения в Москве и Ленинграде расходились все дальше, и в конечном итоге Метропроект стал самостоятельной организацией под названием «Ленметрогипротранс». Естественно, в период его самостоятельной работы происходила наработка технических решений, привязанных исключительно к условиям Санкт-Петербурга. Учитывались и обрабатывались результаты всех аварий и инцидентов. Создавалась местная нормативная база, обязательная к применению в Санкт-Петербурге.

### КОНКУРЕНТНАЯ СРЕДА — В УЩЕРБ БЮДЖЕТУ?

С приходом рыночных отношений на проектном рынке Санкт-Петербурга появились новые игроки. При этом в качестве критерия «квалификация», играющего основную роль при выборе победителя конкурса, определено не умение, не опыт проектирования в местной среде, а денежный оборот организации.

Естественно, что у фактического монополиста в области проектирования российских метрополитенов он в разы выше, чем у любой другой организации. Кроме того, формула конкурса составлена таким образом, что любое снижение стоимости в разумных пределах (до 25%) не компенсирует «квалификации».

Все это в Санкт-Петербурге привело к «выжиманию» местных проектировщиков и приходу «квалифицированных коллег» извне, которые, не зная местных условий, истории и нормативной базы, копируют неизвестно каким образом полученные чертежи. Опять же, не зная, какие за ними стоят расчеты и задумки. А так как им



Архитектурная концепция вестибюля станции метро «Волковская» в Санкт-Петербурге, ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»

не известны местные нормативные акты, история инцидентов и многое другое, рано или поздно из-за этого незнания могут произойти очень существенные аварии.

Особенно непонятно, каким образом сравнивается квалификация при определении победителя в разработке рабочей документации (РД) — притом, что проектную документацию (а это самая сложнейшая часть работы) выполнила и защитила в экспертизе местная организация. Передача готового проекта сторонней организации для подготовки рабочей документации приводит к тому, что заказчик теряет огромные деньги, переплачивая таким организациям до 25% от суммы договора, не говоря уже о налогах, которые недополучает городская казна, и заработной плате, которая тратится не в Санкт-Петербурге. Общие потери от таких решений для бюджета города составляют многие сотни миллионов рублей.

### ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЗАКАЗЧИК ВСЕГДА ПРАВ?

При разработке проектной документации заказчиком в договорах могут предъявляться чрезмерно сжатые сроки и навязываться невыполнимые условия.

В последнее время в подобных заданиях предъявляется требование получения всех необходимых согласований в рамках продолжительности проектирования, причем состав согласований не указывается. Это является нарушением нормативных документов — таких, как Градостроительный кодекс, Постановление Правительства РФ №87 и т. д., где получение согласований предписано заказчику или его технической дирекции. Проектная ор-

ганизация должна обеспечить техническое сопровождение согласований.

Это приводит к тому, что проектная организация, не имея в себе структуры для получения согласований, отрывает от работы высококвалифицированных специалистов, которые пытаются получить согласования в разнообразных инстанциях в порядке общей очереди.

Учитывая существующие нормативные сроки согласований, получить их в рамках временного отрезка, отведенного на разработку проекта, практически невозможно. Зато такие «нарушения» позволяют заказчику не подписывать выполнение работ по проектам и вводить штрафные санкции, что негативно сказывается на финансовом состоянии проектной организации.

Более того, сроком завершения выполнения работ по договору заказчиком устанавливается прохождение проектом госэкспертизы. При этом заход на экспертизу возможен только после предоставления заказчиком всех исходных данных, а он их, как правило, предоставить в срок не может.

У проектной организации «зависает» выполнение работ и, соответственно, оплата по контракту. К тому же срок действия изысканий, на базе которых разрабатывался проект, ограничен тремя годами. Постоянно происходят изменения нормативной базы. Таким образом, проект быстро устаревает, и проектная организация остается без оплаты уже выполненной работы, и это — не единственный случай.

### БОГ — В МЕЛОЧАХ, А ДЬЯВОЛ — В КРАЙНОСТЯХ

Следующим этапом в мытарствах проектировщика является государственная экспертиза.

Раньше экспертизу проводила профильная организация, которая на ранних стадиях вариантного проектирования выбирала один из вариантов, принимая на себя ответственность за выбор.

На следующей стадии утверждались основные показатели проекта, указывались замечания при подготовке рабочей документации. При этом практически всегда давалось положительное заключение Главгосэкспертизы. Теперь же на стадии проработки предпроектных решений экспертиза не дает никаких рекомендаций по выбору варианта, а стадия «проектная документация» по объему превратилась практически в рабочую документацию: все должно быть проработано до последнего гвоздя, и никакие изменения не допустимы. Причем в течение 5-7 лет до завершения строительства!

Сегодня требуется проработать все проектные решения с детальной подробностью, госэкспертиза требует огромного пакета разрешительной и согласующей документации, получение которой находится в прерогативе заказчика. И если все технические вопросы в течение срока экспертизы снимаются проектной организацией, то разрешительная и согласующая документации, состав которых не детализирован (экспертиза часто запрашивает дополнительные материалы), почти всегда не соответствуют требованиям.

На основании этого проектная документация в экспертизе получает отрицательное заключение. Учитывая, что разрешительная документация является прерогативой властей города, в котором строится метро, было бы вполне достаточно указать на ее недостатки, которые нужно устранить до начала строительства. Кроме того экспертиза требует детализации проекта организации строительства (ПОС), конструкций и конкретных решений по составу и размещению временных сооружений, типов строительного оборудования и многого другого.

И все это — в условиях отсутствия в процессе разработки проектной документации подрядной организации, которая сама должна решать, каким оборудованием (при огромном его многообразии) выполнять работы и как ей удобно организовать строительную площадку с выполнением необходимых условий техники безопасности.

### ОСТАНОВИТЬ СТРОИТЕЛЬСТВО МОЖЕТ... БЫТОВКА

Еще одна из проблем, выявляющихся при экспертизе, — это требование привязки конкретных материалов и оборудования, которое идет вразрез с антимонопольным законодательством. Ведь до проведения закупок материалов и оборудования их торговые марки нельзя упоминать в проектной документации, а торги пройдут много лет спустя после прохождения экспертизы.

Описанное выше приводит к необходимости изменения проектной документации при разработке рабочей документации. А так как это запрещено Градостроительным кодексом РФ и Постановлением № 87, то в процессе строительства начинаются проверки техинспекций соответствия проектной документации и рабочей документации, штрафные и судебные претензии — вплоть до остановки стройки.

Поводом может послужить даже перенос какого-либо временного сооружения с одной стороны стройплощадки на другую, хотя по любым нормативным документам на стадии рабочей документации площадка



Строительная площадка станции метро «Южная» в Санкт-Петербурге

находится в зоне ответственности строительной организации, которая может вносить изменения в проект производства работ (с учетом сохранения границ землеотвода), если они не противоречат требованиям безопасности.

### КОНСЕРВАТИЗМ ВМЕСТО ТВОРЧЕСТВА И ИННОВАЦИЙ

А что же с новыми прогрессивными технологиями, внедрением новых материалов и оборудования? Первым фильтром для них является госэкспертиза, где очень неохотно рассматриваются нововведения, не имеющие известных ей положительных аналогов. Как правило, эффективность таких решений очень сложно доказать в экспертизе. Поэтому проектировщик заинтересован закладывать в проект известные хорошо зарекомендовавшие себя аналоги.



Дальше — так называемые рационализаторские решения подрядчика. Раньше за их счет находились более дешевые, продвинутые варианты, ведь не секрет, что опытный строитель может поучить теоретика-проектировщика.

Теперь в стадии разработки проектной документации подрядчик вообще не участвует, а на стадии рабочей документации ему запрещено вносить какие-либо изменения в утвержденный проект. Очевидно, что проектировщик не может знать все о новых современных материалах и оборудовании, ведь они появляются непрерывно. Но, как уже говорилось выше, никакие изменения проекта, включая самые малые, недопустимы. Даже если они могут принести огромную выгоду.

Немалую роль в торможении новых решений играет отношение эксплуатирующей организации. Несмотря на вроде бы отсутствие ее участия в проектировании линий метро, она зачастую старается не допустить внедрения инноваций, оказывая давление на заказчика и экспертизу.

Нововведения не приветствуются из-за общего консерватизма, отсутствия опыта эксплуатации новых систем и отсутствия необходимых специалистов, что, в конечном итоге, также становится непроходимым барьером. В своих требованиях, которые прикладываются к заданию на проектирование и которые часто противоречат общему заданию, выдаваемому заказчиком, эксплуатирующая организация настаивает на применении хорошо известных ей технических решений, материалов и оборудования.

### ЗАКОН МЕНЯЕТСЯ БЫСТРЕЕ, ЧЕМ СТРОИТСЯ МЕТРО

Труднопреодолимым препятствием для развития метроостроения является и законодательство. Пока строится линия метрополитена, а это 4-6 лет, появляется огромное количество изменений в законодательстве, нормативах и подзаконных актах. Часть их было бы возможно включить в проект, но этому мешают две вещи.

Во-первых, заказчик заказывает рабочую документацию с ее исполнением в сжатые сроки, и в момент появления новых норм она уже готова и передана заказчику. Средства на оперативную корректировку отсутствуют.

Во-вторых, изменения в документации в соответствии с Градостроительным кодексом РФ и Постановлением Правительства РФ № 87 недопустимы или требуют повторной экспертизы проекта, что практически невозможно. Объем нововведений к моменту завершения строительства может быть таков, что реализовать их



Станция метро «Беговая» в Санкт-Петербурге

на уже построенном объекте нереально. Однако проект все равно будет рассматриваться с учетом выполнения всех действующих норм и правил на момент проведения новой экспертизы, а значит — проблем с согласованием не избежать.

Вот тут-то в момент пуска на объектах метроостроения появляются различные инспекции, требующие выполнения действующих норм, хотя на момент утверждения проекта таковых просто не существовало.

Решение проблемы становится невозможным без вмешательства административного ресурса.

В статье указана только часть основных проблем, с которыми сталкиваются заказчик и проектная организация при разработке проектов новых линий метрополитена, на самом деле их значительно больше. ■

<https://undergroundexpert.info/>



# ТОННЕЛИ И УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

Н. Г. БОБЫЛЕВ,

к. т. н., председатель Рабочей группы № 15 («Подземное пространство и окружающая среда») Международной тоннельной ассоциации

**УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ЯВЛЯЕТСЯ ОБЩЕПРИЗНАННОЙ СТРАТЕГИЕЙ РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ. ЛИДИРУЮЩУЮ РОЛЬ В КООРДИНАЦИИ ЭТОГО ДВИЖЕНИЯ ЗАНИМАЕТ ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ. АКТУАЛЬНЫЕ ЦЕЛИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ (ЦУР) И ПРОГРАММА РАБОТЫ МЕЖДУНАРОДНОГО СООБЩЕСТВА ПО ИХ ДОСТИЖЕНИЮ БЫЛИ СФОРМУЛИРОВАНЫ В 2012 ГОДУ НА КОНФЕРЕНЦИИ ООН ПО УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ В РИО-ДЕ-ЖАНЕЙРО. ПРИ ПОДДЕРЖКЕ ГОСУДАРСТВ МИРА, В ТОМ ЧИСЛЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, В 2015 ГОДУ СОСТОЯЛОСЬ ПРИНЯТИЕ ЦУР ЧЕЛОВЕЧЕСТВА ДО 2030 ГОДА. ПОСТАВЛЕННЫЕ ЦЕЛИ ОБЪЕДИНЯЮТ ВЛАСТЬ, БИЗНЕС И ОБЩЕСТВО В МИРОВОМ МАСШТАБЕ. В РЕАЛИЗАЦИИ ЭТОЙ СТРАТЕГИИ ВАЖНУЮ РОЛЬ ИГРАЕТ МЕЖДУНАРОДНАЯ ТОННЕЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ (ИТА).**

Международная тоннельная ассоциация (ИТА) была основана в 1974 году, в настоящее время она объединяет 79 стран-членов и 219 корпоративных членов. Организация включает в себя 23 рабочие группы и 4 комитета, которые развивают профессиональные знания по различным аспектам использования подземного пространства и создания подземных сооружений. Международная тоннельная ассоциация видит устойчивое развитие в качестве одного из приоритетов своей работы.

Систематическая работа по анализу возможностей эффективного вклада нашего профессионального сообщества в достижение ЦУР началась несколько лет назад. Значимым событием стало создание специального Комитета по устойчивому развитию на Всемирном тоннельном конгрессе 2023 года в Афинах. Комитет успешно представил промежуточные итоги своей деятельности на Всемирном тоннельном конгрессе 2024 года в Шэньчжэне и планирует выступить с большим отчетом на конгрессе в Стокгольме 2025 года.



Рабочее заседание Генеральной ассамблеи Международной тоннельной ассоциации. Фото: Николай Бобылев

## ИЗ ДОСЬЕ

**БОБЫЛЕВ Николай Геннадьевич** — к. т. н., ведущий специалист ФАУ «Единый научно-исследовательский и проектный институт пространственного планирования Российской Федерации», эксперт Тоннельной ассоциации России, член Тоннельной ассоциации Северо-Запада, председатель Рабочей группы №15 («Подземное пространство и окружающая среда») Международной тоннельной ассоциации (ИТА), сопредседатель Комитета по устойчивому развитию Международной тоннельной ассоциации, редактор журнала *Tunnelling and Underground Space Technology*.



Председатель жюри фотоконкурса ИТА Ольвье Вион вручает Николаю Бобылеву приз за победу в категории «Использование подземного пространства», на экране победившая фоторабота. Фото: Кармине Тодаро

Целью Комитета является объединение экспертов из индустрии тоннелей и подземного пространства для выработки рекомендаций по стандартам, процессам и решениям в нашей отрасли для более эффективного вклада в достижение ЦУР. Комитет содействует соответствующим инновациям и разработкам во всех звеньях цепочки строительства и стадиях жизни тоннелей и подземных сооружений. В его состав входят различные группы профессионалов тоннельного бизнеса: владельцы проектов, проектировщики, строители, поставщики оборудования, эксплуатационники и государственные надзорные органы.

В 2024 году работа Комитета фокусируется на четырех специальных задачах:

- Рабочая группа А — «Анализ применимости инструмента оценки устойчивости BREEAM для тоннелей, совместная работа с экспертами BREEAM для выявления потенциальных улучшений в системе BREEAM»;

- Рабочая группа В — «Разработка рекомендаций по учету и снижению выбросов углерода в ходе жизненного цикла подземных проектов на ранних этапах проектирования»;

- Рабочая группа С — «Анализ и создание базы данных проделанной на сегодняшний день работы по тематике устойчивого развития подземных сооружений. Обзор состояния практики применения принципов ЦУР в работе организаций, занимающихся тоннелестроением и подземным пространством»;

- Рабочая группа D — «Равенство, разнообразие и инклюзивность. Разработка рекомендаций по внедрению принципов ESG (экологическое, социальное и корпоративное управление) в тоннельной отрасли».

Каждая группа включает в себя около 20 международных междисциплинарных экспертов, которые раз в два месяца проводят рабочие совещания.

Недавним значимым событием для продвижения принципов устойчивого развития и повышения вклада тоннелестроения в достижение ЦУР стал Всемирный тоннельный конгресс (WTC) 2024 года в Шэньчжэне (Китай). На Генеральной ассамблее Международной тоннельной ассоциации, прошедшей в его рамках, неоднократно поднимались вопросы, связанные непосредственно с ЦУР. В частности, Михал Млынар, помощник Генерального секретаря Организации Объединенных Наций, исполнительный директор ООН-Хабитат, подчеркнул значимость нашей отрасли для достижения этих целей. Отмечалась, в том числе, особая роль тоннелей для адаптации и повышения устойчивости развития городов в свете глобальных климатических изменений. Слушателями пленарных выступлений конгресса стало более 2,7 тыс. участников, включая экспертов, ученых и представителей промышленности из 65 стран и регионов. Было представлено 195 научных докладов. ■



Открытие Всемирного тоннельного конгресса 2024 года. Фото: Джузеппе Гаспари

# О РАЗРАБОТКЕ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО ТОННЕЛЕСТРОЕНИЯ

А. С. МАРЕНКОВ,  
главный специалист ФАУ «ФЦС»

**С 2015 ГОДА МИНСТРОЙ РОССИИ АКТИВНО РАЗВИВАЕТ НОРМАТИВНУЮ ТЕХНИЧЕСКУЮ БАЗУ, В ТОМ ЧИСЛЕ, ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА. В ЧАСТНОСТИ, В 2024 ГОДУ В ОБЛАСТИ ТОННЕЛЕСТРОЕНИЯ ЗАПЛАНИРОВАНЫ РАЗРАБОТКА ОДНОГО СВОДА ПРАВИЛ И ПРОВЕДЕНИЕ ДВУХ ПРИКЛАДНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.**

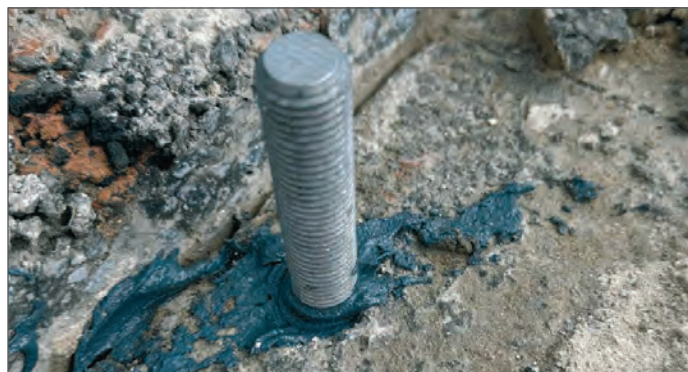
## ВВЕДЕНИЕ

В 2024 году проводятся работы по разработке свода правил «Бетонные и железобетонные конструкции транспортных сооружений тоннелей и метрополитенов. Правила ремонта».

Дополнительно для развития нормативно-технической базы Минстроем России инициировано проведение необходимых научных исследований, результаты которых по их завершению будут внедрены в нормативную техническую базу. А именно: научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по темам «Разработка методики прогнозирования скорости износа режущего инструмента механизированных щитовых комплексов при сооружении транспортных тоннелей и метрополитенов на основании исследований абразивности грунтов» и «Экспериментальные исследования анкеров химических креплений отечественного производства для применения на объектах транспортного назначения (мосты, автомобильные и железнодорожные тоннели и т. п.), в том числе при высоких нагрузках».

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящее время требований, установленных в СП 120.13330.2022 «СНиП 32-02-2003. Метрополитены» и СП 122.13330.2023 «СНиП 32-04-97. Тоннели железнодорожные и автодорожные», недостаточно. Данные своды правил необходимо дополнить правилами проектирования, производства и приемки работ при выполнении капитального ремонта подземных сооружений транспортного назначения (транспортных тоннелей и метрополитена). СП 120.13330.2022 распространяется только на новое строительство и реконструкцию, требования к проведению капитального ремонта не установлены.



Профессиональное сообщество (Тоннельная ассоциация России, в составе которой более 50 членов — научные, проектные, учебные и производственные организации в области подземного строительства, в том числе такие авторитетные, как Институт «Мосинжпроект», АО «ЦНИИТЭС» и др.) неоднократно высказывало свою позицию по вынесению вопросов, касающихся ремонта ж/б и бетонных конструкций транспортных сооружений тоннелей и метрополитенов, в отдельный свод правил.

Это связано в первую очередь с тем, что если вносить изменение в СП 120.13330.2022 касаясь ремонта, то документ будет увеличен по объему практически в два раза, им будет трудно пользоваться.

Вместе с тем основой для разработки положений нового свода правил послужили результаты проведенного в 2022 году НИОКР по теме «Исследование современных методов капитального ремонта и реконструкции подземных сооружений транспортного назначения».

В новом документе будут установлены требования к техническим решениям по применению технологии устройства компрессионной герметизации деформационных швов и установлению диапазона допустимого снижения паропроницаемости для объекта ремонта, что обеспечит снижение стоимости эксплуатационных затрат за счет

увеличения сроков службы строительных конструкций, повышающих межремонтные периоды. Будет внедрен новый способ устройства компрессионной герметизации швов, примыканий, сопряжений, трещин, расщелин.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ИЗНОСА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

В результате НИОКР по теме «Разработка методики прогнозирования скорости износа режущего инструмента механизированных щитовых комплексов при сооружении транспортных тоннелей и метрополитенов на основании исследований абразивности грунтов» планируется разработка методики подбора режущего инструмента в разных инженерно-геологических условиях. С целью повышения износостойкости будут установлены нормируемые параметры по результатам проведенных исследований свойств сыпучих грунтов, включающие в себя полученные зависимости скорости износа режущего инструмента тоннеле-проходческих щитов от абразивности. Под заданную скорость проходки в зависимости от вида грунта станет возможно подобрать режущий инструмент. Ожидаемые результаты позволят создать техническую базу для актуализации СП 120.13330.2022 и СП 122.13330.2023. Исследование и обоснование прогноза абразивных свойств сыпучего грунта по результатам их лабораторных испытаний и статистики замен режущего инструмента на ТПМК также позволит разработать ГОСТ «Подбор режущего инструмента механизированных щитовых комплексов при сооружении транспортных тоннелей и метрополитенов».

Стоимость заменяемого режущего инструмента составляет от 1 до 15 евро на 1 м<sup>3</sup> разрабатываемого грунта при среднем показателе 5 евро на 1 м<sup>3</sup>. Снижение стоимости работ на 20% (1 Евро/м<sup>3</sup>) за счет проведения плано-предупредительных замен режущих инструментов при годовой разработке грунта 2300 м<sup>3</sup> (в Москве задействовано 23 ТПМК, обеспечивающих каждый проходку тоннелей 2,5 км тоннелей в год) только для российской столицы даст годовой экономический эффект около 190 млн рублей за счет возможности подбора режущего инструмента в зависимости от конкретных геологических условий, а именно абразивности и истираемости, влияющих на изнашиваемость резцов инструмента.

## ИССЛЕДОВАНИЕ АНКЕРНЫХ ХИМИЧЕСКИХ КРЕПЛЕНИЙ

НИОКР по теме «Экспериментальные исследования анкеров химических креплений отечественного производства для применения на объектах транспортного на-

значения (мосты, автомобильные и железнодорожные тоннели и т. п.), в том числе при высоких нагрузках», проводятся в связи с тем, что в настоящее время отсутствуют стандартизированные методики по определению основных физико-химических характеристик именно клеевых композиций (на эпоксидной и эпоксикарилатной основах). Соответственно, необходима стандартизация с учетом их специфики (время полимеризации, время отверждения, время набора прочности).

Целью НИОКР является получение нормируемых параметров при использовании химических анкерных креплений отечественного производства при проведении работ по ремонту на объектах транспортной инфраструктуры. Будут установлены диапазон для минимального краевого расстояния, минимального межосевого расстояния, коэффициент условий работы, допускаемые вытягивающие и срезающие нагрузки на объектах (в том числе при высоких нагрузках) в различных зонах влажности и в зависимости от степени воздействия окружающей среды. Обоснованное внесение изменений в НТД обеспечит внедрение материалов и технологий (анкерных химических креплений отечественного производства и их составляющих — pistolеты для картриджей, сетчатые гильзы, насосы и т. п.) в сегменте рынка в среднем в 1,25 раза (в денежном эквиваленте: 155 млн рублей) при объеме рынка в 2021–2022 гг. в 790,8 т (615 млн рублей в стоимостном выражении). Это в свою очередь даст эффективность в размере 49,6 млн рублей, затем 248 млн рублей нарастающим итогом за 5 лет — в 7,63 раза и в 41,3 раза соответственно. Также будут сокращены объемы и сроки ремонтно-восстановительных работ (в том числе на объектах транспортной инфраструктуры), что приведет к сокращению затрат на строительство / ремонтно-восстановительные работы на 1,1–1,2% ежегодно (в денежном эквиваленте только по Москве эффективность составит 45–55 млн рублей ежегодно).

Таким образом, эффективность внедрения результатов данных НИОКР будет составлять: 49,6+55=104,6 млн рублей (248 + 275 = 523 млн в пятилетней перспективе).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Качественное изменение и развитие системы нормативного технического регулирования в строительной отрасли является приоритетным направлением нашей работы. ФАУ «ФЦС» в ежедневном режиме реализовывает самые амбициозные задачи, направленные на решение стратегических вызовов, которые стоят перед страной, в том числе в области транспортного тоннелестроения. ■**

# АНАЛИЗ ПРОЕКТНЫХ СКОРОСТЕЙ СТРОИТЕЛЬСТВА ТОННЕЛЕЙ, СООРУЖАЕМЫХ ТПМК

Е. И. КУЧУРКИНА  
(ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации»)

СТАТЬЯ НАПИСАНА С ЦЕЛЬЮ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ РАСЧЕТА И АНАЛИЗА ПРОЕКТНЫХ СКОРОСТЕЙ ПРОХОДКИ ТОННЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОБЩЕЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РАБОТЫ ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКИХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ (ТПМК). ДАННЫЙ ВОПРОС РАССМАТРИВАЕТСЯ НА ПРИМЕРЕ СООРУЖЕНИЯ ПЕРЕГОННЫХ ТОННЕЛЕЙ ИЗ СБОРНОЙ ВЫСОКОТОЧНОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ОБДЕЛКИ КРУГОВОГО ОЧЕРТАНИЯ С НАИБОЛЕЕ ЧАСТО ВСТРЕЧАЮЩИМИСЯ В МЕТРОПОЛИТЕНЕ ГАБАРИТАМИ (НАРУЖНЫЙ ДИАМЕТР — 6,0 М, ВНУТРЕННИЙ — 5,4 М).

С каждым годом стремительно возрастает количество построенных тоннелей метрополитенов. Так, в 2022 году только в Москве появились 14 км новых линий метро, а в 2023 уже в 2,5 раза больше — 36 км. Современные ТПМК обладают такими техническими возможностями, которые позволяют сооружать тоннели большой протяженности. При этом они способны достигать высоких скоростей проходки в различных инженерно-геологических условиях, обеспечивая качество сооружаемых конструкций и безопасность производства работ.

Нормативной документацией на данный момент нормы расчета и значений проектных скоростей сооружения тоннелей с применением ТПМК не регламентируются. Стоимость строительства при этом напрямую зависит от продолжительности эксплуатации проходческих комплексов.

Скорости сооружения тоннелей метрополитенов ТПМК варьируются в диапазоне от 50 до 450 пог. м/мес. В большинстве случаев в ПОС скорость принимается ориентировочно, исходя из проходческого опыта. Уточнение скорости проходки осуществляется на этапе разработки технологического регламента на сооружение тоннелей щитовым способом на основании составляемых циклограмм.

При разработке циклограммы необходимо учитывать множество определяющих факторов, так как она в действительности является единственным обоснованием проектных скоростей проходки, учитывая инженерно-геологические условия, вид транспортировки разработанной породы из забоя, геометрические параметры трассы тоннелей в плане и профиле и др. Основные операции технологического цикла [1] представлены на рис. 1.

Рассмотрим определение скоростей проходки тоннелей метрополитена на примере сравнения двух вариантов их сооружения.

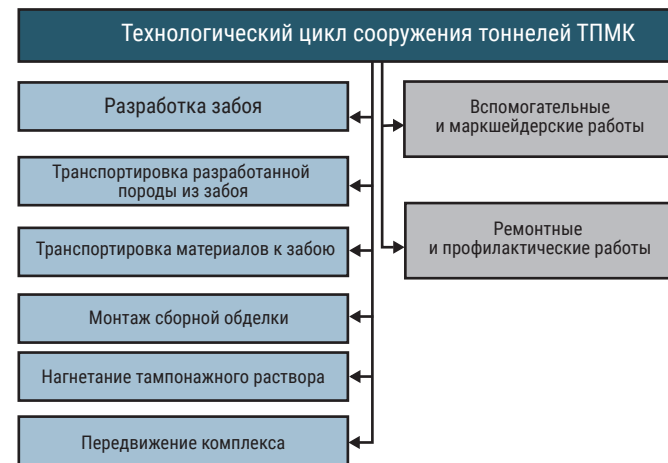


Рис. 1. Технологический цикл сооружения тоннелей ТПМК

Вариант № 1: сооружение правого перегонного тоннеля ТПМК Herrenknecht S-791 с обделкой Днар/Двн = 6,0/5,4 и шириной кольца 1,4 м, с транспортировкой разработанной породы системой ленточных конвейеров.

Вариант № 2: сооружение левого перегонного тоннеля ТПМК ZTE 6250 DL с обделкой Днар/Двн = 6,0/5,4 и шириной кольца 1,5 м, с транспортировкой разработанной породы в вагонетках дизелевозом.

Протяженность тоннеля в обоих случаях ~1500 м. Трасса тоннелей состоит из 4 криволинейных (общей протяженностью ~741,5, радиус поворота от 350 до 800 м [2]) и 3 прямолинейных (общей протяженностью ~691 м) участков. Уклон трассы перегонных тоннелей изменяется от 3 до 40 ‰ [2]. Грунты основания проектируемых тоннелей — суглинки водонасыщенные.

## АНАЛИЗ И ИЗУЧЕНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

На первом этапе необходимо изучить условия строительства и рассмотреть подробнее нижеследующие технологические операции.

### Разработка забоя

Время, затрачиваемое на разработку породы, определяется исходя из ширины кольца и скорости резания. Скорость резания, также называемая теоретической скоростью продвига ТПМК [3], определяется согласно техническим характеристикам комплекса и может составлять от 1 до 6 см/мин.

Скорость резания, закладываемая в расчет, принимается в зависимости от инженерно-геологических условий (тип породы, наличие подземных вод и т. д.) и геометрии трассы тоннеля в плане [4] (прямой или кривой участок, на кривых участках скорость резания ниже, чем на прямых).

В инженерно-геологических условиях рассматриваемых примеров на прямых участках скорость резания принята 3 см/мин, на кривых — 2 см/мин.

### Транспортировка разработанного грунта

В варианте № 1 транспортировка породы производится дизелевозом в 6 вагонетках с кублами по 5 м³. Объем разрабатываемого грунта с  $K_p=1,35$  составит 62 м³. В данном случае учитываются время формирования и транспортировки грузов на уклоне 0,039 со скоростью 5 км/ч, средняя дальность возки (половина перегона), вынужденные остановки продвига ТПМК на время вывоза породы и возврата порожняка из-за ограничения веса поезда мощностью дизелевоза.

В варианте №2 транспортировка породы осуществляется посредством ленточных конвейеров параллельно с разработкой породы. Также учитывалось время на наращивание конвейеров по трассе.

### Работы по техническому обслуживанию ТПМК (профилактические)

Для обеспечения нормальной работы ТПМК и безопасности осуществления работ по проходке ежедневно необходимо производить работы по техническому обслуживанию комплекса. Перечень их, согласно инструкции, представлен в табл. 1.

Таблица 1

Продолжительность ежедневных работ по техническому обслуживанию (ТО), требующих остановки ТПМК, на основании инструкции по эксплуатации

Узел/детали	Общее время проведения проверки (мин)
1. Буровая головка/режущий ротор	60
2. Главный привод	33
3. Нагнетание раствора за тьюбинг	24
4. Устройство для подачи тьюбингов	19
5. Захватная система (тьюбинг, установочная плита механическая)	15
6. Ленточные транспортеры	15
7. Электрооборудование	15
8. Блокукладчик	14
9. Гидроагрегат	14
10. Шнековый транспортер	10
11. Смазка консистентной смазкой	5
12. Крановые установки и подъемники	5
13. Водяные контуры	4
14. Компрессорная установка	4
15. Кабельный барабан	4
Общее время проведения ежедневного ТО, мин	241
Общее время проведения ежедневного ТО, ч	4

Согласно табл. 1, продолжительность ежедневных работ составляет 4 ч. Из этого следует, что при определении технологической скорости необходимо закладывать 20 маш/ч в сутки, а не 24 ч.

## ПРОДОЛЖИТЕЛЬНЫЕ РЕМОНТНЫЕ РАБОТЫ

В отличие от вспомогательных работ, таких как наращивание коммуникаций, маркшейдерские работы и т. д., которые производятся на протяжении всего цикла параллельно с другими операциями, ремонтные работы требуют обязательной остановки ТПМК. Необходимо учитывать регламентные работы по обслуживанию работоспособности комплекса, требующие обязательной остановки проходки, превышающие по продолжительности время, предусмотренное на ежедневные профилактические работы. Необходимость в таких ремонтных работах и их периодичность определяются исходя из со-





Вариант №2

Доставка материалов к забою осуществляется дизелевозом двумя составами со скоростью 5 км/ч [6].

Суммарная продолжительность ежедневных профилактических работ составит (с учетом совмещения работ):

$$t = 6 \text{ мес.} \cdot 30 \text{ дн.} \cdot 4 \text{ ч} = 720 \text{ ч}$$

Полученная продолжительность ремонтных работ, закладываемая в циклограмму (п. 12), составит:

$$\tau = \frac{1045 \text{ ч} - 720 \text{ ч}}{933 \text{ колец}} = 0,34 \text{ ч/кольцо} \sim 20 \text{ мин/кольцо}$$

Скорость проходки для прямолинейных участков составит:

$$V_{\text{крив.}} = \frac{20 \text{ ч} \cdot 30 \text{ дн.}}{3,8 \text{ час}} \cdot 1,5 \text{ м} = 237 \text{ м/мес.}$$

Скорость проходки для криволинейных участков составит:

$$V_{\text{пр.}} = \frac{20 \text{ ч} \cdot 30 \text{ дней}}{4,17 \text{ час}} \cdot 1,5 \text{ м} = 216 \text{ м/мес.}$$

№	Наименование работ	Ед. изм.	Кольцо	Трудозатраты (чел./час)		Продолжительность (мин)	Кольцо рабочих	Обосн. норм	I час				II час				III час				IV час											
				На ед.	всего				минуты																							
									10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
1	Приготовление и загрузка раствора в состав №1	м³	4		20				10	10	10	10																				
2	Доставка емкостей раствора в забой, средняя дальность возки 700 м	т	36		20								10	10	10	10																
3	Разгрузка раствора	м³	4		20									10	10	10	10															
4	Возврат МЩК состава №1 с породой	т	136		30												10	10	10	10												
5	Доставка порожнего состава №2 и блоков	шт.	51		20															10	10	10	10									
6	Вывоз состава №2 и блоков	т	20		30																			10	10	10	10					
7	Разработка породы (63 м³ с Кр = 1,35) с продвижением ТПМК при средней скорости резания 3 см/мин	м³	62		150/3=50																											
8	Нагнетание тампонажного раствора за обделку	м³	4		50																											
9	Очистка оболочки (лотка), откачка	кольцо	1		10																											
10	Монтаж блочной высокоточной обделки (5+1)	кольцо	1		40																											
11	Вспомогательные работы (наращивание коммуникаций, маркшейдерские работы, загрузка технологических компонентов в заправочные емкости ТПМК, и т.д.)	-	-		50																											
12	Продолжительные ремонтные работы, требующие остановки ТПМК (удлинение высоковольтного кабеля, замена щеток хвостового уплотнения, шарошек)	-	-		20																											
									Итого 3,8 часа																							

Рис. 4. Циклограмма на проходку 1-го кольца по Варианту № 2 для прямолинейных участков

Средняя скорость проходки на всю трассу:

$$V_{\text{ср.}} = \frac{237 + 216}{2} = 226,5 \text{ м/мес.}$$

ВЫВОДЫ

В заключение хотелось бы выделить основные моменты, которые были определены в процессе выполнения данного исследования:

Время работы ТПМК для расчета скорости по формуле (1) – 20 ч в сутки, так как 4 ч в сутки занимают обязательные профилактические работы (ТО).

При разработке календарных графиков проходки, в сметной документации при определении количества маш/ч работы ТПМК и т. д. необходимо учитывать, что продолжительность строительства перегонных тоннелей (определяемая по [5]) – это время их полного сооружения, которое включает в себя время на непосредственно щитовую проходку без учета времени на устройство коммуникаций, верхнего строения пути и других работ.

Скорость проходки ТПМК определяется как усредненное значение скоростей проходки криволинейных и прямолинейных участков. При этом для прямолинейных

№	Наименование работ	Ед. изм.	Кольцо	Трудозатраты (чел./час)		Продолжительность (мин)	Кольцо рабочих	Обосн. норм	I час				II час				III час				IV час				V час			
				На ед.	всего				минуты																			
									10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
1	Приготовление и загрузка раствора в состав №1	м³	4		20				10	10	10	10																
2	Доставка емкостей раствора в забой, средняя дальность возки 700 м	т	36		20								10	10	10	10												
3	Разгрузка раствора	м³	4		20									10	10	10	10											
4	Возврат МЩК состава №1 с породой	т	136		30												10	10	10	10								
5	Доставка порожнего состава №2 и блоков	шт.	51		20															10	10	10	10					
6	Вывоз состава №2 и блоков	т	20		30																			10	10	10	10	
7	Разработка породы (63 м³ с Кр = 1,35) с продвижением ТПМК при средней скорости резания 3 см/мин	м³	62		150/2=75																							
8	Нагнетание тампонажного раствора за обделку	м³	4		75																							
9	Очистка оболочки (лотка), откачка	кольцо	1		10																							
10	Монтаж блочной высокоточной обделки (5+1)	кольцо	1		40																							
11	Вспомогательные работы (наращивание коммуникаций, маркшейдерские работы, загрузка технологических компонентов в заправочные емкости ТПМК, и т.д.)	-	-		50																							
12	Продолжительные ремонтные работы, требующие остановки ТПМК (удлинение высоковольтного кабеля, замена щеток хвостового уплотнения, шарошек)	-	-		20																							
									Итого 4,17 часа																			

Рис. 5. Циклограмма на проходку 1-го кольца по Варианту № 2 для криволинейных участков

участков принимается скорость резания, обоснованная техническими характеристиками ТПМК, а на криволинейных – значение, меньшее на 1–2 см/мин.

При определении продолжительности проходки тоннелей необходимо учитывать длительные ремонтные работы, требующие полной остановки комплекса. Для этого при разработке циклограмм необходимо закладывать дополнительно 20-30 мин на один цикл.

Для рассмотренных вариантов проходки тоннелей одинакового диаметра получены следующие показатели:

- скорость проходки на криволинейных участках – 216-221 пог. м/мес.;

- скорость проходки на прямолинейных участках – 237-254 пог. м/мес.;
- итоговая (средняя) скорость – 226,5-237,5 пог. м/мес.

Скорость проходки тоннелей механизированными тоннелепроходческими комплексами зависит от множества факторов. Точно определить степень значимости тех или иных аспектов при расчете средней скорости не представляется возможным. Однако следует заметить, что в первую очередь при расчете скорости сооружения тоннелей и продолжительности строительства рекомендуется учитывать аспекты, рассмотренные в данной работе. ■

Литература

- СТО НОСТРОЙ 2.27.19-2011 «Сооружение тоннелей тоннелепроходческими механизированными комплексами с использованием высококачественной обделки».
- СП 120.13330.2022 «Метрополитены».
- Технические рекомендации по проектированию двухпутных тоннелей метрополитена, сооружаемых щитами с активным пригрузом забоя и водонепроницаемой сборной железобетонной обделкой в гидрогеологических условиях московского региона. 2018.
- В. Е. Меркин, В. П. Самойлов. Руководство по проектированию и строительству тоннелей щитовым методом – пер. с англ. с доп. и коммент. – М.: 2009. – 446 с.
- МРР-3.2.81-12. Рекомендации по определению норм продолжительности строительства зданий и сооружений, строительство которых осуществляется с привлечением средств бюджета города Москвы.
- ПБ 03-428-02. Правила безопасности при строительстве подземных сооружений.

# О ТОННЕЛЬНЫХ РЕШЕНИЯХ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ЮЖНОГО КЛАСТЕРА

**В. А. МАРКОВ,**  
заместитель генерального директора по проектированию метрополитенов;  
**И. Б. ВАСИЛЕВСКАЯ,**  
руководитель группы генерального плана  
отдела «Организация и механизация строительных работ»  
(АО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»)

*В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ СЛОЖИЛАСЬ СЛОЖНАЯ СИТУАЦИЯ С АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ НА ЧЕРНОМОРСКОМ ПОБЕРЕЖЬЕ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ. ТРАССА ДОРОГИ ОТ НОВОРОССИЙСКА ДО АДЛЕРА – ДВУХПОЛОСНАЯ (ПО ОДНОЙ ПОЛОСЕ В КАЖДОМ НАПРАВЛЕНИИ). ОНА НЕ СООТВЕТСТВУЕТ СОВРЕМЕННЫМ ПАРАМЕТРАМ, НО ЯВЛЯЕТСЯ ЕДИНСТВЕННОЙ АВТОМАГИСТРАЛЬЮ, СОЕДИНЯЮЩЕЙ ПРИМОРСКИЕ ГОРОДА. ПРИНЦИПИАЛЬНОЕ УЛУЧШЕНИЕ СИТУАЦИИ, УЧИТЫВАЯ ГОРНЫЕ УСЛОВИЯ, НЕ ПРЕДСТАВЛЯЕТСЯ ВОЗМОЖНЫМ БЕЗ СТРОИТЕЛЬСТВА ТОННЕЛЕЙ.*



Автомобильная дорога проходит в горах, недалеко от побережья Черного моря, огибая существующий рельеф, в связи с чем она имеет сложную геометрию как в плане, так и в высотном отношении. Скорость движения почти по всей трассе существенно

ограничена. На всем протяжении дороги идет сплошной поток автотранспорта в обоих направлениях, что делает обгон практически невозможным. Проезд от Туапсе до Адлера (менее 100 км) занимает более 3 ч. Кроме того, трасса автодороги – фактически тупиковая, так как она

идет в одну сторону до госграницы с Абхазией, а в другую – до горного курорта Красная Поляна.

В настоящее время наметились реальные подвижки по принципиальному улучшению ситуации. Принято решение о строительстве до 2030 года дороги от Туапсе до Адлера. Проект получил название «Южный кластер». Платная магистраль будет иметь по 2 полосы в каждую сторону и пройдет глубоко в горах. Для ее спрямления намечается строительство большого количества инженерных сооружений в виде мостов и тоннелей, что позволит довести скорость движения автотранспорта до 110 км/ч.

Кроме того, в настоящее время ведется проработка проекта дороги от Красной Поляны на север, с уникальным тоннелем под Кавказским хребтом. Новая трасса закольцует регион и сделает его доступнее для транспорта. Для уменьшения вредного воздействия на существующий биосферный заповедник тоннель под северным Кавказским хребтом предлагается длиной около 30 км без строительства рабочих стволов. Вентиляционные стволы планируется сооружать снизу вверх с отводом земли только под венткиоски (около 100 м<sup>2</sup>).

Но это в будущем. А сейчас началось строительство нового участка от поселка Кудепсты до автодороги на Красную Поляну, с примыканием к ней севернее аэропорта Сочи в Адлере. Указанная трасса позволит объехать самый загруженный участок автодороги Сочи – Красная Поляна и выехать из города в аэропорт и Красную Поляну, миновав Адлер.

До начала работ были рассмотрены более шести вариантов дороги. Средняя протяженность трассы составила около 8 км. На всем протяжении дорога имеет 4 полосы (по 2 в каждом направлении). При этом варианты отличались количеством инженерных сооружений (до 3–4 тоннелей и 4–5 мостов).

После детальной проработки, в связи с малыми сроками строительства и сложностями с отведением для него земельных участков, был принят вариант с одним тоннелем длиной более 6 км. В настоящее время начались подготовительные работы по его сооружению.

Учитывая длину объекта подземного строительства и среднюю скорость проходки, было принято решение параллельно пройти 2 тоннеля (для двухполосного движения автотранспорта в каждом направлении) с помощью тоннелепроходческого механизированного комплекса. ТПМК предполагается смонтировать на восточном портале (со стороны аэропорта) и последовательно, с интервалом 4–6 мес., направить в сторону западного портала.

Строительство автодорожного тоннеля такого класса, длиной более 6 км, производится первый раз в истории нашей страны, включая времена СССР. В связи с этим

впервые применены технические новинки, отсутствовавшие в практике тоннелестроения в России.

Так, тоннель предполагается выполнять с применением ТПМК круглого очертания. Диаметр проходческого комплекса составляет около 12 м. Такой ТПМК позволяет собирать обделку тоннеля из железобетонных блоков без применения мокрых процессов. Скорость проходки тоннеля составит 250–300 м/мес. Для ускорения строительства одновременно с проходкой предусмотрен монтаж жесткого основания под дорожное покрытие, которое будет выполнено из сборных железобетонных элементов, монтируемых с минимальным отставанием от проходческих работ.

Для вентиляции тоннеля, примерно на его середине, предусмотрено строительство вентиляционного ствола диаметром 7,5–8 м. В его нижней части выполняются вентиляционные камеры с вентиляторами, обеспечивающими независимое присоединение к обоим тоннелям. Для обеспечения раздачи воздуха по длине сооружения в нем, в его центральной части, устраивается подшивной потолок с клапанами, открываемыми (закрываемыми) в соответствии с режимом проветривания.

Для эвакуации людей, в случае возникновения пожара, через 300–700 м предусмотрены эвакуосбойки, обеспечивающие соединение тоннелей.

Выдача грунта, разработанного ТПМК, осуществляется ленточными транспортерами, автоматически удлиняющимися вслед за проходкой тоннеля. Доставка железобетонных блоков и прочих расходных материалов производится специальным дизельным автотранспортом.

Параллельно с проходкой выполняются работы по строительству западного портала и достройке восточного. После демонтажа ТПМК сразу выполняются работы по чистовой достройке, отделке тоннеля и монтажу оборудования.

Тоннель оснащается современными системами автоматики, сигнализации и связи (АСС), включающими в себя автоматизированную систему управления технологическими процессами (АСУ ТП), системы противопожарной защиты, транспортной безопасности и связи. Централизованное управление данными системами осуществляется из диспетчерского центра тоннеля.

Общий срок строительства, от начала подготовительных работ до сдачи тоннеля в эксплуатацию, составит менее 5 лет. ■



www.lmgt.ru

# ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ НА СКОРОСТНЫХ МАГИСТРАЛЯХ ПОД ДЕЙСТВУЮЩИМИ ПУТЯМИ СООБЩЕНИЯ В МОСКВЕ

Н. А. СУЛА,

ст. преподаватель кафедры «Мосты, тоннели и строительные конструкции» МАДИ

**СТРОИТЕЛЬСТВО АВТОТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ ПОД ДЕЙСТВУЮЩИМИ ПУТЯМИ СООБЩЕНИЯ ЯВЛЯЕТСЯ АКТУАЛЬНОЙ ЗАДАЧЕЙ ДЛЯ КРУПНЫХ ГОРОДОВ. АЛЬТЕРНАТИВНЫМИ СПОСОБАМИ СТРОИТЕЛЬСТВА ТОННЕЛЕЙ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ ПОД ЖЕЛЕЗНЫМИ И АВТОМОБИЛЬНЫМИ ДОРОГАМИ ЯВЛЯЮТСЯ СПОСОБ ПРОДАВЛИВАНИЯ И СПОСОБ СТРОИТЕЛЬСТВА ТОННЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ ИЗ ТРУБ, О ЧЕМ БОЛЕЕ ПОДРОБНО РАССКАЗЫВАЛОСЬ В СТАТЬЕ «ПРОХОДКА АВТОТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ ПОД ДЕЙСТВУЮЩИМИ ПУТЯМИ СООБЩЕНИЯ» В № 37 ЖУРНАЛА «ПОДЗЕМНЫЕ ГОРИЗОНТЫ».**

Москва занимает лидирующее положение среди отечественных городов в отношении объемов реализуемого подземного транспортного строительства, в том числе в сооружении автотранспортных тоннелей.

По трассе Московского скоростного диаметра (МСД), новой городской автомагистрали, включающей в себя участки Северо-восточной и Юго-восточной хорд, пролегают два тоннеля на пересечении с крупными действующими городскими транспортными артериями (рис. 1). Один из них, тоннель №1, расположен под железнодорожными путями Павелецкого направления, другой, тоннель №2, — под Московской кольцевой автомобильной дорогой (МКАД) в южной части города. Расстояние между двумя этими тоннелями составляет 4,4 км. Оба тоннеля сооружались с применением защитных экранов из труб, однако для каждого из них применялись различные конструктивно-технологические решения. Тоннель №1 на пересечении с железной дорогой (участок строительства ЮВХ-9.5) был открыт для движения в 2023 году, тоннель №2 на пересечении с МКАД (участок строительства ЮВХ-10) готовится к открытию в ближайшее время.

Тоннель №1 на участке ЮВХ-9.5 имеет прямолинейное плановое очертание и проходит в теле железнодорожной насыпи (рис. 2). Тоннель состоит из двух разнесенных между собой проездов. Левый проезд по ходу пикетажа трассы имеет ширину проезжей части 13,25 м, правый — 17,0 м. Тоннельная обделка каждого из про-

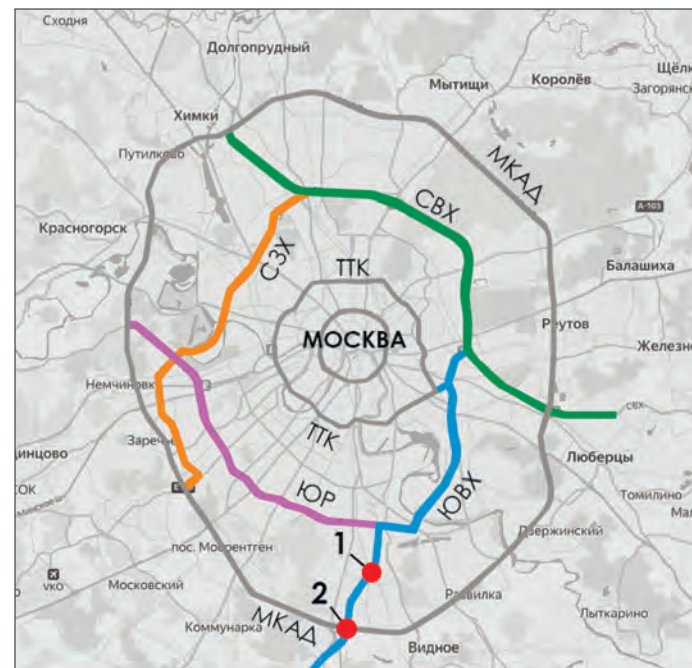


Рис. 1. Схема расположения новых тоннелей на хордовых автомагистралях Москвы:  
1 — тоннель №1 на участке ЮВХ-9.5; 2 — тоннель №2 на участке ЮВХ-10; СЗХ — Северо-Западная хорда; СВХ — Северо-Восточная хорда; ЮВХ — Юго-Восточная хорда; ЮР — Южная рокада; ТТК — Третье транспортное кольцо; МКАД — Московская кольцевая автомобильная дорога

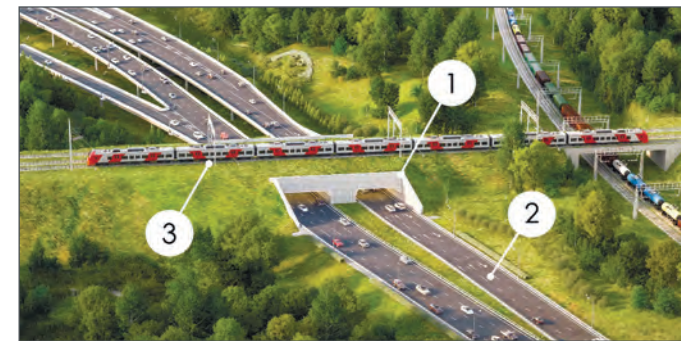


Рис. 2. Визуализация тоннеля №1:  
1 — тоннель; 2 — Юго-Восточная хорда; 3 — железнодорожные пути Павелецкого направления

ездов выпалена в виде прямоугольной монолитной железобетонной рамы на естественном основании. Общая ширина обделки левого проезда составляет 17,25 м, правого — 21,4 м (рис. 3).

Инженерно-геологические условия представлены песчано-глинистыми грунтами естественной влажности с включениями строительного мусора. Грунтовые воды залегают ниже лотковой плиты тоннельной обделки.

По внешнему периметру каждой из обделок предусмотрены защитные экраны, выполненные из стальных труб  $\varnothing 1020$  мм. Верхние горизонтальные и боковые вертикальные плоскости защитных экранов выполнены сплошными, а нижние — прерывистыми, из отдельных опорных труб. Трубы сплошных экранов снабжены специальными направляющими замковыми устройствами

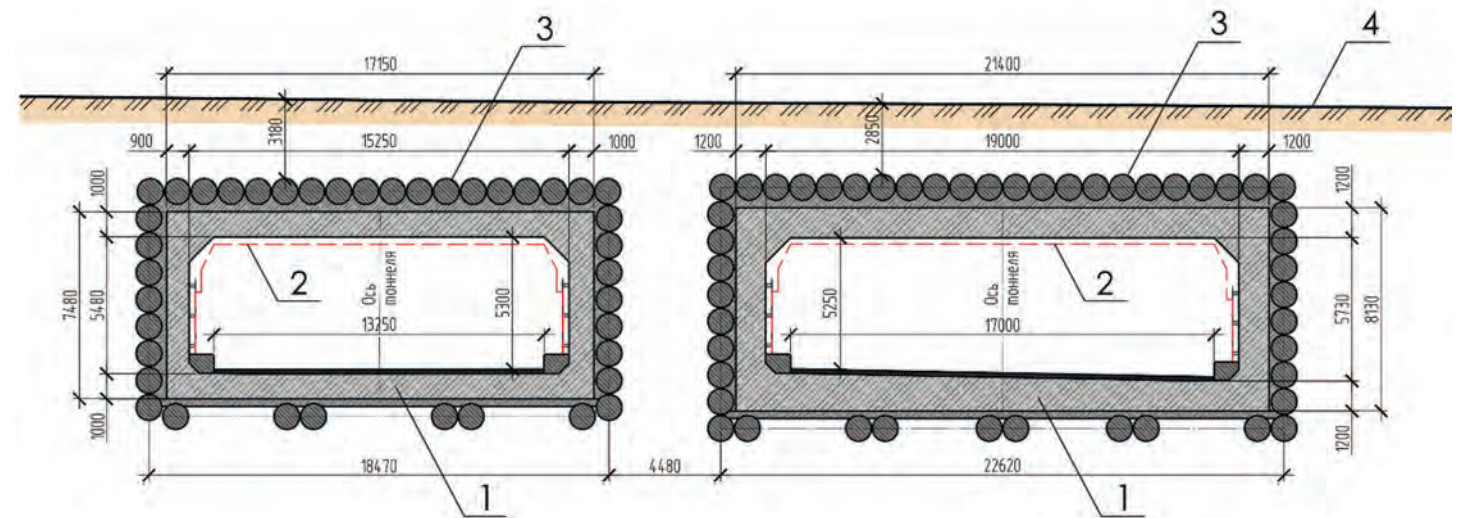


Рис. 3. Поперечное сечение тоннеля №1:  
1 — обделка тоннеля; 2 — контур габарита приближения строений и оборудования; 3 — защитный экран из труб; 4 — поверхность земли

внутреннего типа (рис. 4), что позволило снизить сопротивление трению при продавливании труб, а также избежать повреждения и деформаций самих замковых устройств.

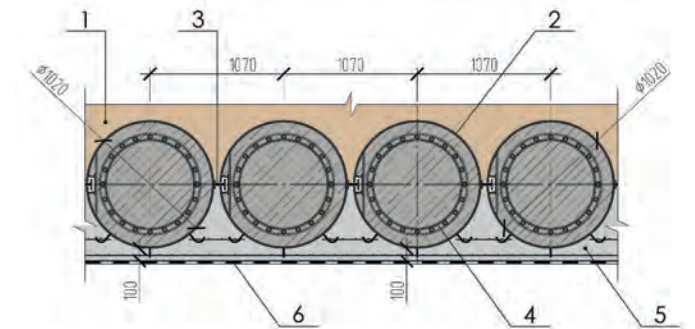


Рис. 4. Конструкция защитного экрана из труб:  
1 — грунт; 2 — стальная труба экрана; 3 — замковое устройство внутреннего типа; 4 — арматурный каркас; 5 — выравнивающий слой из набрызгбетона; 6 — полимерная бесшовная гидроизоляция пути Павелецкого направления

Впервые среди подобных тоннелей, помимо опережающей контурной крепи в виде экрана из труб и забойной крепи из отдельных горизонтальных грунтоцементных свай, были применены сплошные отсечные грунтоцементные массивы (рис. 5), которые способствовали

снижению деформаций труб защитного экрана под железнодорожными путями при проходке, ограничивали свободный расчетный пролет труб, а также обеспечивали надежное закрепление лба забоя на примыкающих к грунтоцементным массивам заходках. Размещение отсечных массивов внутри забоя было взаимосвязано с направлением и этапами проходки, а также бетонированием основной конструкции тоннеля.

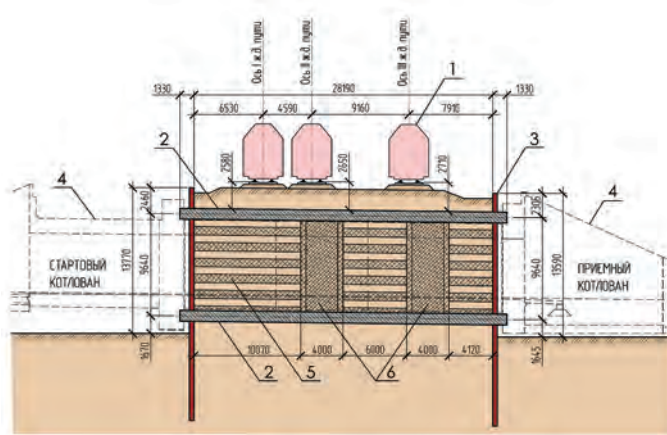


Рис. 5. Схема контурной и забойной крепи для проходки тоннеля №1:

1 — габарит подвижного состава; 2 — трубы защитного экрана (контурная опережающая крепь); 3 — стальной шпунт; 4 — контур конструкции тоннеля; 5 — горизонтальные грунтоцементные сваи (забойная крепь); 6 — отсечные грунтоцементные массивы (забойная крепь)

В проекте в качестве гидроизоляции тоннеля на участке проходки предусмотрен полимерный напыляемый материал на основе метилметакрилатных смол, обеспечивающий высокую адгезию и сплошное бесшовное покрытие. В качестве основы для нанесения гидроизоляции предусмотрен слой набрызгбетона, которым покрывается внутренний периметр защитного экрана (см. рис. 4). Такое решение позволяет отказаться от большого объема сварочных работ по устройству стальных вставок между трубами экрана для создания сплошной основы под нанесение гидроизоляции. Кроме того, бетонная поверхность, благодаря своей большей податливости, может считаться более надежным основанием под гидроизоляцию, чем стальная, характеризующаяся большим количеством сварных швов, часть из которых под воздействием динамических нагрузок от железнодорожного транспорта может быть повреждена. Любое механическое повреждение шва приводит к потере его герметичности и, как следствие, является очагом про-

течки, а впоследствии может способствовать и повреждению гидроизоляционного покрытия. Для обеспечения качества сварных работ необходимо каждый шов проверять на герметичность. Также необходимо учитывать, что стальные конструкции перед нанесением гидроизоляции должны быть очищены от ржавчины, окалины и налипшего грунта, что требует применения пескоструйной обработки поверхности защитного экрана.

Перед началом строительных работ вдоль железнодорожных путей была выполнена укладка страховочных пакетов. С обеих сторон от железнодорожного полотна были выполнены ограждающие конструкции стартового и приемного котлованов из стального шпунта. При вскрытии котлованов производили работы по устройству защитных экранов из труб с использованием технологии микротоннелирования (рис. 6). По мере продавливания трубы экрана наращивали отдельными секциями длиной по 6 м, объединяя их за счет устройства равнопрочных сварных стыковых швов. Кроме того, выполняли работы по закреплению подэкранного пространства с формированием отсечных грунтоцементных массивов.



Рис. 6. Установка труб защитного экрана в проектное положение из стартового котлована с помощью технологии микротоннелирования

После устройства труб защитного экрана в них устанавливали арматурные каркасы (рис. 7) и выполняли работы по бетонированию их внутреннего пространства. После этого в стартовом и приемном котлованах сооружали монолитные железобетонные порталные рамы, которые представляли собой жесткую рамную обвязку выпусков труб защитных экранов (рис. 8). Пор-



Рис. 7. Установка арматурных каркасов в трубы защитного экрана



Рис. 8. Армирование нижней лотковой части порталной рамы

тальные рамы выполняли важную функцию при проходке тоннелей — обеспечивали заделку концов труб защитных экранов при разработке грунта первой заходки и служили надежной опорой для труб, связывая их в поперечном направлении. Кроме того, конструкции монолитных железобетонных обвязочных порталных рам впоследствии вошли в состав тоннельной обделки и не требовали работ по их демонтажу.

Проходку тоннельных выработок под защитой экранов из труб выполняли сплошным забоем с установкой временных рам крепления. Благодаря предварительно выполненным работам по устройству грунтоцементного забойного крепления, лоб забоя удалось вскрывать под углом около 70–80 градусов, что уменьшало рас-

четный пролет труб экрана и снижало в них внутренние усилия (рис. 9). В соответствии с проектом проходку тоннеля вели по заходкам с одновременным сооружением тоннельной обделки. При этом удалось обеспечить экономию рам временного крепления, так как на последующих заходках использовали рамы с предыдущих участков. Наличие отсечных грунтоцементных массивов обеспечивало вертикальный лоб забоя и позволяло выполнять работы по бетонированию тоннельной обделки вплотную к этим массивам, не допуская тем самым наличие долговременного свободного пролета труб защитного экрана. Все это способствовало снижению технологических осадков железнодорожного полотна.



Рис. 9. Лоб забоя, закрепленный горизонтальными грунтоцементными сваями

Для обоснования принятых конструктивно-технологических решений был выполнен ряд численных расчетов как в плоской, так и в пространственной постановке (рис. 10). В первую очередь была замоделирована технологическая последовательность строительства для получения всеобъемлющей картины распределения внутренних усилий в постоянных и временных конструкциях, оценке деформаций конструктивных элементов и осадков поверхности земли с учетом этапов строитель-

ства. Отдельно для каждого конструктивных элементов выполняли расчетные проверки прочности, устойчивости, трещиностойкости, деформативности и т.п. по принятой нормативной методике предельных состояний.

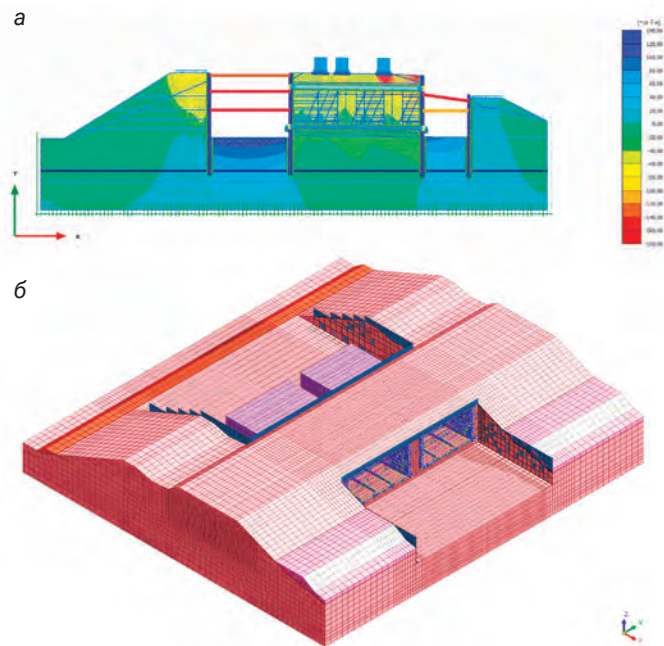


Рис. 10. Двухмерная (а) и трехмерная (б) расчетные модели проходки тоннеля

В результате выполнения строительно-монтажных работ все расчетные предпосылки, принятые в проектных решениях, оказались верны и были подтверждены на практике. Открытие тоннеля состоялось по намеченному графику в 2023 году. На сегодняшний день тоннель эксплуатируется в нормальном режиме (рис. 11).



Рис. 11. Вид на портал действующего тоннеля №1 на участке ЮВХ-9.5

Тоннель №1 на участке ЮВХ-9.5 был запроектирован с учетом перспективного развития железной дороги, что повлияло на длину его закрытой части. В ходе дальнейших проектных проработок по модернизации железнодорожного сообщения и развитию диаметральных направлений движения общей транспортной сети столицы рассматриваются решения по размещению над построенным тоннелем конструкций новой пассажирской пересадочной платформы (рис. 12).

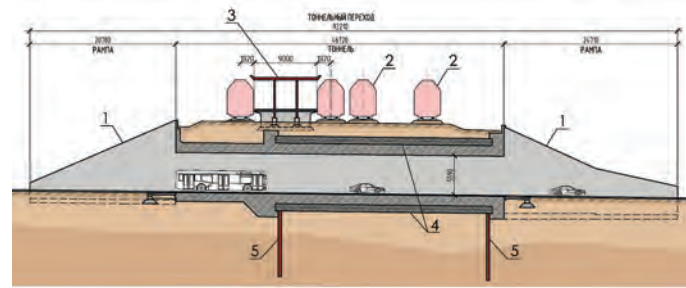


Рис. 12. Схема устройства новой железнодорожной пассажирской платформы над автотранспортным тоннелем №1:  
1 — конструкция тоннеля; 2 — габарит подвижного состава; 3 — новая пассажирская платформа;  
4 — трубы защитного экрана; 5 — стальной шпунт

Тоннель на участке ЮВХ-10, расположенный под МКАД, имеет отличные от вышерассмотренного тоннеля конструктивно-технологические решения. Тоннель имеет прямолинейное плановое очертание и заложен в насыпи МКАД (рис. 13). Тоннель предназначен для двухстороннего автомобильного движения по 3 полосы в каждом направлении. Общая длина тоннеля составляет 102,5 м, из них закрытая часть имеет длину 65,3 м, город-



Рис. 13. Визуализация тоннеля №2: 1 — тоннель; 2 — Юго-Восточная хорда; 3 — Московская кольцевая автомобильная дорога; 4 — левоповоротный эстакадный съезд

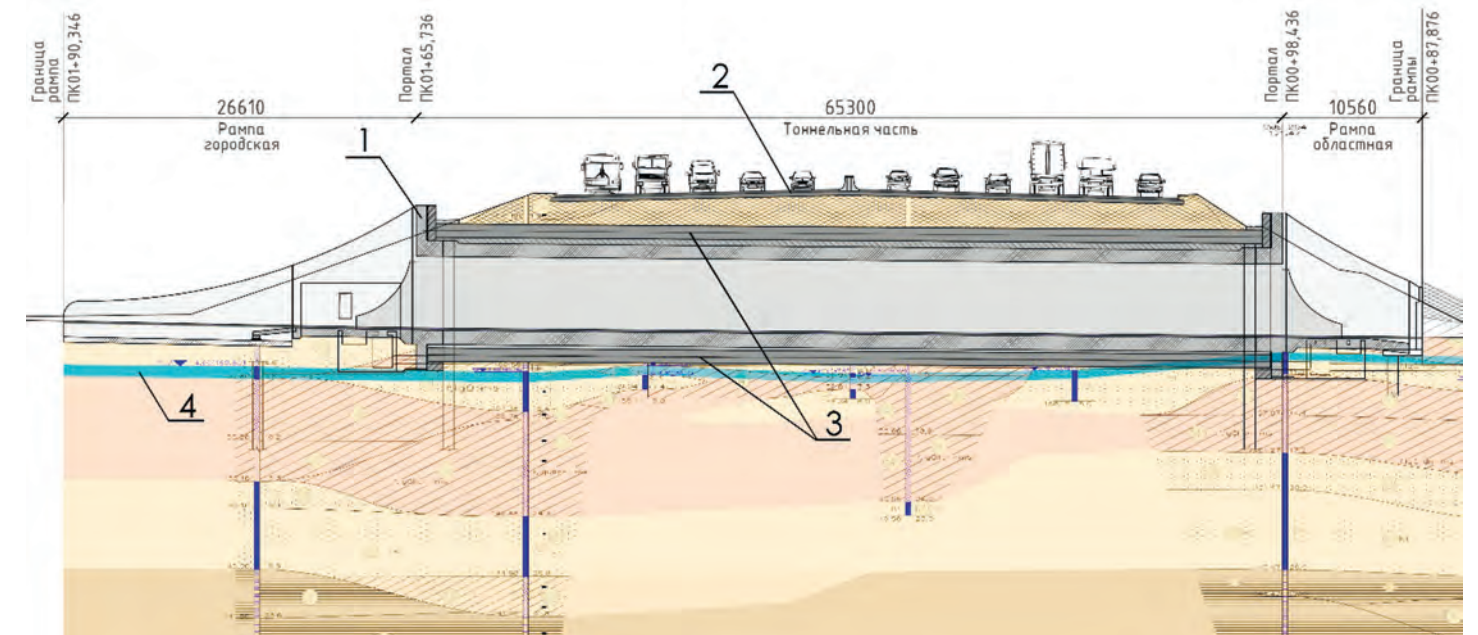


Рис. 14. Продольный профиль тоннеля №2:  
1 — конструкция тоннеля; 2 — МКАД; 3 — трубы защитного экрана; 4 — уровень грунтовых вод

ская рампа — 26,6 м, областная рампа — 10,6 м. Максимальная глубина заложения (расстояние от поверхности земли до верха тоннельной обделки) составляет 4,7 м.

Грунтовые условия строительства представлены толщей техногенного песчаного грунта автомобильной насыпи, а также нижележащими природными песчано-глинистыми грунтами. Грунтовые воды залегают чуть ниже отметок лотковой плиты тоннельной обделки (рис. 14).

Конструктивная схема тоннеля принята в виде монолитной железобетонной двухпролетной рамы на естественном основании (рис. 15). По внешнему периметру

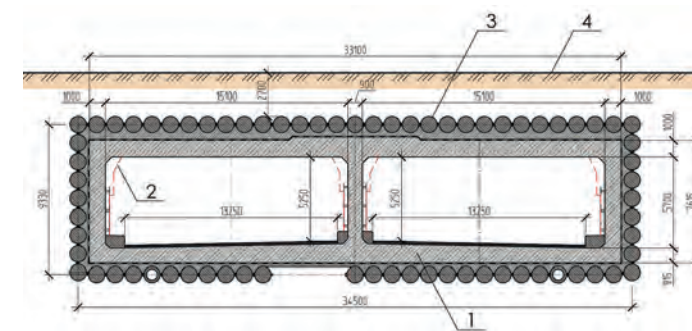


Рис. 15. Поперечное сечение тоннеля №2:  
1 — обделка тоннеля; 2 — контур габарита приближения строений и оборудования; 3 — защитный экран из труб; 4 — поверхность земли

тоннельной обделки размещены трубы защитного экрана Ø1020 мм, снабженные замковыми устройствами внешнего типа (рис. 16). Нижняя лотковая плоскость экрана имеет разрыв, связанный с невозможностью формирования сплошного экрана из-за наличия близлежащего бездействующего подземного трубопровода, предварительное излечение которого выполнить было нельзя. Оставшийся сплошной участок лоткового защитного экрана необходим для размещения на нем временных рам крепления в соответствии с принятой технологией проходки.

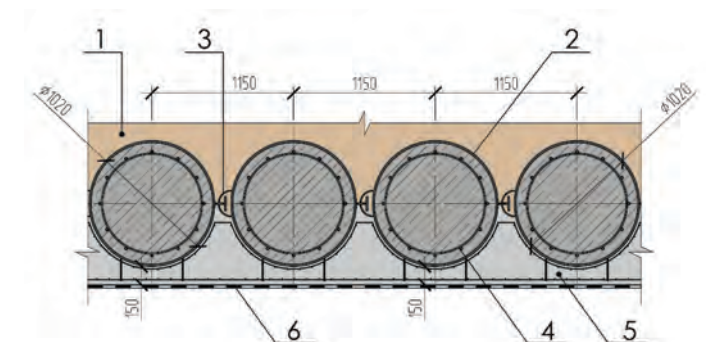


Рис. 16. Конструкция защитного экрана из труб: 1 — грунт; 2 — стальная труба экрана; 3 — замковое устройство внешнего типа; 4 — арматурный каркас; 5 — выравнивающий слой из набрызгбетона; 6 — полимерная бесшовная гидроизоляция

В качестве защиты от воды принята полимерная напыляемая гидроизоляция, наносимая на слой набрызгбетона. Набрызгбетонное покрытие вследствие технологии нанесения характеризуется повышенной трещиностойкостью, что является неоспоримым достоинством при использовании его в качестве основы под гидроизоляцию.

Технологическая последовательность строительства данного тоннеля несколько отличалась от ранее рассмотренного тоннеля. Изначально было принято решение о проходке тоннеля не сплошным забоем, а с помощью создания продольной опережающей штольни (рис. 17), вскрытия из нее поперечной штольни под сооружение в ней участка тоннельной конструкции и последующего полного раскрытия оставшихся боковых грунтовых массивов под строительство тоннельной обделки. Основным принципом при проходке тоннеля было создание в центральной части защитного экрана, в предварительно вскрытой поперечной штольне, участка тоннельной обделки, служащего опорным элементом для труб экрана с целью уменьшения их расчетного пролета, снижения внутренних усилий и деформаций экрана.

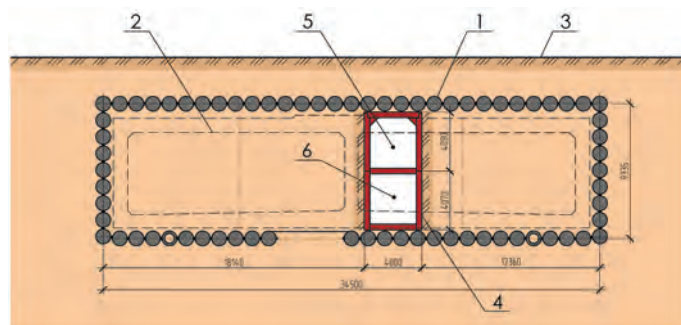


Рис. 17. Поперечное сечение участка проходки: 1 – защитный экран из труб; 2 – контур обделки тоннеля; 3 – поверхность земли; 4 – рама крепления продольной штольни; 5 – верхний ярус продольной штольни; 6 – нижний ярус продольной штольни

От забойного закрепления массива разрабатываемого грунта отказались с целью экономии материалов и снижения затрат времени на производство строительных работ. Для повышения безопасности проходки было принято решение вести разработку штолен в два яруса для уменьшения высоты забоя и повышения его устойчивости.

В качестве ограждающих конструкций стартового и приемного котлованов были выполнены стены из буросекующих свай. Разработку стартового и приемного котлована вели одновременно с устройством защитно-

го экрана из труб. Нарращивание труб защитного экрана при продавливании выполняли отдельными секциями длиной по 6 м с применением внешних стальных пластин в зоне стыков. В отличие от тоннеля на участке ЮВХ-9.5, где для продавливания труб применяли технологию микротоннелирования, для тоннеля под МКАД использовали технологию шнекового бурения. Вследствие большой длины защитного экрана, около 60 м, а также наличия твердых техногенных включений в насыпи автомобильной дороги наблюдались ненормативные отклонения шнека, а, следовательно, и труб экрана при продавливании с частичным повреждением внешних замковых устройств (рис. 18). Для недопущения подобных отклонений было принято решение о выполнении продавливания труб без применения шнека с использованием ручного способа извлечения грунта из полости труб, а также дробления и извлечения встречаемых твердых включений, влияющих на прямолинейность продавливания.



Рис. 18. Отклонения труб экрана при их продавливании

Проходку верхнего яруса центральной продольной штольни выполняли в соответствии с проектом средствами малой механизации с одновременной установкой временных рам крепления (рис. 19). После выполнения проходки верхнего яруса продольной штольни до середины длины защитного экрана с началом разработки поперечной штольни, на поверхности земли стали проявляться непроецируемые осадки полотна автомобильной дороги в зоне центрального разделителя встречных направлений движения.

Дальнейший анализ сложившейся ситуации, включая выполнение проверочных численных расчетов



Рис. 19. Проходка верхнего яруса продольной штольни

проходки, показал, что одной из основных причин проявления непроецируемых осадок явилось отсутствие надежного жесткого основания под рамами временного крепления, которые устанавливались непосредственно на грунтовый массив. Особенно значительные осадки проявились в месте пересечения продольной и поперечных штолен, где присутствовал увеличенный шаг между рамами, что способствовало перегрузке отдельных рам и возникновению большего давления на грунтовое основание под ними (рис. 20).

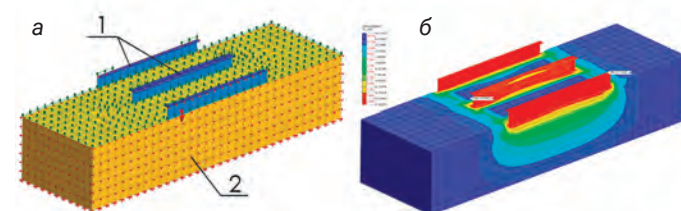


Рис. 20. Расчетный анализ непроецируемых осадок: а – расчетная модель; б – изополя вертикальных перемещений; 1 – лежни рам крепления; 2 – грунтовый массив основания

В качестве меры стабилизации грунтового основания под рамами крепления было предложено выполнение цементации грунтов с целью повышения их прочностных и деформационных характеристик. Использование технологии струйной цементации грунтов не представлялось возможным из-за высокого давления нагнетания цементного раствора при формировании грунтоцементных свай, что давало риск еще большей

дестабилизации основания под рамами в момент производства работ. Была выбрана щадящая технология цементации основания с применением особо тонкодисперсного вяжущего (микроцемента), закачиваемого в породу в режиме пропитки и насыщающего грунт с созданием впоследствии закрепленного массива (рис. 21). Выполненные работы способствовали повышению несущей способности основания под рамами временного крепления верхнего яруса, а в ходе дальнейшего выполнения проходческих работ каких-либо ненормативных осадок не наблюдалось.



Рис. 21. Выполнение работ по цементированию основания верхнего яруса продольной штольни

Также была подвергнута определенному изменению общая технология проходки в части добавления двух дополнительных поперечных штолен, в которых предполагалось возвести первоочередные участки тоннельной обделки. В итоге сложилась система проходки, при которой сначала выполняли проходку центральной штольни, затем из нее вскрывали три поперечные штольни (рис. 22), в которых возводили участки тоннельной обделки,

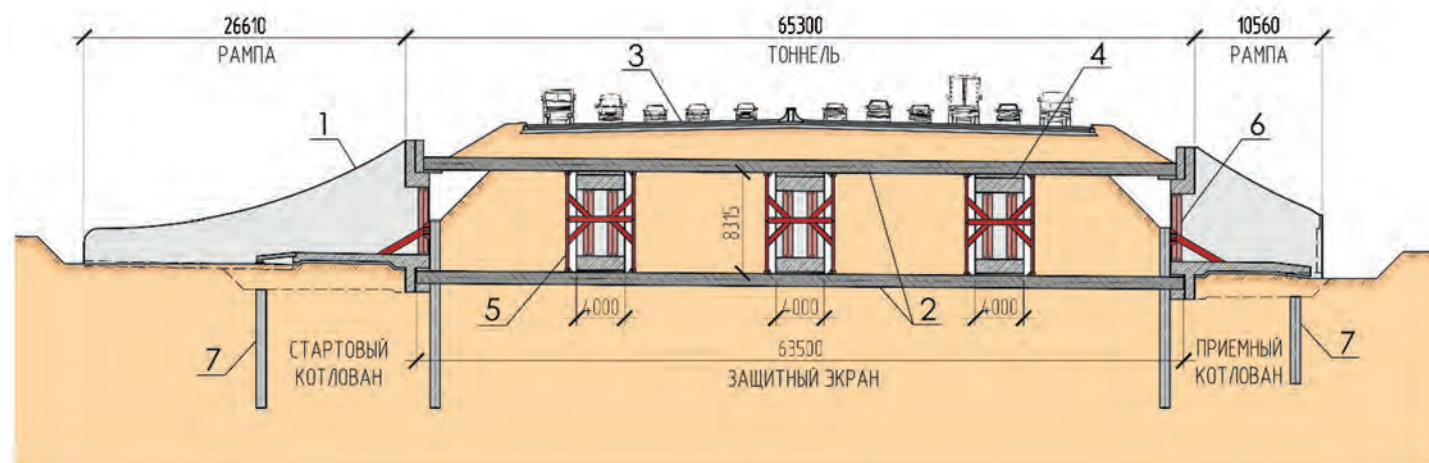


Рис. 22. Этап проходки тоннеля:

1 — конструкция тоннеля; 2 — трубы защитного экрана; 3 — МКАД; 4 — опорные участки тоннельной обделки; 5 — временная крепь поперечных штолен; 6 — временные стойки крепления; 7 — буронабивные сваи котлованов

служащие опорными элементами для труб защитного экрана (рис. 23), а на финальной стадии разрабатывали оставшиеся грунтовые целики и бетонировали тоннельную конструкцию.



Рис. 23. Опорный участок тоннельной обделки, предварительно сооруженный в поперечной штольне

При строительстве возникли определенные трудности с формированием выравнивающего слоя из набрызгбетона под нанесение по нему гидроизоляции. Сплошность и требуемая ровность поверхности набрызгбетонного покрытия не соответствовали проектным параметрам. Наибольшие сложности были связаны с нанесением набрызгбетона на потолочную поверхность (рис. 24). После нанесения набрызгбетона приходилось выполнять

дополнительные работы по выравниванию и подготовке его поверхности, что успешно было реализовано.

Корректировка начальных проектных решений потребовала проведения большого комплекса обосновывающих и подтверждающих расчетов. Для реализации



Рис. 24. Промежуточный этап нанесения набрызгбетона по арматурному каркасу потолочной поверхности

всех необходимых расчетных проверок использовали несколько современных геотехнических расчетных комплексов, позволяющих детально моделировать процесс проходки как в плоской, так и в пространственной постановке задач (рис. 25). Результаты расчетов показали безопасность проведения работ, а реализация строительства подтвердила правильность принятых

конструктивно-технологических решений. В настоящий момент времени тоннель полностью построен и готовится к вводу в эксплуатацию (рис. 26).

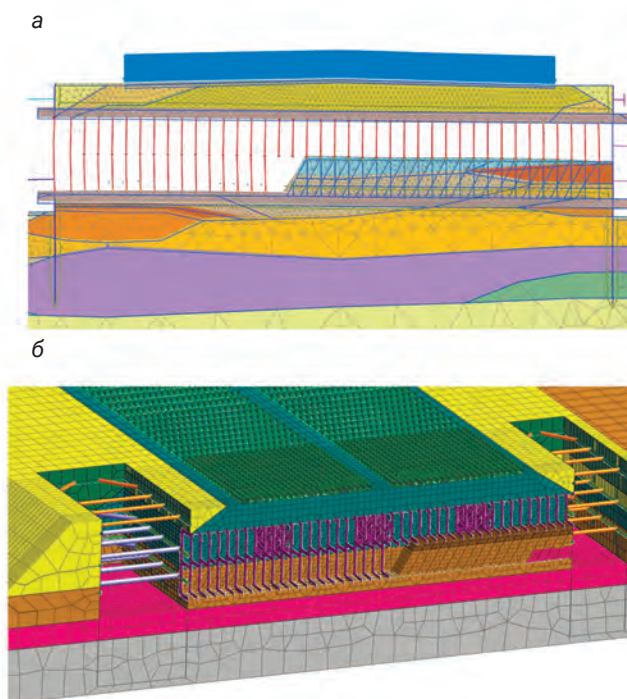


Рис. 25. Двухмерная (а) и трехмерная (б) расчетные модели проходки тоннеля

По итогам завершения строительства двух выше рассмотренных тоннелей под действующими путями сообщения можно сформулировать следующие рекомендации к работам по проектированию и строительству подобных объектов в будущем:

- Использование технологии микротоннелирования для продавливания труб защитного экрана, позволяющей выполнять работы в широком диапазоне грунтовых условий, включая грунты с техногенными включениями;
- Применение более защищенных замковых устройств внутреннего типа, не создающих дополнительного сопротивления при продавливании;
- Ограничение длины проходки 40–50-тью метрами для снижения значений допустимых отклонений труб;

#### Литература

1. Маковский, Л.В. Проектирование автодорожных и городских тоннелей: учебник / Л. В. Маковский, В. В. Кравченко, Н. А. Сула. — М.: КНО-РУС, 2022. — 534 с.;
2. Маковский, Л.В. Строительство автодорожных и городских тоннелей: учебник / Л. В. Маковский, В. В. Кравченко, Н. А. Сула. — М.: КНО-РУС, 2024. — 416 с.;
3. Сула, Н. А. Проходка автотранспортных тоннелей под действующими путями сообщения // Подземные горизонты. — №37. — 2024. С. 8-14.
4. В ближайшем будущем Москва поедет быстрее // Метро и тоннели. — №2. — 2023. С. 18-21.
5. <https://dzen.ru/a/ZOM8f-OvKWaluH8S?ysclid=lykoqc78yz196348157>
6. <https://mosinzproekt.ru/project/yugo-vostochnaya-horda/?ysclid=lykp1tsr4t445110518>



Рис. 26. Подготовка тоннеля к пуску автомобильного движения

■ Ограничение использования внешних накладок для объединения секций труб защитного экрана вследствие высокой вероятности дополнительных технологических осадок при продавливании труб за счет многократной срезки породы внешними накладками;

■ Применение струйной цементации для устройства забойного крепления разрабатываемого грунтового массива с целью повышения устойчивости лба забоя и снижения деформаций экрана;

■ Формирование сплошных отсечных грунтоцементных массивов из вертикальных или горизонтальных грунтоцементных свай, снижающих деформации труб защитного экрана и стабилизирующих забой;

■ Устройство бетонного выравнивающего слоя по трубам экрана под нанесение гидроизоляции с помощью бетонирования за опалубку с обеспечением требуемой ровности поверхности. Технологию набрызгбетона следует применять только строительным организациям, специализирующимся на данном виде работ и имеющим опыт подбора рецептуры бетонной смеси для набрызга с обеспечением минимального отскока щебня и эффективного формирования бетонной толщи, а также обладающими специализированным строительным оборудованием;

■ Тщательное проведение инженерно-геологических изысканий в зоне проходки с целью выявления особенностей геологических и гидрологических условий;

■ Проведение строительных работ в строгом соответствии с проектной документацией, соблюдая этапность и технологию проходки.■



# ДОРОГА НА ВОСТОК: СТРОИТЕЛЬСТВО НОВОГО ДЖЕБСКОГО ТОННЕЛЯ В САЯНАХ

А. А. ПЕРЕГУДОВ, А. А. ФЕДОРОВ, Д. Ю. БАРАБАШ  
(ООО «СпецСитиСтрой»)

В 2022 году были начаты работы по сооружению нового 1-го Джебского тоннеля в рамках реконструкции трассы Междуреченск – Тайшет Восточного полигона ОАО «РЖД». Строительство объекта является важной инфраструктурной задачей, направленной на модернизацию и улучшение эффективности железнодорожного сообщения Красноярского края, и является одним из ключевых проектов в развитии железнодорожной инфраструктуры России, а именно – Южного хода Транссибирской магистрали. Тоннель запроектирован институтом «Сибгипротранспуть» с привлечением субподрядных организаций (ООО ПИИ «Бамтоннельпроект» и ООО «Транспортные проектные решения»). Строительно-монтажные работы производит ООО «СпецСитиСтрой».

## ОТ СТАРОГО – К НОВОМУ

Существующий 1-й Джебский тоннель (рис. 1) протяженностью 205 м был построен в 1964 году и находится на перегоне между станцией Кошурниково и путевым постом на 570 км Красноярской железной дороги.



Рис. 1. Вид на Восточный портал старого 1-го Джебского тоннеля

Протяженность нового тоннеля составляет 267,4 м. Он находится в плане справа по ходу пикетажа от действующего и располагается на круговой кривой радиусом 600 м.

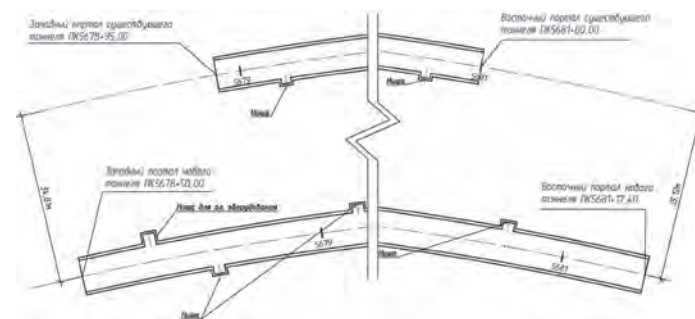


Рис. 2. Плановое расположение нового тоннеля

Тоннель был запроектирован односкатным, с уклоном 7,8‰ в сторону Западного портала. Внутреннее очертание сооружения соответствует современным требованиям пропуска железнодорожных составов – габариту приближения строений «С» для электрифицированных линий. Поперечное сечение тоннеля представлено на рис. 3.

## ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП И ПРОХОДКА

Подготовка к строительству тоннеля началась в ноябре 2022 года. К моменту прихода автомобильной техники, оборудования, жилых модулей и прочего была подготовлена территория промышленно-жилой площадки. После выноса попадающих в зону строительства сетей, ДПР занялись выемками на Западном и Восточном порталах.

Одной из непростых задач стало сооружение выемки на Восточном портале: с одной стороны – лесной массив вне зоны отвода железной дороги, с другой – крутой скальный откос с проходящей линией ДПР (рис. 4). Для

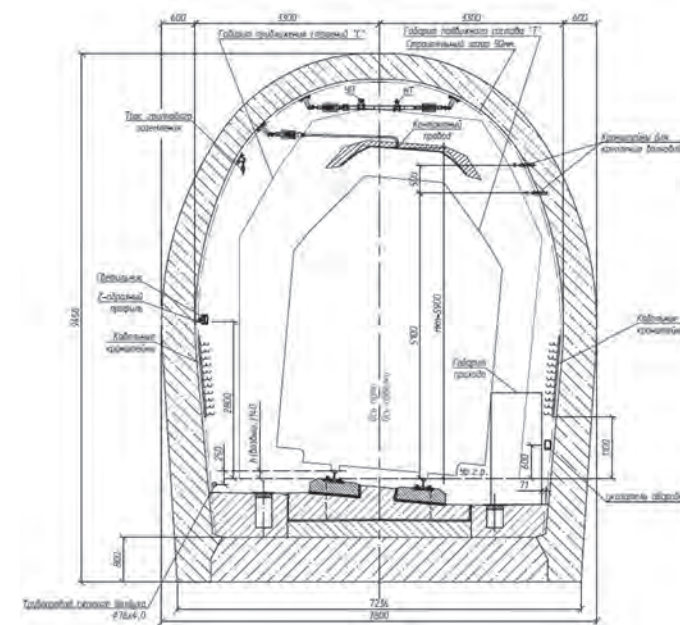


Рис. 3. Поперечное сечение нового 1-го Джебского тоннеля

отработки откосов сооружали технологические пандусы и серпантины для того, чтобы разогнать уклон подъема/спуска до приемлемых величин.

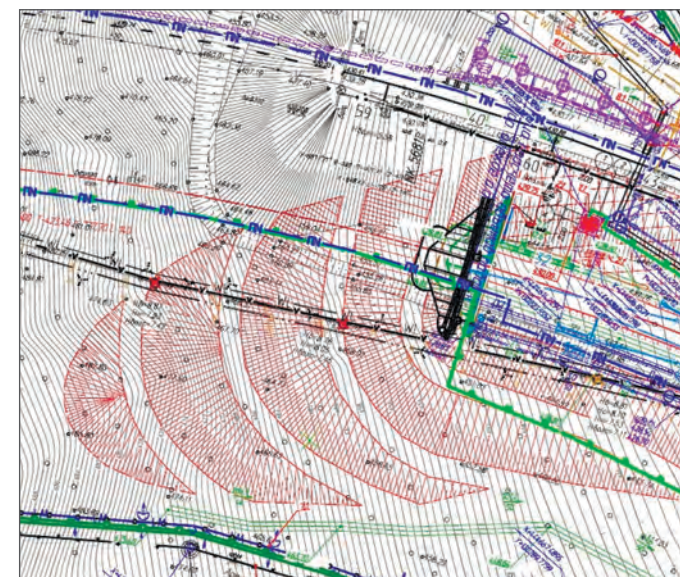


Рис. 4. Откосы выемки Восточного портала тоннеля

Для бурения и установки свода из труб диаметром 127 мм опережающего крепления тоннеля применялись две отечественных буровых установки – БП100 и «Стерх». Трубы после установки прокачивались цементно-силикатным раствором (рис. 5).

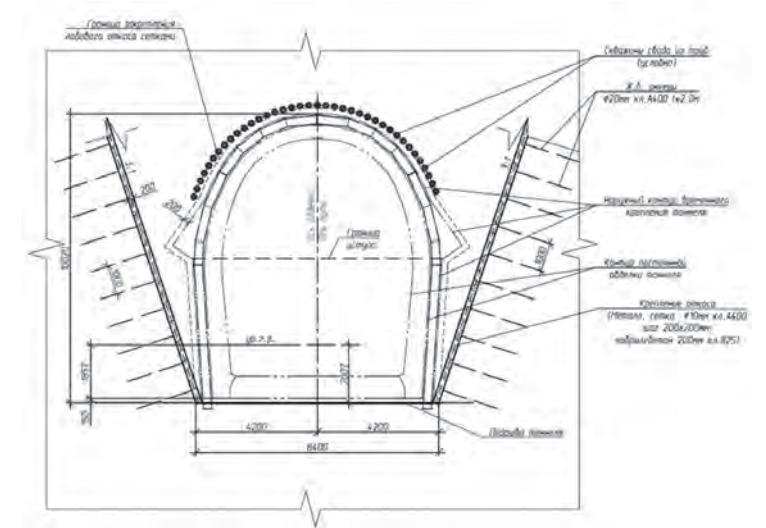


Рис. 5. Защитный экран из труб

Проходка под защитой свода из труб была начата с Западного портала уступным способом. Первым этапом прошли верхний уступ тоннеля (рис. 6, 7), вторым этапом – нижний уступ (рис. 8). Проходка была произведена комбинированно: механизированным и буровзрывным способами, в зависимости от фактической крепости и устойчивости грунта.



Рис. 6. Механизированная проходка верхнего уступа тоннеля



Рис. 7. Проходка буровзрывным способом верхнего уступа тоннеля



Рис. 8. Проходка нижнего уступа со стороны Восточного портала

Механизированным способом был пройден участок в слабоустойчивых грунтах, таких как глина и суглинки, с пикета врезки Западного портала. Временным креплением выработки тоннеля являлся защитный слой из набрызг-бетона толщиной 50 мм и аркобетонного крепления с шагом 1 м.

Далее по мере продвижения проходки с 54 м со стороны Западного портала порода стала более крепкой и устойчивой, и перешли на проходку буровзрывным способом. Коэффициент крепости по проф. Протодеянову достигал  $f=12$ , что влекло за собой разработку новых паспортов БВР. Временным креплением на участке проходки буровзрывным способом являлся набрызг-бетон, армированный металлической сеткой. По мере проходки нижнего уступа разработали восемь людских ниш и одну для размещения электрического оборудования.

Сбойка тоннеля калоттой произошла через четыре месяца, в декабре 2023 года.

### СООРУЖЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ ОБДЕЛКИ ТОННЕЛЯ

Рабочей документацией было предусмотрено сооружение замкнутой железобетонной монолитной обделки подковообразного очертания. Перед началом бетонирования постоянной обделки производилось крепление гидроизоляции по своду и стенам, с устройством выпусков по основанию, для дальнейшего замыкания водонепроницаемого контура (рис. 9). При устройстве гидроизоляции применялся полимерный материал Plastfoil GEO, с секционным зонированием

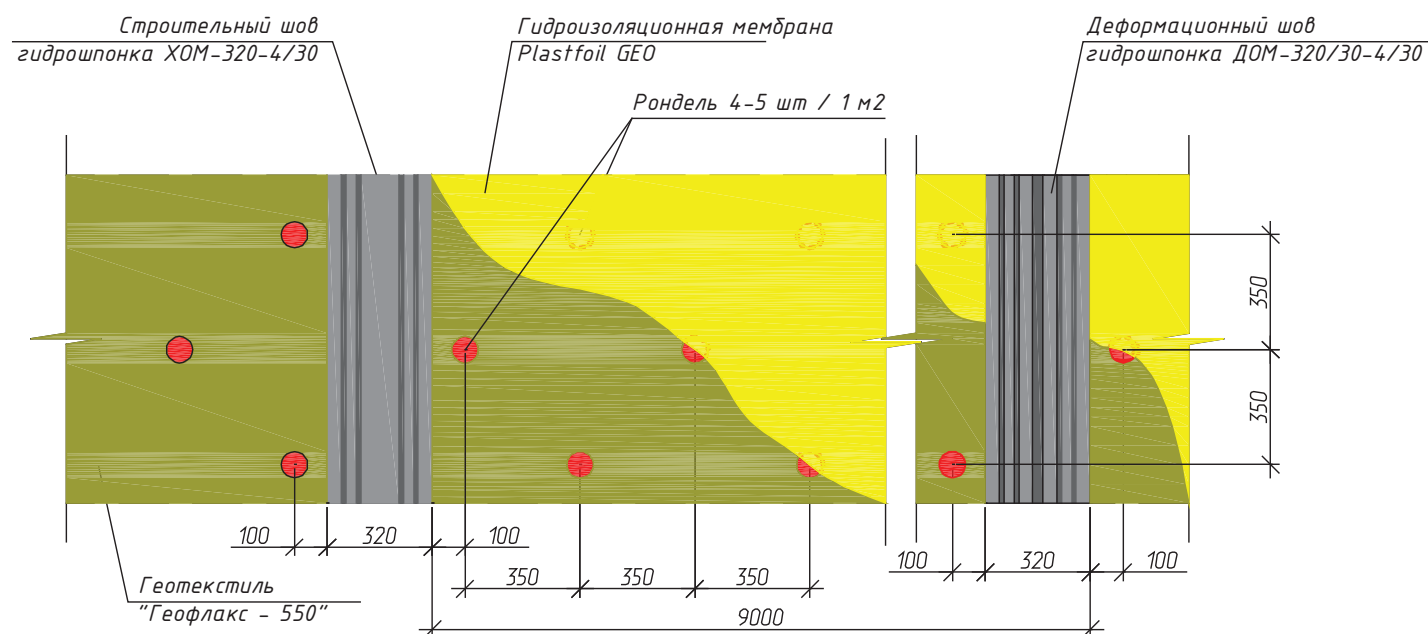


Рис. 9. Конструкция гидроизоляции

изолируемой поверхности гидроизоляционными шпонками «Аквастоп» по деформационным и технологическим швам. Далее следует армирование постоянной обделки по своду и стенам.

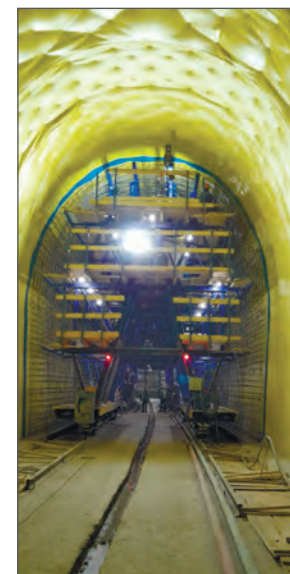


Рис. 10. Армирование постоянной обделки



Рис. 11. Устройство постоянной обделки механизированной опалубкой «Гамма»

Монтаж гидроизоляции и армирование производится с технологических тележек порталного типа на рельсовом ходу — в составе комплекса механизированной опалубки «Гамма» (рис. 10, 11).

Бетонирование постоянной обделки тоннеля выполняется в направлении от Западного к Восточному portalу. Для сооружения обделки применяется передвижная механизированная опалубка «ГАММА», длиной обечайки  $L=9,20$  м. Данная механизированная опалубка российского производства универсальна — была сконструирована для двухпутного тоннеля (Керакский тоннель, Амурская область), но, благодаря своим особенностям, на Джебском тоннеле конструктивно изменена для устройства железобетонной обделки однопутных железнодорожных тоннелей.

Доставка готовой бетонной смеси к местам укладки осуществлялась автобетоносмесителем JACON Transmix 3000. Посредством бетононасосов SAIDY HBT50-13SE производилась ее подача в приемные окна опалубки при помощи бетоноводов диаметром 159 мм, оборудованных быстроразъемными соединениями. Далее контур постоянной обделки тоннеля замыкался обратным сводом, в результате чего образовывалась замкнутая железобетонная обделка.

### СООРУЖЕНИЕ ВЕРХНЕГО СТРОЕНИЯ ПУТИ

В настоящий момент полностью выполнена железобетонная постоянная обделка нового тоннеля, ведется укладка верхнего строения путей (ВСП) на рамах МГР. Для этих целей была заказана высокоточная опалубка в Малоярославце, построен цех изготовления ЖБИ, налажен выпуск рам МГР из высокомарочного бетона. В процессе изготовления производится вибрирование опалубки на вибростоле, пропарка в парокammerе, подготовка и оклейка рам материалом «Техноэластмост» и т. д.



Рис. 12, 13. Бетонирование рам МГР и их оклейка материалом «Техноэластмост»

В результате было произведено 148 шт. рам МГР собственными силами.

В июле 2024 года приступили к устройству верхнего строения пути на рамах МГР. Работы планируется завершить в августе. Пуск движения по новому тоннелю запланирован на 2025 год. ■

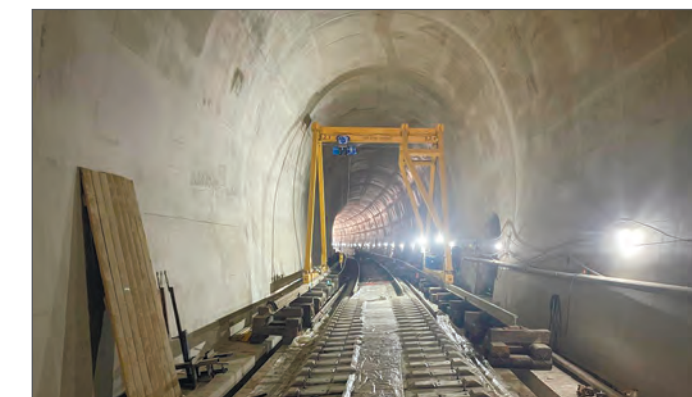


Рис. 14. Устройство ВСП на рамах МГР

# АВТОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ — КЛЮЧЕВОЙ ЭЛЕМЕНТ ВОСТОЧНОГО ВЫЕЗДА

В АПРЕЛЕ 2024 ГОДА БЫЛ ОТКРЫТ ВОСТОЧНЫЙ ВЫЕЗД ИЗ УФЫ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИЙ СОБОЙ ОДИН ИЗ КРУПНЕЙШИХ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ В ПРИВОЛЖСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ И ОДИН ИЗ САМЫХ ЗНАКОВЫХ ПРОЕКТОВ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН. ОБ ОСОБЕННОСТЯХ СТРОИТЕЛЬСТВА ВХОДЯЩЕГО В ЕГО СОСТАВ ТОННЕЛЯ НАШЕМУ ЖУРНАЛУ РАССКАЗАЛ КОМПЛЕКСНЫЙ ГЛАВНЫЙ ИНЖЕНЕР ПРОЕКТА ООО «ИНФРАТЕРРА» ДМИТРИЙ БУРОВ.

— Дмитрий Александрович, расскажите о предыстории строительства тоннеля в составе Восточного выезда из Уфы. Какие транспортные задачи он решает?

— Автодорожный тоннель является частью большого инфраструктурного проекта, который включает в себя еще несколько сложных транспортных объектов: мостовой переход через реку Уфу, автомобильную дорогу, транспортные развязки с автодорогой Федоровка — Шакша и федеральной трассой М-5 «Урал», мосты и путепроводы через ручьи и реку Юрмаш, дорожно-эксплуатационное предприятие, автоматический пункт весогабаритного контроля и пункт взимания платы.

Строительство тоннеля в составе Восточного выезда из Уфы началось в 1992 году, но к концу 90-х было приостановлено из-за отсутствия финансирования. Тем не менее

## ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

- длина — 13,9 км;
- категория — IБ;
- расчетная скорость движения — 120 км/ч (80 км/ч);
- полосы движения — 4.

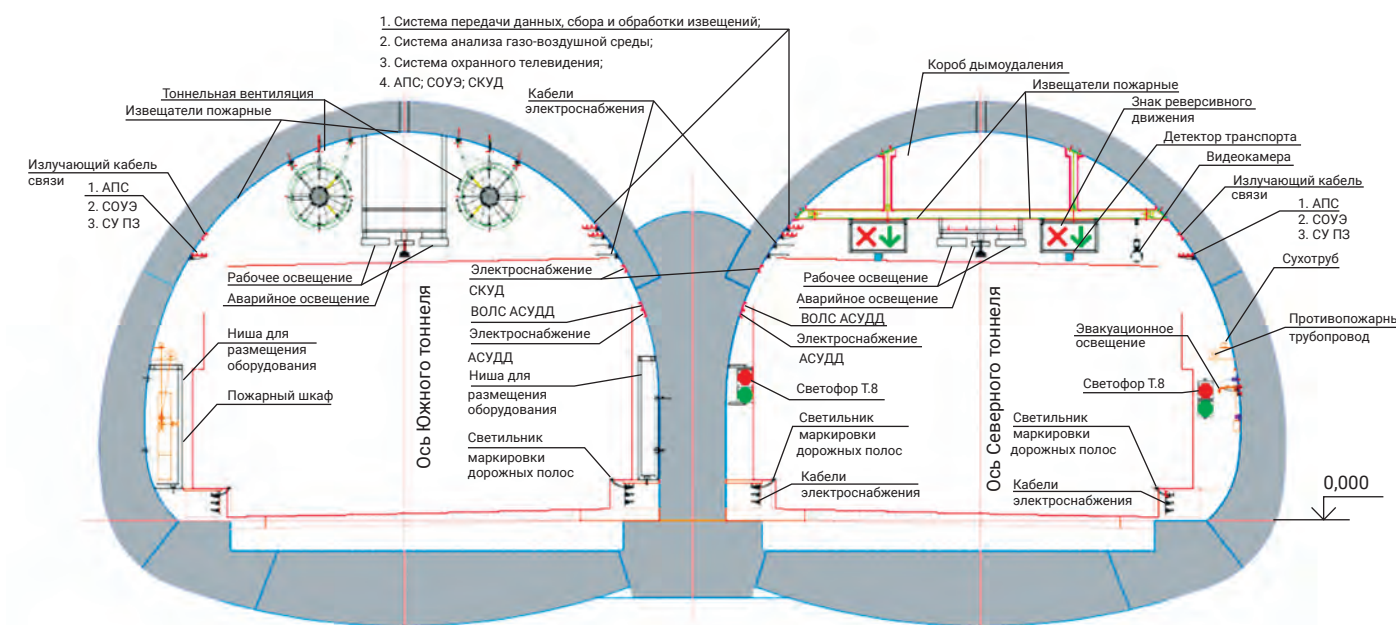


Рис. 2. Компоновочная схема сечения тоннеля

было принято решение не ликвидировать недостроенный объект, так как стоимость работ по его демонтажу и разборке превысила бы стоимость завершения строительства. В 2000-х гг. выполнялись работы по сохранению горных выработок, поддержанию работы систем вентиляции, откачка грунтовых вод, зимой велось отопление штолен тоннеля за счет средств, выделяемых из бюджета Республики Башкортостан. В 2013 году было принято решение о возобновлении строительства на условиях ГЧП. В 2017 году было подписано концессионное соглашение на реализацию проекта «Восточный выезд из Уфы» между правительством Республики Башкортостан и ООО «Башкирская концессионная компания». Тоннельный участок начинается от проспекта Салавата Юлаева и проходит под улицей Менделеева. К моменту возобновления строительства на участке длиной 938 м уже была выполнена проходка горных выработок с полным и частичным раскрытием сечения тоннеля. Общая длина тоннеля составляет 1223,4 м. Новая современная магистраль, важнейшим элементом которой является тоннель, позволила развести транзитные потоки грузового транспорта с внутригородскими маршрутами, а также открыла дорогу к территориям на правом берегу реки Уфы, что будет способствовать территориальному развитию Зауфимья.

— Каким методом осуществлялась проходка? Если щитовым, то какие щиты использовались?

— Самая большая и сложная часть работ в тоннеле — это проходка. Она велась в сложных инженерно-гео-

## ХРОНОЛОГИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА ТОННЕЛЯ:

- 1992 г. — выход Постановления Совета министров Республики Башкортостан «О строительстве автотранспортного тоннеля через реку Уфу в створе улицы Галле»;
- 1992 г. — начало разработки проектной документации на строительство тоннеля;
- 2000-е гг. — приостановка проекта;
- 2017 г. — подписание концессионного соглашения на реализацию проекта «Восточный выезд из Уфы» между ООО «Башкирская концессионная компания» и правительством Республики Башкортостан;
- 2017 г. — начало разработки проектной документации ООО «ИнфраТерра»;
- 2018 г. — получение положительного заключения ФАУ «Главгосэкспертиза России»;
- 2024 г. — открытие движения.



Рис. 1. Ситуационная схема объекта

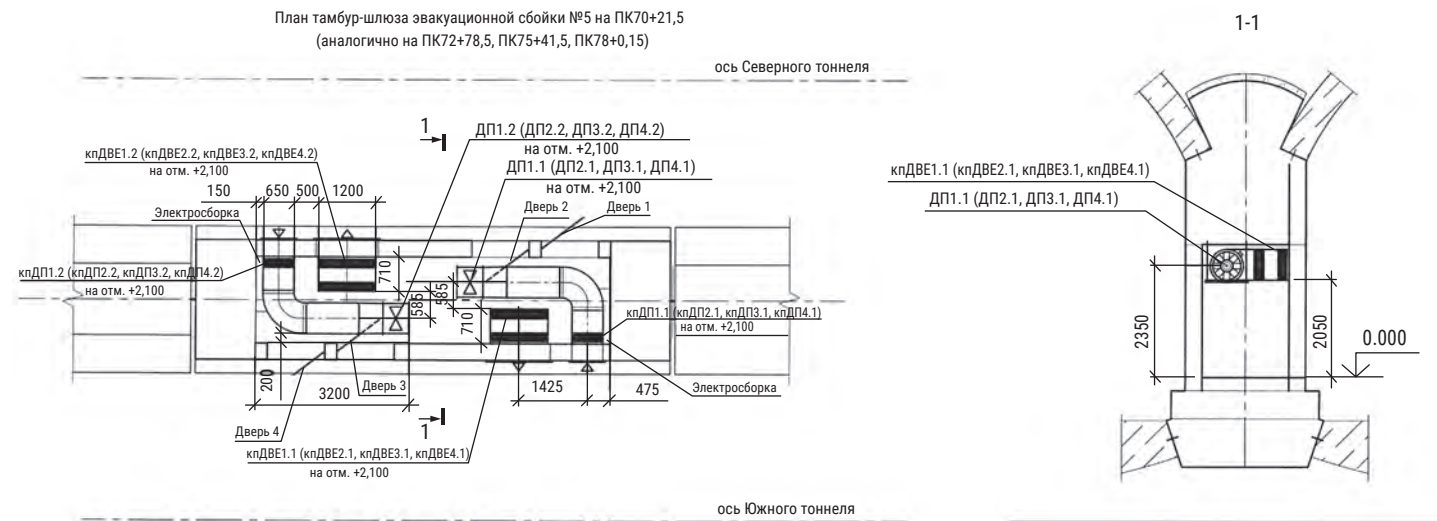


Рис. 3. План тамбур-шлюза эвакуационной сбойки

логических условиях с применением метода NATM (Новавстрийский тоннельный метод) — поэтапным раскрытием тоннеля на полное сечение. Такая технология безопасна и надежна, применяется в трещиноватых породах и смешанных грунтах. Строительство усложнялось наличием карстовых полостей, размеры которых достигали 5 м. Поэтому важнейшей задачей при проходке стали противокарстовые мероприятия — цементация грунтов и тампонаж грунтов в основании тоннеля. Проходка началась в 2020 году и завершилась в марте 2023 года. Было разработано более 287 тыс. м<sup>3</sup> породы. Фактически построены два тоннеля, северный и южный.

**— Опишите подробнее технологию строительства.**

— Одна из основных задач при строительстве заключалась в укреплении грунтов. На этапе проведения изысканий в районе восточного портала тоннеля зафиксировали оползень, возникший из-за отслоения породного блока гипса в береговой зоне реки Уфы. В этой связи проектной документацией был предусмотрен наиболее щадящий, поэтапный способ выполнения строительно-монтажных работ, повышающих устойчивость склона, на котором расположен восточный портал. Работы проводились сверху вниз: были выполнены врезки в склон, которые постепенно отсекали пригружающий и провоцирующий потерю устойчивости грунт от оползневых масс. Одновременно устраивались заглубленные до устойчивых зон и пересекающие образовавшиеся плоскости скольжения контрфорсы из свайных полей, объединенных плитными роствертками в единую конструкцию. Это позволило выполнить террасы на промежуточных, постепенно понижающихся, отметках склона и выйти на уровень подошвы тоннеля, обеспечив устойчивость склона. Глубина зало-

жения роствертков противооползневых сооружений в некоторых местах достигала 7 м. Только после сооружения порталных стен и выполнения других работ, повышающих несущую способность и водонепроницаемость грунтов в основании, а также устройства защитных экранов, стало возможным приступить к проходке тоннеля с восточного портала.

**— Какая техника и оборудование были задействованы?**

— Генеральный подрядчик на объекте, турецкая компания Limak Group — один из крупнейших в мире международных строительных холдингов. Limak использует уникальные способы ведения строительных работ и доставляет спецтехнику на объект в максимально сжатые сроки. При проведении работ было задействовано до 700 единиц спецтехники. Был установлен асфальтобетонный завод и завод по производству преднапряженных железобетонных балок.

**— Какими средствами обеспечивается водопонижение грунтовых вод в районе тоннеля?**

— Проектом предусмотрен лучевой дренаж, нивелирующий барражный эффект на потенциально опасных участках за счет снижения уровня подземных вод, что исключает опасность образования в них карстово-суффозионных процессов. Система представляет собой четыре каптажные камеры размером 2,5x3,0 м, глубиной 1 м с шестью 20-метровыми скважинами диаметром 100 мм каждая. Камеры расположены в области наиболее вероятного возникновения барражного эффекта — на участке северного тоннеля длиной 400 м, где направление потока подземных вод перпендикулярно оси сооружения. Барражный эффект вызывает повышение

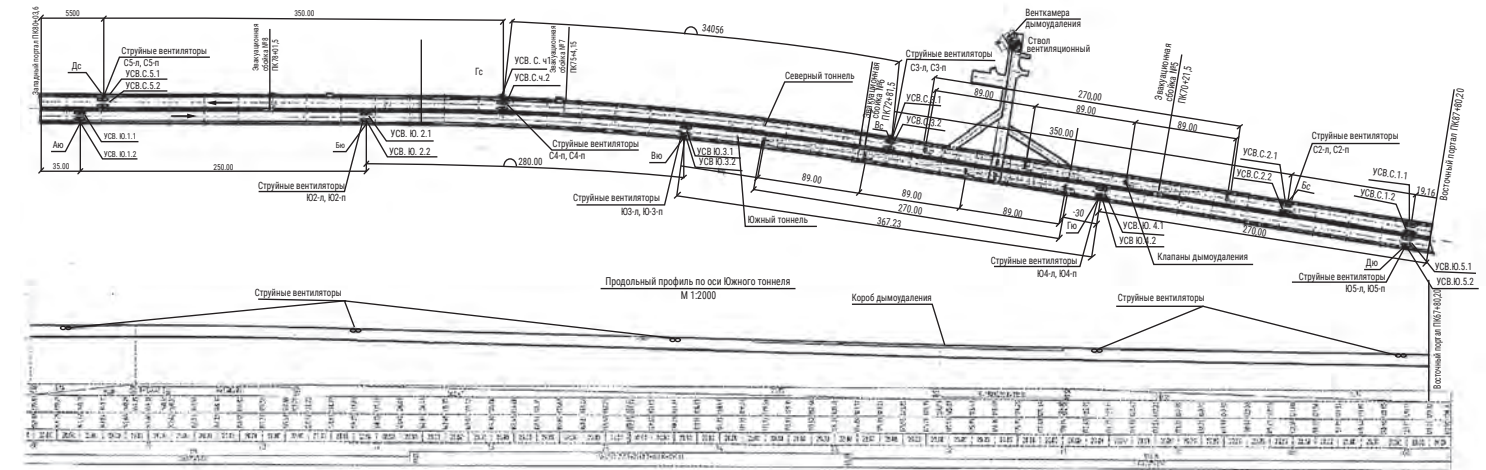


Рис. 4. План тоннеля. Системы дымоудаления

уровня подземных вод перед тоннелем и понижение за ним, что, в свою очередь, приводит к значительному увеличению скорости движения подземных вод.

**— Какова доля отечественных строительных материалов на данном объекте?**

— При строительстве тоннелей в основном использовались материалы отечественного производства. Еще весной 2022 года ООО «Башкирская концессионная компания» начала подбор аналогов строительных материалов и оборудования российского производства. За 2022 год доля отечественных комплектующих при строительстве Восточного выезда выросла с 80 до 95%. Выбор поставщиков производился на основе анализа рынка и соответствия характеристик строительных материалов и оборудования проектным требованиям. Новые материалы и комплектующие не уступают по качеству материалам, изначально предусмотренным проектом, поэтому отказ от западных конструкций и технологий не повлиял на способы ведения строительства и итог работ.

Удорожание стоимости сырья и материалов было компенсировано за счет средств федерального и регионального бюджетов.

**— Расскажите, как решены задачи противопожарной безопасности.**

— Степень огнестойкости тоннеля — I. Класс конструктивной пожарной опасности — С0 (согласно п. 5.12.2 СП 122.13330.2012). Пределы огнестойкости строительных конструкций соответствуют требованиям пожарной безопасности табл. 16 СП 122.13330.2012, табл. 21 №123-ФЗ «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности»: отделка транспортных тоннелей

— R150; отделка притоннельных сооружений и порталов — R90. Для эвакуации людей при пожаре предусмотрены четыре эвакуационные сбойки между северным и южным нефами тоннеля. Расстояние между ними не превышает 260 м. Эвакуационные сбойки длиной 7,4 м представляют собой тамбур-шлюзы с обеспечением подпора воздуха при пожаре. Они оборудованы samozакрывающимися дверями с уплотненными притворами с пределом огнестойкости EI 60. Противопожарные двери открываются по ходу эвакуации и не имеют запоров, препятствующих их свободному открыванию. В нефах по сторонам входов в эвакуационные сбойки установлены указатели направления движения и расстояния до порталов. Для обеспечения в тоннелях нормируемых параметров воздушной среды и безопасности при возникновении пожара предусмотрена система вентиляции с механическим побуждением. Вентиляция осуществляется по продольной схеме: приточный воздух поступает в транспортную зону через порталы за счет создания разряжения в тоннеле. Вытяжной воздух при превышении предельно-допустимых концентраций (ПДК) удаляется через порталы.

**— Можно подробнее о вентиляции и дымоудалении? Оборудование каких производителей применялось?**

— В проекте применялось оборудование следующих производителей: для тоннельной вентиляции — вентиляторы Aironp, вентиляторная установка и клапаны дымоудаления, вентиляторы ЗАО «Лада-Флект», противопожарные клапаны ООО «Вега», огнезащита воздуховодов ООО «Огнеспас», электроконвекторы «ЭргоНика», антикоррозийное покрытие металлических изделий Primarox, огнезащитные плиты Promatect, негорючие



Восточный выезд из Уфы, открытый в апреле 2024 года, — один из крупнейших инфраструктурных объектов в Приволжском федеральном округе и один из самых знаковых проектов Республики Башкортостан

плиты «Техновент», шкафы управления DKS, IEK, Owen. Общеобменная вентиляция каждого тоннеля при превышении ПДК осуществляется струйными вентиляторами Zitron. В соответствии с нормативными требованиями предусмотрен резерв производительности вентиляционной системы не менее 50%. В режиме дымоудаления также используются отдельные вентиляторы, которые установлены в венткамере, расположенной на поверхности земли у вентствала. В венткамере устанавливается два вентилятора, один рабочий и один резервный. Каждый обеспечивает 100% требуемой производительности, необходимой для вентиляции тоннелей. Над помещением камеры дымоудаления расположен венткиоск. Согласно требованиям п. 5.12.2.3 СП 122.13330.2012 расстояние от него до эвакуационных выходов и до воздухозаборных венткиосков составляет более 25 м. При расположении венткиосков и жалюзийных решеток в них учитывались планировочные условия территории, поэтому выброс перегретых газовых масс осуществляется в направлении, где отсутствует гражданская застройка. Работа вентиляционных установок может осуществляться в различных режимах в зависимости от интенсивности движения и возникновения аварийных ситуаций. Переключение осуществляется автоматически. Изменение количества воздуха, удаляемого вентиляторами, осуществляется в автоматическом режиме, путем включения (отключе-

ния) вентиляторов и изменения угла поворота лопаток их рабочих колес. Воздухообмен в транспортной зоне тоннеля рассчитывается для четырех режимов движения автотранспорта: нормального (безостановочного), замедленного (со скоростью 20 км/ч), полной остановки транспорта с работающими двигателями и прерывистого движения. Критерием работы системы является поддержание ПДК вредных веществ на допустимом уровне и удаление теплоизбытков.

**— Предусмотрены ли меры по обеспечению анти-террористической безопасности?**

— К тоннелю больше применимо понятие «транспортная безопасность». Она обеспечивается системами контроля и управления доступом, охранной сигнализацией и видеонаблюдением.

Суммируя вышесказанное — тоннель Восточного выезда из Уфы — это современное подземное сооружение, соответствующее требованиям по всем параметрам безопасности и оборудованное всеми необходимыми системами, разработанными в соответствии с передовыми технологиями. ■

Редакция благодарит пресс-службу ООО «ИнфраТерра» за содействие в подготовке интервью



Конференция и выставка

# ДОРОЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО В РОССИИ

## МОСТЫ И ИСКУССТВЕННЫЕ СООРУЖЕНИЯ

26-27 сентября 2024 года  
Санкт-Петербург, Отель Азимут Сити  
Лермонтовский проспект, 43/1

innodor.ru



При поддержке и участии

215 1809 - 2024 | МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ | ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО РОСАВТОДОР | РОСАСФАЛЬТ Ассоциация Производителей и Поставщиков Асфальтобетонных Смесей | ТК418 Дорожное хозяйство | РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА РУТ (МИИТ) | НИИ ЦР | ЦИФРОВАЯ ЭРА ТРАНСПОРТА

Партнер: БАСТИОН ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНИКА ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА | Партнер: ДШР ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ | Партнер: ЛУКОЙЛ ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ ЛЛК-Интернешнл | Партнер: ZINKER | Партнер: ЦЕНТРАЛЬНЫЕ КОМПЛЕКТЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА | Партнер: УРАЛЬСКАЯ СТАЛЬ

Партнер: ГАЗПРОМ ПЕТРОБРАУ | Партнер: ГАЗПРОМНЕФТЬ БИТУМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ | Партнер: ЦЕМЕНТУМ Создание будущего. Здесь и сейчас. | Спонсор: АВТОДОР | Спонсор: ОМК | Организатор: МАСТЕРСКАЯ МОСТОВ

Генеральные информационные партнеры: Транспорт России газета 25 лет | ДОРОГИ | Мир ДОРОГ | Дорожная энциклопедия | МС-21 | ДОРОГИ | Информационные партнеры: | Оператор: J COMM СОБЫТИЯ И ТЕХНОЛОГИИ

## ПНЕВМОУДАРНОЕ БУРЕНИЕ — ЭФФЕКТИВНЫЙ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МЕТОД

**КРЕПКИЕ И СКАЛИСТЫЕ ПОРОДЫ, НАЛИЧИЕ ВАЛУНОВ И ПРОЧНЫХ ПРОПЛАСТКОВ В ГРУНТЕ, НЕСОМНЕННО, ЯВЛЯЮТСЯ ОТЯГЧАЮЩИМ ФАКТОРОМ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ЛЮБОГО ИНФРАСТРУКТУРНОГО ПРОЕКТА. ОСОБЕННО ЭТО КАСАЕТСЯ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА, ГДЕ УСТРОЙСТВО ФУНДАМЕНТОВ (НУЛЕВОЙ ЦИКЛ) И ПРОХОДКА ТОННЕЛЕЙ ОТНИМАЮТ ЗНАЧИТЕЛЬНУЮ ЧАСТЬ ОБЩЕГО ВРЕМЕНИ СООРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТА И ДОБРУЮ ЧАСТЬ БЮДЖЕТА. А ЭФФЕКТИВНЫМ РЕШЕНИЕМ ДЛЯ БУРЕНИЯ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ, СУДЯ ПО МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ, ЯВЛЯЕТСЯ DTH-МЕТОД.**

### ВВЕДЕНИЕ

Прежде чем начнется строительство, проектные институты тратят не один месяц или даже год на качественные изыскания и исследования грунтов, расчет всех нагрузок и выбор оптимального технического решения, поиск и подбор наилучших технологий. К одной из них можно отнести пневмоударное бурение. С каждым годом все больше строителей становятся приверженцами этого способа, так как он доказал свою эффективность и универсальность. Ниже рассмотрим особенности и преимущества DTH-метода.

### ИСТОРИЯ ПОЯВЛЕНИЯ И ОПИСАНИЕ ПНЕВМОУДАРНОГО МЕТОДА

Бурение Down the Hole (DTH), что с английского переводится как «вниз в отверстие», в России известно как пневмоударное бурение. Используемое оборудование представляет собой отбойный молоток, навинченный на нижнюю часть буровой колонны. Пневмоударный молоток — один из самых быстрых способов бурения твердых пород. Считается, что эта система была изобретена независимо Стенуиком Фрером в Бельгии и Ингерсоллом Рэндом в США в середине 1950-х гг.

Поскольку метод DTH изначально разработан для сверления отверстий большого диаметра вниз при поверхностном бурении, его название произошло от того факта, что ударный механизм следует за долотом вниз в отверстие. Позже было найдено применение метода в шахтном бурении, где происходит выработка породы в горизонтальном направлении или снизу вверх.

При бурении методом DTH ударный механизм, в обиходе называемый молотком (перфоратором), расположен непосредственно над буровым долотом. Молоток



Рис. 1. Принцип работы пневмоударного метода

приводится в действие сжатым воздухом, который подается через вращатель (ротор) буровой машины и бурильные штанги. Пневмоударник состоит из двух подвижных частей: клапана, регулирующего поток, и поршня, который ударяет по ударной поверхности, непосредственно связанной с долотом. Молоток действует по принципу перфоратора, разбивая долотом твердую породу на мелкую крошку и пыль, которые впоследствии удаляются сжатым воздухом на поверхность (рис. 1). Корпус перфоратора обеспечивает прямое и стабильное направление бурения.

Буровые долота (рис. 2) или коронки (рис. 3) имеют особую конструкцию, позволяющую перекрывать диаметр обсадной трубы при бурении с одновременной обсадкой. При этом пробуренное отверстие получается больше диаметра самой колонны, что обеспечивает одновременно погружение сваи на нужную глубину. После завершения бурения рабочий инструмент извлекается из трубы и повторно используется для бурения другой сваи. Если порода монолитная, достаточно прочная и отсутствует риск обвала грунта, то бурение происходит в открытом стволе, при помощи стандартной буровой коронки.

Пневмоударное бурение — эффективный и надежный метод, позволяющий бурить стабильные скважины с исключительной прямолинейностью. Система DTH произвела революцию в индустрии взрывных работ, во

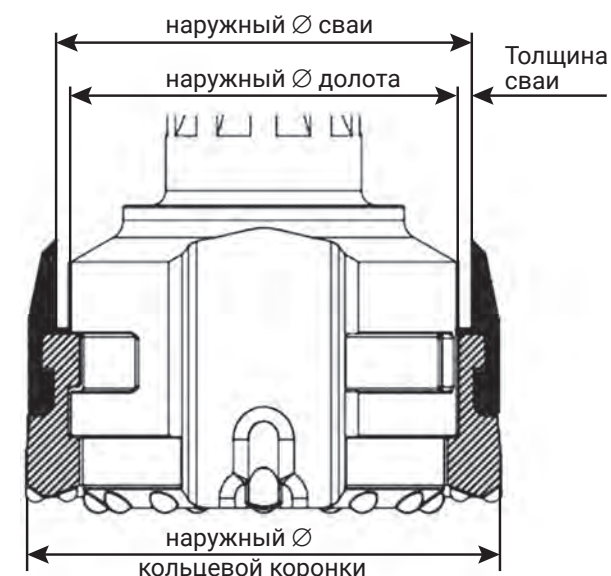


Рис. 2. Пилотное долото с кольцевой коронкой



Рис. 3. Буровые колонки

### СПРАВКА

На российском рынке DTH-метод продвигает компания Imperial Industries. Фирма, имеющая скандинавские корни, основана в 1993 году и является одним из пионеров в развитии пневмоударного метода. За более чем 30-летнюю историю представляемый ею бренд прошел путь от небольшого производства до крупного многопрофильного холдинга, прочно закрепился на мировом рынке. Продукция поставляется во многие страны.

Основатели компании являются бывшими бурильщиками, с опытом более 20 лет бурения скальных и сложных пород, поэтому понимают, насколько важно оказывать техническую поддержку на всех этапах работ, начиная от выбора метода бурения и подборки оборудования, заканчивая адаптацией инструмента под нужды и технические требования заказчика.

Помимо бурового инструмента, группа компаний Imperial Industries производит и поставляет буровые станки, вибраторы, компрессорное и генераторное оборудование и запасные части к ним, включая расходные материалы, фильтры и масла.

Всю необходимую информацию можно найти на сайтах или уточнить по телефонам компании.

многих карьерах ее начали широко использовать. Более крупные системы DTH были разработаны в Финляндии в 1985–1995 гг. и нашли свое применение в других областях, таких как бурение геотермальных и скважин на воду, производство свайных фундаментов и свайных стен и сводов.

Появление вставок (кнопок) из вольфрама карбида в буровых долотах (первые долота были цельнометаллическими) в сочетании с эффективной подачей сжатого воздуха на молоток означали, что DTH может легко и эффективно конкурировать с другими системами бурения. Например, впоследствии пневмоударный способ бурения в Скандинавии полностью вытеснил традиционные ударные и вращательные методы.

### ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПНЕВМОУДАРНОГО МЕТОДА

Пневмоударное бурение обладает многими преимуществами, по сравнению с альтернативными методами. Особенно эффективно его использование, в частности,

## ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ



Погружение сваи 610 мм в скалу при помощи пневмоударного метода. Используется пневмоударный молоток 18", пилотное долото с кольцевой коронкой от Империял Индастрис. Время погружения 20 м сваи — 40 мин, из них:

- 17 м — мягкие грунты;
- 2,5 м — трещиноватая скала;
- 0,5 м — монолитная скала.

Россия, г. Выборг Ленинградской области, август 2024 года.

там, где требуется бурение скважин с одновременной обсадкой; при наличии пород разной структуры и прочности, где есть риск встретить валуны или твердые включения, где присутствует скала или бетон (без арматуры); при больших диаметрах и больших глубинах (до 300 м), когда необходимо установить сваю в корневую породу.

Как было уже отмечено, пневмоударное бурение на сегодняшний день является наиболее универсальной технологией и может успешно использоваться в широком диапазоне грунтовых условий — от мягких, средних и до очень крепких.

Некоторые уникальные особенности системы DTH:

- способность бурить практически в любых грунтовых условиях;
- ударная энергия обеспечивает скорость при меньших потерях мощности и большей точности сверления;
- жесткая бурильная колонна улучшает выравнивание и посадку сваи;
- объем воздушного потока обеспечивает эффективную промывку и очистку скважины от шлама;
- после установки сваи на проектную глубину ее ствол полностью очищен от грунта и шлама и сразу готов к изготовлению БНС;
- бурение как вертикальных, так и горизонтальных скважин;
- с помощью одного и того же молотка можно бурить различные диаметры отверстий;
- простота в обслуживании;

- более высокая (в 2–5 раз и более) и стабильная скорость проникновения в грунт, по сравнению с вращательным или ударным методами;
- можно использовать относительно небольшие, легкие и мобильные буровые установки;
- можно использовать более тонкую стенку обсадной трубы;
- снижение затрат на бурение в сложных геологических условиях;
- за счет нахождения пневмоударника на глубине, по сравнению с ударным методом, ниже уровень шума, что позволяет использовать DTH-метод в плотной городской застройке. ■

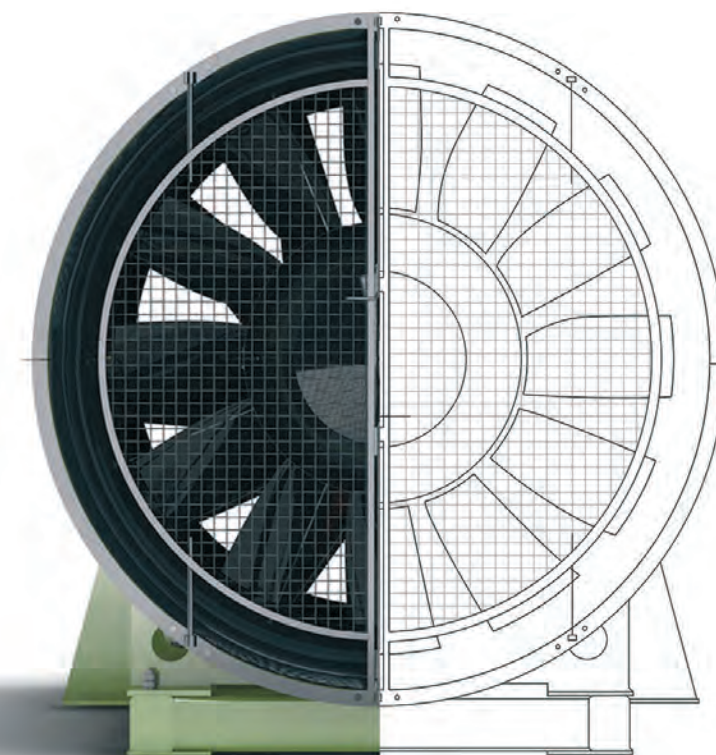


Рис. 4. Свая 630 мм с пилотным долотом и кольцевой коронкой



ООО «Империял Индастрис»  
Москва:  
8 (800) 250-66-56  
info@imperial-industries.com  
www.imperial-industries.com

Санкт-Петербург:  
8 (800) 250-15-32  
info@trimach.ru  
www.trimach.ru



VENTPROM.com

Артёмовский  
машиностроительный  
завод "ВЕНТПРОМ"

тел.: +7 (34363) 58-100  
факс: +7 (34363) 58-158  
ventprom@ventprom.com

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ШАХТНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ

Открытый микрофон

**ЖУРНАЛ «ПОДЗЕМНЫЕ ГОРИЗОНТЫ» УЖЕ ПОДНИМАЛ ТЕМУ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ МЕТРОПОЛИТЕНА. КАК ВЫЯСНИЛОСЬ, ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В ЭТОЙ ОБЛАСТИ НЕ ВХОДИТ В ЧИСЛО ПРИОРИТЕТНЫХ ПРОБЛЕМ, ПОСКОЛЬКУ ВСЕГДА ПРЕОБЛАДАЛО ОТЕЧЕСТВЕННОЕ ВЕНТОБОРУДОВАНИЕ. А ЧТО ПРОИСХОДИТ В СЕГМЕНТЕ ШАХТНЫХ ВЕНТИЛЯТОРОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ? РАЗВИВАЕТСЯ ЛИ ИХ ПРОИЗВОДСТВО В РОССИИ, УЧИТЫВАЯ, ОПЯТЬ ЖЕ, САНКЦИОННОЕ ДАВЛЕНИЕ ЗАПАДА? К УЧАСТИЮ В «ОТКРЫТОМ МИКРОФОНЕ» МЫ ПРИГЛАСИЛИ РОССИЙСКИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ.**

**Денис КУТАЕВ,**  
главный конструктор  
АО «АМЗ «ВЕНТПРОМ»:



— В части комплектации вентиляционного оборудования АО «АМЗ «ВЕНТПРОМ» всегда отдавало предпочтение отечественным производителям. С уходом с нашего рынка европейских изготовителей комплектующих изделий, не являвшихся критически важными (в основном по электрооборудованию), эту нишу заняли изготовители как российские, так и из дружественных стран. Сегодня мы можем с уверенностью сказать, что проблем с выпуском продукции у нас не существует. Сроки производства и поставки полностью удовлетворяют заказчиков, качество и надежность наших изделий соответствует международным стандартам.

АО «АМЗ «ВЕНТПРОМ» разрабатывает и производит вентиляционное оборудование более 80 лет. Вся линейка выпускаемой продукции постоянно улучшается



### ? ВОПРОСЫ ДЛЯ УЧАСТНИКОВ

- 1 Как ваше предприятие решает задачу импортозамещения комплектующих и повышения эффективности вентиляционного оборудования?
- 2 Работаете ли над расширением линейки выпускаемого оборудования?
- 3 Если взять шахтные вентиляторы, какие модели сегодня в тренде?

(модернизируется) на основе новых технологических решений, расширяются параметрические ряды как осевых шахтных вентиляторов главного и местного проветривания, так и шахтных центробежных вентиляторов главного проветривания.

Разработана более эффективная линейка шахтных центробежных вентиляторов серии ВРД, в том же диаметре рабочего колеса существенно превосходящая по параметрам подачи и депрессии центробежные вентиляторы серии ВЦД еще советской разработки. Расширена линейка шахтных газоотсасывающих центробежных вентиляторов серии УВЦГ. Разработан новый параметрический ряд осевых вентиляторов встречного вращения местного проветривания серии ВМЭ ВВВ. Расширен параметрический ряд осевых вентиляторов серии ВОМ для проветривания тоннелей и станций метрополитенов. Эффективно внедряются струйные вентиляторы серии VSA и VSB для проветривания транспортных, железнодорожных тоннелей. В зависимости от индивидуальных технических параметров объекта заказчика, АО

«АМЗ «ВЕНТПРОМ» также разрабатывает и изготавливает нестандартное оборудование.

В связи с уходом европейских производителей ряд российских горнодобывающих компаний, ранее использовавших иностранное вентиляционное оборудование, столкнулся с проблемой поставки запасных частей. АО «АМЗ «ВЕНТПРОМ» также занимается решением подобных вопросов, изготавливаются аналогичные элементы, в некоторых случаях используется замена крупных узлов вентарегатов.

Что касается трендов, то все зависит от предполагаемых условий эксплуатации оборудования. У каждого заказчика требования могут быть разные. Если говорить про шахтные вентиляторы главного проветривания, то преимущественно востребованы осевые вентиляторы серии ВО-А с диаметром рабочего колеса до 5,5 м, гораздо реже — центробежные вентиляторы серии ВЦД с диаметром рабочего колеса до 4,7 м. Для проветривания тоннелей и станций метрополитенов используются осевые вентиляторы серии ВОМ с диаметром рабочего колеса до 2,4 м.

**Артем БОНДАРЕНКО,**  
генеральный директор  
ООО «Завод «Воронежский  
вентилятор»:

— Завод «Воронежский вентилятор» столкнулся с проблемой импортозамещения комплектующих достаточно давно. Совместно с поставщиками мы проводим подбор аналогов производства как российского, так и дружественных стран. Проводим испытания и эксперименты, что позволяет нам и нашим партнерам найти ту самую «золотую середину» цены и качества, чтобы удовлетворить запросы клиентов.

Для повышения эффективности производимого оборудования мы на постоянной основе ведем конструкторскую работу по модернизации своей существующей линейки и по переработке технических решений зарубежных производителей под наши задачи.

К сожалению, новые виды продукции пока мало востребованы, так как оборудование обычно закупают в соответствии с планом замены, в котором, в свою очередь, указано то, что было заложено в проект и установлено в процессе первоначального монтажа. Данную позицию достаточно сложно оспорить или изменить, так как места установки оборудования стандартны и имеют свои габариты.

По шахтным вентиляторам при этом у каждого предприятия свои приоритеты. Можно отметить всегда пользующуюся спросом серию ВО-ВМЭ (ВМЭ). Из производимых шахтных вентиляторов эти машины чаще всего



фигурируют в запросах, самые приобретаемые. Наше предприятие совместно с партнерами переработало вентиляторы типа ВМЭ, с сохранением рабочих показателей уменьшив вдвое вес и мощность электродвигателей за счет изменения рабочего колеса. Данные образцы, к сожалению, не удалось на сегодняшний момент поставить ни одному покупателю, так как отделы снабжения предпочитают не брать на себя ответственность и приобретают машины, используемые на предприятиях еще со времен СССР.

**Виталий ЛЕЙФУ,** главный инженер  
АО «Красногвардейский крановый завод»:

— Мы сейчас работаем над замещением одной импортной установки. На два вентилятора уже были пробные поставки лопаток, они хорошо себя зарекомендовали. Сейчас делаем полностью рабочее колесо. Это оборудование ориентировано на золотодобытчиков.

По комплектуемым каким-либо сложностей пока не испытываем. Предложений много. Мы же в основном занимаемся крановым оборудованием. Частотные преобразователи на рынке пока в достатке. Западное оборудование в этом сегменте вообще не используем.

Отечественные производители, в принципе, могут закрыть рынок. Что касается качества, то некоторое оборудование сейчас предпочитаем заказывать в Болгарии. Двигатели в основном идут китайские, и у нас хороший поставщик — никаких проблем по качеству с ним нет.

Что касается шахтных вентиляторов. Собственно, мы выпускаем то же самое, что и АМЗ «ВЕНТПРОМ», хотя и более узкой линейкой. Это серия ВМЭ. Вся продукция представлена на нашем сайте. По востребованности же этой техники рынок бывает разный. Судя по нашим наблюдениям, сейчас часто запрашивают вентиляторы ВОД-21М, ВО-24. Это большие машины. Мы их тоже производим. ■



## КОНСТАНТИН ПАВЛОВ О ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ГНБ

Беседовала Полина БОГДАНОВА

*ПЕТЕРБУРГСКАЯ КОМПАНИЯ «ПОДЗЕМИНЖКОМ» РАБОТАЕТ В ОБЛАСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ УЖЕ ПОЧТИ ЧЕТВЕРТЬ ВЕКА. ОДНАКО ГЛАВНАЯ ЕЕ ОСОБЕННОСТЬ ЗАКЛЮЧАЕТСЯ НЕ В ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПРИСУТСТВИЯ НА ЭТОМ НЕПРОСТОМ РЫНКЕ, НА КОТОРОМ В СВОЕ ВРЕМЯ ОНА СТАЛА ПЕРВОЙ В СЕВЕРНОЙ СТОЛИЦЕ, А В КОМПЛЕКСНОМ ПОДХОДЕ К ГНБ, ОСНОВАННОМ НА РАЗРАБОТКЕ СОБСТВЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, АВТОМАТИЗИРУЮЩЕГО РЯД ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ. ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ ЭТОГО ПО К ТОМУ ЖЕ ЯВЛЯЮТСЯ УЖЕ БОЛЕЕ ПОЛУТЫСЯЧИ ПРОФИЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ. ПОДРОБНОСТИ — В ИНТЕРВЬЮ С ГЕНЕРАЛЬНЫМ ДИРЕКТОРОМ ООО «ПИК» КОНСТАНТИНОМ ПАВЛОВЫМ.*



— Константин Борисович, когда была образована ваша компания, с чего все начиналось?

— Первую скважину методом ГНБ мы пробурили в ночь с 7 на 8 июля 2000 года. Соответственно, скоро уже будет четверть века с того момента. Начинать мы с нуля, не знали ни как проектировать, ни как бурить.

Представитель компании Ditch Witch приехал, передал нам маленькую буровую установку РТ1010, в общих чертах показал, как с ней работать. И уехал. Эту ночь мы проработали уже без него, так и работаем до сегодняшнего дня — своими силами и умениями.

В России мы были среди первопроходцев, а в Петербурге вообще стали первыми. Причем именно для ГНБ нормативов и правил не было, это все было новинкой. Пришлось самим переделывать проекты, выполненные для открытого способа работ, на ГНБ-переходы. Самим проектировать трассу, разыскивая и огибая существующие коммуникации. Надо было знать точные отметки, поэтому пришлось привлекать, в частности, геофизиков из Горного института. Тем не менее, мы прошли свой первый бестраншейный переход за одну ночь не где-нибудь на окраине, а на Невском проспекте.



Работа в городе



Замер глубин и уклонов локатором



Запись данных локаций



Привязка трассы к ГИС

— ПИК занимается не только прокладкой коммуникаций различного назначения, но и разработкой программного обеспечения, автоматизирующего ряд процессов технологии ГНБ. Как компания вышла на путь внедрения высокотехнологичных инноваций?

— Первоначально мне самому приходилось чертить трассу на листах-миллиметровках. Это объемная и кропотливая работа, которая занимала много времени. И возникла мысль создать некую программу, которая помогала бы заниматься подготовкой проекта и выполнением самого бурения. И мы создали такой программный продукт.

Потом был интересный эпизод, когда фирма Vermeer пригласила нас поучаствовать в учебном семинаре и показать, как мы выполняем работы на своей маленькой буровой установке. Передо мной представитель зарубежной организации рассказал о программном обеспечении, которое они имеют. Стоимость этого ПО была озвучена, по ценам того времени, в 5 тыс. долларов. Я рассказал, что у нас есть своя программа примерно с таким же функционалом. Она, однако, еще слишком сырая для того, чтобы реализовывать ее пользователям, но мы могли бы продавать ее даже за 200 долларов... Это, в том числе, к вопросу о российских инновациях. Позже я собрал более сильную группу программистов, они сделали новую программу, которая до сегодняшнего дня развивается и, полагаю, будет продолжать развиваться.

— В конце 2021 года приказом Минстроя РФ были официально закреплены требования автоматизации процессов получения, обработки и передачи данных при выполнении работ методом ГНБ. Как сегодня обстоят дела с цифровизацией у вас?

— Начну с того, что мы уже 23 года работаем вместе с международной профессиональной ассоциацией — МАС ГНБ. Последней нашей общей работой, совместно с АО

ЦНИИС НИЦ «Тоннели и метрополитены», было создание свода правил СП 341.1325800.2017 «Подземные инженерные коммуникации. Прокладка горизонтальным направленным бурением». Там мы описали все процессы, которые необходимо выполнять, используя ГНБ. В 2021 году была актуализация этого свода правил в связи с тем, что по всем отраслям экономики на государственном уровне началось внедрение цифровизации.

У нас на тот момент уже была программа, ориентированная на данный процесс. На этой волне я дал задание программистам ее доработать, чтобы по всем разделам — начиная с изысканий, через проектирование, производство работ, выполнение исполнительной документации, до карт подземных сетей — все делать «в цифре». На сегодняшний день мы таким образом и реализуем приказ министра строительства Ирека Файзуллина. Наша программа работает по всем разделам, актуализированной версией СП 341, от изысканий до картографирования. Drill Site мы позиционируем именно как цифровой инструмент ГНБ.

— Расскажите подробнее о значении программных продуктов, которые предлагаются для решения задачи автоматизации ГНБ.

— Я уже выступал по теме, которую обозначил так: «Пять этапов — пять проблем. Пять проблем — одно решение». Есть об этом и видеоролик. Какие же видятся проблемы? Это инженерные изыскания, которые делаются кое-как, в неполном объеме или вообще не делаются. Это проектирование, при котором пользуются изысканиями, которые плохо сделаны или вообще не делались. Это проект производства работ, соответствующе, низкого качества. Это производство работ, которые выполняют необученные люди, лишь бы получить деньги. Это приемка исполнительной документации, которая тоже делается, как попало.

Невыполнение нормативных требований на любом из названных этапов может привести к значительным трудностям при реализации проекта ГНБ и даже авариям на месте производства работ.

В частности, при приемке исполнительной документации с картой сетей проверить, насколько она соответствует действительности, старым методом практически невозможно. Если же это выполняется нашим аппаратным программным комплексом на основе программы Drill Site, тогда все видно четко.

### — Насколько функциональна программа Drill Site?

— Имеющиеся в нашем распоряжении программное обеспечение и набор электронных измерительных приборов помогают облегчить работу на всех этапах выполнения ГНБ.

Данные, полученные от приемника GPS-ГЛОНАСС и системы локации, имеющей функцию памяти, поступают в ПО Drill Site, которое позволяет за короткое время подготовить не только проект профиля ГНБ, но и полный пакет фактической исполнительной документации выполненной работы. Созданный в программе файл прокола в формате DWG за несколько секунд пополнит совмещенный план сетей проложенных коммуникаций с достоверными координатами местоположения перехода ГНБ в 3D.

Программное обеспечение и комплект электронных измерительных приборов с блоком памяти позволяют:

- при проектировании профиля бурения использовать данные изысканий;
- выполнить проект профиля ГНБ, который отображает все необходимые данные для контроля процесса бурения;
- рассчитать ожидаемые нагрузки на буровую установку и прокладываемый трубопровод;
- выполнить контроль критической кривизны буровых штанг и трубы;
- подобрать количество этапов расширений скважины;



Трасса ГНБ в плане

■ составить задание на бурение и выполнить его экспорт в систему локации для контроля в реальном времени процесса бурения;

■ после выполнения работ подготовить исполнительную документацию, на основании которой пополнить карту подземной инфраструктуры с реальными координатами местоположения проложенного трубопровода.

ПО Drill Site позволяет сформировать полный набор форм исполнительной документации, рекомендованной СП 42.101.2003 или СП 341.1325800.2017. В ней также автоматически указывается, в какое время и от каких приборов получены данные для формирования ИД.

### — Что у вас на сегодняшний день в планах развития?

— Последнее время к нам стали обращаться с такими просьбами, как: запроектировать профиль ГНБ, отыскать ранее проложенный ГНБ трубопровод, в который нужно сделать врезку нового. Был даже такой случай, когда нам пришлось объяснять одной подрядной организации, где лежит проложенный нами трубопровод. Оказалось, что на совмещенном плане сетей он нанесен не по нашей фактической исполнительной документации, а по проекту.

Чтобы проектировщикам ГНБ было легче работать, отработываем методику составления проекта. Для этого, нужны достоверные исходные данные. Наша компания сейчас создает электронную базу подземных переходов (со всеми координатами, с полной исполнительной документацией, с актами, с профилями, с паспортами), которые мы выполнили на своих объектах в Санкт-Петербурге и области. В любое время можно уточнить местоположение проложенной сети. Планируем базу данных сделать доступной для всех компаний ГНБ, которые работают в Петербурге. 28 июня 2024 года нами был проведен семинар-практикум по цифровизации ГНБ. Участники семинара высоко оценили наш подход к процессу выполнения работ. В связи с этим мы планируем семинары проводить на постоянной основе. Будем рады делиться своим опытом и знаниями с коллегами!

**Наша компания стремится к постоянному совершенствованию цифровизации всех процессов ГНБ! ■**



198095, Санкт-Петербург,  
ул. Маршала Говорова, д. 42,  
Тел. +7 (812) 703-43-44,  
+7(812) 703-43-99,  
www.drillsite.ru

# РОССИЙСКИЙ РЫНОК ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГНБ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

## Круглый стол

**ТЕХНОЛОГИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНО НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ, ПРИШЕДШАЯ В РОССИЮ С ЗАПАДА, ДОЛГИЕ ГОДЫ РЕАЛИЗОВЫВАЛАСЬ НА ЗАРУБЕЖНОМ ОБОРУДОВАНИИ. ПОЛИТИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ, ОДНАКО, ПОВЛИЯЛА И НА ЭТОТ МИРНЫЙ СОЗИДАТЕЛЬНЫЙ РЫНОК. МНОГОО ЛИ ИЗМЕНИЛОСЬ? НАХОДЯТ ЛИ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ БУРИЛЬЩИКИ ЗАМЕНУ ЗАПАДНЫМ БРЕНДАМ? РАЗВИВАЕТСЯ ЛИ ПРОИЗВОДСТВО ОБОРУДОВАНИЯ В РОССИИ? ОТВЕТЫ НА ЭТИ ВОПРОСЫ МЫ ПОПЫТАЛИСЬ НАЙТИ, ПРИГЛАСИВ К ДИСКУССИИ В ФОРМАТЕ ЗАОЧНОГО КРУГЛОГО СТОЛА УЧАСТНИКОВ РЫНКА ГНБ.**



Константин ПАВЛОВ,  
генеральный директор  
ООО «ПодземИнжКом»



Валерий ТАШКИНОВ,  
технический директор  
ООО «Вертикаль»

**Оборудование ГНБ каких производителей вы используете при выполнении работ?**

**Валерий Ташкинов:**

— Сейчас мы используем новую лизинговую технику китайского производства. Пока еще приносимся к ней, по качеству хотелось бы лучше понимать ее возможности и надежность.

Отечественного производителя, у которого было бы отлаженное массовое производство именно по нашей спецификации, я пока не знаю.

В принципе, китайская техника закрывает потребности рынка. Бывает, в ней что-то ломается, но у производителей, с которыми мы работаем, есть ремонтная база, и запчасти поставляют достаточно быстро.

**Константин Павлов:**

— Самое главное — не чье производство машина и сколько она стоит, а способна ли она выполнить конкретную необходимую работу. Зачем мне дорогая техника, если задачу вполне решит дешевая? Образно говоря, зачем нужен экскаватор там, где быстро и легко справится лопата? Точно так же и с прокладкой коммуникаций. Если можно реализовать проект дешево открытым способом, не нужно вообще пригонять на объект буровую установку, которая, так или иначе, стоит немалых денег.

У нас была не одна установка. Я отдавал предпочтение фирме «Вермеер». Мы с ними достаточно тесно сотрудничали. Я им помог с программным обеспечением, а они предоставляли технику на выгодных условиях.



Сейчас, однако, это сотрудничество попало под санкции, и надо, в том числе из патриотических соображений, переориентироваться на оборудование, выпускаемое или в России, или в дружественных странах. Вот у меня сегодня есть китайская установка, взятая в лизинг, и она меня устраивает. Пришлось кое-что доделать, чтобы было удобнее на ней работать, но, тем не менее, свои задачи она выполняет достаточно хорошо.

Есть у нас сейчас также прокольная установка белорусского производства, работает нормально.

## Как обстоят дела с заменой комплектующих для западного оборудования?

### Константин Павлов:

— У нас в стране и, в частности, в Санкт-Петербурге есть организации, которые занимаются выпуском аналогов зарубежного инструмента и комплектующих достаточно хорошего качества. Если чего-то нет в Петербурге, это есть в Челябинске, Нижнем Новгороде и т. д.

Что же касается импорта вообще, приведу пример. Фирма «СЕНСЕ ГНБ» из Ульяновска может продать локационную систему, допустим, за 800 тыс. рублей или дешевле, в зависимости от комплектации, а если покупать аналог за рубежом, то это будет стоить 1,5-2 млн. Функционал тот же самый, а стоимость очень разная. Наша программа с этой локационной системой взаимодействует полноценно. Хотя есть на отечественном рынке и другие варианты, которые не имеют нужной нам функции записи данных, полученных из-под земли, и тогда информацию приходится вбивать на компьютере вручную.

### Валерий Ташкинов:

— Мы сейчас не используем западное оборудование, поэтому нет смысла заниматься параллельным импортом. Вернулись к китайской технике, о работе с которой я уже вкратце сказал.

## Машины какой мощности наиболее востребованы сегодня? Готовы ли отечественные производители обеспечить существующий спрос?

### Валерий Ташкинов:

— Востребованность может меняться год от года. Однотонной тенденции я не вижу. В прошлом году, например, были хорошо востребованы машины 80-тонные, 40-тонные, 15-тонные. В этом году большие установки почему-то востребованы реже, но 15-20-тонные опять, что называется, нарасхват.

Про отечественных производителей я уже сказал. Даже если они и появились, то, по меньшей мере, у них пока нет хорошей рекламы. Точно скажу: у нас в регионе не работают отечественные производители.

### Константин Павлов:

— Именно по установкам ГНБ отечественные производители обеспечить существующий спрос пока не могут. А по прокольным установкам — есть управляемые, неуправляемые, с вращателями, с ручным вращением буровой штанги, гидравлическим вращением — у нас уже достаточно хорошо. И в Белоруссии делают такое оборудование. Начали там выпускать и непосредственно установки ГНБ. Мы еще не работали на них, не могу сказать ни хорошего, ни плохого.

Насчет востребованности той или иной техники в нашей практике конкретных цифр не назову. У нас



## СЛОВО ПРОИЗВОДИТЕЛЮ ОБОРУДОВАНИЯ

Какие виды оборудования для ГНБ вы сегодня готовы предложить? Забойные двигатели каких производителей устанавливаете на своих машинах? Какие буровые головки можете предложить? Что можете сказать об импортозамещении комплектующих? Скважины каких диаметров позволяет пробуривать ваше оборудование? Машины какой мощности наиболее востребованы сегодня?

— Мы сегодня готовы предложить буровые машины ET 1205, 2410, 3616, 4818, НСУ на 3 и 5 м<sup>3</sup>, буровые головы и лопатки для них.

Забойные двигатели сами не ставим. Это компетенции производителя работ — какой инструмент он будет использовать, исходя из конкретного проекта.

Буровые головы предлагаем под зонды систем локации 380 и 480 мм длиной. В планах выпускать эту продукцию под все типы зондов, которые производит наша компания.

Насчет импортозамещения со стороны своей компании скажу, что начать локализацию и производство буровых машин, разработку и производство НСУ и прочего оборудования для ГНБ и было нашим решением вопроса по замене не только комплек-

тующих, но и узлов и техники в целом. Наша задача — создать сильную производственную базу в сочетании с конструкторским бюро, складами комплектующих, службой сервиса и снабжения для производства продукции не просто конкурентоспособной, а действительно качественной, функционал и исполнение ко-



торой необходимы рынку и его участникам. Для скорейшей локализации при разработке узлов и подборе деталей мы ориенти-



Елена ТАРЕЕВА,  
генеральный директор  
ООО «СЕНСЕ ГНБ»

руемся на наличие российского производителя аналогов.

Что же касается диаметров скважин, то данный вопрос не имеет точного ответа. Это зависит от материала трубы. Диапазоны же можно определить как 20–600 м, диаметр — 100–700 мм.

По нашим оценкам, наиболее востребованы сейчас буровые от 10 до 40 т тяги. Это связано с большим количеством малых и средних проектов в черте города, а также вне его. Линейка наших буровых: 12, 24, 36, 40 т тяги, с повышенным усилием на вращение и мощными буровыми насосами.

разные проекты. Все зависит от того, что именно надо делать. Если надо пройти переход под городской дорогой, достаточно применить прокольный станок. Если же надо проложить магистральный трубопровод под рекой, длина которого должна быть, допустим, 400 м и более, тогда нужна мощная установка больших диаметров.

## Имеете ли вы опыт разработки собственных проектов для прокладки коммуникаций с применением метода ГНБ?

### Константин Павлов:

— Да, конечно, такой опыт за 24 года работы на рынке у нас появился. Начиналось с того, что звонят, напри-

мер, из заполярного Нарьян-Мара, где надо проложить оптоволоконный кабель для телефонизации и раздачи интернета. Под реками и болотами. Мы бы сами поехали, выполнили эту работу, но на той технике, которая тогда у нас имелась, туда даже доехать было невозможно. Сделали для них специальный проект. Затем для таких случаев пришлось взять в лизинг новую буровую установку на мощном тягаче.

### Валерий Ташкинов:

— Мы ведем много проектов, где учим проектировщиков, как это нужно делать, с какой траекторией, по каким грунтам, как выполнять расчеты и т. д. Сопровождаем практически каждый проект. Такой опыт у нас нарабатывается на протяжении пяти лет. ■