

# Подземные горизонты

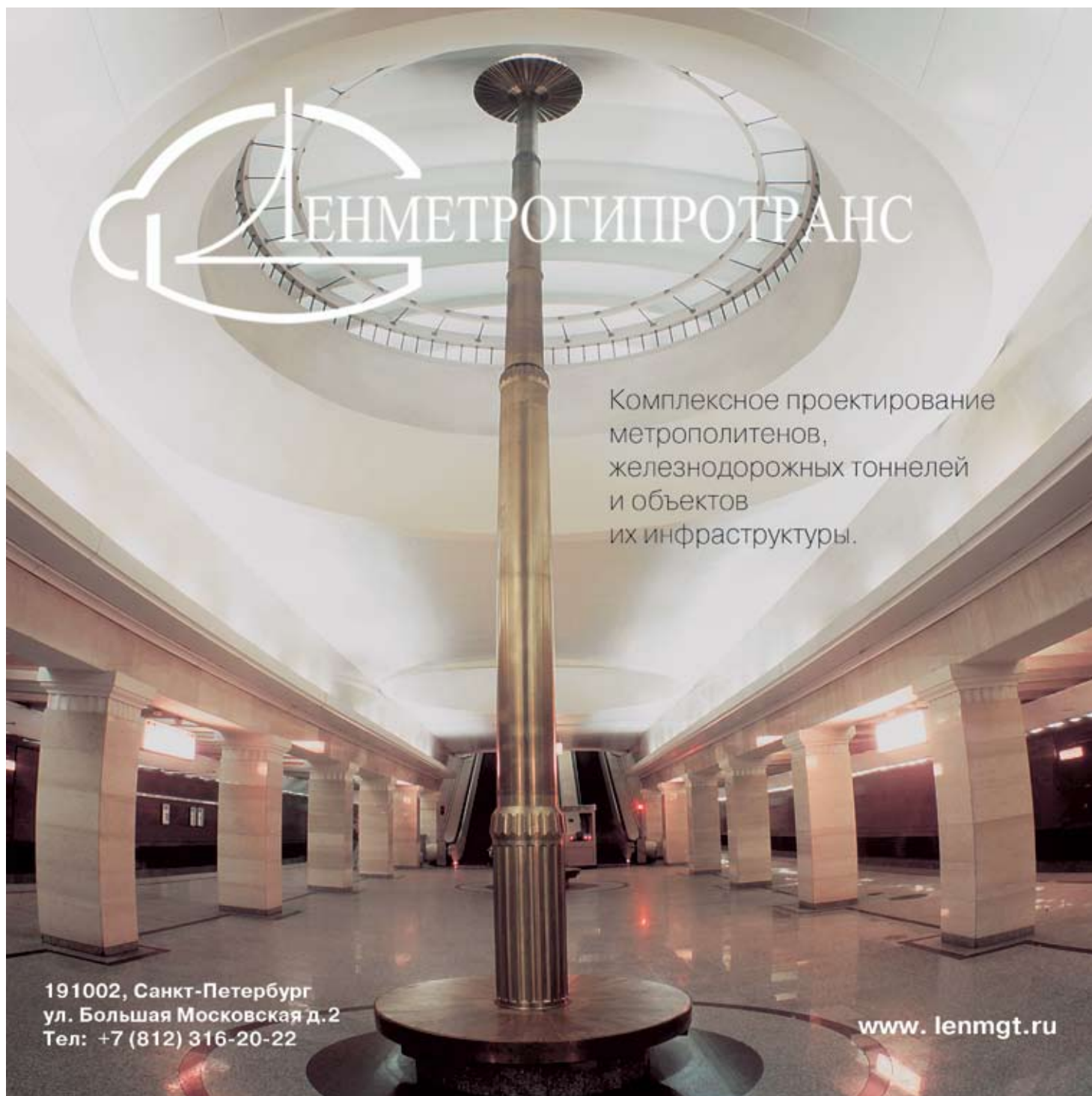
*Underground Horizons*

Март

№4

2015

[www.techinform-press.ru](http://www.techinform-press.ru)



ЛЕНМЕТРОГИПРОТРАНС

Комплексное проектирование метрополитенов, железнодорожных тоннелей и объектов их инфраструктуры.

191002, Санкт-Петербург  
ул. Большая Московская д.2  
Тел: +7 (812) 316-20-22

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



# ACUUS 2016

15<sup>th</sup> World Conference. Saint Petersburg

12–16  
сентября / September  
2016

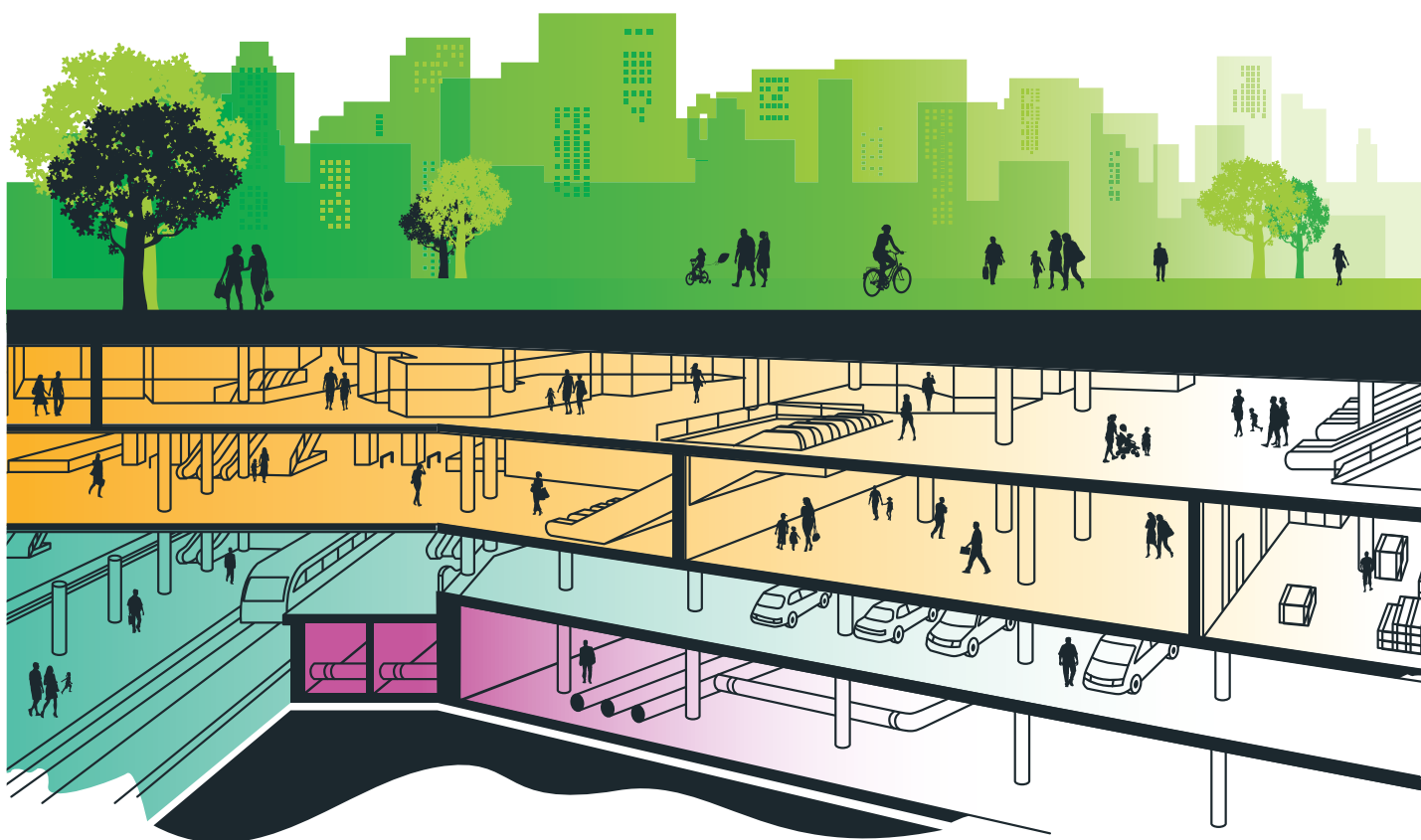
Россия, Санкт-Петербург  
Russia, Saint Petersburg

## 15-я Всемирная конференция ACUUS

Объединения исследовательских центров подземного пространства мегаполисов

## 15<sup>th</sup> World Conference ACUUS

Associated Research Centers for the Urban Underground Space



**Подземная урбанизация как необходимое условие  
устойчивого развития городов**

**Underground urbanization as a prerequisite  
for sustainable development**

## Приглашаем Вас принять участие в 15-ой Всемирной конференции ACUUS 2016!

Конференция ACUUS проходит в разных городах мира более 30 лет и неизменно поддерживается на высоком правительственном уровне. В рамках мероприятия формируется дискуссионная площадка для признанных в мире экспертов в области подземной урбанистики, инвесторов, представителей органов власти и общественных организаций.

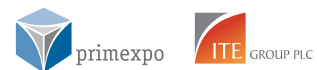
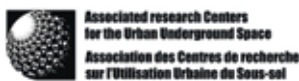
## We invite you to take part in the World Conference ACUUS 2016 in Saint Petersburg, one of the most beautiful cities in the world!

The World Conference ACUUS has been held every two to three years in several countries all over the world. As one of the most highly acclaimed meetings in the field of urban underground space, the World Conference ACUUS 2016 in Saint Petersburg is expected to gather a large number of participants from around the world.



**Ранняя регистрация продлится до 03 января 2016 года!**  
**Early Registration will be available until 03 January 2016!**

От имени / On behalf of: \_\_\_\_\_ Организатор / Organised by: \_\_\_\_\_ Оператор / Operating company: \_\_\_\_\_



Тел./Tel.: +7 812 325 05 65

Тел./Tel.: +7 812 380 60 05

Медиа партнеры / Media partners: \_\_\_\_\_ При поддержке / With the support of: \_\_\_\_\_



secretariat@acuus2016.com

**acuus2016.com**



# ООО «ПЕТЕР-ГИБ»

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- Обследование фундаментов, подземных и надземных конструкций зданий и сооружений, включая памятники архитектуры.
- Проектирование фундаментов разных типов и подземных объемов зданий (подземные гаражи и др.) в окружении существующей застройки.
- Проектирование надземных строительных конструкций зданий, включая высотные.
- Геотехнический мониторинг.
- Научно-технический консалтинг.





## Наиболее значимые объекты:

- Обследование фундаментов и строительных конструкций складских зданий на острове «Новая Голландия», 1985 г.
- Обследование подвалов и фундаментов Большого Гостиного Двора, 1999 г.
- Конструкции гостиницы «Ренессанс», Почтамтская ул.
- Обследование фундаментов Таврического дворца, проект усиления фундаментов
- Обследование фундаментов и надземных конструкций Этнографического музея
- Гостиница «Амбассадор», пр. Римского-Корсакова, 5–7, фундаменты, подземный этаж
- Двухэтажный подземный объем и фундаменты гостиницы «КОРТ ЯРД МАРИОТТ ВАСИЛЬЕВСКИЙ»
- Комплекс из трех 16-этажных зданий на Северном проспекте («Северный Олимп»)
- Обследование конструкций Восточного крыла Главного штаба. Проект усиления фундаментов, углубления подвалов и дворовых площадей
- Комплекс из шести 22–24-этажных жилых домов «Синяя птица»
- Фундаменты и подземный этаж офисного центра «РЕГЕНТ-ХОЛЛ»), возле станции метро «Достоевская»
- Проект усиления фундаментов здания Нового Эрмитажа, 2001 г.
- Технология и проект закрепления слабого грунта основания участка Восточного полукольца КАД методом высоконапорной инъекции
- Проект углубления и гидроизоляции подвала Правого ризалита здания Смольного
- Фундаменты и двухэтажный подземный объем здания гостиницы W-hotel, Вознесенский пр., 6
- Конструктивная часть проекта здания Зала заседаний КС РФ во дворе Сената, Сенатская пл., 1
- Подземный объем четырехуровневой автостоянки ТЦ «Стокманн», Невский пр., д.114-116
- Торговый комплекс «Галерея», Лиговский пр., 26–38, подпорная стенка платформы №1 Московского вокзала. 2011 г.
- Подземные этажи и фундаменты гостиницы «Монферран», Конногвардейский бульвар, 5
- Двухэтажный подземный объем ТКЦ возле метро «Электросила» (ведутся строительные работы)



197198, Санкт-Петербург,  
пр. Добролюбова, д. 1/79, лит. Б  
Тел.: (812) 405-71-05, petergib@yandex.ru



### Уважаемые читатели!

Ровно год назад стартовал, и как показало время, вполне успешно, очередной проект нашего издательского центра — журнал «Подземные горизонты». За прошедший период нам удалось узнать, чем живет отрасль, познакомиться с ведущими специалистами-подземщиками, представить профессиональному сообществу наше новое детище. На сегодняшний день российские подземные строители знают и любят журнал, с удовольствием сотрудничают с его редакцией. В планах издательства — достижение лидирующих позиций на международном рынке специализированных СМИ. С этой целью издание выпускается не только на русском языке — отдельные статьи приводятся в двуязычном исполнении.

Чтобы познакомить мировую профессиональную общественность с журналом, редакция принимает активное участие в различных международных мероприятиях. Самое знаковое и масштабное из них в этом году — Всемирный тоннельный конгресс, который в конце мая пройдет в хорватском городе Дубровник. Наш журнал выступает информационным партнером этого конгресса и обязательно будет освещать его работу.

Активно сотрудничает издание и с отраслевыми общественными организациями внутри России. Так, с этого года журнал является официальным информационным партнером НП «Объединение подземных строителей и проектировщиков», а также специализированного портала [undergroundexpert.info](http://undergroundexpert.info). Очень надеемся, что наша совместная работа будет востребована специалистами-подземщиками и послужит на благо отрасли.

*С уважением, генеральный директор  
ООО «ТехИнформ» Регина Фомина,  
и весь творческий коллектив*

## «ПОДЗЕМНЫЕ ГОРИЗОНТЫ»

Официальный информационный партнер



№4 март/2015

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 **Регина Фомина**  
([info@techinform-press.ru](mailto:info@techinform-press.ru))

Заместитель генерального директора  
**Ирина Дворниченко** ([pr@techinform-press.ru](mailto:pr@techinform-press.ru))

### РЕДАКЦИЯ:

Главный редактор  
**Валерий Чекалин** ([redactor@techinform-press.ru](mailto:redactor@techinform-press.ru))

Дизайнер, бильд-редактор  
**Лидия Шундалова** ([art@techinform-press.ru](mailto:art@techinform-press.ru))

Руководитель службы информации  
**Илья Безручко** ([bezruchko@techinform-press.ru](mailto:bezruchko@techinform-press.ru))

Отдел подписки:  
**Нина Бочкова** ([public@techinform-press.ru](mailto:public@techinform-press.ru))

**Валентина Наумова** ([post@techinform-press.ru](mailto:post@techinform-press.ru))

Отдел маркетинга:  
**Ирина Голоухова** ([market@techinform-press.ru](mailto:market@techinform-press.ru))

Корректор **Галина Матвеева**

Перевод **Тамары Невлевой**

### ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ:

**В. Н. Александров**, генеральный директор ОАО «Метрострой»

**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»

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

**А. П. Ледяев**, д.т.н., профессор, первый проректор ПГУПС, зав. кафедрой «Тоннели и метрополитены»

**М. Е. Рыжевский**, к.т.н., генеральный директор ООО «ПЛАТО Инжиниринг»

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

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

Адрес редакции: 192102, Санкт-Петербург, Волковский пр., 6  
Тел./факс: (812) 490-56-51, (812) 490-47-65, (812) 943-15-31  
[office@techinform-press.ru](mailto:office@techinform-press.ru), [www.techinform-press.ru](http://www.techinform-press.ru)

Установочный тираж 8 тыс. экз. Цена свободная.

Подписано в печать: 12.03.2015

Заказ №

Отпечатано: ООО «Акцент-Групп», 194044, Санкт-Петербург, Большой Сампсониевский пр., д. 60, лит. И

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 <http://www.undergroundexpert.info>

Подписку на журнал можно оформить по телефону

**(812) 490-56-51**



# ГЕОМЕМБРАНЫ

ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

## Основная продукция:

- HDPE мембрана из полиэтилена низкого давления высокой плотности;
- LDPE мембрана из полиэтилена высокого давления низкой плотности;
- PP мембрана на основе полипропилена;
- Мембрана термоскрепленная с геотекстилем (одно- и двухстороннее исполнение);
- Скальный лист

Наше оборудование позволяет производить геомембраны шириной до 7 метров, что дает преимущество среди российских производителей. Геомембраны, производимые на заводе GMT, отвечают всем российским и международным нормам, стандартам и требованиям



**ООО «ГеоМембранные Технологии» гарантирует надежность и долговечность своей продукции!**







## Услуги:

- укладка геомембраны;
- продажа, аренда сварочного оборудования

198320, Россия, Санкт-Петербург,  
ул. Свободы, 50  
Тел.: +7 (812) 448-61-68  
op@gmt-geo.ru  
www.gmt-geo.ru



## Содержание / Contents

	<p style="text-align: center;"><b>Экспертное мнение / Expert Opinion</b></p> <p>8 Мартин Херренкнехт: «Стабильной Европе нужна политически и экономически сильная Россия»</p>		<p><i>D.M. Golitsynsky.</i> Some considerations on professional training in the underground construction field</p>
<p style="text-align: center;">Стр. 8–9 Р. 11</p>	<p>10 Вадим Александров: «Мы говорим с нашими коллегами на языке строителей»</p>	<p style="text-align: center;">Стр. 18–19</p>	<p style="text-align: center;"><b>Исследования / Research works</b></p> <p>20 <i>К.П. Безродный, М.О. Лебедев, В.Г. Штыров.</i> Олимпийские транспортные тоннели: горно-экологический мониторинг</p>
	<p>11 Martin Herrenknecht: “Sustainable Europe needs a politically stable and economically strong Russia”</p>		<p><i>K.P. Bezrodnyi, M.O. Lebedev, V.G. Shtyrov.</i> Olympic transport tunnels: mining &amp; environmental monitoring</p>
<p style="text-align: center;">Стр. 10 Р. 12</p>	<p>12 Vadim Alexandrov: “Communicating with our colleagues we speak the language of builders”.</p>	<p style="text-align: center;">Стр. 20–25</p>	<p>26 Человек слова и дела A man of words and deeds</p>
	<p>13 <i>М.Е. Рыжевский.</i> Вверх по лестнице, ведущей вниз <i>M.E. Ryzhevsky.</i> Up the Down Staircase</p>		<p style="text-align: center;"><b>Гость номера / Guest of the current issue</b></p> <p>29 Гармония диссонанса (интервью с В.М. Улицким) Harmony of dissonance (interview with V.M. Ulitsky)</p>
<p style="text-align: center;">Стр. 13–17</p>	<p>18 <i>Д.М. Голицынский.</i> Некоторые соображения о подготовке специалистов в области подземного строительства</p>	<p style="text-align: center;">Стр. 29–35</p>	





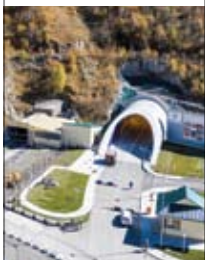
Стр. 36-37



Стр. 44-47



Стр. 48-53



Стр. 54-57



Стр. 60-65

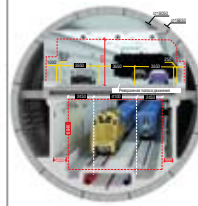
### Метро / Subway

- 36 Петербургский метрополитен: есть ли свет в конце туннеля?  
(интервью с Н.И. Кулагиным)  
The St. Petersburg Metro: is there light at the end of the tunnel?  
(interview with N.I. Kulagin)
- 38 Честь и боль метростроителей  
(интервью с В.Н. Александровым)
- 41 Honor and pain of metro constructors  
(interview with V.N. Alexandrov)
- 44 Триста метров под Невой  
(ОАО «Метрострой»)  
Three hundred meters under the Neva  
(OOO "Metrostroy")

- 48 К.П. Безродный, М.О. Лебедев.  
О выполнении мониторинга при строительстве второго вестибюля станции метро «Спортивная»  
(ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»)  
K.P. Bezrodnyi, M.O. Lebedev.  
A monitoring system used for the "Sportivnaya" station second lobby construction (OAP NIPII "Lenmetrogioprotrans")

### Тоннели / Tunnels

- 54 Вторая жизнь Рокского туннеля  
Second life of the Rockskyi Tunnel
- 58 Гайоз Макиев: «Свое обещание мы выполнили»  
Gaioz Makiev: "We have fulfilled our commitment"
- 60 Проектные решения реконструкции Рокского туннеля  
(ОАО «Минскметропроект»)  
Design solutions on of the Rockskyi tunnel reconstruction project  
(JSC "Minskmetroproekt")



Стр. 66-71



Стр. 74-80  
Р. 81-85



Стр. 86-89



Стр. 90-92



Стр. 94



Стр. 96-99

- 66 М.Е. Рыжевский. Судить потомкам...  
M.E. Ryzhevsky. Let our descendants judge...
- 72 Четверть века вместе  
After a quarter century together

### Мировой опыт / International Practices

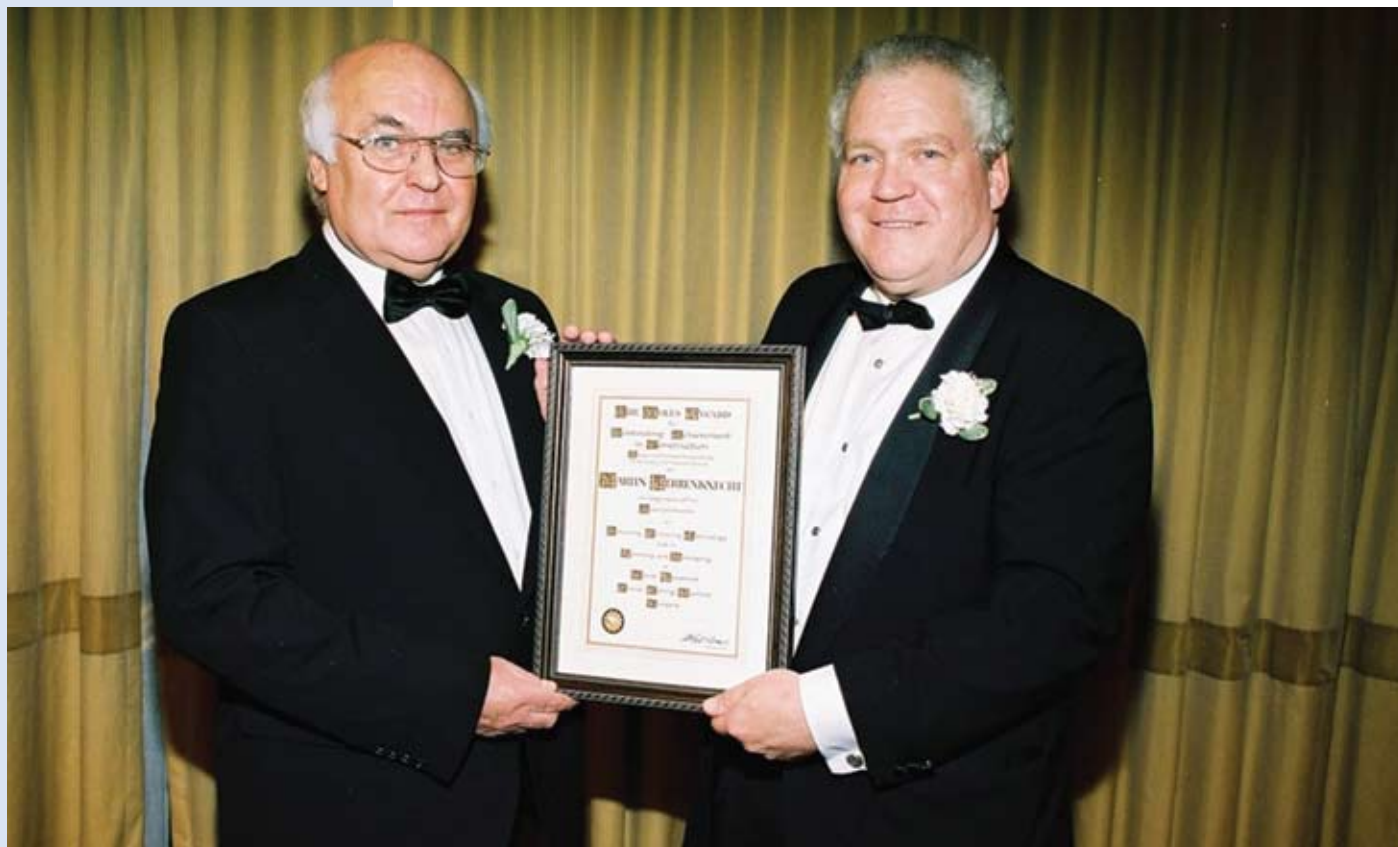
- 74 Дж. Луарди, А. Бельфоре, А. Селлери, Р. Трапассо. Расширение туннеля без остановки движения транспорта: эволюция метода
- 81 G. Lunardi, A. Belfiore, A. Selleri, R. Trapasso. Ampilamento galleria Montedomini in presenza di traffico: evoluzione del metodo "Nazzano"
- 86 В.И. Анищенко. Микротоннелирование: как увеличить длину и скорость щитовой проходки?  
V.I. Anishchenko. Microtunnelling: how can the speed and length of shield tunneling be increased?

### Бестраншейные технологии / Trenchless Technologies

- 90 Л.С. Пальчикова, Л.И. Петрова. Импортозамещающие структурообразователи буровых растворов  
Import substitution of gelling agents for drilling fluids
- 93 Мастер-класс от компании «Баулюкс»  
Master class from "Baulux"
- 94 «Подземные коммуникации»: работа на пять баллов  
"Underground utility systems": the work reaching the best test
- 96 Двадцать лет спустя (круглый стол)  
Twenty years later (a round table)



# МАРТИН ХЕРРЕНКНЕХТ: «СТАБИЛЬНОЙ ЕВРОПЕ НУЖНА ПОЛИТИЧЕСКИ И ЭКОНОМИЧЕСКИ СИЛЬНАЯ РОССИЯ»



*Санкции Запада активизировали действия России в сфере импортозамещения. Но далеко не всегда реализация даже самых масштабных мер может привести к быстрому появлению эффективных и экономически оправданных результатов. Касается это и оборудования для подземного строительства, где доля импортной техники особенно высока.*

*Как в связи с этим оценивают ситуацию европейские производители данной продукции? Думается, читателям журнала «Подземные горизонты» будет интересно познакомиться с позицией Мартина Херренкнехта, основателя и председателя правления немецкой компании Herrenknecht AG (признанного мирового лидера в области механизированного тоннелепроходческого оборудования), которую он высказал в интервью газете Mittelbadische Presse.*

## Ощутимые последствия

— Хотел бы сразу отметить: я считаю себя «знатоком России». Понимаю, может показаться, что моя позиция по отношению к ситуации на Украине продиктована исключительно личными интересами бизнеса. Мне бы очень хотелось объяснить, что именно волнует меня по данной теме. Нельзя легкомысленно оценивать наши отношения с Россией и роль России в украинском конфликте. Так как это, например, происходит с расширением санкций против России с целью оказания на нее политического давления.

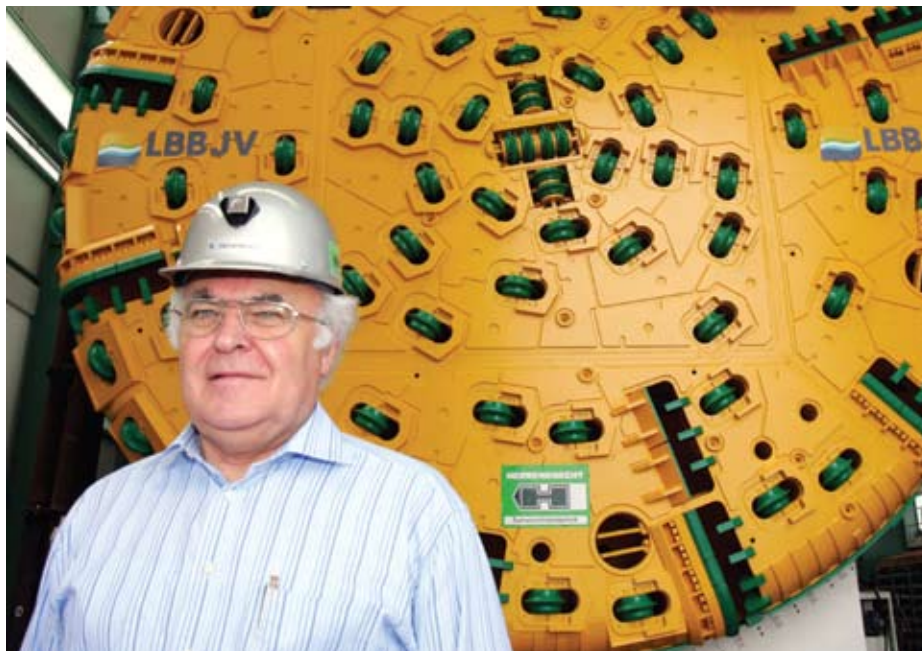
Экономические санкции являются насильственным средством принуждения. Они обостряют конфликты и могут в конкретном случае — необходимо это признать — угрожать стабильности в Европе. В долгосрочной перспективе существование стабильной Европы невозможно без политически и экономически сильной России. Если Россия вынужденно или разочаровавшись, повернется в направлении Китая и Азии, последствия для Европы, и в частности, для Германии будут весьма ощутимы во многих сферах.

## Отсутствие понимания

Как раз таки мы, немцы, основываясь на историческом опыте, ни в коем случае не должны спокойно относиться к происходящему. К тому же пытаться во всем обвинить Россию и Путина. Даже самые авторитетные западные политологи указывают на то, что теряется понимание в отношениях с Россией, например в последнее время ЕС и НАТО все ближе продвигаются к российской границе. Решение исключить Россию из переговоров об ассоциации государств бывшего Советского Союза с ЕС является чистой провокацией.

Я считаю, мы, немцы, должны проявить большее понимание. Мы не можем игнорировать факт поддержки России в нашем объединении (ФРГ и ГДР. — *Прим. ред.*), при этом она перешагнула через себя в связи с последствиями Второй мировой войны. Из моего собственного опыта могу сказать, что распад Советского Союза до сих пор волнует сердца россиян. В прошлом нам самим удалось многое преодолеть благодаря деликатности наших соседей — в сложившейся ситуации нам следовало бы проявить больше понимания и доверия России.

Я высоко ценю усилия министра иностранных дел Штайнмайера: он не дает оборваться нити переговоров как напрямую, так и на дипломатических уровнях, твердо



держится собственной линии, если речь идет о внешнеполитическом регулировании. Во всяком случае, он не приверженец политики популизма.

## Коррупционное болото

На мой взгляд, мы должны с осторожностью обсуждать происходящие события, когда речь идет о мире в Европе. В этой связи я говорю об Украине, которую многие в Германии уже видят членом ЕС. При этом внезапно становится неважно, что Украина далека от демократии и соблюдения государственно-правового порядка. Миллиарды, которые мы сейчас туда отправляем, погружаются в коррупционное болото. Если мы действительно хотим оказать помощь Украине, то должны

в первую очередь помочь создать государственную финансовую систему, системы налогообложения и административного управления. На сегодняшний день Греция по сравнению с Украиной просто образцовая страна. Отправлять деньги на Украину мы должны под конкретные проекты, например на программу по развитию сельского хозяйства, которая должна прозрачно финансироваться и осуществляться. Как предприниматель и инженер я верю в прогресс, развитие и совместную работу над поиском пути решения проблем. Мой опыт подсказывает, что черно-белое мышление и заезженные догмы ни к чему не приводят. Моя страсть — тоннелестроение, которое служит осуществлению новых связей. Я всех убедительно прошу в любом случае отстаивать и расширять связи, созданные за десятилетия с Россией.



**В последнее время все чаще поднимается вопрос о том, какое влияние оказали на деятельность российских организаций санкции, введенные Евросоюзом по отношению к России.**

## ВАДИМ АЛЕКСАНДРОВ: «МЫ ГОВОРИМ С НАШИМИ КОЛЛЕГАМИ НА ЯЗЫКЕ СТРОИТЕЛЕЙ»

Напомним, что одной из составляющих этих санкций является запрет на поставку в Россию оборудования для нефтедобывающей отрасли, которое также применяется и при строительстве метрополитенов. Одним из партнеров петербургского Метростроя по поставке специализированной проходческой техники является известная немецкая компания Herrenknecht, основатель которой г-н Мартин Херренкнехт уже высказал свою точку зрения по поводу введенных санкций на страницах немецкой прессы. Конечно, Метрострой не мог не прокомментировать ситуацию и не высказать свое мнение по этой проблеме.

Вопрос поставки оборудования для метроостроения сейчас особенно актуален. Городским правительством запланировано существенное развитие сети петербургского метрополитена. До 2020 года планируется ввести в строй 13 новых станций. Конечно, для реализации этой программы потребуется покупка нового оборудования и комплектующих, в том числе у ведущего мирового производителя специализированной проходческой техники компании Herrenknecht. Сотрудничество с этой организацией, которое началось в 2007 году с покупки уникального щита для проходки наклонных ходов под углом в 30 градусов, стало уже не просто партнерским, а дружеским.

— Мы убеждены, что на наше сотрудничество с компанией Herrenknecht санкции Евросоюза, равно как и другие всевозможные санкции, планируемые или принимаемые политиками, не повлияют. Отношения наших организаций — это

отдельная история, никак не связанная с политическими событиями последнего времени. Мы говорим с нашими коллегами на языке строителей, и наша главная общая задача — построить в Санкт-Петербурге качественные тоннели и станции метрополитена, — таков комментарий текущей ситуации генерального директора ОАО «Метрострой» Вадима Александрова.

Сегодня на стадии строительства уже находится ряд проектов, связанных с использованием немецкого оборудования, в том числе проходка первого в России двухпутного тоннеля метрополитена, расположенного на Фрунзенском радиусе. Там проходка ведется с помощью тоннелепроходческого механизированного комплекса Herrenknecht диаметром 10,7 м. В ближайшей перспективе планируется приобретение еще одного режущего органа такого же диаметра, с его помощью предстоит пройти участок двухпутного тоннеля уже на Невско-Василеостровской линии — от станции «Приморская» до станции «Беговая» (проектное название «Улица Савушкина») с промежуточной станцией «Новокрестовская». При необходимости Метрострой может также рассмотреть вопрос о приобретении щитов для проходки однопутных тоннелей стандартного диаметра 5,6 м, оборудования для сооружения вертикальных стволов, а также другой специализированной проходческой техники. В Метрострое убеждены, что строительство метро не должно зависеть от геополитической ситуации, и надеются на мирное решение вопросов, связанных с событиями на Украине.



# MARTIN HERRENKNECHT: “SUSTAINABLE EUROPE NEEDS A POLITICALLY STABLE AND ECONOMICALLY STRONG RUSSIA”

## Material effects

### **Mister Martin Herreknecht:**

— First of all I would like to note that I consider myself an expert on Russia. I understand that my position might seem to be dictated exclusively by opportunistic business interests. I would like to explain you what exactly bothers me on this topic. We shall not be light-hearted when evaluating our relationship with Russia and the Russian role in the Ukrainian conflict, as we do it now with regard to sanctions imposed on Russia with the aim to exert political pressure.

Economic sanctions is an invasive means of coercion. They exacerbate conflicts and in this particular case – and we have to admit it – threaten stability in Europe. In the long run a sustainable Europe cannot exist without politically stable and economically strong Russia. If Russia involuntarily or in the result of disillusionment and frustration turns towards China and Asia, implications on Europe and particularly on Germany will be rather noticeable in many areas.

## Lack of understanding

Of all others, in particular we, German, in view on our historical experience, shall not take lightly the events and moreover accuse Putin of everything. Even most reputable Western political analysts point out that we are losing mutual understanding, and one example is that EU and NATO forces are getting closer and closer to the Russian border. The decision to exclude Russia from negotiations on association of former USSR states with European Union is pure provocation.

I believe that we, German, must show more understanding. We must not forget that Russia lent us support in Reunification overstepping itself and the scars of World War II. From my own experience I can tell you that the collapse of the

Soviet Union still disturbs the hearts of Russian people. In times past we managed to overcome many challenges thanks to understanding and good will of our neighbors, and in the actual situation we should show more understanding and confidence in Russia.

I appreciate efforts of our Foreign Minister Steinmeier: he does not let break down the negotiation thread both directly and at the diplomatic level, firmly holding his line when it comes to foreign policy regulation. In any case he is not committed to populist policy.

## Corruption morass

In my opinion we shall be careful when speaking about Europe's peace. Here I mean Ukraine, already seen as EU member by many Germans. And all of a sudden it becomes unimportant that Ukraine is far from democracy and from compliance with state law and order. Billions that we are sending there are sinking into a morass of corruption. If we truly wish to help Ukraine than we must first and foremost help it to create a financial system, a taxation system and to establish administrative governance.

As compared to Ukraine, Greece today is an exemplary country. Money could be sent to Ukraine only for specific projects, such as agriculture development program that must be financed and implemented in full transparency.

As an entrepreneur and an engineer I believe in progress, development and in working together on finding solutions to problems. My experience tells me that black-and-white thinking and hoary dogmas lead nowhere.

My true passion is tunneling, the kind of activity that ensures new connections. I respectfully ask you all in any event to defend and to expand ties established over decades with Russia.



***In this context, how do European manufacturers of the above equipment assess the situation? We believe that the "Underground Horizons" readers will be interested to know the opinion of Martin Herrenknecht, founder and President of the German company Herrenknecht AG (a recognized worldwide market leader in the design and manufacture of mechanized tunnel-boring equipment) which he expressed in an interview with Mittelbadische Presse. Western sanctions against Russia prompted it to intensify import substitution efforts. However, not always even most significant steps translate into rapid emergence of efficient and cost-effective results. This apply also for underground construction equipment where the share of imported machinery is particularly high.***

# VADIM ALEXANDROV:

## “COMMUNICATING WITH OUR COLLEAGUES WE SPEAK THE LANGUAGE OF BUILDERS”

*Recently, the effect of sanctions imposed by European Union on Russian entities has been increasingly discussed.*



Let us remember that these sanctions include an import ban on oil industry equipment, that is the machinery also used for underground construction. One of the St. Petersburg Metrostroi partners in the supply of specialized tunneling technique is a well-known German company Herrenknecht whose founder Mr. Martin Herrenknecht has already expressed his views on imposed sanctions in his interviews given to German press. Quite naturally, Metrostroi could not keep silent and not comment on the situation.

Provision of equipment and supplies for subway construction is of particular relevance now. The St. Petersburg government is expecting a significant growth of the city underground network. By 2020, we plan to have implemented 13 new stations. These plans will naturally require the purchase of new equipment and accessories also from a leading global manufacturer of specialized

tunneling equipment, and namely, the Herrenknecht company. Cooperation with this manufacturer began in 2007 with a purchase of a unique shield machine for inclined tunnel excavation at angle of 30 degrees, and now this collaboration is no longer partnership but rather friendship. This is how General Director of JSC “Metrostroi” Vadim Alexandrov comments it:

— We are convinced that our cooperation with Herrenknecht, EU sanctions, as well as other sanctions of all shapes and sizes planned or taken by politicians will no have effect. Relations between our entities is a different kind of story, and these have nothing to do with the recent political developments. Communicating with our colleagues we speak the language of builders, and our common priority is to build in St. Petersburg high quality tunnels and underground stations.

Currently a number of projects that involve the use of German equipment have already

entered the construction stage, and one of them is excavation of Russia’s first double-track underground tunnel at Frunzenskiy radius. There excavation is carried out by a tunnel boring mechanized complex Herrenknecht of 10.7 m diameter. In the short term we plan to purchase another cutting unit of a diameter that will allow us to excavate a similar two-track tunnel on the Nevskaya-Vasileostrovsky line, the section from the “Primorskaya” to “Begovaya” station (the station project name is “Savushkina”) with an intermediate station “Novokrestovskaya”. Should it be necessary, Metrostroi may also consider purchasing standard 5,6m diameter TBMs for single-track tunnels excavation, the equipment for vertical shafts construction, as well as other special-purpose tunneling machinery. Metrostroi is convinced that subway construction should not depend on geopolitical situation, and we hope for peaceful settlement to the current Ukrainian crisis.

# ВВЕРХ ПО ЛЕСТНИЦЕ, ВЕДУЩЕЙ ВНИЗ

М.Е. РЫЖЕВСКИЙ,  
к.т.н., генеральный  
директор  
ООО «ПЛАТО Инжиниринг»,  
лауреат премии  
Ленинского комсомола  
в области науки и техники,  
заслуженный  
изобретатель СССР

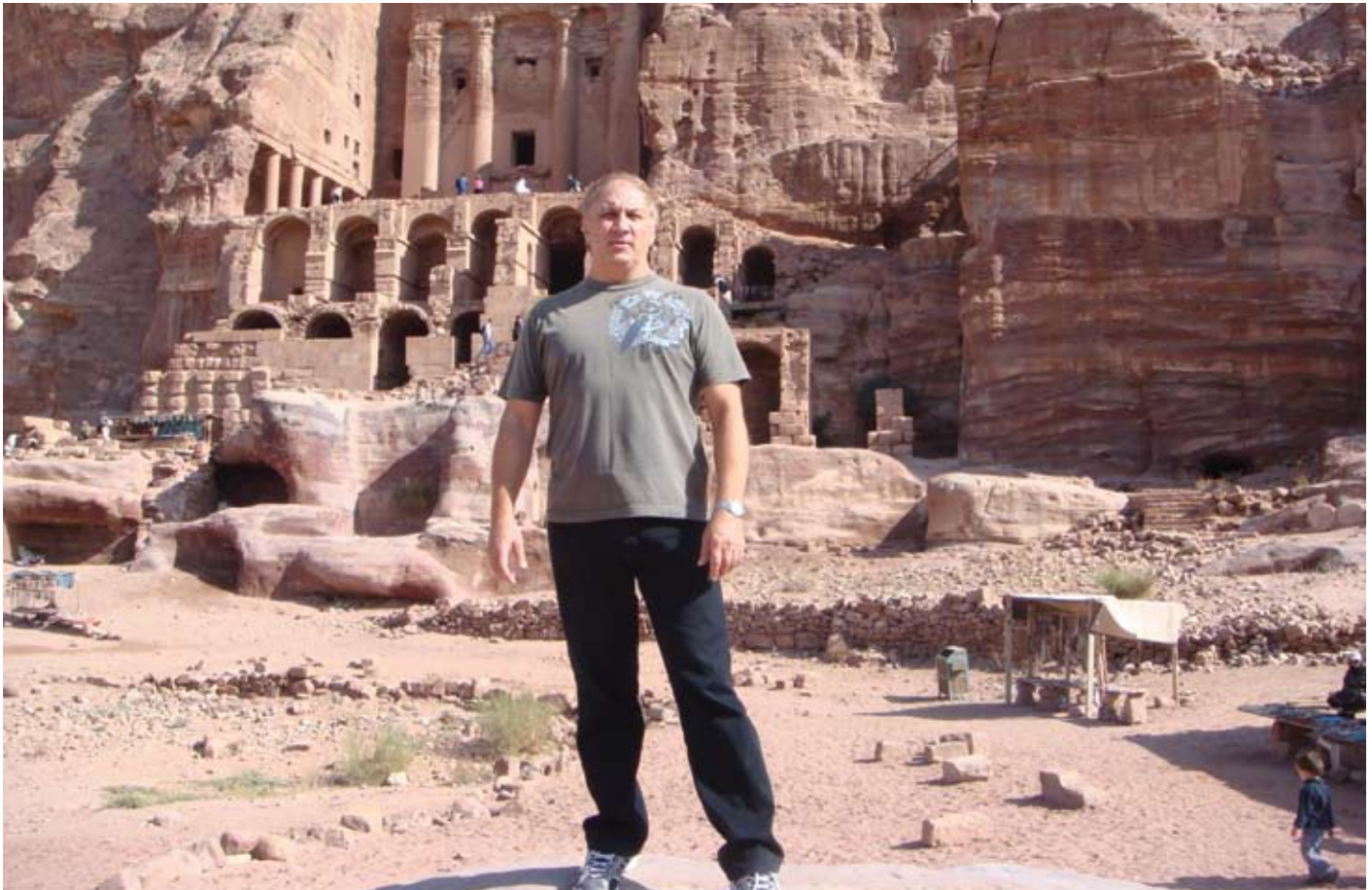


Рис. 1. Автор статьи на фоне древнего храма в Петре (Иордания)

**Если бы меня попросили привести пример закона природы о единстве и борьбе противоположностей, я бы, наверное, объяснил это на примере подземного строительства. Вся свою жизнь человек боялся и одновременно стремился под землю. С одной стороны, он придумывал страшные легенды и мифы о подземном пространстве и чудовищах, проживающих там, а с другой — под разными предлогами посылал туда героев. Каждая цивилизация описывала ужасы подземного мира. Этот мир называли «Царством Аида, или Умерших (теней)», «Царством грешных душ (адам)», «Страной Люцифера (дьявола), или Демонов». С другой стороны, испокон веков люди искали спасение под землей от стихийных бедствий, диких животных, бунтов и войн. Под землей строили все — от спасительных тоннелей и каверн до жилищ и складов для хранения ценностей, там прятали реликвии и строили храмы. Именно под землей самые богатые и влиятельные устраивали свои погребальные комплексы. Разве это не пример единства и борьбы противоположностей!**

*Throughout his life man feared, and at the same time sought for underground spaces. On one hand, people invented terrifying legends and myths about the underground and monsters living there, and on the other, under various pretexts sent there their heroes. A regular contributor to the review presents his view on multifunctionality of the underground space.*



## Введение

Я сознательно возвращаюсь к теме многофункциональности подземного пространства. Она настолько велика и важна, что ей можно посвятить еще не одну статью. Хочется привлечь к этой теме максимальное внимание не только специалистов, для большинства из которых нижеописанное не является «ноу-хау», но и чиновников разного уровня, молодых инженеров, студентов.

Во все времена спускаться под землю людей заставляла необходимость, а некоторых и любопытство. Тысячи лет они искали укрытие и спасение под землей, развивали орудия и технологии подземного строительства. Сначала, несмотря на примитивность орудий и технологий, укрытия строили только в крепких скальных грунтах. Там находили защиту от природных стихий: ураганов и проливных дождей, палящего солнца и лютого холода, извержений вулканов и, как ни парадоксально, землетрясений, скрывались от хищных зверей и своих врагов. Чем быстрее развивались города и государства, тем больше люди строили под землей: спасительные убежища, секретные тоннели, хранилища пищи и воды, храмы, где прятали ценности и святыни, устраивали семейные склепы и захоронения. Строили первые гидротехнические тоннели для водоснабжения городов

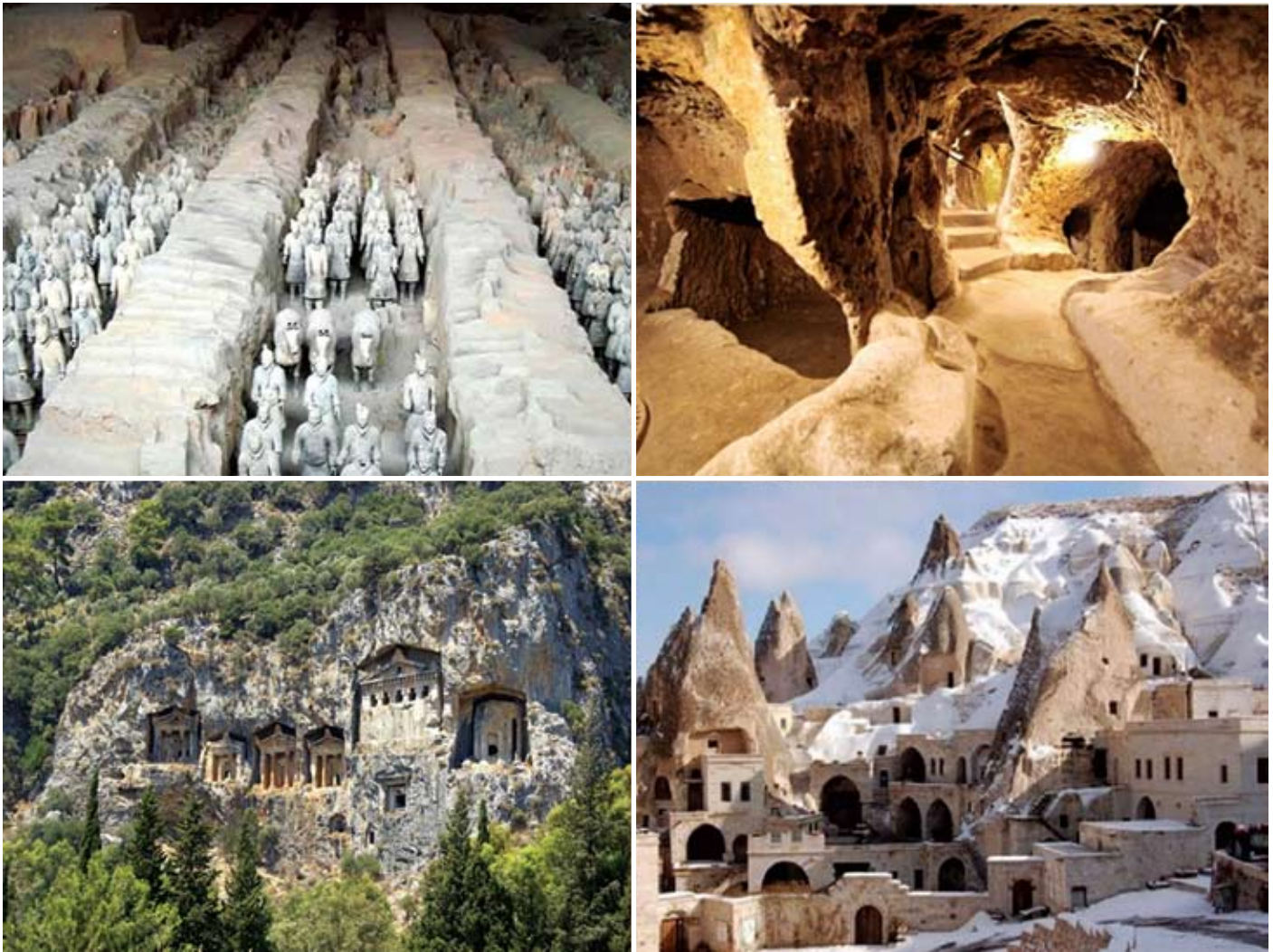
**Рис. 2. Подземный город Кубер-Педи в Австралии**

и канализационные коллекторы. Именно под землей в крупных естественных пещерах или рукотворных залах рождались новые религии и проводились тайные собрания, обряды и встречи. Некоторые из этих сооружений и по сей день существуют в разных частях света. Многие из них продолжают служить людям: являются местами паломничества верующих или своеобразным магнитом для привлечения туристов. Другие не теряют своего первоначального назначения и служат местом проживания людей.

## Древние современности

Одним из таких мест является затерянный в малолюдной и знойной австралийской Большой пустыне Виктория подземный город Кубер-Педи. Его название полностью оправдывает действительность, ведь оно переводится как «Нора белого человека». Селиться под землей людей заставили знойное солнце пустыни и частые песчаные бури. Однажды найдя приют под землей, люди и сегодня не покидают свои жилища. Современные подземные дома в Кубер-Педи мало чем отличаются по комфорту от современных наземных. В них проведено электричество, имеется водопровод, система канализации, в любое время года царит комфортная температура — от 20 до 22 °С. Неудивительно, что многие жители не





**Рис. 3. Древние подземные города в Турции и захоронения в Китае**

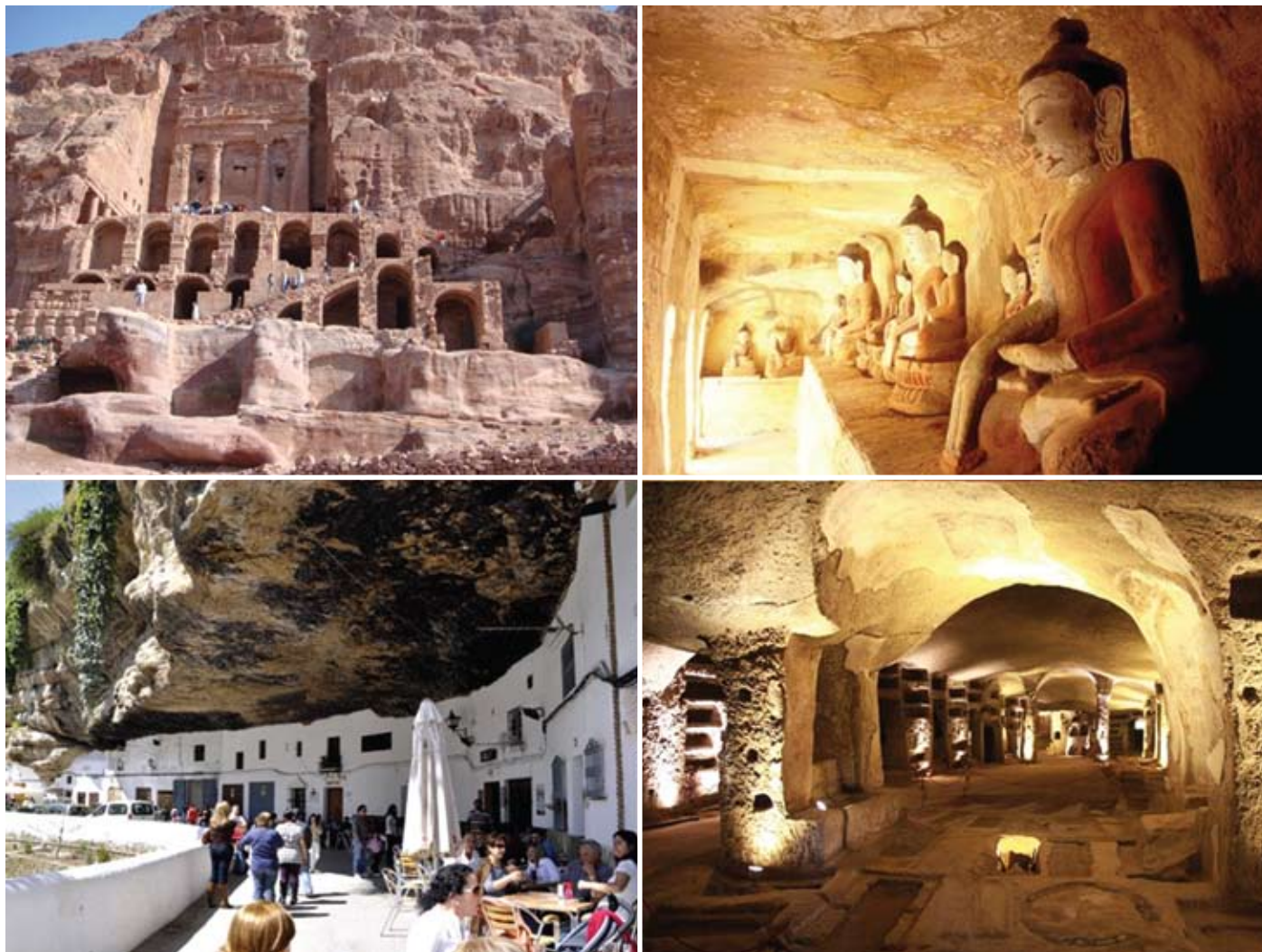
хотят менять свои «норы» на относительные преимущества наземного жилья (рис. 2). Более того, в городе продолжают строить подземные магазины, парикмахерские, бытовые комбинаты, гостиницы и кинотеатры. Тысячи туристов ежегодно приезжают в Австралию, чтобы увидеть этот экзотический город и немного пожить в нем.

Однако не только в Австралии сегодня можно увидеть удивительный и древний подземный город. В гористой части Анатолийского плоскогорья Турции находится еще одно из самых удивительных и фантастических мест в мире. Это национальный парк Гереме и пещерные церкви Каппадокии, занесенные в Список Всемирного наследия ЮНЕСКО. В провинции Каппадокия есть еще и единственный в мире подземный город, способный вместить более трех тысяч жителей. В 18-уровневом подземном лабиринте имеется 1200 различных помещений (рис. 3). Превосходная вентиляция, система колодцев и просторные жилые помещения позволяли жителям не выходить на поверхность в течение полугода! Сегодня в Каппадокии есть 18 подобных городов, которые до сих пор исследуют ученые. Некоторые открыты для посещения. Температура в 20 °С сохраняется здесь и летом, в отчаянный зной, и зимой, когда горы укрыты шапками снега. Официальная версия гласит, что первые пещеры — склады — создали

еще хетты (индоевропейский народ бронзового века, обитавший в Малой Азии. — Прим. ред.). Позже их изрядно расширили те, кто искал безопасного укрытия от военных набегов. Разрослись же города Каппадокии во времена преследований первых христиан. Среди жилых помещений, объединенных переходами, встречаются небольшие храмы с апсидами и алтарями, а в коридорчиках, «замурованных» с двух сторон камнями-ловушками, археологи не раз находили останки мужчин в римских доспехах.

Деяния далеких предков наложили существенный отпечаток на пристрастия современных жителей Каппадокии. Дома в скалах здесь не исключение, а правило. Конусы гор напоминают удивительные «термитники» с металлопластиковыми окнами, вполне современными дверями, спутниковыми антеннами и прочими атрибутами цивилизации.

Еще одно древнее подземное сооружение (рис. 3), которое нельзя не упомянуть, находится также в Турции в Демре-Мира-Кекова, расположенном на территории государства Ликии, существовавшего в древности на территории Анатолии. В современном городе Демре находятся церкви Св. Николая Чудотворца. Именно в Демре, известном в древности под названием Мира, в IV веке жил и трудился св. Николай (Санта-Клаус). Церковь признает этого святого подлинной исторической личностью: он был первым епископом Мира. Развалины этого города с амфи-



**Рис. 4. Подземные города в Иордании, Испании, Египте и Малайзии**

театром и скальными захоронениями находятся примерно в километре от Демре и видны из любой ее точки.

Древний Китай также известен мастерами подземного строительства. Об этом говорят многие древние подземные сооружения, построенные в Китае много веков назад. Одним из наиболее известных является погребальный комплекс императора Цинь Шихуанди. Находится он в древнем городе Сиань, который являлся столицей Китая на протяжении тысячелетия. Многие приезжают в этот город исключительно для того, чтобы посмотреть на знаменитую терракотовую армию — самую значимую часть гробницы первого императора (рис. 3). Глиняные воины, найденные в 1974 году, привлекают к себе все внимание. При этом терракотовое войско лишь второстепенный элемент погребения, находящийся в полутора километрах от самой гробницы, вне линии древних оборонительных стен, окружавших весь некрополь.

Подземный город в скале Сетениль-де-лас-Бодегас в Испании, построенный более восьми столетий назад, и сегодня живет полной жизнью, привлекая множество туристов (рис. 4). Город вмещает около трех тысяч жителей. Дома, визуально врезанные в базальтовые скалы, являются продолжением природных каменных пещер. Базальт здесь заменяет стены, потолки и навесы, образуя удивительные природные арки. Примечательно,

что за время существования города не было разрушено ни одного строения.

В Египте, кроме всемирно известных пирамид с их подземными лабиринтами, существует так называемый таинственный город Богов. Таинственный он потому, что был построен под лабиринтами великих пирамид Гизы. С конца 70-х годов прошлого века исследователи начали наносить на карту очертания этого города, который до сих пор полностью не изучен и хранит еще много тайн.

Древние подземные сооружения и целые города находят по всему миру. Их изучают на всех континентах, включая Антарктиду. Я, безусловно, вернусь к этой теме в других публикациях, так как каждый из обнаруженных подземных объектов рассказывает нам о знаниях и фантастических способностях древних цивилизаций в строительстве.

А чем же может ответить наша цивилизация? Как движемся мы вверх по лестнице развития, которая ведет вниз (под землю)? Из той истории, которую мы знаем, наша цивилизация стремительно двигается вверх, включая все направления развития подземного строительства. По всему миру растут современные мегаполисы, в которых все меньше места остается для наземного строительства. Все чаще инженеры и архитекторы стремятся на использование подземного пространства. Эта

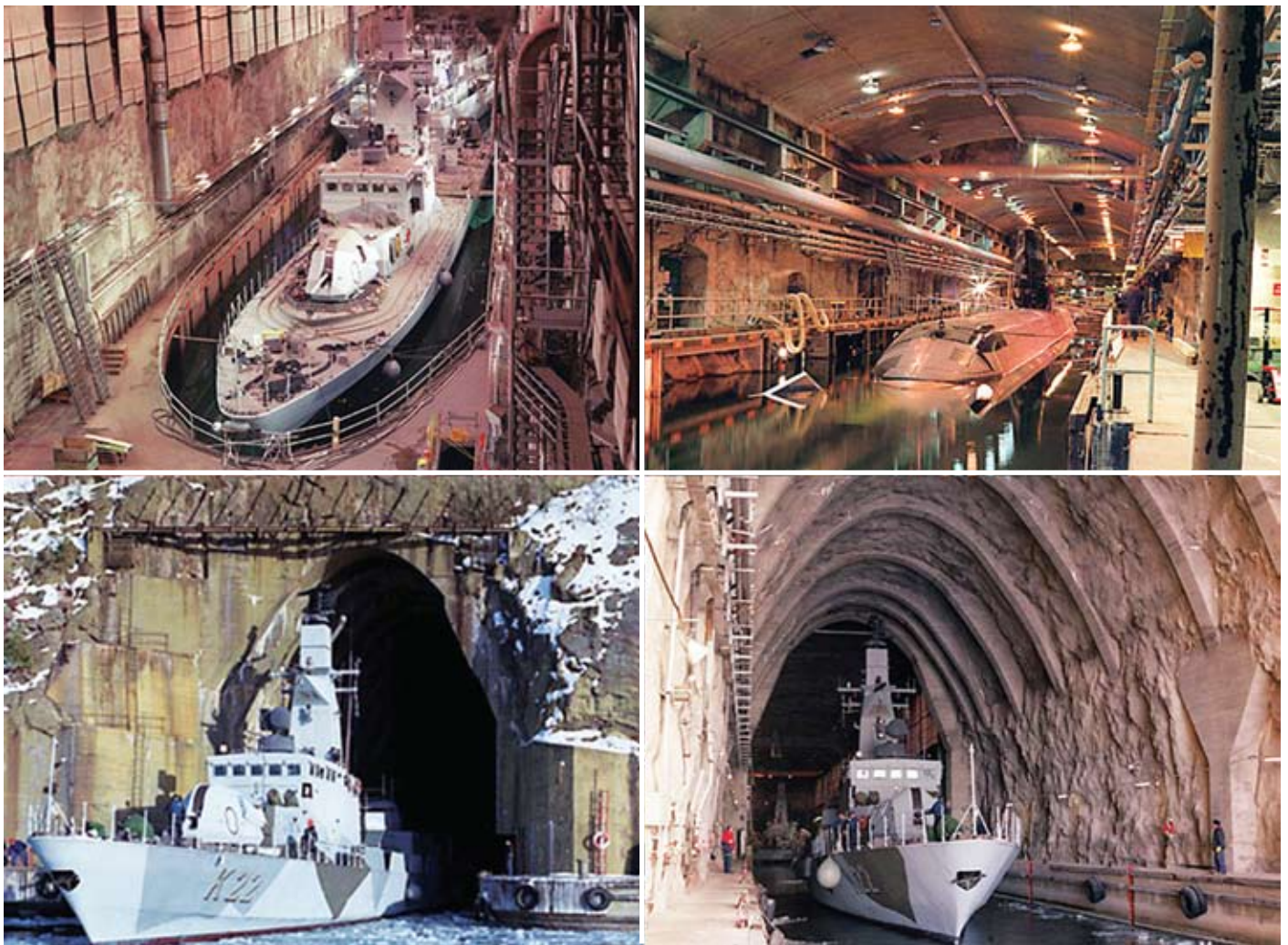


Рис. 5. Подземные убежища для ракетных катеров и атомных подводных лодок



Рис. 6. Подземные паркинги

тенденция подстегивается и усиливающимися геополитическими проблемами: возникновением по всему миру новых очагов противостояния между государствами, возросшими угрозами терроризма и полномасштабными военными конфликтами.

С учетом современных вызовов и тенденций развития новых технологий первое место до сих пор удерживают подземные объекты специального назначения: командные пункты, пусковые ракетные шахты, убежища для военной техники — танков, самолетов, ракетных катеров и атомных подводных лодок (рис. 5), заводы для различных производств, в том числе гидро- и атомные энергетические комплексы, предприятия для выращивания и производства продуктов питания. Кроме того, во всем мире по-прежнему идет развитие подземных инфраструктурных проектов, включая метро, инженерные коллекторы и подземные паркинги (рис. 6).

Замечу, что, как и ранее, необходимость строительства подземных объектов специального назначения так или иначе развивает направления и технологии освоения подземного пространства и для гражданского направления. Речь идет о проектировании и строительстве подземных хранилищ для книг, архивов, культурных ценностей, о подземных картинных галереях, театрах, развлекательных центрах, гостиницах, зоопарках и многом другом.



Д.М. ГОЛИЦЫНСКИЙ,  
д.т.н., профессор кафедры  
«Тоннели и метрополитены»  
ПГУПС

***Dmitry Golitsynsky, Professor of the "Tunnels and Subways" Chair in St. Petersburg State University of Railway Engineering, reflects on quality of training of Russian professionals also in the underground construction area. According to the expert, the training system can and shall be improved, primarily by increasing the time of industrial placement period, that is of practical training of students at major underground construction sites not only in our country but also abroad. It is also necessary to solve the "rejuvenation" problem of teaching staff in profile faculties. However, attracting most highly motivated and capable academics and doctoral students faces the sensitive issue of fair remuneration.***

# НЕКОТОРЫЕ СООБРАЖЕНИЯ О ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА



***В последнее время во многих передовых странах мира одной из наиболее актуальных проблем является реализация программы комплексного освоения подземного пространства больших городов, которая обеспечивает эффективное использование городской территории, решение транспортных и экологических проблем и, в конечном итоге, создание наиболее благоприятных условий для жизни населения.***

**И**звестно, что для обеспечения комфортного проживания в городах доля подземных сооружений должна составлять 20–25% от общей площади строительных объектов. К сожалению, эта цифра для городов нашей страны, значительно меньше (не более 5–8%). В этой связи решение данного вопроса является для России весьма актуальным и необходимым. Сегодня будущее наших городов невозможно представить без различных подземных объектов, коммуналь-

ных и транспортных тоннелей и, в первую очередь, протяженных линий метрополитена. Строительство таких подземных сооружений является наиболее опасным и технически сложным процессом, требующим, кроме наличия современной техники, высокопрофессиональных специалистов.

К сожалению, необходимо признать, что по опубликованным данным 53% опрошенных людей считают, что Россия с ее системой образования является отстающей страной. По

данным мирового рейтинга на 2014 год, наши вузы занимают позиции с 300 до 600, кроме МГУ, который находится на 120-м месте.

В настоящее время уровень качества подготовки наших специалистов не отвечает современным требованиям для успешной инновационной деятельности. По опубликованным данным, в России используется только 8–10% инновационных идей и проектов, в то время как в США — 62%, а в Японии — 95%. Для реализации таких сложных и уникальных проектов, какими являются большие мосты, протяженные тоннели и станции метрополитенов, следует в первую очередь решить вопрос, а кто будет воплощать их в жизнь, обеспечивая высокое качество и долговечность.

Сегодня как никогда актуальным становится известный лозунг «Кадры решают все». Это должно быть основным в области реформирования системы образования в нашей стране.

Как указывалось в выступлениях делегатов на Санкт-Петербургском всемирном экономическом форуме (ПМЭФ-2014), «одной из главных проблем российской системы образования является ее слабая ориентированность на практическую работу» (Г. Греф).

По мнению вице-премьера А. Дворковича, и с ним нельзя не согласиться, «важной составляющей образования является профессиональное управление вузом и блестящая профессура. Это и создает ту среду, в которой человек, если хочет учиться — будет учиться, а доля таких студентов — всегда процентов 10 в университете... И вузы должны ориентироваться именно на них, а не на оставшиеся 90 процентов. Иначе это большая трата денег и времени». В этой связи погоня за высоким коэффициентом выпуска студентов (80 и более процентов) не должна быть определяющим фактором при определении рейтинга вуза».

О значении профессуры в учебном процессе хорошо и кратко сказано у Ф.Н. Буслаева в его книге «Мои досуги»: «Профессор... отличается от ученого вообще тем, что он передает науку слушателям, что он лично излагает перед ними свои исследования и убеждения и руководит их живым словом и примером». Эта характеристика показывает, насколько важно непосредственное общение учителя со студентами, а не слепое и бездушное отношение к получению знаний только с помощью современных технических средств и дистанционных методов обучения, когда роль преподавателя является вспомогательной и сводится, в лучшем случае, к проведению консультаций и учету посещаемости.

К сожалению, в настоящее время упор делается на последнем. По нашему мнению, качество обучения возможно и необходимо



повысить, в первую очередь путем увеличения сроков производственной практики студентов на наиболее крупных подземных стройках, находящихся не только в нашей стране, но и за рубежом. Такую длительную производственную практику (не менее 3 месяцев) следует предусмотреть после V курса, перед защитой дипломных проектов, за счет сокращения производственной и преддипломной практики на IV и V курсах, а после окончания III курса, ввести профессиональную практику на базе средних учебных заведений (колледжей) метростроя для получения студентами-тоннельщиками рабочей специальности (проходчик, бетонщик, изолировщик и др.). Такой подход позволит существенно повысить квалификацию будущих специалистов-тоннельщиков. Однако следует помнить, что решение этого важного вопроса возможно только с согласия организаций-работодателей, что потребует принятия определенных законодательных актов.

Следует признать, что на сегодняшний день государственная политика по развитию высшей школы, несмотря на бесконечные реформы, не отвечает современным требованиям и фактически не работает.

Как можно объяснить тот факт, что в Москве при огромном объеме строительства линий метрополитена и транспортных тоннелей, в МИИТе исчезает ведущая кафедра «Тоннели и метрополитены», которую сначала объединяют с кафедрой «Основания и фундаменты», а затем — с кафедрой «Мосты».

В Министерстве образования, непонятно зачем, решили объединить специальности «Строительство железных дорог», «Путь и путевое хозяйство» и «Мосты и тоннели».

В ПГУПсе ликвидирован старейший факультет «Мосты и тоннели», который объединили со «Строительным факультетом». При этом потерялась историческая преемственность и снизилось значение таких важных и уникальных специальностей, как «мосты и тоннели».

Вызывает удивление, что в программе по новой специальности («строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей») предпочтение в проектировании отдается в основном только железнодорожным сооружениям, а автодорожные мосты и тоннели отходят на второй план, хотя изучается и то и другое одновременно.

Трудно понять преимущество блочной системы, по которой учатся сейчас студенты-вечерники, так как они за несколько недель (один блок) не успевают освоить такой большой объем знаний по тоннельной дисциплине и качественно выполнить курсовые работы.

Для повышения качества обучения необходимо поднять уважение к профессии и, прежде всего к профессорско-преподавательскому персоналу. Важнейшим вопросом в сфере образования является «омоложение» состава кафедр. В этом вопросе необходимо соблюдать золотую середину, то есть сочетать опыт и знания старшего поколения и свежие идеи и энергию молодых специалистов. Задача привлечения на кафедру в качестве преподавателей и аспирантов специалистов из числа наиболее талантливых и способных выпускников сталкивается с наиболее важным вопросом оплаты их труда. Почему в Финляндии из 10 выпускников 7 хотят стать преподавателями, в США — 2, а в России — один из 30? Ответ достаточно простой — экономический фактор. Если он будет решен, то преподавателям наших вузов не нужно будет заниматься поиском дополнительных заработков, а свое время они посвятят решению основных задач — подготовке высокопрофессиональных специалистов и повышению своей квалификации.

В противном случае, как уже об этом говорилось не раз, реформа высшего образования в нашей стране работать не будет.

Следует помнить, что будущее нашей страны зависит от того, как мы сегодня будем учить новое поколение.

К.П. БЕЗРОДНЫЙ, д.т.н.,  
 М.О. ЛЕБЕДЕВ, к.т.н.,  
 В.Г. ШТЫРОВ, к.г.-м.н.,  
 (ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»)

# ОЛИМПИЙСКИЕ ТРАНСПОРТНЫЕ ТОННЕЛИ: ГОРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ



*This article presents a unique mining and environmental monitoring system that was used for the construction and operation of tunnels on combined (motor and railway) highway Adler — «Alpika Service». It was the first home implementation of automated mining and environmental monitoring system aimed at controlling the state of “lining-surrounding massif” system on construction and subsequent operation stages. The conclusion was that operational efficiency of existing and future monitoring systems capable to predict the behavior of the monitored system can be assured by creation of a single data processing and analysis center with a view to improve and optimize methodological and technical means.*

**Транспортные тоннели по Олимпийской трассе «Адлер — горноклиматический курорт «Альпика-Сервис» расположены на южном склоне Центрального Кавказа в пределах долины р. Мзымты на территории Адлерского района Большого Сочи Краснодарского края РФ. Северной границей площади работ является южная граница Кавказского заповедника напротив поселка Эсто-Садок, южной — п. Форелевое хозяйство. Трасса совмещенной железной и автомобильной дороги «Адлер — горноклиматический курорт «Альпика-Сервис» проходит по левому и правому берегам р. Мзымты.**

**П**о трассе построено 6 тоннельных комплексов общей протяженностью подземных выработок около 32,5 км. В их составе 6 железнодорожных, 3 автодорожных тоннеля, 3 сервисно-эвакуационные штольни и другие вспомогательные выработки для обслуживания тоннелей.

Сложность рельефа территории строительства и ее расположенность в зоне поднятия горного массива Кавказа предопределили большое разнообразие геологических процессов, которые могли негативно сказаться на обеспечении безопасности функциониро-

вания различных инженерных сооружений. Среди геологических процессов в первую очередь необходимо отметить геодинамическую активность и сейсмичность, с которой прямо или косвенно связано большинство остальных процессов. Поэтому для повышения безопасности и эффективности строительных работ, изучения инженерно-геологических условий территории строительства необходимым являлось проведение горно-экологического мониторинга.

Знание неоднородности и изменчивости инженерно-геологических условий — это не-

обходимая основа для решения прикладных задач при проектировании, строительстве и безопасной эксплуатации транспортных сооружений. Именно инженерно-геологические условия определяют сложность возведения инженерных сооружений в транспортном строительстве, и недостаточно полное изучение и учет инженерно-геологических и гидрогеологических условий района строительства могут привести к негативным последствиям.

Проходка многих участков была осложнена наличием горных пород со сложными условиями залегания, обладающих различными физико-механическими свойствами, обилием тектонических нарушений, зон повышенной трещиноватости и дробления пород мощностью от 10,0 до 150,0 м, где отмечалась различная по величине переменяемость участков дробленых и участков разной степени трещиноватости пород. Дробленость пород часто доходила до состояния песка и песчано-глинистого материала. Эти зоны имеют сложный характер по литологическому и вещественному составу, а следовательно, и по физико-механическим свойствам слагающих ее образований.

Строительство первого тоннельного комплекса со стороны Южного портала выполнялось в глинистых известняках и мергелях казачебродской свиты, трещиноватых, участками сильнотрещиноватых и обводненных. Было встречено несколько карстовых пещер — понор. А со стороны Северного портала массив представлен слабыми известковистыми аргиллитами, которые при замачивании вызвали значительные деформации временных крепей.

Территория прохождения трассы тоннельного комплекса №3 характеризуется сложной геологической обстановкой, связанной с развитием крупных разрывных нарушений. По результатам исследований было выделено несколько участков с наиболее сложными условиями проходки: припортальные участки (оползневые склоны на северном и южном порталах тоннеля), а также участки пересечения тектонических зон, встреченных при проходке.

Наиболее сложные инженерно-геологические условия были при строительстве тоннельных комплексов №5 и 6. Геологический разрез, который пересекают тоннельные комплексы, характеризуется большим разнообразием пород, представленных магматическими, осадочными метаморфизованными и неметаморфизованными стратифицированными образованиями мезозойского возраста. Участки тоннелей, представленные углистыми сланцами, редкими линзами аргиллитов, песчаников и

маломощными (1–5 до 60 м) телами различных порфиринов, глинами, требовали значительной материалоемкости крепления. В тектонических зонах сланцы перетерты до крупнопесчаной фракции из листочков этого минерала и зерен кальцита, при воздействии воды быстро переходят в глинистое мягкопластичное состояние.

При строительстве тоннелей пятого и шестого тоннельных комплексов проявился ряд негативных факторов, среди которых:

- мощные (глубиной до 60 м и более) врезы четвертичных отложений, приуроченные к древним водотокам, берущим начало от хребта Аибга. При большом (30–50%) содержании крупнообломочной фракции (преимущественно порфиринов и метаморфизованных аргиллитов) породы, особенно на контакте с коренным склоном, легко приобретают подвижное состояние при постороннем воздействии;
- при проходке по коренному массиву — обводненные тектонические зоны, водоприток по которым достигает 20–25 м<sup>3</sup>/час;
- разрушенные аспидные сланцы, которые под воздействием воды переходят в глинистое мягкопластичное состояние.

При строительстве тоннелей были применены практически все известные в мире способы строительства, в том числе специализированные методы закрепления грунта, например технология Jet-grouting, или с использованием свай различного типа (бурунабивные, забивные), набрызг-бетон, анкерное закрепление забоя и массива по периметру выработок, устройство в своде и стенах экрана из труб и др. Для разработки грунта в тоннелях щитовым способом применены несколько типов машин известных зарубежных фирм Lovat и Herrenknecht, диаметром от 3,9 до 13, 2 м.

Горно-экологический мониторинг, необходимость и регламент которого определены Федеральным законом РФ от 30 декабря 2009 года №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и «Временным положением о горно-экологическом мониторинге», утвержденном в 1996 году Министерством природных ресурсов РФ, Госгортехнадзором и Госкомэкологией России, является обязательным для всех министерств, ведомств, организаций, граждан-предпринимателей, осуществляющих проектирование, строительство, реконструкцию и эксплуатацию предприятий, организаций по добыче и переработке минерального сырья, а также использующих недра в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых на территории Российской Федерации, ее континентального шельфа и особой экономической зоны.

С целью развития этого положения было разработано «Методическое руководство по комплексному горно-экологическому мониторингу при строительстве и эксплуатации транспортных тоннелей», вошедшее в реестр обязательных нормативных документов Ростехнадзора.

Руководствуясь этими документами, были разработаны и реализованы проекты горно-экологических мониторингов сопровождения строительства и эксплуатации тоннелей трассы Адлер — Альпика-Сервис.

В состав геотехнического сопровождения входили:

- прогнозы инженерно- и гидрогеологических условий впереди забоев тоннелей;
- оценки устойчивости призабойных участков тоннелей;
- определения напряженно-деформированного состояния крепей и обделок;
- определения фактических деформативно-прочностных свойств вмещающего тоннель массива;
- исследования водопровявлений;
- определения деформаций земной поверхности;
- корректировка проектных решений на основании данных геотехнического мониторинга;
- оценка устойчивости оползневых склонов.

Система экологического мониторинга включала:

- источники выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- источники сброса загрязняющих веществ в поверхностные воды;
- воздействие образующих отходов;
- состояние загрязнения почв;
- состояние загрязнения подземных вод.

Прогноз инженерно-гидрогеологических условий впереди забоев тоннелей осуществляется с помощью электромагнитного импульсного сверхширокополосного (ЭМИ СШП) зондирования.

Метод ЭМИ СШП зондирования является разновидностью георадиолокационного метода, основан на восстановлении изображения структуры в разрезах горного массива или инженерного сооружения по отраженному сигналу при распространении электромагнитного импульса наносекундной длительности.

Метод ЭМИ СШП зондирования позволяет дифференцировать геологические структуры до глубины исследования 100 м и более. Точность определения положения слоев в разрезах составляет порядка 1% от их истинной глубины залегания.

По результатам измерений в одной точке зондирования строится инженерно-геологическая колонка. Представительный

Прогнозное положение участков нарушенных и водонасыщенных пород на трассе штольни железнодорожного тоннеля №3 на совмещенной (автомобильной и железной) дороге Адлер – горноклиматический курорт «Альпика-Сервис» со стороны южного портала по данным ЭМИ СШП зондирования. Этап 41

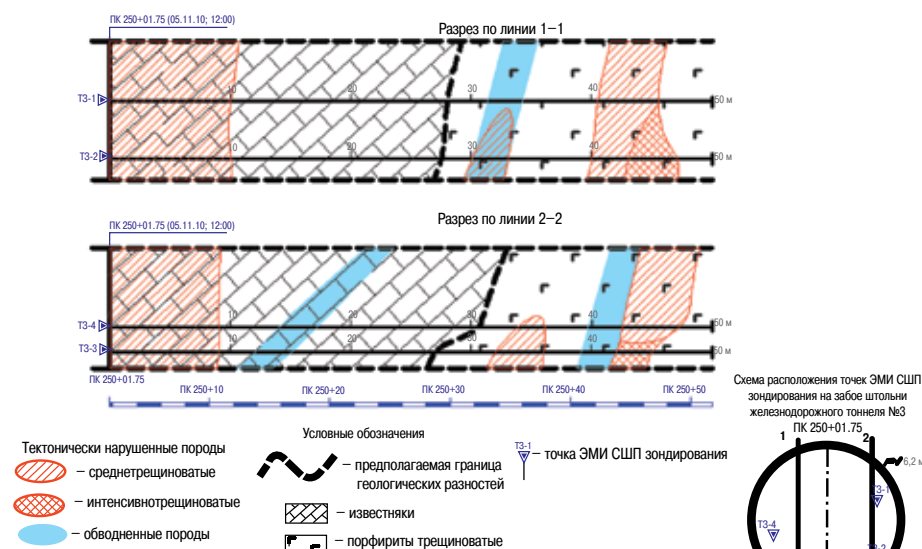


Рис. 1. Интерпретация инженерно-геологического и гидрогеологического прогноза впереди забоя тоннеля по данным СШП-георадиолокации

разрез объекта составляется на основе определенного количества точек (пунктов) зондирования. Аппаратура геофизического комплекса обеспечивает регистрацию отраженного электромагнитного сигнала от различных литологических разностей не только при измерениях на поверхности грунтов, но и при изысканиях через лед и воду, а также через чугунные и железобетонные тубинги обделки тоннелей.

Обработка и интерпретация сигналов, построение изображения объекта является наиболее сложной и трудоемкой процедурой метода СШП-зондирования.

Записанный отраженный сигнал подвергается математической обработке специализированной компьютерной программой. Далее обработанный сигнал сравнивается с имеющейся базой данных различных сред и проходит предварительную идентификацию компонентов, входящих в данный разрез. После идентификации производится построение двухмерного (рис. 1) или трехмерного (блок-диаграмма) отображения объекта.

Результаты интерпретации инженерно-геологических условий после оперативной обработки использовались операторами ТПМК для корректировки технических параметров ведения щитов, а при проходке тоннелей горным способом — для своевременной информации по смене литологических разностей и наличию тектонических нарушений.

Оценку устойчивости призабойного участка тоннеля осуществляли с помощью регистрации естественных импульсов электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ). По параметрам электромагнитной эмиссии определяли степень устойчивости выработки. Кроме этого, с помощью метода регистрации ЕИЭМПЗ определяли зоны нарушенных грунтов впереди забоя на расстоянии одного диаметра выработки.

Работы вели дистанционно с применением кольцевой антенны. Использование этого неразрушающего экспресс-метода оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) позволяет оперативно получать информацию о геодинамических процессах в забоях, в заобделочном пространстве и крепях тоннелей.

Оценка существующей геодинамической активности горного массива и его природного напряженно-деформированного состояния с целью прогнозирования устойчивости пород, производится профилированием с регистрацией поля естественного электромагнитного излучения горного массива. Также осуществляется регистрация вариаций поля ЕЭМИ с целью наблюдения за развитием геодинамических процессов во времени в обнаруженных ранее зонах разупрочнений. При наблюдениях за изменением поля ЕЭМИ изучается аномальное поведение магнитной составляющей естественного электромагнитного излучения горных пород в местах изменения геомеханических напряжений в результате

действия горного давления, микроподвижек по контактам блоков (поверхностям скольжения), например в зонах разломов.

На рис. 2 показаны временные графики средних значений параметра  $A_m$  поля ЕЭМИ и относительных деформаций в крепи тоннеля. Графики построены по данным одновременных измерений на замерных станциях относительных деформаций во временной крепи. Опытные участки определения напряженно-деформированного состояния (НДС) крепи в натуральных условиях оснащены струнными датчиками.

Замеры ЕЭМИ проводились у стенок тоннеля вблизи датчиков-деформометров. Стрелками показаны всплески ЕЭМИ при соответствующих значениях напряжений. Хотя ряды значений по оси времен получали через неравные интервалы времени и допускались пропуски, можно заметить, что после всплеска излучения ЕЭМИ сразу или через некоторое время происходит изменение напряжений.

Принимая за фоновые значения  $A_m$  до 50 мкВ (в данном случае), получаем, что все значения выше этого показателя могут быть связаны с деформациями и изменениями напряженного состояния. Важно, что всплески ЕЭМИ происходят одновременно или несколько раньше деформаций. Подобные прогностические свойства ЕЭМИ проявляются как при относительно небольших, так и при существенных изменениях напряженного состояния пород.

На данный момент регистрация ЕЭМИ является косвенным методом исследования НДС-крепей и с его помощью нельзя напрямую оценить величину напряжений — возможен только качественный анализ данных. В этой связи в ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс» ведутся научные эксперименты по совместному исследованию геоэлектромагнитных и геомеханических процессов при строительстве транспортных тоннелей. Цель этих исследований — осуществить переход от качественного анализа НДС массива с помощью регистрации ЕЭМИ к количественным прогностическим показателям. Получение таких показателей позволяет проводить диагностику предразрушающего состояния участков массивов и контролировать динамику процессов проявления горного давления.

Приведенный пример регистрации ЕЭМИ в строящемся тоннеле показывает перспективность его применения для оперативного неразрушающего контроля и прогноза изменений НДС. Дальнейшее развитие и совершенствование аппаратуры, применение современных способов обработки данных ЕЭМИ позволят применять регистрацию



ЕЗМИ для количественных экспресс-оценок НДС массива горных пород и обделок тоннелей.

Напряженно-деформированное состояние крепей и обделок определяют с помощью струнных датчиков, измеряя относительные деформации в месте их установки. Затем, зная относительные деформации, вычисляют напряжения. В бетонных и железобетонных конструкциях напряжения вычисляют по специальной методике с учетом загрузки бетона в раннем возрасте и его ползучести.

Наилучшее представление о формировании напряженно-деформированного состояния крепей и обделок позволяет получить комплексное применение датчиков (деформометров) внутри конструкций (рис. 3 а) и измерение деформаций внутреннего контура, начиная с момента их возведения.

С учетом технологии строительства можно контролировать качественное и количественное изменение напряженно-деформированного состояния крепи на всех этапах раскрытия тоннеля на полное сечение (рис. 3 б). Сопоставление величин напряжений в крепи с деформациями внутреннего контура для конкретного сечения позволяет с меньшими затратами оценить несущую способность на остальных участках тоннеля, ограничиваясь только контролем деформаций внутреннего контура. Для достоверного и достаточного определения несущей способности крепи по трассе тоннеля данным способом датчиками необходимо оснащать все литологические разности, пересекаемые тоннелем, а также тектонически нарушенные участки.

Практика проходки тоннелей в условиях Северного Кавказа свидетельствует о значительном влиянии геологического строения массива на их устойчивость. Наибольшую сложность на проходку оказывает горный массив, представленный аргиллитами. При его замачивании происходит снижение сцепления между слоями пород (грунта), что приводит к смещению значительных грунтовых масс и дополнительным контактным напряжениям. Подобные факторы проявились при проходке железнодорожного тоннеля №1 со стороны северного портала. На рис. 3 б отчетливо видна реологическая составляющая формирования напряженного состояния крепи для этого участка, а именно незатухающее приращение напряжений и деформаций вплоть до возведения постоянной обделки. Раскрытие тоннеля на полное сечение (после разработки штроссовой части) значительно увеличило скорость приращения напряжений и деформаций внутреннего контура

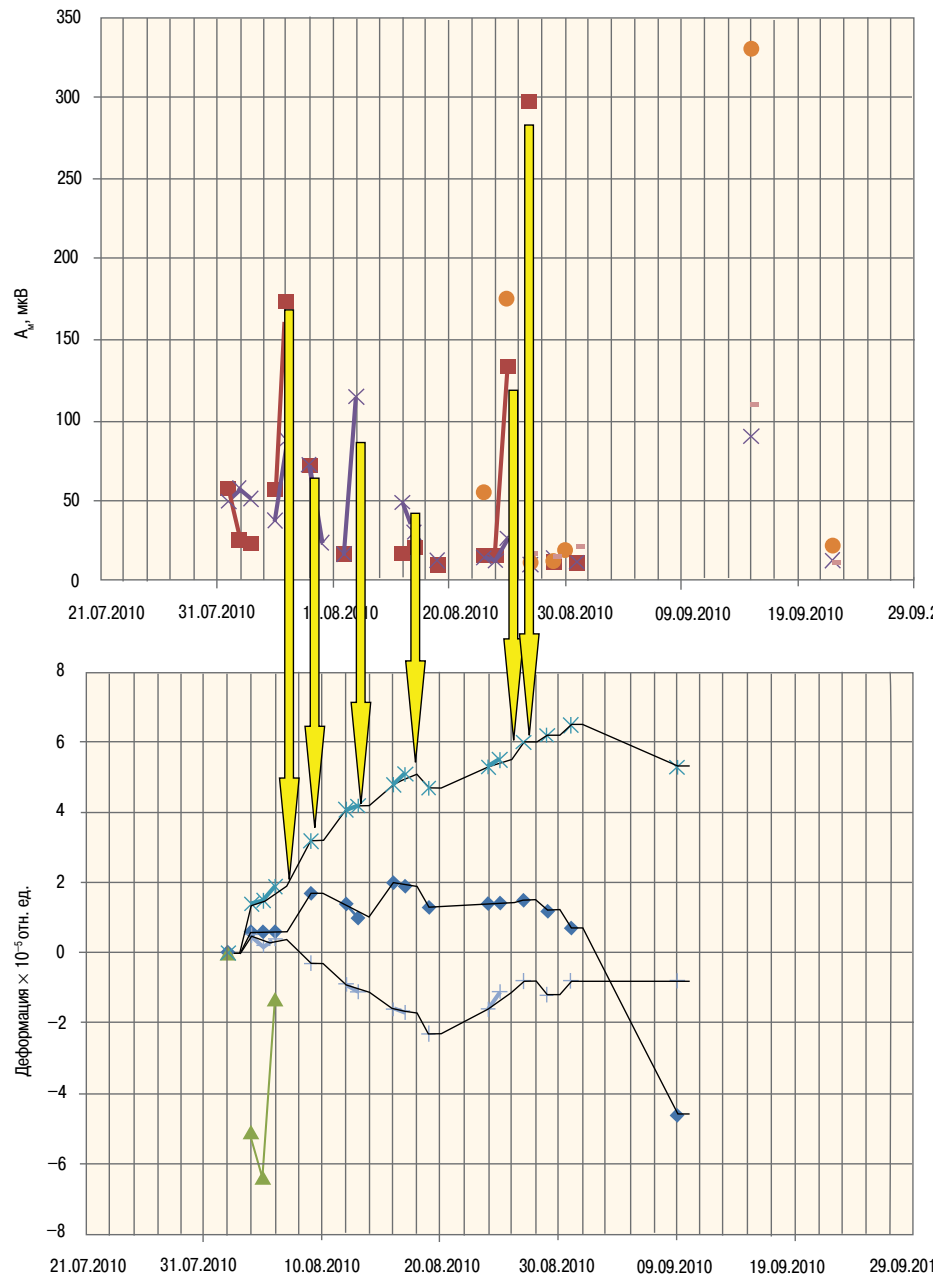


Рис. 2. Результаты одновременных определений параметров поля ЕЗМИ и относительных деформаций в крепи

(смещения достигали 100 мм). Разработка проекта усиления набрызг-бетонной крепи с арматурными арками дополнительной анкерной крепью, представленной самозабуривающимися анкерами MAI SDA фирмы Atlas Сорсо позволила значительно уменьшить смещения крепи и обеспечить проектное сечение тоннеля к моменту возведения постоянной обделки.

На другом тоннеле участка Адлер — Альпика-Сервис строительство велось в массиве, представленном аргиллитами, но уже блочной структуры и полускального состояния. Напряженное состояние тяжелой аркобетонной крепи, возводимой с отставанием от забоя, после ее возведения

практически не изменялось. Максимальная величина сжимающих напряжений в бетоне не превышала 1 МПа. Разработка штроссовой части также не оказала изменений на напряженное состояние крепи. Для таких условий аркобетонная крепь оказалась неэффективной при принятой технологии строительства — нанесение на призабойном участке набрызг-бетона и установка анкерной крепи, а с оставанием — возведение аркобетонной крепи. Поэтому были разработаны рекомендации по облегчению ее конструкции.

Как уже говорилось ранее, наиболее неблагоприятные условия строительства были встречены на тоннельных комплексах №5 и

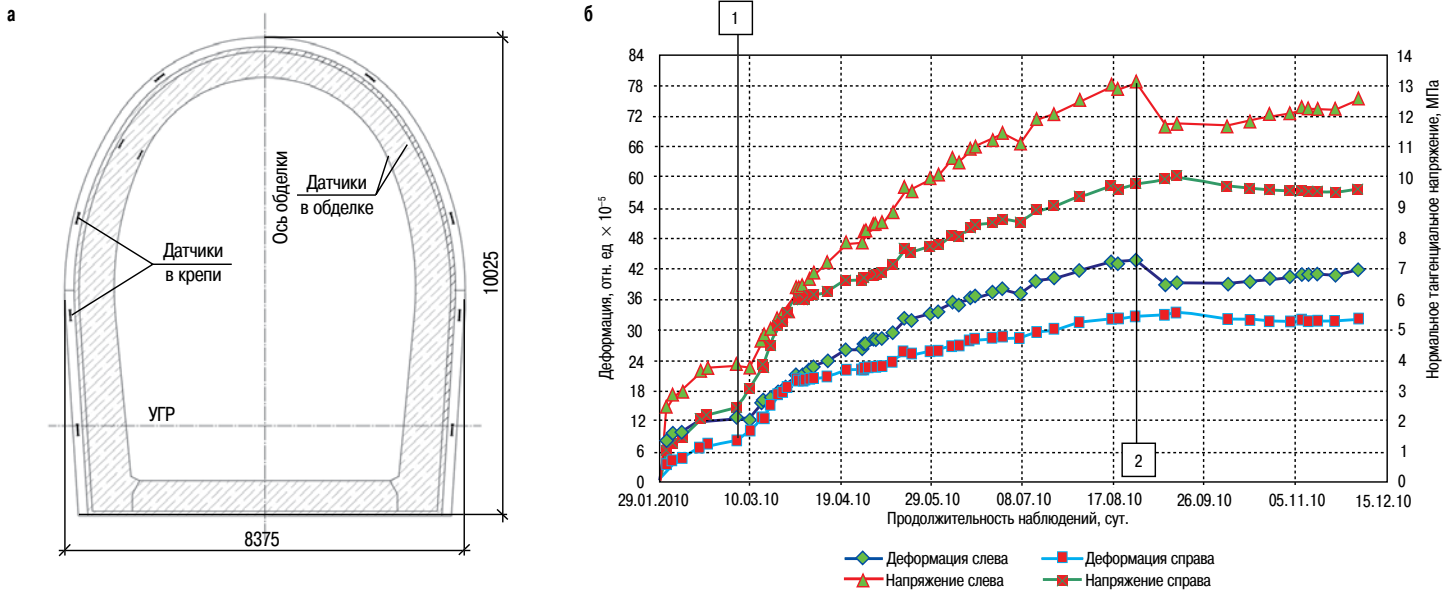


Рис. 3. Определение напряженно-деформированного состояния крепи и обделки: а – размещение струнных датчиков в крепи и обделке; б – формирование напряженного состояния крепи с учетом технологии строительства; 1 – разработка штроссовой части; 2 – возведение постоянной обделки

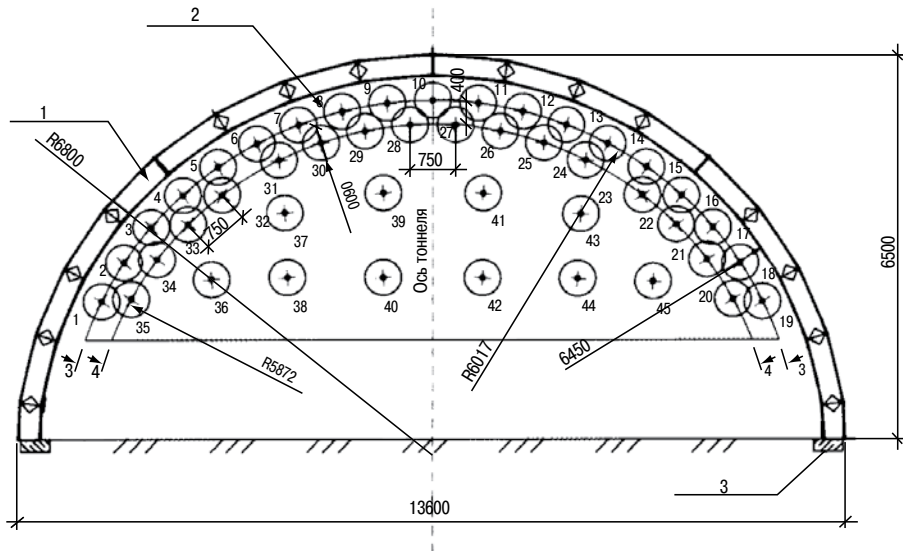


Рис. 4. Схема устройства грунто-цементных свай: 1 – арка из двутавра №35; 2 – скважины опережающего крепления по технологии Jet-Grouting; 3 – опорная ж/б плита под пятку арки

6. Контроль напряженно-деформированного состояния крепей (аркобетонная крепь с применением двутавров I27 и I30 с дополнительной установкой двух арматурных арок между стальных арок) автодорожного тоннеля №3 (в составе тоннельного комплекса №5) показал, что сжимающие нормальные тангенциальные напряжения в бетоне калоттной части достигали 27 МПа, а в штроссовой части — 11 МПа. На достаточно протяженном участке тоннеля со стороны северного портала зафиксированы значительные растягивающие напряжения (до 7 МПа) на внутреннем контуре с нагорной стороны. Такое распределение напряжений указывает на существенную величину бокового давления с нагорной стороны при достаточном

отпоре с противоположной стороны, что было подтверждено распределением величин деформаций внутреннего контура крепи. После раскрытия калоттной части деформации на отдельных участках достигали 150–200 мм, а после проходки штроссовой части увеличивались до 350 мм, что требовало последующего «перекрепления».

Практика проходки рассматриваемого тоннеля с креплением аркобетоном свидетельствует о значительном влиянии геологического строения массива на устойчивость тоннеля. Особенности геологического строения таковы, что представленный углисто-глинистыми сланцами массив является слоистым и при попадании воды в такой массив происходит снижение сце-

пления между слоями пород (грунта), что в сочетании с ползучестью грунтов приводит к смещению значительных грунтовых масс и, соответственно, дополнительному нагружению временной крепи.

Применение спецспособов (рис. 4) обеспечило устойчивость призабойной зоны и безопасность собственно проходческих работ, а незначительная устойчивость массива в целом (на отдельных интервалах тоннеля) повлияла на формирование больших величин напряженно-деформированного состояния крепи.

Определение фактических деформативно-прочностных свойств массива осуществлялось на пройденных участках тоннелей, где еще не возведена постоянная обделка. С помощью сейсмопрофилирования определяли скорости прохождения продольных и поперечных волн, зная их, определяли деформационные свойства литологических разностей и коррекционно — прочность грунтов. Интегральная характеристика деформационно-прочностных свойств грунтов позволила сопоставить реальные условия строительства с проектными данными и выполнить поверочные расчеты конструкций постоянных обделок.

Для определения деформаций земной поверхности в пределах проектной мульды оседаний устанавливались реперные точки и марки, по которым с помощью специального сканера определяли смещения. В случае необходимости для определения сдвижений в толще массива над сооружаемыми подземными выработками в скважинах устанавливали глубинные реперы (экстензометры).

Изменения напряженного состояния водонасыщенного массива исследовали путем установки в скважинах датчиков гидростатического давления. Так, при строительстве железнодорожного тоннеля №3 в оползневом склоне со стороны северного портала были пробурены наклонные скважины, оснащенные датчиками наклона (стационарные датчики для выполнения инклинометрии), и скважины для контроля порового давления. Данный вид мониторинга позволил контролировать напряженное состояние оползневого склона.

Оценку устойчивости оползневых склонов дополнительно осуществляли с помощью традиционных геодезических методов и регистрацией изменения электромагнитной эмиссии.

При несоответствии проектным инженерно-геологическим, гидрогеологическим условиям, напряженно-деформированному состоянию системы «массив — крепь», деформационно-прочностным характеристикам, полученным в результате проведения мониторинга, осуществляется корректировка технологии проходки, конструкции крепи и обделки.

В состав АСУ ТП эксплуатации транспортных тоннелей на участке «Адлер — горноклиматический курорт «Альпика-Сервис» входит система горно-экологического мониторинга, состоящая из:

- контроля напряженно-деформированного состояния (НДС) обделок;
- оценки устойчивости системы «обделка — массив» методом ЕЭМИ;
- сейсмомониторинга.

Информация с контрольно-измерительной аппаратуры девяти тоннелей в режиме реального времени поступает на серверы мониторинга в здание диспетчерской по автомобильной дороге и в здание диспетчерской по железной дороге. После обработки поступающих данных информация визуализируется на отдельном АРМе, расположенном на столе перед диспетчером (рис. 5), осуществляющем контроль всех автоматизированных систем безопасной эксплуатации тоннелей.

Впервые в России на участке «Адлер — горноклиматический курорт «Альпика-Сервис» создана автоматизированная система горно-экологического мониторинга транспортных тоннелей для контроля состояния системы «обделка — вмещающий массив» при строительстве и эксплуатации.

Контроль напряженно-деформированного состояния обделок выполняет определенное количество нормальных тангенциальных напряжений в обделке и их сопоставление с расчетными величинами.

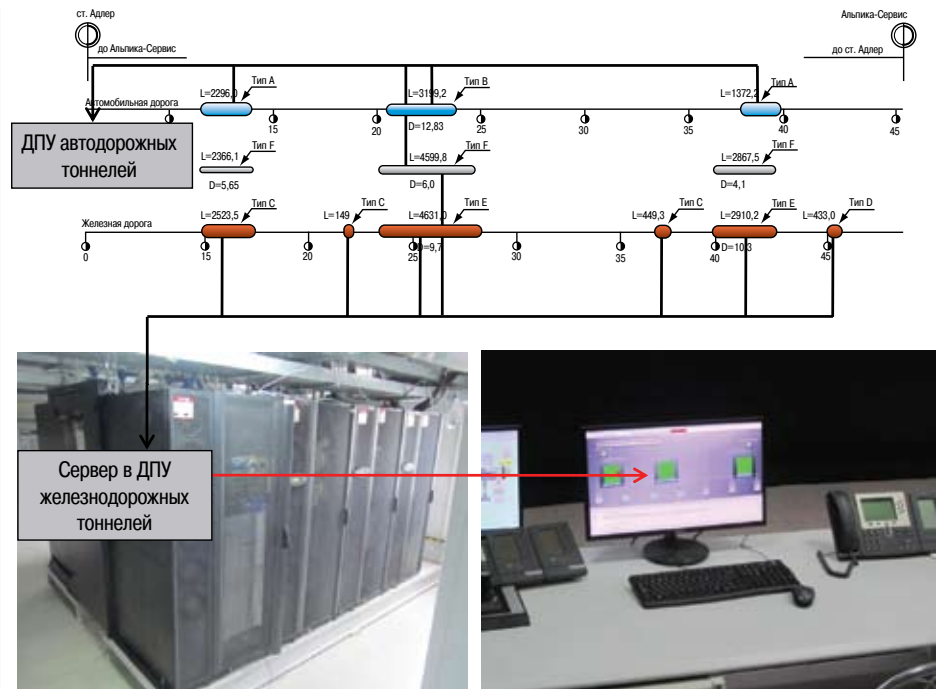


Рис. 5. Принципиальная схема сбора контролируемых параметров с систем мониторинга транспортных тоннелей, передачи на серверы мониторинга для обработки и визуализации на АРМе в диспетчерской

Оценка устойчивости системы «обделка — массив» методом ЕЭМИ производит регистрацию вариаций поля ЕЭМИ с целью контроля развития геодинамических процессов во времени в зонах разупрочнений (места установки датчиков ЕЭМИ были определены при строительстве тоннелей по профилированию поля ЕЭМИ в процессе горнопроходческих работ и возведения постоянной обделки).

Сейсмомониторинг позволяет фиксировать амплитудно-частотные характеристики сейсмособытий в различных частотных диапазонах — от 0 до 6000 Гц. Ускорения смещений, измеряемые трехкомпонентными акселерометрами, позволяют определить дополнительные величины напряжений в обделке в моменты сейсмособытий и суммировать их с показаниями датчиков НДС-обделки. В моменты сейсмособытий на АРМ диспетчера выводятся результаты в баллах по шкале MSK-64.

Вся система «обделка — вмещающий массив» и, в частности, напряженное состояние массива вблизи тоннеля и его изменение во времени контролируется комплексом геофизических методов: сейсмопрофилирование, электроразведка, ультразвуковое прозвучивание, СШП-георадиолокация, регистрация ЕЭМИ.

На основании зарегистрированных в процессе наблюдений сейсмособытий от проходящего транспорта были определены частотные диапазоны, характеризующие состояние обделки тоннеля и системы

«обделка — массив» и собственные частоты всего сооружения.

Важной работой для функционирования системы автоматизированного мониторинга является настройка срабатывания порогов, которые сигнализируют диспетчеру о состоянии несущих конструкций тоннелей. База данных, которая пополняется в серверах геотехнического мониторинга, накапливает информацию об изменениях, происходящих в обделке и в системе «обделка — массив».

Для эффективной работы существующих и будущих систем геотехнического мониторинга и прогноза состояния системы «обделка — вмещающий массив» является целесообразным создание единого аналитического центра по обработке и анализу базы данных геотехмониторинга с целью усовершенствования и оптимизации методологических и технических средств.

Опыт реализации горно-экологического (геотехнического) мониторинга при строительстве транспортных тоннелей участка «Адлер — горноклиматический курорт «Альпика-Сервис» показывает, что оптимальным решением для обеспечения работоспособности системы мониторинга при эксплуатации и его информативности является последовательная реализация следующей цепочки: инженерно-геологические изыскания — разработка проекта горно-экологического мониторинга в составе проектной документации — ведение мониторинга при строительстве — настройка системы мониторинга при эксплуатации.



# ЧЕЛОВЕК СЛОВА И ДЕЛА

**1 марта 2015 года исполнилось 80 лет со дня рождения выдающегося российского ученого — гидрогеолога, профессора, члена-корреспондента Российской академии наук, В.А. Мироненко.**

**В**алерий Мироненко сыграл определяющую роль в формировании ряда направлений современной гидрогеологической науки — гидрогеомеханики, горно-промышленной гидрогеологии, охраны и рационального использования подземных вод. Он создал научную школу, достижения которой высоко оценены как в России, так и за рубежом, опубликовал десятки фундаментальных научных трудов, многие из которых стали настольными книгами специалистов-гидрогеологов.

Валерий Александрович был прекрасным педагогом, подготовившим сотни инженеров-гидрогеологов, 35 кандидатов и 5 докторов наук. Лауреат конкурса «Соросовский профессор», член Научного совета РАН по проблемам инженерной геологии, гидрогеологии и геокриологии, он участвовал в работе международных ассоциаций гидрогеологов и инженеров-геологов, был иностранным членом Американского института гидрологии, Международного института прикладного системного анализа, Русско-американского центра по изучению загрязнения, экспертом ООН.

Непростым сложился жизненный путь Валерия Александровича. В юношеские годы на его долю выпали тяжелые испытания. Его отец (Александр Алексеевич Вознесенский) работал ректором Ленинградского университета, мать (Клавдия Николаевна Мироненко) — доцентом того же вуза. В 1949 году отец, назначенный к тому времени министром просвещения РСФСР, был репрессирован (по так называемому «Ленинградскому делу») и в 1950 году расстрелян.

В 1952 году 17-летний Валерий как «сын врага народа» был арестован и после 4-месячного тюремного содержания на 5 лет был выслан в с. Маклаково Красноярского края, где уже находились его мать с младшей сестрой Ириной. В 1953 году, после смерти И.В. Сталина, был амнистирован, а в 1954-м — реабилитирован в связи с посмертной реабилитацией отца.

В 1953 году В.А. Мироненко поступил в Ленинградский горный институт (по специальности «гидрогеология»), а в 1955 году одновременно начал учиться и в Ленинградском государственном университете (по специальности «математика-механика»). После окончания Горного института (1958) Валерий Александрович приступил к работе во Всесоюзном НИИ горной геомеханики и маркшейдерского дела (ВНИМИ) — в должности инженера, затем старшего научного сотрудника и зав. лабораторией. В 1963 году защитил кандидатскую, а в 1967-м — докторскую диссертацию.

С 1972 по 1997 год В.А. Мироненко работал в должности профессора на кафедре гидрогеологии Ленинградского горного института. Он одним из первых в нашей стране начал исследования по проблеме охраны и рационального использования подземных вод. В результате кафедра гидрогеологии ЛГИ вошла в число ведущих организаций, способных заниматься данной проблемой не на уровне деклараций, а на базе конкретных инженерных решений.

Одним из самых значительных достижений В.А. Мироненко стало создание

новой научной школы. Им была разработана принципиально новая концепция контролируемого техногенного загрязнения подземной гидросферы в условиях эффективного мониторинга. Впервые в мировой практике был предложен, теоретически обоснован и широко опробован комплекс полевых методов, направленных на информационное обеспечение геомиграционных прогнозов.

В 1997 году Валерий Александрович создает и возглавляет Санкт-Петербургское отделение института геоэкологии РАН и Межфакультетский научный центр гидрогеоэкологии СПбГУ, коллективы которых продолжают выполнять большие объемы хозяйственных и госбюджетных работ по важнейшей проблематике.

Широта научных интересов В.А. Мироненко позволила ему достичь научных успехов едва ли не во всех разделах гидрогеологии. Один только перечень основных работ свидетельствует о его невероятно высокой работоспособности, уровень которой никогда не снижался в течение всей творческой жизни.

Валерия Александровича не стало 15 лет назад. Он был Человеком слова и дела, блестящим оратором и полемистом, отличным альпинистом и лыжником, прекрасно знал литературу и живопись. К 80-летию юбилею В.А. Мироненко создан сайт <http://www.vmironenko.ru/>, на котором размещены полное собрание его трудов, биографические сведения, сборник воспоминаний, обширная фотогалерея.



**ITA CROATIA**

Croatian Association for  
Tunnels and Underground  
Structures



ASSOCIATION  
INTERNATIONALE DES TUNNELS  
ET DE L'ESPACE SOUTERRAIN

**AITES**

**ITA**

INTERNATIONAL TUNNELLING  
AND UNDERGROUND SPACE  
ASSOCIATION

# ITAWTC 2015

41<sup>st</sup> General Assembly and Congress of  
International Tunnelling and Underground  
Space Association ITA-AITES



# SEE TUNNEL

**PROMOTING TUNNELLING IN SEE REGION**

LACROMA VALAMAR CONGRESS CENTER  
DUBROVNIK, CROATIA

**MAY 22-28, 2015**

[www.wtc15.com](http://www.wtc15.com)

# expotrafic 2015

III Международная  
специализированная  
выставка по организации  
дорожного движения

ПОЛУЧИТЕ  
ЭЛЕКТРОННЫЙ  
БИЛЕТ



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

Тел.: +7(812)320-80-94  
E-mail: exporail@restec.ru



# TransCon 2015

VII Международная  
специализированная  
выставка по проектированию  
и строительству транспортных  
объектов: автомобильных  
и железных дорог, мостов,  
портов и аэропортов

ПОЛУЧИТЕ  
ЭЛЕКТРОННЫЙ  
БИЛЕТ



[www.trans-con.net](http://www.trans-con.net)

Тел.: +7(812)320-80-94  
E-mail: transport2@restec.ru

При поддержке



Генеральный  
информационный  
партнер

Транспорт России

Информационный  
партнер



При поддержке



**27-29 АПРЕЛЯ 2015**

Москва, ВВЦ, Павильон 75

ОРГАНИЗАТОР

**РЕСТЭК БРУКС**

Генеральный  
информационный  
партнер



ТРАНСПОРТНЫЙ  
КОНГРЕСС

2015

VII Транспортный конгресс

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

Тел.: +7(812)320-80-94  
E-mail: port@restec.ru

Соорганизатор



**INTERtunnel 2015**

Транспортные тоннели для  
будущих скоростных магистралей!

VII Международная  
специализированная  
выставка по проектированию  
и эксплуатации тоннелей

ПОЛУЧИТЕ  
ЭЛЕКТРОННЫЙ  
БИЛЕТ



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

Тел.: +7(812)320-80-94  
E-mail: road@restec.ru



# ГАРМОНИЯ

« Архитектура — застывшая музыка, а геотехника — постоянный диссонанс. »

*В.М. Улицкий*



# Д

# ДИССОНАНСА

Подготовил  
Илья БЕЗРУЧКО

**Чтобы справиться со сложными профессиональными задачами, инженер-геотехник должен иметь не только солидный багаж теоретических знаний, но и обладать большим опытом работы. Именно таким человеком является наш сегодняшний собеседник — Владимир Михайлович Улицкий, профессор, крупнейший специалист в области геотехники как в нашей стране, так и за ее пределами. Мы не станем останавливаться на длинном перечне всех наград, регалий и должностей этого заслуженного человека, но расскажем о яркой, неординарной личности Владимира Михайловича, о его детских воспоминаниях, о его профессиональном становлении.**

**— Владимир Михайлович, вы — человек, чье имя сегодня хорошо известно в области геотехники не только в России, но и за рубежом. В какой период жизни вы сделали свой профессиональный выбор? Что послужило отправной точкой?**

— Я родился в семье строителей, поэтому и все мое детство прошло там, где велась стройка. Когда моему отцу было всего 27 лет, он принял на себя управление трестом «Тагилстрой» с коллективом численностью 52 тыс. человек. Тогда в стране наблюдался строительный бум, профессиональных кадров не хватало, к тому же многие талантливые руководители были репрессированы — время было такое. Вот отцу, молодому, перспективному инженеру, и сделали предложение, от которого он не смог отказаться.

В период моего детства нам часто приходилось менять место жительства — отца перебрасывали с одной стройки на другую. Я хорошо запомнил Ленинград военного времени. Помню тот нечеловеческий энтузиазм полугодных людей, с которым они восстанавливали разрушенный город. Потом был Донецк, там отец возглавлял огромный трест «Донхимпромстрой» с 30 тыс. работников.

С раннего возраста я постоянно находился в строительной среде, знал всех выдающихся представителей отрасли того времени, даже был знаком с министром строительства Николаем Дыгаем (мы с родителями ездили к нему на дачу в Подмосковье). Поэтому много пути я для себя просто не видел.

Но были и еще два ярких события моего детства, которые оставили отпечаток на всю жизнь. Помню, на одной из строек едва ли не до 50-х годов работали пленные немцы. Однажды они занимались погружением свай. Я обратил внимание, как технологично они

это делали: сначала сваю забивали, а потом в скважину под напором нагнетали воду, и тогда, без применения огромных агрегатов, свая входила в грунт, как в масло. Таким методом они очень быстро погрузили сто с лишним свай. Вот тогда-то я и понял, что такое инженерная мысль. Я сделал открытие, что хорошая идея гораздо эффективнее грубой силы.

Второй случай, который оказал на меня большое влияние, произошел в Славянске. Там наблюдалась чрезвычайная ситуация — из-за того, что в этой местности раньше бессистемно добывали соль, в том числе из соляного раствора. В результате этого в грунте образовались пустоты, под землю стали проваливаться целые районы, провалы заполнялись водой. К решению этой проблемы привлекли специалистов мирового масштаба. Среди них был и Николай Николаевич Маслов, профессор ЛИСИ, доктор технических наук, признанный авторитет в области гидротехнического строительства.

Одним из результатов совместной работы ленинградских и московских специалистов стало создание гидрологической карты, на которой были обозначены зоны с вероятной угрозой обрушения. Все дома, попадающие в эту опасную зону, были расселены. Но меня потрясли люди, участвовавшие в этой работе. Какие это были специалисты! Позже в энциклопедии я пытался отыскать хоть какую-нибудь информацию о них, про Н.Н. Маслова даже подготовил школьный доклад. С того времени я всерьез заинтересовался инженерной геологией, от знания которой порой зависела жизнь людей.

**— Значит, свой профессиональный выбор вы сделали еще в детстве?**

— Да, свой выбор я сделал еще в раннем детстве, поэтому после окончания школы поступил в Днепропетровский строительный институт. Из нашего школьного выпуска, а это более ста человек, только двое выбрали строительную специальность, остальных интересовали физика, техника, ядерные технологии. Это в силу того, что семья моя жила в Днепродзержинске, на окраине которого были крупные химические спецгорода.

Учился я хорошо, но недолго — всего два курса. Подвело меня юношеское свободомыслие. Учеба давалась легко, и у меня оставалось много времени на самодеятельность и занятия спортом. А стоит упомянуть, что это было довольно сложное время, в том плане, что настала «хрущевская оттепель» и я, под влиянием нахлынувшей свободы, начал писать стихи, а точнее, пародии на наших великих поэтов. Для одного из студенческих капустников я написал поэму «История государства российского от Рюрика до Шурика», переиначив произведение Алексея Толстого. Не ушли от моего внимания и прославленные советские поэты.

Стихи каким-то образом вышли за пределы студенческого клуба, где мы с товарищами периодически выступали, и на мое творчество обратили внимание в администрации. Меня вызвали на ковер и объявили об отчислении из института. Мне предстояла служба



Родители: отец — Михаил Улицкий, инженер-строитель, управляющий трестом «Донецхимстрой»; мать — Галина Улицкая, техник-строитель



в армии, точнее, на флоте, тогда это занимало пять лет. Но мне повезло — помог отец, человек далеко не последний в отрасли. Он подключил своего друга, известного профессора, ректора ЛИСИ Петра Ивановича Баженова, с которым я тоже был знаком ребенком еще с войны, где мой отец работал вместе с ним в Башкирии. Ректор вначале поинтересовался моей успеваемостью, затем ознакомился и со стихами и только после этого вызвал в Ленинград и предложил поступить на военно-морской инженерно-строительный факультет ЛИСИ, где я в течение целого года проходил службу курсантом.

Специальность я выбрал интересную — изыскания, проектирование, строительство подземных сооружений. В какой-то степени это произошло случайно: отбирали отличников, потому что специальность считалась (и это действительно так) особо сложной. Меня это не испугало, напротив, я всегда любил сложные расчеты. Но тогда я даже не задумывался о перспективе. Об этом, скорее, думало государство. Система военного образования работала как часы: с появлением потребности для обороны страны в инженерах-подземщиках в кратчайшие сроки был разработан учебный план, и вузы начали готовить специалистов. Тогда кадровые бреши закрывались оперативно, теперь, к сожалению, такое практически невозможно, и мы готовим специалистов такого широкого профиля по принципу «обо всем что-то, а о чем-то ничего».

Через год меня демобилизовали, я стал обычным студентом, но специальность осталась прежней. Лекции нам читали Николай Николаевич Маслов и другие видные ученые. Таким образом, все закольцевалось, я снова оказался в окружении тех людей, которыми так восхищался в детстве. Моими учителями были блестящие профессора ВИТКУ: Чернов, Самарин, Христофоров — военные морские преподаватели с прекрасной выправкой (за глаза мы их называли аристократами). Даже сейчас, спустя полвека, сталкиваясь с их трудами, понимаю, что это научные работы международного класса, жалко, что закрытые.

За годы учебы в университете также большое влияние на меня оказал доцент кафедры «Основания и фундаменты» Николай Николаевич Морарескул, первый мой гражданский преподаватель. Он окончательно привил во мне любовь к геотехнике, самой интересной (по его, а потом, — и по моему, мнению) области строительства. В процессе обучения я прошел полный курс теории подземного строительства, курс расчетов сооружений на сверхмощные динамические воздействия от ядерных взрывов и многое другое. Н.Н. Морарескул впоследствии стал доктором, профессором и завкафедрой университета путей сообщения (ПГУПС).

#### — Как вы стали применять полученные в вузе знания?

— В это время я начал много размышлять, фантазировать... Результатом этого инженерного творчества стала идея устройства свай при помощи артиллерийских систем. В теории после выстрела снаряд должен был доходить до слоя плотной морены, отжимая по пути воду из грунта, попутно его уплотняя. Затем в об-



Годы учебы в ДИСИ и ЛИСИ.  
1954–1960 годы

разовавшийся микротоннель надо оперативно опустить металлический каркас и заполнить его раствором.

С этой идеей я пришел к профессору Борису Ивановичу Далматову, большому мастеру в области геотехники. Он внимательно выслушал меня, но довольно скептически отнесся к моему предложению. В рамках дискуссии он указал на ряд вопросов, которые я до конца не проработал: как поведет себя такой снаряд в толще грунта, будет ли выдержана траектория, каково будет воздействие на окружающие здания и многие другие. В итоге он предложил обратиться к электродинамическому эффекту — вместо взрывов использовать энергию высоковольтных разрядов.

С этим я отправился в Политехнический институт. Там идея всем понравилась, и этот метод был успешно реализован на практике. Первым объектом была бумажная фабрика на Уральской ул. в Санкт-Петербурге. Чтобы выполнить работу, мы использовали электрогидравлический разрядник, вырабатывающий напряжение 6 тыс. вольт. Эксперимент удался, и с полученными результатами я снова отправился к Б.И. Далматову. Он одобрил мое начинание и предложил применить эту технологию в условиях вечной мерзлоты. В 1963 году



На горнорудном комбинате в Иркутской области, ныне на этом месте г. Железногорск, 1963 год

меня приняли в качестве научного сотрудника на кафедре «Основания и фундаменты» ЛИСИ, и с благословления своего профессора, я поехал в Сибирь, поближе к вечной мерзлоте.

**— Расскажите подробнее про работу, которую вы там выполняли.**

— В общей сложности в Сибири я провел порядка семи лет. За это время поработал на многих стройках: в Братске, Ангарске, Железногорске, Иркутске, Усть-Куте, Чите, Магадане, и это далеко не полный список городов, где удалось побывать. Меня снова призывали в армию, но уже в качестве офицера запаса, но я прослужил совсем мало в грунтовой лаборатории в Ангарске.

Мы занимались научным и геотехническим сопровождением строительства стратегических объектов, в том числе очень значимых. Нашему коллективу приходилось решать самые разнообразные строительные задачи. Например, чтобы предупредить загрязнение Ангары, необходимо было оградить ее воды от стоков вредного производства. В этом конкретном случае мы обратились к зарубежному опыту. Из публикаций мы знали, что в Осаке японцы разрежали грунт высоконапорной струей, а затем образовавшиеся пустоты заполняли специальным бетонитовым раствором. И мы повторили этот опыт в виде «стена в грунте», соорудив такую тонкую защитную стенку. Работали вместе с институтом «Фундаментпроект». Фактически такие новые по тому времени, работы выполнялись впервые. Причем мы даже не пытались претендовать на профессиональное первенство. Нам очень нравилось то, что мы не ограничены какими-то рамками: наши заказчики предоставляли полную свободу действий, главное — чтобы поставленные задачи были решены. При этом военные ведомства вкладывали серьезные средства в науку, и в нашем распоряжении всегда были все необходимые материалы и оборудование для реализации наших идей. Теперь, к сожалению, нашу строительную науку никто не финансирует, что предельно печально, а в ряде случаев и трагично. Но это уже отдельная тема, более близкая к презентации о строительных авариях.

Одновременно я успешно занимался научной работой, набирал материалы для диссертации по геокриологии, которую защитил в 1969 году. Но самое главное — я получил огромный практический опыт. За эти годы был наработан колоссальный экспериментальный материал. И эти данные актуальны до сих пор! Так, например, недавно докторант ПГУПС защитил диссертацию, расчетами подтвердив результаты наших опытов 60–70-х годов. В те годы было сложно осуществить многие численные математические расчеты, которые благодаря современной вычислительной технике теперь выполняются без особого труда. Поэтому и сложилась обратная ситуация: сначала была практика, затем пошла теория. А численные расчеты можно тестировать многолетними исследованиями на мерзлых грунтах.

**— Как вы пришли к вопросам комплексного освоения подземного пространства?**

— На кафедре ЛИСИ я вернулся в начале 70-х, и почти сразу меня направили в Финляндию на научную стажировку. Там я продемонстрировал свою разрядную технологию. Зарубежным коллегам она очень понравилась, но для Финляндии были более актуальны другие вопросы. От меня требовали определиться с тематикой докторской диссертации, и финские коллеги предложили мне заняться геотехническими проблемами реконструкции городов. Так я сменил свою специализацию в геотехнике и занимаюсь этими вопросами уже много лет, но не оставил мерзлоту как свою «детскую специальность».

Основной темой исследований в рамках моей стажировки стало планирование перспективного раз-

вития крупных мегаполисов. Я был включен в состав комиссии, которая занималась исследованием подземного пространства трех городов: Хельсинки, Стокгольма и Копенгагена. Стоит подчеркнуть, что эта работа проводилась под патронажем президента Финляндии и короля Швеции. На основе научного подхода нам надо было определить пути наиболее рационального использования подземного пространства. Европейцы избегают стихийного подхода к освоению пространств, поэтому мы выполняли расчеты с перспективой на десятилетия. Тогда я изнутри посмотрел, как работают передовые геотехники за рубежом. Главный принцип в этой работе заключается в создании наиболее комфортных условий для жизни горожан. Экономические аспекты важны, но они отступают уже на второй план.

В те годы я понял, что к обсуждению вопросов строительства следует привлекать только профессионалов, высококвалифицированных специалистов из разных областей науки, чтобы именно они определяли оптимальные варианты решения тех или иных задач. Участие дилетантов может только навредить делу. Так, финны, руководствуясь демократическими принципами, провели народный референдум по поводу строительства нового вокзала и ряда других проектов, в результате этого многие прекрасные идеи так и не были реализованы. Но то, что сделано с развитием подземного строительства в центре средневекового города, включая подземные автовокзалы, торговые залы и станции метро в Хельсинки, — сильно впечатляет.

**— Вы хорошо знакомы с современным зарубежным опытом строительства. Каковы сегодняшние мировые тенденции в вопросах освоения подземного пространства?**

— Известно, что в США традиционно строят небоскребы. Так вот на сегодняшний день американские нормы предусматривают строительство таких сооружений с развитым подземным подиумом. При расчетах инженеры ссылаются и на труды Петербургских ученых. Такому же принципу следуют и китайцы. Так, например, последних заинтересовало строительство на мерзлоте. Но в нашей стране, где все определяет цена, сегодня практически невозможно реализовать интересные технологические решения. К сожалению, перспективное развитие и стратегическое направление в нашей стране никто не принимает в расчет. По этому поводу один мой французский коллега высказал тезис, с которым я полностью согласен: «В условиях рыночных отношений не существует понятий «дорого» и «дешево» — есть понятие «рыночная оптимальная цена». Но этот принцип работает в условиях честной конкуренции, с этим в России пока проблемы, наши же тендеры нацелены на дешевизну. Мы знаем из русских сказок, что и Балда работал бесплатно, но кончилось это плохо для самого «заказчика». Я не называю статус заказчика, чтобы не прослыть нетолерантным к нашим священнослужителям.

В этой связи можно вспомнить историю с Орловским тоннелем в Санкт-Петербурге. Это сооружение было крайне необходимо городу, что бы про него ни говорили. Это мое мнение, как специалиста. В Шан-



Шанхай

хае, например, под рекой Хуанпу в значительно более сложных геотехнических условиях построено пять таких тоннелей, и острые транспортные проблемы были решены почти наполовину.

Но самый яркий пример — это опыт японцев. В начале 90-х годов они столкнулись с серьезными транспортными проблемами — улицы Токио были буквально загромождены автомобилями. Японцы проанализировали транспортную ситуацию и создали математическую модель, которая учитывала основные маршруты передвижения транспортных потоков. В результате они пришли к выводу, что в центр города люди выезжают в основном для совершения покупок и только 28% автомобилей принадлежит работающим в центре горожанам.



В кругу президента ISSMGE Секо де Пинто. Вице-президенты проф. Ван Импе (Бельгия) и Кенджи Ишихара (Япония). Назначения на должности: В.М. Улицкого – председателем международного рабочего комитета ТС-38 «Совместные расчеты строительных систем» и М.Б. Лисюка – членом президиума Международного общества геотехников ISSMGE. Осака, 2005 год

Необходимо начинать процесс профессионального сближения. Я искренне желаю, чтобы коллеги со всех концов света могли общаться, делиться своим опытом, наработками.

*В.М. Улицкий*



Международная конференция по геотехнике «Развитие городов и геотехническое строительство», Санкт-Петербург, ПГУПС, 2008 год

На принципах государственно-частного партнерства они построили кольцевую линию метро, проходящую за пределами города по эстакаде. Это было комплексное сооружение, поднимающееся на 2–4 этажа вверх и на такое же количество этажей уходящее вниз (если позволяли грунты). Свободное пространство было приспособлено для организации торговых площадей. Каждая станция метро представляла собой транспортно-пересадочный узел. Таким образом, токиец, либо гость из города, мог добраться на автомобиле до ближайшей станции, припарковать его и дальше ехать в нужный магазин на метро.

Также, чтобы освободить улицы города от транзитного транспорта, на основе полученной численной транспортной модели было запроектировано и построено несколько подземных многоуровневых тоннелей сечением  $40 \times 40 \text{ м}^2$  (в том числе под токийским заливом). Работы завершились в начале 2013–2014 годов и решили многие транспортные проблемы сверхкрупного города мира.

Однако для реализации таких масштабных проектов нужны соответствующие средства и технологии. Их экономическая эффективность определяется десятилетиями. Но для японского бизнеса, ориентированного на долгосрочные вложения, а не на получение сиюминутной прибыли, такая модель сотрудничества является привлекательной. Частная компания, строящая линию метро в 30 км, берет кредит на 25 лет!

**— Что необходимо предпринять, чтобы и в России стало возможным реализовывать подобные проекты?**

— В первую очередь нам нужны развитая геотехника и технологии. Сегодня наука интернациональна, поэтому для решения сложных инфраструктурных задач необходимо привлекать высококвалифицированных мировых специалистов. И тогда мы не будем терять понапрасну деньги. Все должно быть под контролем профессионалов, которые бы несли личную ответственность за свою работу. За рубежом при реализации крупных проектов заказчики всегда стремятся собрать сильную команду инженеров, и на этом не экономят, потому что от квалификации специалистов зависят как качество и долговечность сооружений, так и их стоимость. Независимые инженеры высочайшей квалификации не заинтересованы участвовать в коррупционных схемах. Для них важны профессиональная этика и реноме в мире.

Современные коммуникационные технологии достаточно развиты и позволяют свободно работать на удаленном доступе и обмениваться информацией. Необходимо начинать процесс профессионального сближения. Я искренне желаю, чтобы коллеги со всех концов света могли общаться, делиться своим опытом, наработками.

**— Что вы можете сказать по поводу подготовки российских специалистов?**

— Без науки нет перспективы, и мы должны беспокоиться о собственных кадрах. Специалистов международного класса готовить надо у нас, в России.

Не так давно наша страна вступила в Болонский процесс, то есть стала частью системы международного образования. Но эта система у нас еще не отработана. Сейчас только в Санкт-Петербурге насчитывается до полутора сотен вузов, готовящих инженеров. При этом уровень квалификации выпускников по большей части оставляет желать лучшего. Однако чтобы выполнять серьезные задачи и принимать на себя ответственность за принятые решения, инженер должен обладать большим объемом профессиональных знаний. Без должной подготовки мы не сможем выпустить специалистов международной квалификации. В этом вопросе нам лучше ориентироваться на соседнюю Финляндию и Швецию, где этот вопрос хорошо отработан.

**— Расскажите о вашей работе со своими студентами.**

— Когда я работал в Финляндии, мне говорили: создавайте высокоинтеллектуальную фирму, она никогда не прогорит, потому что интеллект нужен всегда. И этот принцип я держу в голове. Поэтому, работая на кафедре, я, как говорится, снимаю сливки с двух старейших вузов и целенаправленно готовлю высококвалифицированных специалистов, в том числе для своих фирм и для важных государственных строек.

Многие не понимают, почему я за весьма скромную зарплату вел много лет предмет по введению в специальность у первого курса. А я на этих занятиях выискивал ребят, у которых горят глаза, которым интересно. Из сотни я выбираю двух-трех и начинаю с ними плотно работать, веду их дальше вплоть до получения кандидатской и режу докторской степени! Стараюсь всячески помогать и поддерживать. Это мое кредо. Мне в вузе становится все скучнее, а движения к научному буму пока не просматривается.

После лекций зачастую даю им дополнительные задания на расчеты по формулам или по выбору решения фундаментов. Это тоже своеобразный фильтр, но в то же самое время так я приучаю их работать много и работать на перспективу. У нас немало увлеченных молодых людей, которые заинтересованы учиться и двигаться вперед. Я лишь задаю им нужное направление. И очень стремлюсь выводить своих воспитанников на международную арену. С этой целью я приглашаю в университет иностранных специалистов, которые выполняли крупные проекты за рубежом. Специалистов высшего уровня. И отрандно, что мои студенты в их обществе чувствуют себя комфортно: у них общие темы, похожий юмор. Это люди одного высшего технического сорта. Я убежден, что наука должна быть только высшего «сорта». Все остальное — лженаука.

**— Какая черта характера наиболее важна в вашей профессии?**

— Моя профессия требует прежде всего расположения к людям. Чтобы добиться результатов, чтобы заинтересовать студентов, я должен быть терпим и доброжелателен по отношению к ним. Я увлечен своей профессией, люблю свою специальность и стремлюсь привить эту любовь и своим студентам. Безвозмездно



После вручения Государственной премии Российской Федерации (В.М. Улицкий и премьер-министр РФ М.Е. Фрадков), 2004 г



На крупнейшей подземной стройке Японии. Токио, 2003 год

я восемь лет возглавлял международный рабочий комитет (TC 207 ISSMGE) и с 2014 года остался сопредседателем этого важного международного комитета с названием Soil-Structure Interaction ISSMGE, в который входят 27 известных специалистов из стран мира. Заседание и отчет комитета в Париже в 2013 году собрал более тысячи участников, а это успех, причем на самом высоком уровне. Так что восемь лет моей работы на самом высоком международном уровне прошли успешно, чему я, несомненно, рад.



# ПЕТЕРБУРГСКИЙ МЕТРОПОЛИТЕН: ЕСТЬ ЛИ СВЕТ В КОНЦЕ ТОННЕЛЯ?

*В современных российских условиях сфера подземного строительства, как, впрочем, и вся отрасль, испытывает серьезные трудности. Не исключением в этом смысле стала и питерская подземка. Прокомментировать сложившуюся в метростроении города ситуацию и поделиться своим видением решения скопившихся проблем редакция нашего журнала попросила одного из ведущих в стране специалистов в области проектирования подземных сооружений, советника генерального директора ОАО «Ленметрогипротранс» Николая Кулагина.*

*Nikolay Kulagin, one of the leading Russian experts in the design of underground structures says that even in times of crisis there are some positive aspects and development opportunities. For example, it is possible and even necessary to resume the domestic output of underground construction equipment.*

Беседовала  
Регина ФОМИНА

**—** Николай Иванович, с какими проблемами приходится сегодня сталкиваться при строительстве Петербургского метрополитена? Что мешает строить быстрее, больше, лучше?

— С моей точки зрения, первой и главной проблемой является недостаточный контроль над выполнением решений со стороны правительства города. Так, в 2008 году была принята Перспективная схема развития Петербургского метрополитена, в 2011-м в нее были внесены некоторые поправки. В схеме была заложена определенная очередность строительства и сдачи линий. На данный момент отставание от графика для более чем пятимиллионного города довольно ощутимое.

В предыдущие годы перед ОАО «Ленметрогипротранс» и ОАО «Метрострой» стояла задача постройки 5–6 км новых линий в год. Мы максимально приблизились к этой планке, а затем случился некий провал...

За этот неблагоприятный период многие обстоятельства и условия для развития метрополитена значительно изменились.

**— В чем, по вашему мнению, причины этих изменений?**

— На тот момент, когда функции заказчика перешли к КРТИ, в составе комитета отсутствовала служба, отвечающая за подземное строительство. Около полутора лет заняло формирование соответствующей компетентной структуры.

Какое-то время мы практически не вели проектирование новых участков, а начатые проекты оставались без развития. И даже сейчас ощущаются последствия этого перерыва.

Так, документация, прошедшая экспертизу, может подолгу лежать без реализации, и спустя какое-то время попросту устаревает. Возможен и другой вариант: деньги на строительство уже выделены, а проекта, как такового, еще нет...

К тому же существует немаловажная проблема: ранее государственная экспертиза была комплексной, а теперь она отвечает лишь за техническую часть. Сметную экспертизу, в свою очередь, проводит город. Подобное разделение бьет по всем участникам процесса и отнимает непростительно много времени. Вследствие всего этого выделенные на строительство средства не осваиваются вовремя. Отсюда участки, которые в Генплане отведены, к примеру, под вестибю-

ли станций метрополитена (и эти адреса официально закреплены), город частично передает под другие нужды.

**— Но это же является прямым нарушением Генплана! Есть ли способ избежать подобного?**

— С течением времени даже там, где город уже сложился, уплотнительная застройка все-таки неизбежно продолжается — появляются новые торговые центры, жилые дома и прочие объекты. Это — веяние современности.

Именно поэтому Петербургу необходима концепция комплексного освоения подземного пространства, которая уже разработана и принята в нескольких крупных городах России, в том числе — и в Москве.

Чтобы привлечь внимание правительства города к необходимости планирования пространства современного мегаполиса, мы провели ряд конференций на эту тему. Речь идет не только о метрополитене, но и о других подземных сооружениях: паркингах, складских помещениях, подстанциях. Что касается последних — в свое время мы даже вели разработку проектов на базе реакторов атомных подлодок... Но для начала городу необходимо определиться с потребностями и возможностями. Ведь, помимо проработки технических вопросов, не стоит забывать и о законодательных и финансовых аспектах.

Особенно если учесть сочетание в проектах, скажем, подземных стоянок, государственных и частных капиталовложений. В этом случае немаловажными будут такие условия, как, например, — не удивляйтесь — стоимость земли в центре города.

**— Это уже экономическая плоскость. Как с этой точки зрения вы оцениваете тендерную политику города?**

— К проведению тендеров много вопросов. Необходимо внимательно контролировать порядок их проведения. Нередки случаи, когда недавно открытый тендер неожиданно сворачивают (как правило, причины — экономического характера). Либо за счет предложения низкой цены победу одерживает некомпетентная в конкретной сфере организация, которая не обладает необходимой квалификацией и не может выполнить проект самостоятельно, в связи с чем пытается привлечь на субподряд профильные институты. Кроме этого, комитеты в некоторых случаях заведомо занижают стоимость на основе уже проведенной сметной экспертизы. В настоящее время эта проблема стоит особенно остро, так как расценки, заложенные в смету ранее, особенно на зарубежные технологии, не отражают реалии сегодняшнего дня. В этой связи в условиях новых экономических тенденций актуальной становится тема импортозамещения.

**— Вы считаете возможным переориентировать такую высокотехнологичную отрасль, как метростроение, на отечественного производителя?**

— Это требует времени. Несомненно, нам предпочтительнее было бы рассчитывать на собственные силы. В этом плане интересен опыт Китая. В рамках подготовки к Олимпиаде в Пекине китайцы приобрели лицензию и оперативно открыли собственное производство проходческих щитов, вагонов, эскалаторов,



которое успешно функционирует и в настоящее время. Раньше, еще в Советском Союзе, выпуск тех же механизированных щитов был налажен как в России, в частности в Москве, так и в некоторых республиках.

В Петербурге в свое время даже был установлен мировой рекорд однопутной проходки — 1250 м в месяц. И это, в том числе, благодаря щитам отечественного производства. Но со временем заказы на подземное строительство упали. Сейчас мы, к сожалению, фактически потеряли эту отрасль.

На данный момент, в период кризиса, как раз и появляется возможность и даже необходимость возобновить производство отечественной техники, а также разработать, наконец, концепцию освоения подземного пространства не только в Санкт-Петербурге, но и в других крупных городах России. Особенно это актуально в свете очевидного перенасыщения дорог наземным транспортом.

В экономически более благоприятные времена можно будет приступить к постепенной реализации разработанных сейчас планов.

Так что даже в кризисе есть свои положительные моменты и шансы для развития.



# ЧЕСТЬ И БОЛЬ МЕТРОСТРОЕВЦЕВ

*Правительство Санкт-Петербурга, понимая важность и необходимость развития общественного транспорта, сегодня отдает приоритет метрополитену. В адресно-инвестиционной программе на этот год запланировано строительство сразу нескольких веток. На тему строительства петербургского метро мы беседуем с генеральным директором ОАО «Метрострой» Вадимом Александровым.*

**— Вадим Николаевич, начался новый год. С чем Метрострой вошел в 2015-й, и какие планы на этот год?**

— Основные задачи, поставленные перед нашей организацией в прошлом году, выполнены. Простому обывателю результаты нашего труда, может быть, и не были заметны: ни линий, ни станций в прошлом году не сдано. Тем не менее в 2014 году выполнен достаточно большой объем подготовительных работ, и мы надеемся, что в этом году он только увеличится. Необходимо создавать задел для того, чтобы новые объекты в дальнейшем сдавались, согласно тем срокам, которые указаны в Отраслевой схеме развития петербургского метрополитена. Ведь перерыв в вводе новых станций, который сейчас имеется, как раз связан с отсутствием задела: и проектного, и строительного.

Если говорить более конкретно, то центральным объектом для нас был и остается участок Фрунзенского радиуса от станции «Международная» до станции «Южная». Здесь идет сооружение двухпутного тоннеля с помощью тоннелепроходческого механизированного комплекса (ТПМК). Проходка идет в тяжелых условиях. Ежедневно из-под щита выходит от 20 до 30 валунов размером до 1,5 метра! Нам приходится

останавливаться каждые 200–300 метров для замены изношенного режущего инструмента. Но я хотел бы развеять мнение о том, что здесь имеет место быть ошибка в выборе оборудования или не до конца изученная геология. В подземном деле никто и никогда не скажет наперед, что ожидает проходчиков впереди. О том, что трасса тоннеля будет проходить через валунную зону, мы знали еще на этапе выбора оборудования. И предусмотрели в конструкции щита необходимые материалы и инструменты. Именно поэтому мы сейчас медленно, но верно движемся вперед и абсолютно не сомневаемся в том, что успешно закончим проходку в этом году. Другое дело, что просчитать, какое именно будет количество валунов и какого они размера, невозможно. И я убежден, что, пройдя тоннель, победив нашу петербургскую геологию, мы увидим, что результат стоил этого труда. Впереди у нас еще 1000 метров проходки, затем демонтаж и перевозка ТПМК на следующий объект — Невско-Василеостровскую линию, где мы уже всюю готовимся к проходке аналогичного двухпутного тоннеля.

**— Речь идет об участке, на котором расположится станция «Новокрестовская»? Действительно ли ее строительство необходимо городу?**

Беседовала  
Екатерина ГИГИНЯК





— Строительство участка Невско-Василеостровской линии (НВЛ) от «Приморской» до «Улицы Савушкина» с промежуточной станцией «Новокрестовская» решит одну из важных городских задач — провести метро в Приморский район, где в последнее время значительно увеличилась жилая застройка. На станции «Улица Савушкина» линия не закончится, а продлится дальше на север. Те люди, которые сомневаются в необходимости строительства станции «Новокрестовская», должны понимать, что она, помимо того, что обеспечит транспортную доступность к строящемуся стадиону, осуществляет еще одну важную функцию. Дело в том, что по строительным правилам перегоны метрополитена между станциями должны быть не более 3 км\*. Расстояние же между «Приморской» и «Улицей Савушкина» более 5 км.

Что касается сомнений «успеем — не успеем», то они действительно присутствуют. Контракт, который КРТИ заключил с Метростроем в декабре, включает в себя только подготовительные работы: строительство временных зданий и сооружений, проходку шахтного ствола в районе станции «Приморская», сооружение и оснащение стартового котлована для щитовой проходки двухпутного тоннеля, подключение временных потребителей к сетям инженерно-технического обеспечения. Конкурс на строительство станций и тоннеля, надеюсь, будет

проведен в ближайшее время. Кроме того, многое зависит от того, когда будет подготовлена намывная территория, на которой в дальнейшем разместится станция «Новокрестовская». Вопросов очень много, и далеко не все они зависят от строителей. В свою очередь, мы сейчас выполняем все подготовительные мероприятия, необходимые для того, чтобы в случае получения контракта незамедлительно начать строительство.

**— Вы упомянули о том, что участок Невско-Василеостровской линии будет аналогичным тому, который сейчас сооружается на Фрунзенской линии, то есть двухпутным. Проходка будет осуществляться тем же ТПКМ?**

— Мы в свое время рассматривали разные варианты: и покупку еще одного аналогичного щита, и покупку отдельно режущего органа. Специально ездили в Японию на производственную базу Mitsubishi, обсуждали также вопрос с нашими партнерами из компании Herrenknecht. Но ситуация с курсом валют вынудила нас отказаться от всех этих планов. Поэтому проходка НВЛ будет вестись тем же ТПКМ, что и Фрунзенского радиуса. Конечно, условия, в которых будет строиться этот участок, еще сложнее. ТПКМ пройдет значительную часть тоннеля

**Проверка работоспособности ТПКМ после замены режущего инструмента**

\* П. 4.18 «СП 120.13330.2012. Свод правил. Метрополитены. Актуализированная редакция СНиП 32-02-2003» (утв. приказом Минрегиона России от 30.06.2012 №270): «при расстоянии между торцами платформ соседних станций 3000 м и более в средней части перегона следует предусматривать дополнительный выход для эвакуации пассажиров из тоннеля на поверхность или в зону коллективной защиты пассажиров».



Подготовительные работы по строительству НВЛ, разработка прямого участка стартового котлована

по территории города, затем по дну Финского залива и углубиться на уровень станции «Приморская». Станции будут возводиться открытым способом. Но самая главная трудность — это, конечно, сроки. Для нас построить и сдать этот участок — дело чести.

**— В адресно-инвестиционной программе Санкт-Петербурга на 2015 год запланировано также начало строительства Красносельско-Калининской (ККЛ) и Лахтинско-Правобережной линий (ЛПЛ). Как обстоят дела на этих объектах в текущий момент?**

— Проект Красносельско-Калининской линии от станции «Казаковская» до станции «Путиловская» (пересадочная на станцию «Кировский завод») в данный момент проходит экспертизу сметной части. Изначально предполагалось строительство участка с шестью станциями, однако из-за проблем с решением имущественных вопросов и отведения земель под строительство решено было разбить строительство на этапы. Как раз первый этап, состоящий из двух станций и соединительной ветки на Кировско-Выборгскую линию, сейчас рассматривается в ГУП «Центр государственной экспертизы». Дальше — конкурс и, надеюсь, в этом году начало строительства. Эта ветка крайне необходима городу. Если НВЛ и станция «Новокрестовская» — это наша честь, то ККЛ — это наша боль. Мы готовы были начать ее строить больше года назад. Площадки под строительство первого этапа освоены, коммуникации вынесены, заборы поставлены. Уже два года на базе нашего филиала — Управления механикации — стоит собранный КТПМ 5,6, изготовленный

специально по нашему заказу на Скуратовском заводе (Тула) для проходки тоннелей линии. Но мы вынуждены ждать. Без конкурса строить нельзя.

На Лахтинско-Правобережной линии от станции «Садовая» до станции «Горный институт» (проектное название «Большой проспект») с промежуточной станцией «Театральная» тоже пока тайм-аут. Также ждем конкурса. Обязательно будем принимать участие во всех тендерах, ведь мы прекрасно понимаем, что, кроме Метростроя, никто в Петербурге метро не построит. У нас для этого все есть: люди, техника, а самое главное — опыт и желание работать.

**— То есть ККЛ и ЛПЛ — это отдаленная перспектива? Когда же горожане смогут воспользоваться новыми станциями?**

— Если не будет задержек с конкурсами, отведением территорий и другими, не зависящими от нас моментами, строительство займет 4–5 лет. «Новокрестовскую» и «Улицу Савушкина» необходимо сдать в начале 2018 года. В том же году планируем пустить Фрунзенский радиус. До этого момента, к сожалению, пусков больше не будет. В этом году, в мае, откроем второй выход станции «Спортивная» и закончим ремонт «Пушкинской». Но это не повод опускать руки. Наоборот, нужно максимально сконцентрироваться на имеющихся объектах и параллельно осуществлять подготовку проекта на новые линии, чтобы обеспечить ежегодный ввод одной-двух новых станций. Трудности, которые сегодня сопровождают нашу деятельность, лишь закаляют нас. Мы выстояли в войну — выстоим и сейчас. В этом я абсолютно уверен.



# HONOR AND PAIN OF METRO CONSTRUCTORS

*Recognizing the importance of and the need to enhance the public transport system, the St. Petersburg government gives precedence to the city underground. The targeting investment program for this year aims at building several new lines in one go. We discuss the St. Petersburg underground construction with General Director of JSC "Metrostroy" Vadim Alexandrov.*

**— Vadim Nicolayevich, a new year 2015 has started. How has the "Metrostroy" entered the 2015, and what are your plans for this year?**

— The main tasks assigned to our organization in the past year have been met. A simple townee may have not noticed the results of our work as neither new lines nor new stations were opened last year. However, in 2014 a considerable amount of preparatory work was accomplished, and it's our hope that this year the amount will only increase. We have to create a reserve that would assure further development of new facilities in compliance with the terms specified in the Joint target programme designed for the Petersburg metro. The current break in putting new stations in operation is caused exactly by the absence of reserves both in design and construction.

More specifically, we were and are focused on the underground line section between "Mezhdunarodnaya" and "Yuzhnaya" stations on the Frunzensky Radius. Here the work has been progressing on construction of double-track tunnel with the tunnel boring mechanized complex (TBM). The excavation is proceeding in toughest conditions. Each day from under the shield we take out 20–30 boulders as big as 1.5 m! These are impeding obstacles, and we have to suspend excavation every 200–300 meters to replace the worn-out cutting tools. But I would like to dispel allegations of wrong equipment or not sufficient geotechnical information. The fact is that working in the underground you never know what is waiting for you ahead. The fact that the tunnel will pass through the boulder zone was already well known at the equipment selection stage. All

Interviewed  
by Ekaterina Gyginjak



necessary materials and tools were foreseen in the shield design. That's exactly why we are now slowly but surely moving forward, and there is absolutely no doubt that the excavation will be successfully completed within a year. Another matter is that it is simply impossible to figure out how many boulders you will encounter on your way. And I am convinced that upon completion of the tunnel, that is when we will win over our St. Petersburg geology, we will see that the result was worth of efforts. However, we still have further 1,000 meters to excavate, then to dismantle and to transport the TBM to the next object which is the "Nevsko-Vasileostrovskaya" line where we have been preparing in full blast for excavation of a similar double-track tunnel.

— **Is this the area that is going to host the "Novokrestovskaya" station? Does the city really need it?**

— The section between the "Primorskaya" and "Savushkina" stations of the Neva-Vasileostrovsky line (NVL) with an intermediate station "Novokrestovskaya" is a really important urban challenge : to make the metro line reach the fast growing "Primorskiy" district. After all, the line will not end at the "Savushkina" station, it will extend farther northwards. Those who doubt the need for the construction of the "Novokrestovskaya" station must understand that

it will not only ensure easy transport access to the stadium currently under construction, in fact, it will perform another important function. The fact is that building regulations do not allow the distance between the stations be more than 3 km.\* The distance between "Primorskaya" and "Ulitsa Savushkina" stations exceeds 5 km.

As for the doubts "will we meet the deadline — or will we fail to do it", yes, these doubts do exist. The contract concluded in December between Metrostroi and Transport Infrastructure Development Committee includes only preparatory works: building of temporary structures, shaft excavation near the station "Primorskaya", construction and equipping subway entries for double-track TBM tunnel, connecting temporary consumers (temporary connections) to utilities. Hopefully the tender for construction of underground stations and associated tunnels will be held in near future. Besides, much depends on when the alluvial areas will be ready to locate the "Novokrestovskaya" station. There are certainly many questions to be answered, and not everything depends on builders. For our part, we are currently carrying out all preparatory works in order to be ready to start the construction immediately in case we are awarded the contract.

You've said that the Nevsko-Vasileostrovskaya line section will be similar to the one currently under construction on

\* N . 4.18 . "SP 120.13330.2012 . Rule and regulations. Underground railway. Updated edition of SNiP 32-02-2003 " (appr. by the RF Ministry of Regional Development order dated 30.06.2012, N 270 ) : When the distance between the ends of the platforms of neighboring stations exceeds 3000 m, in the middle of it an additional emergency exit shall be provided to evacuate passengers from tunnel to the surface or to the collective protection area.

the Frunzenskaya line, i.e. both of them are double-track. Will the excavation be carried out by the same TBM?

Some time ago we examined various options: a purchase of another similar shield together with a cutting unit to be purchased separately. We went to Japan in order to get acquainted with the production facilities of Mitsubishi, and discussed the issue with our partners from the Herrenknecht company. But the unfavorable exchange rate situation has forced us to abandon all these plans. Therefore the Nevsko-Vasileostrovskaya line excavation will be conducted with the same TBM as the Frunzensky radius. Of course, from geotechnical point of view this location is even harder to build on. The significant part of the tunnel route passes through urban area, then it proceeds on the bottom of the Gulf of Finland and goes deeper to the level of the "Primorskaya" station. The station will be built using the cut-and-cover technology. But the main problem are of course the time frames. To build and to put into operation this section for us in a matter of honour.

**— The Targeting investment program for 2015 envisages also the start of the "Krasnoselsko-Kalininskaya" (KKL) and "Lahtinsko-Pravoberezhnaya" (LPL) lines construction. How are things going on this project?**

— The cost sheet of the section between "Kazakovskaya" — "Putilovskaya" stations (the latter being an interchange to the "Kirovskiy zavod" station) of the "Krasnoselsko-Kalininskaya" line is currently being examined by state expertize agency. Original plan envisaged construction of six stations, but property and land allocation issues made in necessary to split the construction process into stages. Precisely the first phase consisting of two stations and connection with "Kirovsko-Vyborgskaya" line is now under the state expertize procedure. Then the project will be submitted to tender, and I hope that we will start the construction this year. This extension is highly needed by the city. If "Nevsko-Vasileostrovskaya" line and "Novokrestovskaya" station are matters of our honor, then the KKL is a matter of our pain. We were ready to start to build it more than a year ago. The construction sites for the first stage had been prepared, engineering networks removed, fences installed. For more than two years the TBM 5.6 produced by Skuratovsky Plant (Tula) for this line on our special order, is staying idle on the territory of "Mechanization office" which is one of our branches. We have to wait as we can't start the construction without passing the tender.

The "Sadovaya" — "Gornyi Institute" section of the "Lahtinsko-Pravoberezhnaya" line (the project named "Bolshoi prospect") with an intermediate station "Teatralnaya" is also having a timeout. Here too we have been waiting for the tender. We will certainly participate in all tenders as we are well aware that in St.Petersburg no one except Metrostroi is capable to build metro. We are fully equipped for the job as we possess everything needed: personnel, technology, and — most importantly — expertise and dedication.

**— So the KKL and LPL lines shall be seen as distant prospects? When the citizens will start to use new stations?**

— If tenders, land allocation procedures and other issues beyond our control are not delayed, then the construction



will take 4–5 years. The "Novokrestovskaya" and "Ulitsa Savushkina" shall be put in operation at the beginning of 2018. In the same year we plan to put in operation the Frunzenskiy radius. Unfortunately, there will be no startups any sooner this date. This May we will open the second exit from the station "Sportivnaya" and complete the repair works at the "Pushkinskaya" station. But that's no reason for us to be discouraged. On the contrary, we to focus as much as possible on the existing facilities and in parallel work on new projects in order to put in operation one or two new stations a year. Challenges we are facing today only strengthen our character. We held out the war, and we'll certainly stand strong now. Of this I am absolutely convinced.



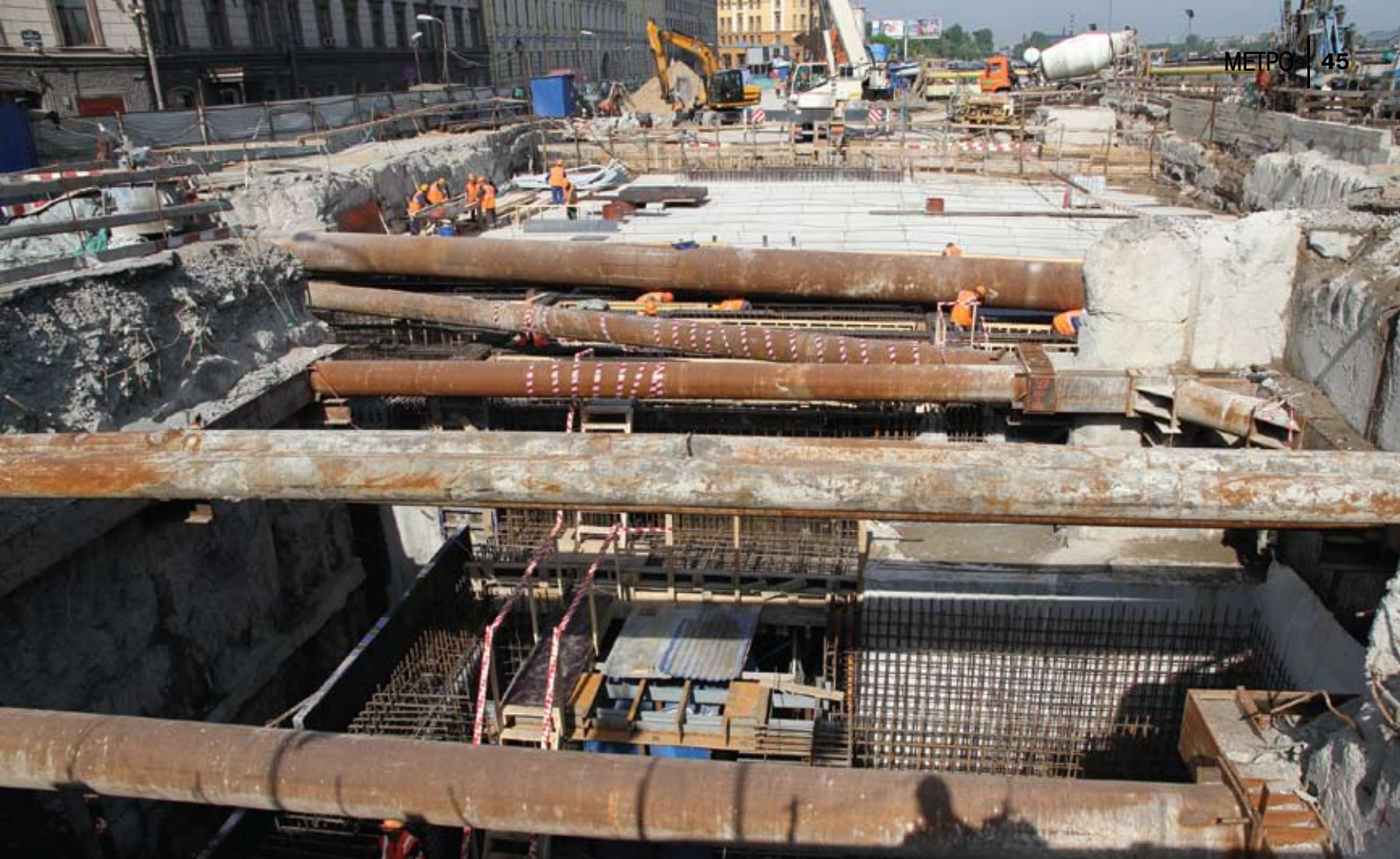
# ТРИСТА МЕТРОВ ПОД НЕВОЙ



190013, г. Санкт-Петербург,  
Загородный пр., д. 52а  
Тел.: +7 (812) 635-77-55  
Факс: 635-77-47  
E-mail: mail@metrostroy.sp.ru  
www.metrostroy-spb.ru

*Жители Петербурга с нетерпением ждут открытия второго выхода станции метро «Спортивная», которое запланировано на май 2015 года. Проект предусматривает строительство нового вестибюля с дополнительными выходами на Васильевском острове, что позволит разгрузить действующую станцию «Спортивная», а в ближайшей перспективе возьмет на себя функции станции «Василеостровская», начало реконструкции которой запланировано на июнь этого года.*

*Художественное оформление нового вестибюля в целом будет повторять дизайн существующего, чего нельзя сказать о технических решениях. Технологии, используемые при строительстве второго выхода, более современные, многое из того, что было применено на объекте, выполнялось петербургскими метростроителями впервые. В тоннеле под Малой Невой строителями внедрена принципиально новая схема установки эскалаторного оборудования, впервые установлен траволатор (два участка длиной по 100 м), а также испытана более совершенная технология сооружения наклонного хода. Корреспондент журнала «Подземные горизонты» по приглашению генподрядчика, ОАО «Метрострой», побывал на строительной площадке, где познакомился с ходом сооружения объекта.*



**И**з окна штаба строительства, расположенного на углу набережной Макарова и Кадетской линии Васильевского острова, открывается вид на площадь перед Тучковым мостом, превратившуюся в большую строительную площадку. Входы в новый вестибюль расположены с четырех сторон площади: два — со стороны набережной Макарова, два — с 1-й линии Васильевского острова. Несмотря на то, что из-за глухого синего забора еще выглядывают подъемные краны и прочая техника, устройство 300-метрового тоннеля с подземным переходом, лестничными спусками и служебными помещениями практически завершено.

К выполнению основной части работ были привлечены три компании, находящиеся в структуре ОАО «Метрострой»: ЗАО «СМУ-11 Метрострой», специалисты которого занимались строительством непосредственно второго вестибюля и сооружением наклонного хода, ЗАО «СМУ №13 Метрострой», осуществлявшего прокладку тоннеля под Малой Невой, и ЗАО СМУ-9 «Метрострой», в задачи которого входил монтаж систем сигнализации, вентиляции, электроснабжения, всего эскалаторного оборудования, а также устройство водопровода и канализации.

### Все трудности преодолены

— Теперь, когда все трудности уже позади, становится ясно, что одной из самых сложных составляющих проекта была именно организация работ, — рассказывает начальник участка ЗАО «СМУ-11 Метрострой» Роман Орел. — Принципиальным условием заказчика было

сохранение движения транспорта в период строительства, и, чтобы соблюсти это требование, нам пришлось семь раз передвигать строительную площадку. При этом работы велись в столь стесненных условиях, что иногда, прежде, чем приступить к ним, мы на бумаге, как пазлы, расставляли макеты машин, чтобы прикинуть, как вместить всю необходимую технику. Случалось, что из-за нагромождения оборудования и механизмов на строительной площадке рабочим едва хватало места для прохода.

Чтобы сохранить трамвайное движение, строители возвели своеобразную мостовую конструкцию — под рельсовым полотном установили железобетонную плиту перекрытия пешеходного перехода. Параллельно с монтажом под плитой продолжались работы по сооружению эскалаторного тоннеля и подземного вестибюля. Движение трамваев было остановлено всего на два месяца.

### На месте будущего котлована

Но на этом сложнейшие технические задачи, которые предстояло решить инженерам, не заканчивались. Одна из главных сложностей состояла в том, что с одной стороны строительную площадку омывали воды Малой Невы, а с другой расположились здания, образующие неповторимый архитектурный ансамбль. Минимальное расстояние от сооружаемых конструкций до реки составило 5,8 м, а до исторической застройки — всего 5 м. Чтобы сохранить эти здания, был организован непрерывный мониторинг состояния грунтов в зоне строительства. Помимо строителей, процесс контролировали

Подготовил  
Илья БЕЗРУЧКО



проектировщики и специализированная мониторинговая геодезическая компания. К чести метростроителей, за все время работ не произошло ни одной просадки.

Чтобы не допустить обводнения грунтов в зоне проведения работ и обеспечить сохранность зданий по всему периметру будущего котлована, был выполнен комплекс ограждающих конструкций «стена в грунте». Железобетонная конструкция толщиной 650 мм сооружалась на глубину 23 м. Параллельно шли работы по закреплению грунта методом струйной цементации. И только когда были проведены защитные мероприятия, строители приступили к разработке грунта котлована.

— Для решения поставленной задачи нам приходилось четко придерживаться технологического процесса, — комментирует наш собеседник. — Постепенно опускаясь вниз, мы фиксировали стенки конструкции поясами временных металлических креплений, которые распирала трубами большого диаметра. Затем, по мере выполнения работ по бетонированию, временные конструкции демонтировались.

В процессе работы выяснилось, что этот участок территории еще царские инженеры когда-то отводили у реки — в грунте обнаружилось большое количество деревянных свай диаметром 300–400 мм, которыми был укреплен невский берег. Несмотря на минувшие столетия, бревна хорошо сохранились, и это существенно осложняло разработку грунта.

## По наклонной плоскости

Наш «гид», Роман Орел, продолжает техническую экскурсию. Мы пересекаем строительную площадку и спускаемся под землю. Здесь полным ходом идет отделка вестибюля. Проходим дальше, и перед нами ярким пятном высвечивается громадная мозаика с изображением греческих богов — второй вестибюль будет выполнен в том же стиле, что и первый. Из-под мозаичной картины

вниз по косой уходят лестницы эскалаторов, растворяясь в темноте провала.

Технология сооружения наклонного хода на этом объекте — новая для Петербурга. И хотя монолитную обделку строители уже однажды применяли при сооружении станции «Звенигородская», метод набрызг-бетонирования для устройства временной крепи применяется метростроителями впервые. Арка временного крепления состояла из 21 сегмента двутаврового очертания, которые собирались на болтовых соединениях, а в продольном направлении стыковались металлическими уголками. После монтажа межарочное пространство бетонировалось в несколько этапов с тележки КШН (комплекс шахтный наклонный), с помощью которой велась проходка. Сначала, чтобы прихватить грунт, выполнялся первичный набрызг толщиной 60 мм. Бетонный состав подавался под давлением сквозь затяжку, выполненную из арматурных стальных стержней и металлической сетки, заполняя все пустоты между грунтом и обделкой. Следом шла вторая технологическая телега с установленной телескопической стрелой «Олива», с помощью которой тем же методом поэтапно наращивалась толщина временной обделки до 360 мм, соответствующих сечению двутавровой балки.

Чтобы отгружать разработанный в наклонном ходе грунт, инженеры предложили сложную технологическую цепочку. Из забоя порода отгружалась в скребковый конвейер, который монтировался по ходу продвижения проходки вдоль временной обделки наклонного хода. Далее первичный грунт переносился в перегрузочный бункер, находящийся в стартовом котловане. Из этого промежуточного отвала грейферный экскаватор с телескопической стрелой с 19-метровой глубины поднимал землю в верхний скребковый конвейер, который уже доставлял породу в зону погрузки автотранспорта.

После бетонирования плоскость временной крепи затиралась водонепроницаемым штукатурным слоем, поверх которого напылялась двухкомпонентная битумно-





латексная эмульсия с соевым составом. Для сооружения постоянной обделки из стержней сечением 32 мм длиной по 8,5 м необходимо было смонтировать металлический каркас. Чтобы при монтаже не повредить гидроизоляционный ковер, имеющий толщину всего 8 мм, необходимо было выполнить защитный слой. С этой целью лотковую часть покрыли нетканым иглоупорным материалом, после чего закрыли стяжкой цементного раствора. Однако на своде тоннеля такой материал закрепить не представлялось возможным, поэтому был устроен еще один слой гидроизоляционной штукатурки.

Сбойка между веерной частью наклонного хода и натяжной камерой, где теперь установлен затвор для герметизации тоннеля на случай подтопления, произошла год назад. 3 февраля 2014 года Петроградская сторона и Васильевский остров соединились подземным, а точнее, подводным тоннелем.

## Проходка вручную

Финские и датские коллеги, посетившие стройку летом 2014 года, были изрядно удивлены, обнаружив, что проходка тоннеля под Малой Невой осуществлялась без применения щита. Однако этому есть объяснение — такое техническое решение помогло сэкономить время и сократить стоимость работ. Так, например, только процесс монтажа и демонтажа проходческого щита мог бы занять порядка шести месяцев, а с учетом крайней ограниченности пространства он попросту был невозможен. К тому же диаметр тоннеля не постоянен: на участке между траволаторами и в зонах электрощитовых камер сечение увеличивается с 7,9 до 9,8 м. Щит бы здесь не справился. В этой связи было решено отказаться от механизированной проходки, и тоннель, протяженностью 300 м, всего за год был пройден практически вручную, с применением средств малой механизации.

ПОДЗЕМНЫЕ ГОРИЗОНТЫ №4. Март/2015

Сооружение горизонтальной части перехода началось на правом берегу реки, со стороны действующей станции. Крепление тоннеля осуществлялось железобетонными тубингами. Лоб забоя фиксировался деревянной крепью, после чего при помощи отбойных молотков выработывался грунт, а затем тубингоукладчик приступал к монтажу кольца. Для обделки одного сегмента тоннеля диаметром 7,9 м строители выкладывали 14 тубингов, при диаметре 9,8 м их число увеличилось до 17. В среднем на установку одного кольца требовалось около суток. После закрепления кольца шпильками выполнялось первичное нагнетание — заполнение пустот цементно-песчаной смесью. Затем для герметизации и заполнения мелких пор шло контрольное нагнетание водным раствором цемента.

## Немецкие эскалаторы для петербургских пассажиров

Когда строители рассказывают о ходе реализации проекта «Спортивная-2», часто повторяют слово «впервые». Впервые в петербургском метрополитене установлено немецкое эскалаторное оборудование. Впервые смонтирован траволатор. Впервые эскалаторами оборудованы выходы из вестибюля, ведущие на поверхность.

В проекте, разработанном ОАО НИПИИ «Ленметро-гипротранс», учтены актуализированные нормативные требования, одно из которых предписывает устанавливать в эскалаторном тоннеле четыре нитки эскалаторов, а не три, как это было ранее. Эскалаторное оборудование с заданными параметрами производит всего несколько заводов в мире, и один из них, концерн ThyssenKrupp Elevator, был выбран по результатам исследования этого рынка.

Всего на объекте будет установлено 6 траволаторов — два участка по три нитки в каждом, 4 эскалатора наклонного хода и 4 малых эскалатора для двух пешеходных переходов.

К.П. БЕЗРОДНЫЙ,  
 Д.Т.Н.,  
 М.О. ЛЕБЕДЕВ,  
 К.Т.Н.,  
 ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»

*Subway construction in St. Petersburg is being carried out under complicated geotechnical conditions. Additional difficulties experienced by metro builders in the course of the "Sportivnaya" station second lobby construction were caused by the site location in one of the city historic areas, in close proximity to the Neva river. The article presents an excavation and environmental monitoring system that has helped to reduce the negative impact of technological processes on the environment.*



## О ВЫПОЛНЕНИИ МОНИТОРИНГА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВТОРОГО ВЕСТИБЮЛЯ СТАНЦИИ МЕТРО «СПОРТИВНАЯ»



191002, г. Санкт-Петербург,  
 Большая Московская ул., д. 2  
 Тел.: +7 (812) 316-20-22  
[www.lenmgt.ru](http://www.lenmgt.ru)

*Строительство метрополитена Санкт-Петербурга в четвертичных отложениях осуществляется в очень сложных инженерно-геологических условиях. Особенно это касается сооружений, обеспечивающих связь подземных объектов с дневной поверхностью в исторической части города, когда строительство ведется в условиях существующей застройки. Для обеспечения безопасности проходческих работ и исключения больших осадок дневной поверхности в неустойчивых водоносных грунтах требуется создание надежного противодиффузионного и прочностного ограждения.*

Опыт строительства метрополитена свидетельствует о том, что наибольшее влияние на величину осадок дневной поверхности, при использовании традиционных технологий, основанных на методе контурного рассольного замораживания, оказывало строительство эскалаторных тоннелей. Причем эта технология приводила к деструктуризации грунта, что обычно сказывалось на увеличении осадок при его оттаивании уже после завершения проходки. Максимальные величины деформаций дневной поверхности при строительстве эскалаторных тоннелей по рассмотренной технологии достигали 550 мм и более. Следствием этого являлись значительные повреждения и разрушения существующих зданий и сооружений.

При развитии малоосадочных технологий сооружения эскалаторных тоннелей была разработана так называемая комбинированная технология, сочетающая струйную технологию и рассольное замораживание грунта, реализованная при строительстве эскалаторного тоннеля станции «Звенигородская». Закрепление массива Jet-сваями осуществлено рядами вертикальных скважин, пробуриваемых вдоль оси наклонного хода. Цементация производилась зонально, обеспечивая создание грунто-цементного ограждения необходимой толщины.

Для обеспечения безопасности проходки наряду с цементацией было выполнено страховочное контурное замораживание наклонными скважинами, перекрывающее возможные «окна» в цементном камне. Замораживание было выполнено из расчета недопущения выхода контура заморозки за пределы закрепленного массива для обеспечения минимальных деформаций в процессе замораживания и последующего оттаивания.

Данные измерений деформаций дневной поверхности с классической технологией показали, что при использовании комбинированной технологии смещения земной поверхности были в пять раз меньше (90–100 мм).

Наиболее эффективным решением для минимизации деформаций дневной поверхности показала себя схема строительства подземного вестибюля и эскалаторного тоннеля под защитой стены в грунте и закрепления грунтов методом струйной цементации. Данные методы обеспечения устойчивости массива и противофильтрационной завесы не новы и применялись при строительстве объектов метрополитена с 1990-х годов. Но к настоящему времени применяемая механизация и отработанная технология ведения работ позволили, на примере строительства второго выхода со станции «Спортивная», получить действительно функциональные ограждающие конструкции.

По периметру подземного вестибюля выполняется стена в грунте из монолитного железобетона (рис. 1). Внутри контура, ограниченного стеной в грунте выше горизонтального диаметра сооружаемого тоннеля, выполняется закрепление грунтов методом «струйной цементации».

Проходка эскалаторного тоннеля выполняется с механизированной разработкой выкола экскаватором и возведением временной аркобетонной крепи (установка колец из двутавра и заполнение межрамного пространства набрызг-бетоном). Возведение постоянной обделки начинается после проходки тоннеля с временной крепью на всю длину. По внутренней поверхности

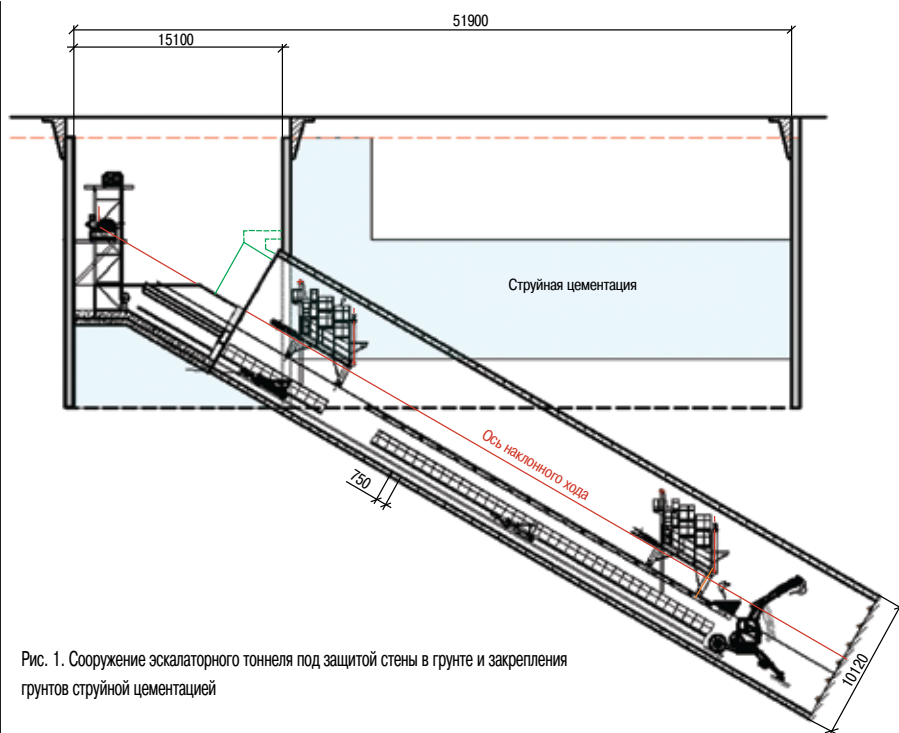


Рис. 1. Сооружение эскалаторного тоннеля под защитой стены в грунте и закрепления грунтов струйной цементацией

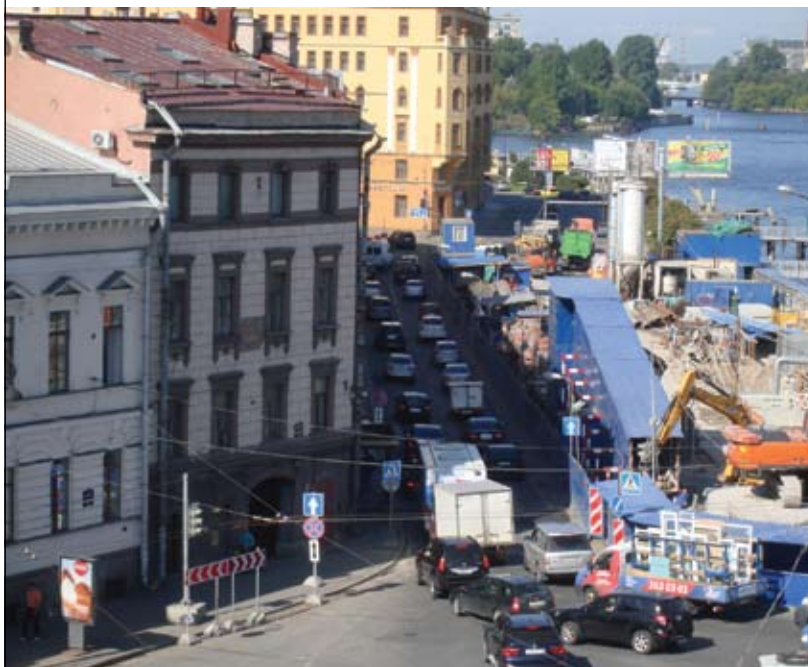


Рис. 2. Расположение строительной площадки относительно окружающей инфраструктуры

временной крепи наносится обмазочная гидроизоляция. Возведение постоянной обделки начинается с монтажа арматурных каркасов с последующей укладкой бетона сначала в нижнюю часть сечения тоннеля, а затем в верхнюю. Отставание бетонирования верхней части регламентируется условиями размещения и обслуживания опалубочного оборудования. Такая схема горнопроходческих работ была применена и при проходке эскалаторного тоннеля на станции «Звенигородская».

Строительство второго вестибюля станции «Спортивная» осложнено расположением строительных площадок в исторической части города. С одной стороны расположены здания XIX века, а с другой — р. Нева (рис. 2).

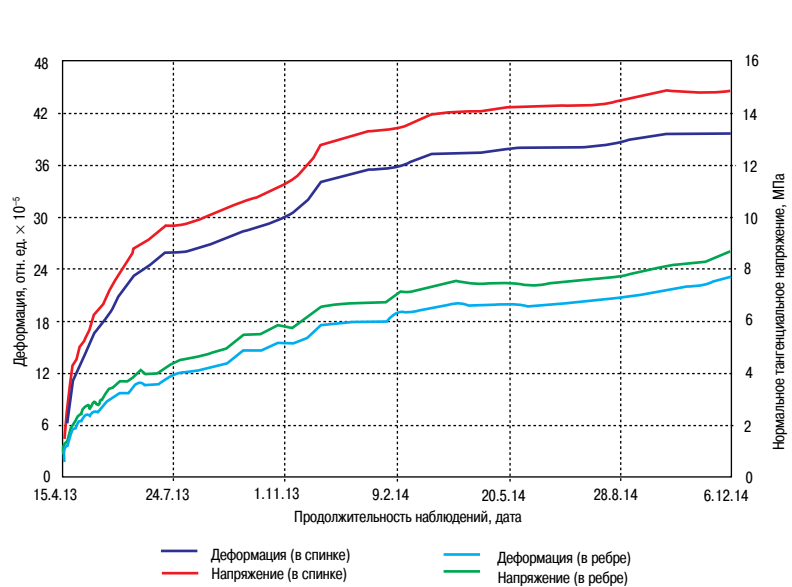
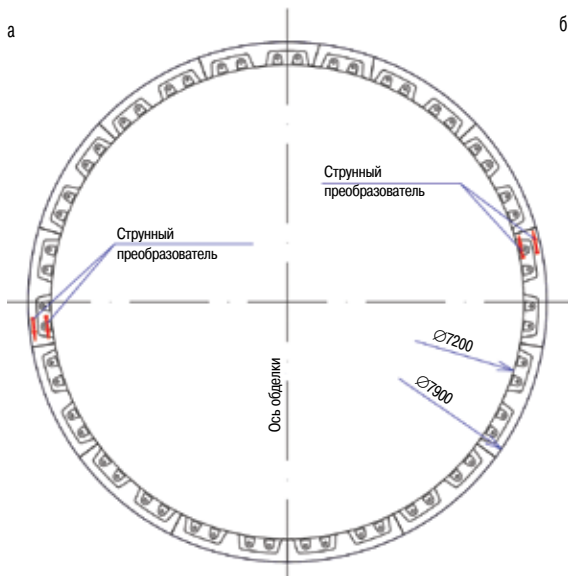


Рис. 3. Схема размещения датчиков в обделке переходного коридора (а) и характерный график формирования усилий в обделке (б)

Для контроля над состоянием системы «вмещающий массив — обделка» строящихся сооружений в данных условиях необходим комплекс работ, который позволит получать информацию и при своевременных мероприятиях минимизировать влияние горных работ на окружающую среду и повысить безопасность горнопроходческих работ.

Для снижения негативного влияния техногенных процессов при строительстве комплекса подземных инженерных сооружений на окружающую среду был разработан проект горно-экологического мониторинга, который включал:

- определение напряженно-деформированного состояния массива и крепей (обделок) эскалаторного тоннеля, переходного коридора под р. Невой и расстрельной системы котлованов;
- определение фактических деформационно-прочностных свойств вмещающих грунтов;
- контроль качества работ по закреплению грунтов и устройству стены в грунте;
- контроль внутрипластового давления во вмещающем массиве;
- определение деформации грунтового массива глубинными экстензометрами;
- мониторинг зданий, попадающих в зону возможной деформации при строительстве комплекса сооружений;
- контроль экологических показателей воздействия на окружающую среду;
- определение осадок дневной поверхности.

Запроектированный комплекс линии глубокого заложения состоит из системы переходных коридоров разного диаметра, связывающих нижний зал станции «Спортивная» с эскалаторным тоннелем второго выхода и подземным вестибюлем около Тучкова моста.

Все основные сооружения участка (коридоры, натяжная камера и камера металлоконструкций, а также нижняя часть эскалаторного тоннеля) расположены в плотных протерозойских глинах с большим перекрытием в своде.

Исключением являются сооружения, соединяющие подземные объекты с поверхностью. К таким сооружениям относятся верхняя часть эскалаторного тоннеля

и котлован вестибюля. Их верхняя часть (до глубины 20–22 м) расположена в совершенно неустойчивых грунтах — от водонасыщенных пылеватых песков до текучих суглинков и глин. Проектом предусмотрено применение специальных способов работ, таких как ограждающая «стена в грунте», металлический шпунт и закрепление грунтов по технологии Jet-свай.

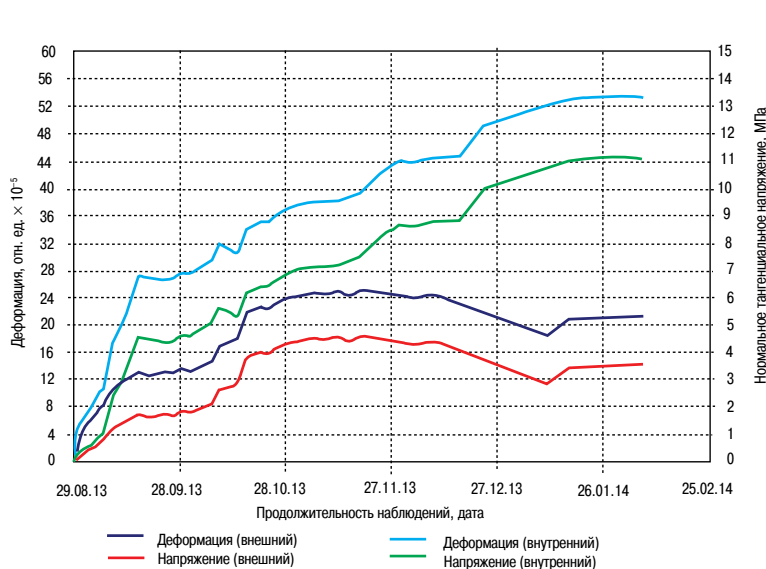
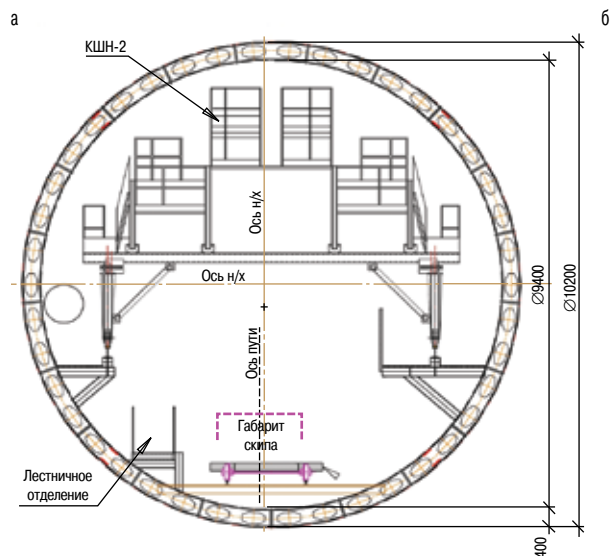
Практически все сооружаемые подземные конструкции (переходные коридоры, эскалаторный тоннель) имеют круглые очертания разного диаметра. Проходка осуществляется тьюбингоукладчиками с разработкой грунта отбойными молотками и монтажом обделки Ø 7,9; 8,5; 9,8 м из железобетонных тьюбингов. Сооружение камер большого сечения и части притоннельных сооружений выполняется горным способом в монолитных и сборно-монолитных обделках.

По периметру машинного зала ограждающие конструкции подземного вестибюля и пешеходных переходов, расположенные в непосредственной близости от зданий, выполняются методом «стена в грунте», в остальных случаях используется металлический шпунт.

Последовательно сооружается верхняя часть наклонного хода, машинный зал, пешеходные переходы, выполняемые в монолитных конструкциях. Крепление котлованов производится металлическими поясами с расстрелами из труб.

### Определение напряженно-деформированного состояния обделки переходного коридора

Переходной коридор, соединяющий нижний зал станции «Спортивная» с эскалаторным тоннелем второго вестибюля станции, располагается в протерозойских глинах. В качестве основной несущей конструкции принята обделка из железобетонных блоков с наружным диаметром 7,9 м, внутренним — 7,2 м. Напряженно-деформированное состояние массива и обделки



**Нормальные тангенциальные напряжения в обделке переходного коридора**

№ кольца	Напряжения, МПа			
	Левая сторона		Правая сторона	
	В спинке	В ребре	В спинке	В ребре
Участок №1				
146	14,9	8,7	12,1	22,1
147	12,8	9,9	10,4	11,4
148	7,1	13,3	6,3	10,7
$\sigma_{\max} = 22,1$ МПа; $\sigma_{\text{сред}} = 11,6$ МПа				
Участок №2				
234	18,5	12,6	13,8	10,1
235	13,4	12,6	8,9	9,6
236	12,4	10,7	13,5	4,1
$\sigma_{\max} = 18,5$ МПа; $\sigma_{\text{сред}} = 11,7$ МПа				
Участок №3				
262	9,3	9,5	4,6	15,1
263	8,7	11,8	4,3	16,7
264	11,6	11,9	17,9	6,6
$\sigma_{\max} = 17,9$ МПа; $\sigma_{\text{сред}} = 10,7$ МПа				

тоннеля оценивается по нормальным тангенциальным напряжениям в тунингах обделки. По длине переходного коридора датчиками оснащены три опытных участка. Каждый опытный участок состоит из трех следом идущих колец, включающих в себя тунинги, в которых были размещены струнные деформометры (рис. 3). Датчики для определения нормальных тангенциальных напряжений располагаются на внешнем и внутреннем контурах.

Анализ формирования напряженно-деформированного состояния обделки переходного коридора показал, что 60% усилий в обделке реализуется в те-

Рис. 4. Схема размещения датчиков в обделке эскалаторного тоннеля (а) и характерный график формирования усилий во временной крепи (б).

чение одного месяца после возведения обделки. Рост напряжений продолжается в течение всего периода наблюдений (20 месяцев), но при этом, даже в условиях взаимного влияния с другими подземными сооружениями (в отдельных случаях), по всем опытным участкам напряжения на внешнем и внутреннем контурах являются сжимающими (см. таблицу), что свидетельствует о качественном заполнении заобделочного пространства по всему периметру.

### Определение напряженно-деформированного состояния обделки эскалаторного тоннеля

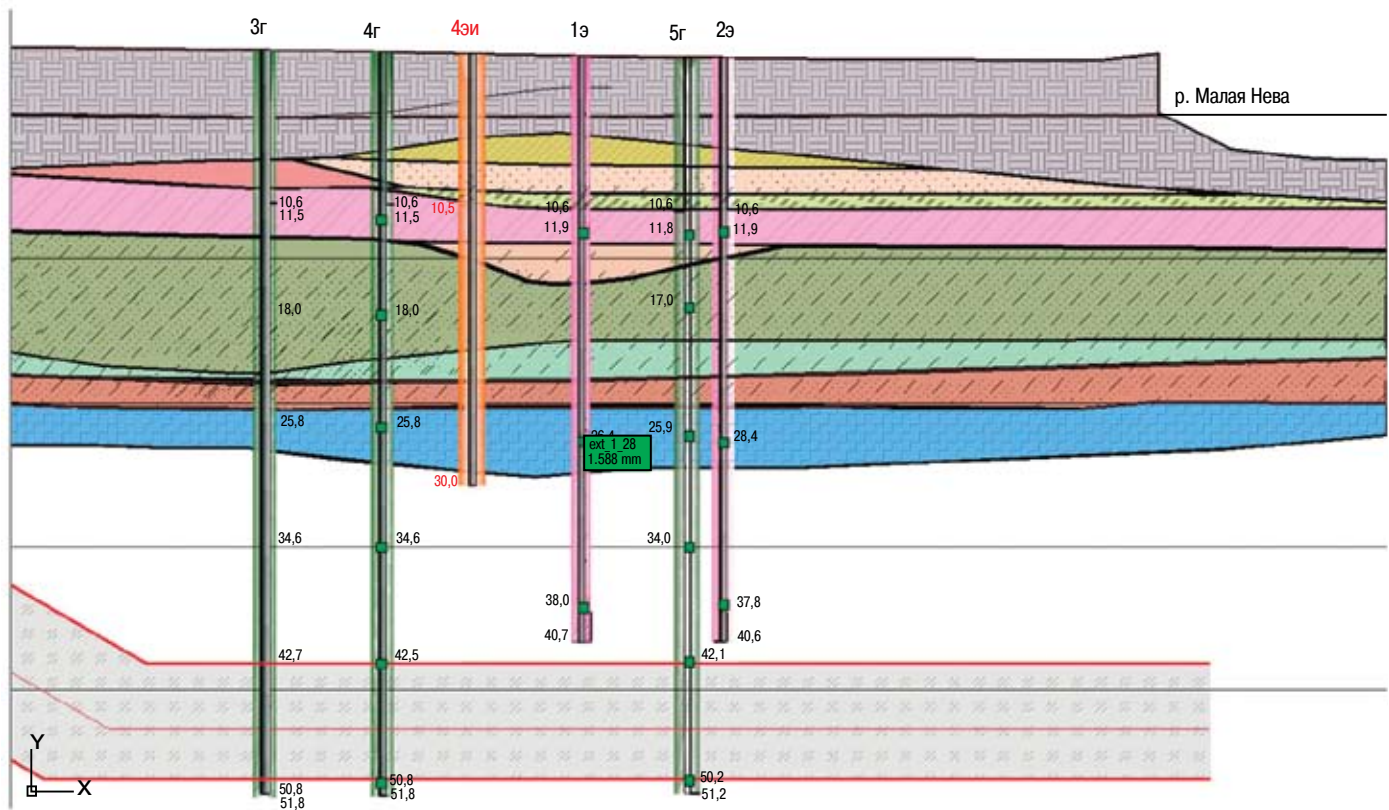
В геологическом строении по трассе эскалаторного тоннеля принимают участие четвертичные и коренные породы.

Четвертичные образования представлены современными, верхнечетвертичными, верхнесреднечетвертичными и среднечетвертичными осадками, коренные отложения — верхнепротерозойские глины.

Разработка грунта выполнялась отбойными молотками с технологической тележки. Погрузка разработанного грунта осуществлялась экскаватором KAISER на скреповый конвейер, по которому он выдавался на поверхность. После разработки всей породы заходки выполняли монтаж кольца временного крепления из двутавра №36 (шаг между кольцами составляет 0,75 м). Набрызг-бетонирование на всю высоту двутавра в межрамном пространстве выполняли послойно в несколько этапов.

По длине эскалаторного тоннеля датчиками оснащены три опытных участка временной крепи в различных инженерно-геологических условиях. На каждом опытном участке датчики для определения нормальных тангенциальных напряжений расположены в четырех узлах (рис. 4) на внешнем и внутреннем контуре.

В соответствии с полученными измерениями изменение напряженного состояния временной крепи



происходит до возведения постоянной обделки. Максимальные величины напряжений составили 11,0 МПа в набрызг-бетоне и 113 МПа в стальной арке.

Постоянную монолитную железобетонную обделку выполняли после проходки тоннеля на всю длину. Контрольно-измерительная аппаратура показала, что усилия в обделке являются весьма незначительными, не более 2 МПа. Горное давление воспринимается аркобетонной крепью.

### Определение деформации грунтового массива глубинными экстензометрами и контроль гидростатического давления

Оценить влияние технологии строительства комплекса подземных инженерных сооружений на деформации вмещающего массива, начиная от непосредственной близости к контуру тоннеля и заканчивая дневной поверхностью, позволяет система глубинных реперов — экстензометров, устанавливаемых в предварительно пробуренные скважины (рис. 5). Получаемые величины деформаций в непосредственной близости к контуру тоннеля дают возможность внести корректировку в технологию ведения подземных работ или применить дополнительные мероприятия по уменьшениям деформаций для сохранения существующей застройки.

Проходка подземных сооружений, над которыми расположены экстензометры, вызвала вертикальные деформации массива приконтурной зоны тоннеля, составившие 50 мм. Но уже на глубине 11 м от дневной поверхности они составляли только 5 мм. Процесс пере-

Схема расположения скважин с экстензометрами (1э и 2э) и датчиками гидростатического давления (3г, 4г и 5г)

распределения осадок грунтового массива от нижних слоев грунтового массива к верхним стабилизировался уже через 1 месяц после проходки.

За весь период наблюдений (август 2013 — декабрь 2014 года) гидростатические давления и соответствующие им уровни приповерхностного водоносного горизонта, приуроченного к озерно-морским отложениям, практически не изменялись. Воды этого горизонта разгружаются в Малую Неву, поэтому колебания уровней определяются режимом ежесуточных колебаний уровней реки при среднегодовом положении на отметке, близкой к  $\pm 0$  м. Зафиксированная стабильность гидродинамического режима приповерхностного водоносного горизонта позволяет сделать важный вывод о том, что выполненные горные работы не повлияли на условия эксплуатации зданий на земной поверхности и инженерных коммуникаций.

### Мониторинг зданий, попадающих в зону возможной деформации при строительстве комплекса сооружений

Для оценки напряженно-деформированного состояния конструкций зданий используется стационарная система мониторинга строительных конструкций. Места установки измерительных датчиков (трещиномеров и наклономеров) были приняты после выполнения первого цикла визуального мониторинга всех зданий, попадающих в зону влияния строительства. Трещиномеры были установлены, как правило, на существующие трещины, имеющие распространение не только

по отделочному слою, а и на несущие конструкции, что определялось при помощи тепловизора. Высокоточные измерители углов наклона (наклономеры), предназначенные для измерения наклона и прогиба конструкций сооружения относительно вертикальной оси (отвесной линии) в двух направлениях, были установлены на крышах зданий. Измерения по датчикам выполнялись в автоматизированном режиме с передачей данных на удаленный интернет-портал.

Наблюдения в течение почти двух лет показали, что величины раскрытия трещин в целом зависят лишь от изменения температурного режима. Амплитуда раскрытия — закрытия трещин достигает 2 мм. При этом возврата к первоначальному состоянию не происходит. Накопленная за все время измерений величина раскрытия трещин без учета температурных факторов составляет до 0,5 мм. При этом по фасадам зданий и по внутренним конструкциям раскрытия трещин, связанного с производством работ, не наблюдается. Углы наклона зданий относительно вертикальной оси стабильные, изменение угла наклона зданий не превышает точности измерений установленной аппаратуры.

Экологический мониторинг при строительстве решал следующие задачи:

- оценку воздействия на атмосферный воздух вредных выбросов от работы машин и оборудования, а также от различных технологических процессов, используемых при строительстве;

- оценку шумового воздействия технологических процессов на окружающую среду;
- оценку вибрационного воздействия на здания и сооружения на границе зоны жилой застройки;
- определение химического состава стоков воды с площади строительной площадки и воды, направленной в канализационные сети;
- определение химического состава почв и грунтов, образующихся при ведении земляных и проходческих работ.

Ежемесячный контроль перечисленных показателей свидетельствует об отсутствии негативного влияния строительства. При замерах шумового и вибрационного воздействия было определено, что превышение относительно допустимых величин происходит только за счет транспортного потока.

После проходки подземных сооружений по рассмотренной технологии деформации поверхности составили 15–20 мм. Таким образом, результаты выполненных исследований позволяют с уверенностью говорить о том, что даже в крайне неблагоприятных горно-геологических условиях Санкт-Петербурга осадки земной поверхности и нарушения зданий, попадающих в зону мульды сдвижения, могут быть минимизированы с помощью современных технологий строительства и крепления подземных сооружений, а горно-экологический мониторинг должен быть элементом технологического процесса строительства подземных сооружений.

*The date of the Rockskyi Tunnel "second birth" is November 5th, 2014. On the same day but 33 years earlier, first vehicles passed through the tunnel on temporary scheme. Read more about the history of construction and reconstruction and about its interesting technical details.*

# ВТОРАЯ ЖИЗНЬ РОКСКОГО ТОННЕЛЯ







**Официальная церемония открытия движения автотранспорта по Рокскому тоннелю состоялась 5 ноября 2014 года. В торжественном мероприятии у северного портала тоннеля приняли участие президент Южной Осетии Леонид Тибилов, глава Северной Осетии Таймураз Мамсуров, представители Министерства транспорта РФ, Федерального дорожного агентства по СКФО, Управления федеральных автомобильных дорог «Кавказ», ОАО «УСК МОСТ», а также СМИ (в том числе и журнала «ДОРОГИ. Инновации в строительстве»). До масштабной реконструкции, проведенной в кратчайшие сроки, этот участок Транскавказской магистрали из-за постоянных камнепадов и оползней считался наиболее опасным.**

### Экскурс в историю

Строительство Рокского тоннеля имеет почти вековую историю. В конце 20-х годов прошлого столетия талантливый осетинский инженер, выпускник МВТУ им. Баумана Рутен Гаглоев, увлеченный идеей создания кратчайшего пути через Главный Кавказский хребет, предложил концепцию создания перевальной шоссейной дороги с тоннелем через Рукский хребет. Он проложил основные полки до подошвы Рукского (Рокского) перевала и заложил штольню тоннеля вблизи села Верхний Рук. К сожалению, строительные работы, начавшиеся в 1930 году, спустя семь лет были приостановлены (в связи с арестом Гаглоева). Возобновились они только в 1970-х годах, вместе со строительством всей Транскавказской магистрали.

Технический проект тоннеля был разработан Ленметрогипротрансом, рабочие чертежи выполнены Кавгипротрансом. Сложность рельефа местности и большая глубина заложения тоннеля не позволили провести инженерно-геологические изыскания в полном объеме. Из-за этого пришлось параллельно основному тоннелю сооружать разведочно-вентиляционную штольню.

Проходка штольни велась со стороны северного портала, в то время как проходка горных выработок — одновременно с двух сторон. Забой разрабатывался на полное сечение, крепился анкерами, дугами и сеткой. Среднемесячная скорость проходки и бетонирования основного тоннеля составляла 45 м. Сбойка штольни и южной части тоннеля состоялась 4 ноября 1981 года. И уже на следующий день по тоннелю прошли первые машины — временный рабочий путь с Северного Кавказа в Закавказье по новой трассе был открыт. Три года спустя, в ноябре 1984-го, несмотря на множественные дефекты и недоделки, тоннель был введен в эксплуатацию. Устранялись они вплоть до 1991 года, потом работы были прерваны в связи с грузино-югосетинским конфликтом. Тоннель, оставаясь по сути бесхозным на протяжении 8 лет, фактически был разграблен. Только в 1999 году, после образования Дирекции по строительству и реконструкции федеральных автомобильных до-



рог на территории Северной Осетии, сооружение было принято на баланс Министерства транспорта РФ.

За первую половину 2000-х годов на ремонт тоннеля было выделено более 170 млн руб. Эти средства были использованы главным образом для замены асфальтового покрытия проезжей части на бетонное, устранение протечек грунтовых вод на сводах тоннеля, устройство освещения и установку системы видеонаблюдения.

### Перед реконструкцией

Проведенные в 2007 году обследования показали, что тоннелю необходим безотлагательный капитальный ремонт. Эксперты оценили состояние строительных конструкций тоннеля в целом на 3 балла, а состояние отделки в зонах проявления горного давления и того ниже — всего на 2 балла. В отчетах экспертов был отмечен и ряд дефектов, которые возникли из-за отступления от проекта при строительстве, а также из-за низкого качества работ. Среди наиболее существенных дефектов следует отметить следующие.

В местах с проявлениями горного давления вместо железобетонной отделки был использован бетон с наружными плоскими армокаркасами, бетонная отделка не выдержала горного давления, о чем свидетельствуют дефекты силового происхождения.

Вентиляция тоннеля практически не работала из-за того, что строителями не была выполнена вертикальная перегородка в вентиляционной трубе, необходимая для разделения приточных и вытяжных каналов. Вентиляционные проемы были закрыты щитами. Тоннель не загазовывался только по причине малой интенсивности движения на трассе.

За отделкой тоннеля отсутствовала гидроизоляция. Низкое качество бетона отделки и большое число швов

### Рокский тоннель до реконструкции

бетонирования привели к тому, что в тоннель и штольню попадали недопустимо большие объемы воды, с которыми не справлялись водоотводные лотки.

Засорение систем водоотвода из полости вентканала привело к множественным протечкам, что при минусовых температурах создавало условия для образования обширных наледей на стенах тоннеля (участок длиной 750 м от северного портала).

### Пере проходка

Работы по реконструкции Рокского тоннеля начались в декабре 2010 года. Генеральный подрядчик — ОАО «УСК МОСТ», компания, чья история начиналась на БАМе. Горные работы выполнялись специалистами ООО «БТС-Гидрострой», руководит которым человек, рожденный на БАМе, потомственный тоннельщик Михаил Бочаров. Такому — любая гора по плечу...

Но вернемся к тоннелю. Его реконструкция предусматривала три этапа. На первом из них (декабрь 2010 года — май 2012 года) осуществлялась реконструкция штольни: пере проходка с увеличением сечения с 13 до 26 м<sup>2</sup>, монтаж инженерных коммуникаций, необходимых для безопасного пропуска транспортных средств по штольне в период проведения работ. Запуск движения по штольне (в реверсивном режиме) был произведен в мае 2012 года, после чего строители сразу приступили к реконструкции основного тоннеля (второй этап) — пере проходке калоттной и штроссовой частей. Эти работы производились уступным методом, оставание штроссовой части тоннеля от калоттной было не менее 100 м. В результате сечение тоннеля увеличилось с 65 до 75 м<sup>2</sup>.

В ходе реконструкции использовались горнопроходческие комбайны Sandvik, в частности AM 75,



АТМ 105 и МТ720. Перепроходка калоттной части велась 4 забоями: соответственно с определенными заходками велась разработка свода тоннеля, установка временного крепления.

В зависимости от горно-геологических условий проектировщики предусмотрели три типа временного крепления:

- анкерное крепление с арматурными сетками и набрызг-бетоном;
- арочное крепление (двухарочная арка с межарочным армированием и монолитным бетоном);
- арматурные арки с анкерным креплением и набрызг-бетоном.

Во временной обделке использовалась фибра компании Massaferrì, что позволило снизить металлоемкость и, соответственно, сократить расходы.

Выполнив определенный объем работ по перепоходке, строители приступили к возведению постоянной обделки тоннеля.

Первоначально обустроивали обратный свод, что включало работы по армированию и бетонированию, а также по подготовке поверхности (выравниванию) под гидроизоляцию.

Обратный свод бетонировался двумя частями (правая и левая стороны) со смещением от оси тоннеля. После того как обратный свод был устроен на протяжении 500 м, а бетон набрал прочность (спустя 28 суток), начались работы по устройству свода и стен тоннеля. Они включали устройство гидроизоляции, заобделочного дренажа, армирование стен и свода тоннеля. После их завершения в тоннель с помощью домкратов была выставлена механическая опалубка BAYSTAG длиной 12 м (всего на объекте использовалось 3 таких комплекса).

При устройстве гидроизоляции стен и свода тоннеля по гидршпонкам по всему периметру были установ-

#### Рокский тоннель во время реконструкции

лены инъекционные трубки типа «АКВАСТОП». При появлении течи на стадии эксплуатации через эти трубки вводится гидроизолирующий состав, который герметизирует стенки. В соответствии с проектным решением была выполнена гидроизоляция, замкнутая по всему периметру тоннеля.

Еще один из важных конструктивов — устройство перекрытия канала дымоудаления. Принцип работы вентиляционной системы прост: загазованный воздух поступает в канал дымоудаления через клапан, устроенный в вентперекрытии, и удаляется с помощью вентилятора через вентиляционную камеру, в то время как чистый воздух поступает через штольню и порталы тоннеля.

Подготовлен объект и к чрезвычайным ситуациям. Для того чтобы перекрытия могли выдерживать воздействие огня в течение 90 минут (как того требуют нормы пожарной безопасности), использовалась огнезащитная плита AESTUVER.

Для устройства проезжей части применялся бетоноукладчик Gomaco Commander III, который позволял уложить 200–300 м дорожного покрытия за смену. Порталы бетонировались с помощью опалубки «СТАЛФОРМ». На открытых частях тоннеля применялась напыляемая гидроизоляция Couflex. Деформационные швы заделывались двухкомпонентным герметиком SABA.

Несмотря на открытие движения, строители не торопятся покидать объект — предстоит завершить работы в многофункциональной штольне, в которой предстоит выполнить постоянную обделку и обустроить инженерные системы. Согласно графикам производства работ и контракта, третий этап реконструкции Рокского тоннеля необходимо завершить в IV квартале 2015 года.



# ГАЙОЗ МАКИЕВ: «СВОЕ ОБЕЩАНИЕ МЫ ВЫПОЛНИЛИ»

*In October 2014 one of the most important Transcaucasian highways sections — the Rockskiy Tunnel — was opened to traffic after reconstruction. Why the urgent reconstruction of the facility was needed and how the work was organized — answers Gaioz Makiyev who was in charge of the FPI Uprdor "Caucasus" during the construction period. The project was successfully implemented, and today the Rockskiy tunnel is an engineering structure that meets the highest state-of-the-art standards and strictest safety requirements.*

Беседовал  
Илья БЕЗРУЧКО

*Как известно, реконструкция Рокского тоннеля была завершена досрочно. С октября прошлого года открыто движение по этому важному участку Транскавказской магистрали. В настоящее время ведутся работы в штольне, и в октябре 2015 года объект будет полностью введен в эксплуатацию. О том, почему потребовалась срочная реконструкция сооружения и как была организована работа, корреспонденту журнала «Подземные горизонты» рассказал бывший начальник ФКУ Упрдор «Кавказ», а ныне — руководитель филиала ФАУ «Главгосэкспертиза России» в Северо-Кавказском ФО Гайоз Макиев*

— **Г**айоз Константинович, расскажите, по какой причине потребовалась реконструкция тоннеля?

— Рокский тоннель был построен в середине 80-х годов прошлого века. Но после распада Советского Союза, на протяжении почти двух десятилетий, сооружение фактически оставалось без технического обслуживания. К тому же ряд дефектов возник из-за отступления от проекта при строительстве сооружения, а также по причине некачественного выполнения работ.

В 2007 году было выполнено комплексное обследование объекта, которое показало, что металлоконструкции подвержены сильному воздействию коррозии, вентиляционное хозяйство и система энергообеспечения требовали капитальной ревизии. Серьезные проблемы были сопряжены и с нарушением гидроизоляции. В конструкции тоннеля практически отсутствовал изолирующий слой, а из-за низкого качества бетона отделки и большого количества швов бето-

нирования в тоннель и штольню попадала вода. Иногда протечки были такими сильными, что казалось — в тоннеле идет дождь. На основании проведенного обследования было сделано заключение о необходимости реконструкции тоннеля, поскольку сооружение находилось в аварийном состоянии и уже не подлежало капитальному ремонту. Чтобы его сохранить, работы надо было выполнить в кратчайшие сроки. Объект был включен в адресную инвестиционную программу, и в 2010 году, после победы в конкурсе, был определен подрядчик — ОАО «УСК МОСТ».

— **Как была организована работа?**

— Транском для региона — это дорога жизни, единственная круглогодичная автомагистраль, которая напрямую соединяет Россию и Южную Осетию. Естественно, она играет огромную роль в жизни местного населения. В этой связи мы не могли полностью остановить движение на этом участке.



Чтобы решить эту проблему, работы по реконструкции были разделены на два этапа. В первую очередь мы реконструировали техническую штольню тоннеля, по которой пустили временное движение автотранспорта в реверсивном режиме. Несмотря на небольшой трафик, мы столкнулись с существенными сложностями при организации движения. Чтобы проехать, автомобилистам приходилось выжидать по часу с каждой стороны. Иногда движение приходилось дополнительно ограничивать, чтобы пропустить автомобили служб экстренного реагирования: скорую помощь или пожарные бригады. Эти проблемы подстегивали нас быстрее открыть движение по основному тоннелю.

Чтобы достигнуть высоких темпов производства работ, на стройплощадке вахтовым методом была организована круглосуточная работа в три смены. Здесь трудились и строители, и проектировщики, и мы, как представители службы заказчика, приезжали специалисты из Росавтодора. Над ходом строительства велся жесткий контроль — как технический, так и финансовый.

**— С какими сложностями приходилось сталкиваться в процессе строительства?**

— У нас не возникало трудностей, которые необходимо было бы выносить на широкое обсуждение. Все проблемы имели рабочий характер и решались оперативно на строительной площадке. Рокский тоннель — очень важный объект, и отношение к работе у всех было соответствующее.

Средства выделялись своевременно, строители имели полную обеспеченность и материалами, и специализированным оборудованием. Мы вовремя успели выполнить все работы, до появления кризисных явлений в экономике.

**— Расскажите, как удалось провести реконструкцию основного тоннеля в столь сжатые сроки?**

— Как я уже сказал, строительный процесс был отлажен на всех уровнях. Все понимали значимость этой работы. К тому же в 2011 году мы пообещали Владимиру Путину, что откроем тоннель раньше срока. На тот момент, будучи еще в должности Председателя Правительства, Владимир Владимирович связывался с нами в режиме видеоконференции. Отметив важность объекта, он сказал, что надо поторопиться, и взял с нас обещание сдать объект раньше срока. И свое обещание мы выполнили.

Со своей стороны Путин пообещал нам обеспечить соответствующее финансирование, что также было исполнено и положительно повлияло на ход реализации проекта.

**— Каким образом было организовано финансирование, учитывая, что работы завершились почти на два года раньше?**

— Была применена стандартная финансовая модель. Главным распределителем

средств выступал Росавтодор. Затем управление дорог напрямую перечисляло средства подрядчику по факту выполненных работ. В связи с тем, что мы опережали график, средства, заложенные в программе на 2015 и 2016 годы, были перенесены. Благодаря этому, а также за счет снижения издержек при производстве работ мы смогли сэкономить государству порядка 700 млн руб., так как коэффициенты-дефляторы, заложенные на эти годы, автоматически вернулись в бюджет. Подрядчик уложился в обозначенные суммы и сейчас уже приступает к новым объектам. В целом бюджет реконструкции на всех этапах составил 23,25 млрд руб.

**— Каким стал Рокский тоннель после реконструкции?**

— Сейчас — это инженерное сооружение, отвечающее самым современным стандартам и жестким требованиям безопасности. На объекте обустроены системы вентиляции, отопления, противопожарной безопасности, через каждые 50 метров установлены телефоны экстренной связи. На всей территории тоннеля организована система видеомониторинга, оборудованы аварийные выходы. Здесь же круглосуточно дежурят команды скорой помощи и пожарной службы. В целом тоннель обслуживают несколько десятков человек.



*The project of Rockskiy tunnel reconstruction developed by the JSC "Minskmetroproekt" provided for complete re-excavation of transport tunnel, galleries and by-passes, replacement of engineering equipment, adjustment of structural clearance for II category motorways and ensuring continuous movement through the Rockskiy Pass.*



220088, Республика  
Беларусь, г. Минск,  
Соломенная ул., д. 13  
Тел.: (37517) 285-32-22  
Факс: (37517) 285-32-23  
E-mail: metropr@metropr.by  
www.metropr.by

# ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ РОКСКОГО ТОННЕЛЯ

*В торжественной обстановке в присутствии глав обеих республик 5 ноября 2014 года, было официально открыто движение по реконструированному тоннелю. Однако строительные работы, начавшиеся в декабре 2010 года, еще не завершены. До ноября 2015 года строителям ООО «БТС-Гидрострой» — основному подрядчику реконструкции — предстоит соорудить постоянную обделку многофункциональной штольни, выполнить постоянное обустройство по ней, а также закончить пуско-наладку инженерных систем.*

## Местоположение и состав тоннельного перехода

Рокский автодорожный тоннель, построенный в 1984 году, расположен на 93-м км Транскавказской магистрали и проходит через Главный Кавказский хребет на Рокском перевале под горой Сохс, соединяя Северную и Южную Осетию: административно Северный портал тоннеля находится на территории Северо-Осетинского государственного заповедника в Алагирском районе Республики Северная Осетия — Алания, а Южный портал — в Джавском районе Южной Осетии. Комплекс тоннельных сооружений находится на высоте более 2000 м над уровнем моря и после реконструкции состоит из:

- транспортного тоннеля длиной 3730 м, имеющего 10 уширений для аварийной остановки автотранспорта;
- перекрытия над проезжей частью в транспортном тоннеле, образующее вытяжной канал тоннельной вентиляции;

- многофункциональной штольни длиной 3805 м;
- 15 вентиляционно-эвакуационных сбоек, соединяющих тоннель и штольню. В двух из них расположены резервуары с насосными станциями противопожарного водоснабжения;

- четыре подземных вентузла, по два на каждом портале: Южная и Северная приточные венткамеры, соединенные вентиляционными тоннелями со штольней, а также Южная и Северная вытяжные венткамеры, соединенные вентиляционными тоннелями с одной стороны с вытяжным каналом над проезжей частью транспортного тоннеля и выходящие на поверхность с другой стороны. Каждая венткамера соединена монтажным ходком с транспортным тоннелем;

- припортальные здания и сооружения, необходимые для эксплуатации тоннельного перехода: очистные сооружения ливневых и хозяйственных стоков, дизельные электростанции, артезианские скважины, заглубленные резервуары с насосными противопожарного водоснабжения, трансформаторные подстанции, пожарные посты с постоянным размещением сотрудников МЧС, центр диспетчерского управления.

## Климатические, инженерно-геологические условия строительства

Рассматриваемый участок автодороги «Кавказ» отличается сложными природными и инженерно-геологическими условиями, высокой нарушенностью коренных пород, повышенной геодинамической активностью, климатической изменчивостью и высокой (9 баллов) сейсмичностью. Это обусловило развитие опасных геологических процессов — селевых потоков, снежных лавин, обвально-осыпных, оползневых и эрозионных явлений на длине всей трассы.

Северный припортальный участок Рокского тоннеля расположен в высокогорной узкой каньонообразной долине реки Закки на абсолютных высотах свыше 2040 м, отличается обильными зимними снегопадами и относится



Вентиляционная камера

к самым лавиноопасным в Горной Осетии. Южная припортальная площадка, находящаяся на абсолютных отметках 2112 м, характеризуется наличием селевых потоков, которые непосредственно порталу тоннеля не угрожают, и снежных лавин, не относящихся к категории мощных, но требующих устройства противолавинных сооружений.

Трасса тоннеля проходит через две свиты горных пород, в северной и центральной частях техтинскую верхнеюрского возраста, представленную в основном известняками, в южной части мамисонскую нижнемергельского возраста, сложенную в основном мергелями и глинистыми сланцами. Все горные породы характеризуются высокой крепостью (6–8 по Протоdjяконову), за исключением участков разрывных нарушений, сложенных выщелоченными мергелями (крепость 2–5 по Протоdjяконову). Также отмечена серия разрывных нарушений Халацинской зоны разломов мощностью от 1–2 до 10–15, а на отдельных участках до 30–50 м, представленных глыбами и обломками пород, заполненных щебеночно-песчано-суглинистым материалом.

Повышенная трещиноватость пород на разломных участках обуславливает усиленный водоприток в виде сильного капежа до сплошных струй. Общий суммарный водоприток составил: в южной части тоннеля 80–85 м<sup>3</sup>/ч, в северной — 220–230 м<sup>3</sup>/ч.

## Проектно-изыскательские работы

После начала технической эксплуатации Рокского тоннеля, начавшейся в условиях недоделок по строительной части, систем отопления и энергоснабжения вентиляторов, водоотвода и заобделочного дренажа, связи и телемеханизации было проведено несколько обследований: в мае 1990 года, июле 1991 года, в 1994 году в рамках проекта по реконструкции автодороги силами ГП «Севосетинавтодор», в октябре 1998 года НИЦ ТМ, в марте 2005 года в рамках разработки проекта ремонта Рокского



Участок многофункциональной штольни без обделки перед началом реконструкции



Пере проходка многофункциональной штольни с возведением временной крепи на участке геологического разлома

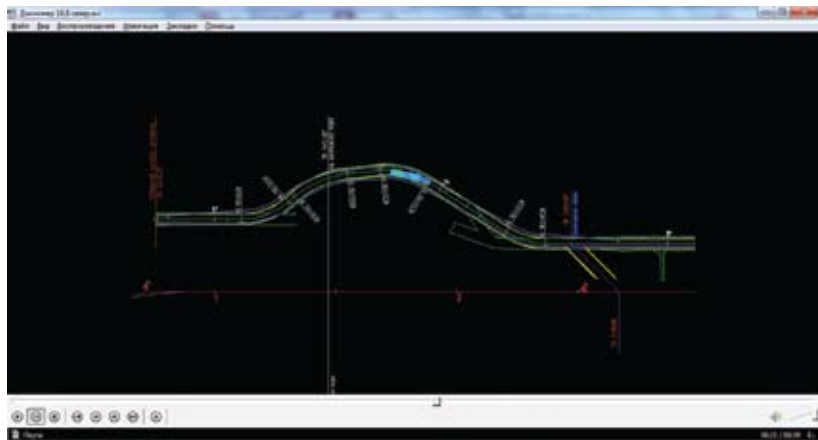


Схема определения габарита для движения длинномерной техники на обходных участках штольни

тоннеля, выполненного ОАО «Минскметропроект». По результатам разработки проекта были сделаны выводы о невозможности достижения требуемого уровня безопасности движения, обеспечения тоннельного габарита ремонтными мероприятиями и о необходимости проведения полномасштабной реконструкции тоннельного перехода.

По заданию государственного заказчика ФГУ «Управление ордена «Знак Почета» Северо-Кавказских автомобильных дорог ФДА» в рамках государственного контракта по титулу «Реконструкция автомобильной дороги Алагир (автомобильная дорога «Кавказ») — Нижний Зарамаг до границы с Республикой Грузия, тоннель км 93 + 300 в Республике Северная Осетия — Алания», в течение 2007–2008 годов. ОАО «Минскметропро-

ект» выполнило дополнительное обследование тоннеля, инженерно-геологические и экономические изыскания, а также проект реконструкции тоннеля. Проектом была предусмотрена полная пере проходка транспортного тоннеля, штольни и сбоек, замена инженерного оборудования, приведение габаритов приближения строений и оборудования в тоннеле для автомобильной дороги II категории.

### Порядок ведения работ по реконструкции

Проведение реконструкции осложнялось необходимостью обеспечения непрерывного движения через Рокский перевал, пропуска большого потока строительных материалов и техники для нужд Южной Осетии. Для этого в начальный период реконструкции был выполнен комплекс мероприятий для возможности переноса транспортного движения в штольню на время реконструкции транспортного тоннеля и обеспечения его безопасности:

- пере проходка многофункциональной штольни с устройством временной крепи с учетом уширения габарита на обходных участках;
- устройство временной дороги в штольне;
- сооружение временных приточных венткамер на припортовых площадках штольни;
- устройство тамбур-шлюзов в существующих сбоях для возможности эвакуации пассажиров в случаях ЧС;





Многофункциональная штольня, обустроенная инженерными системами для временного пуска транспорта

- устройство временных сетей и оборудования противопожарного водоснабжения, электроосвещения, электроснабжения, связи, автоматики, пожарной сигнализации, датчиков  $\text{CO}_2$  и  $\text{NO}_2$ ;
- монтаж припортальных ворот и электрокалориферов для подогрева воздуха в холодный период года;
- монтаж знаков дорожного регулирования, светофоров, заградительной сигнализации и направляющих устройств;
- разработан и утвержден реверсивный порядок проезда транспорта, дежурства отрядов ВГСЧ, МЧС и ведомственной охраны.

С декабря 2010 по май 2012 года был выполнен весь комплекс строительно-монтажных работ по перепроходке и монтажу временных инженерных систем, обеспечивающих безопасный пропуск транспортных средств по многофункциональной штольне. После открытия движения по штольне начался второй этап реконструкции.

Перепроходка транспортного тоннеля велась уступным методом несколькими забоями с разрушением существующей обделки и доработкой породы проходческими комбайнами избирательного действия. Сначала разрабатывалась калотта тоннеля, а вслед за ней с определенным отставанием — штроссовая часть. С учетом грунтовых условий было назначено три типа временной крепи:

- анкерно-набрызг-бетонное крепление с применением металлической фибры;
- арочная крепь с набрызг-бетоном, армированным пространственными каркасами;

- арматурные арки в сочетании с анкерами и креплением из набрызг-бетона.

Постоянная обделка принята замкнутой железобетонной, армированной плоскими сварными каркасами, объединяемыми на монтаже продольной распределительной арматурой. В связи со сложными геологическими условиями и обильными водопритоками по тоннелю предусмотрена замкнутая пленочная гидроизоляция с посекционным контролем течей в сочетании с продольным трубчатым заобделочным дренажом.

В соответствии с этапностью производства работ по реконструкции было предусмотрено несколько принципиальных схем работы тоннельной вентиляции. Так, для основного случая, на расчетный период интенсивности дорожного движения, принята схема с подачей свежего воздуха через порталы многофункциональной штольни и раздачей в тоннель через вентиляционную часть сбоек. Регулирование объема подаваемого воздуха производится при помощи вентиляционных клапанов, установленных в перегородках сбоек со стороны тоннеля. На период ведения работ по обустройству штольни предусмотрена схема проветривания транспортной части тоннеля при помощи двух групп струйных вентиляторов, расположенных на припортальных участках тоннеля.

Выбор основного вентиляционного оборудования производился специалистами ОАО «Минскметропроект» на конкурсной основе, на базе разработанного «Технического задания на закупку». По результатам рассмотрения предложений ведущих мировых производителей в качестве поставщиков приточных и вытяжных вентиляторов тоннельной вентиляции был выбран ОАО «Вент-



Пере проходка калоттной части транспортного тоннеля с возведением временной крепи



Выполнение пленочной гидроизоляции с выводом дренажной ревизии



Помещение диспетчера в ЦДУ

пром», а для поставки установок струйной вентиляции выбор остановился на испанской фирме Zitron.

Данный способ вентиляции имеет ограничения по количеству транспортных средств, и в случае несоответствия параметров воздуха в тоннеле требованиям норм предусмотрено временное ограничение въезда в тоннель. Во избежание промораживания припортальных участков тоннеля на порталах установлена тепловая завеса, работающая в сочетании с опускаемыми воротами. При экстремально низких температурах предусмотрена возможность закрытия движения по тоннелю с опусканием ворот для поддержания положительных температур на контролируемых поверхностях.

Вытяжка отработанных газов в обоих случаях предусмотрена по вытяжному каналу, расположенному над проезжей частью транспортного тоннеля. Отбор загазованного воздуха, а также дыма в случае ЧС осуществляется через клапаны дымоудаления, установленные в перекрытии.

Конструкция вентиляционного канала была разработана с целью максимального сокращения времени производства работ по его возведению и возможности параллельного ведения других работ в тоннеле. Монолитное железобетонное перекрытие бетонировалось по металлическому профнастилу, исключая применение опалубки. Листы профнастила укладывались на опорные металлические столы вдоль стен тоннеля и на центральную продольную двуглавую балку, держащуюся на вертикальных подвесах из квадратной трубы. Впоследствии все конструкции обшивались огнезащитным плитным материалом расчетной толщины для обеспечения требуемой огнестойкости конструкции перекрытия.

Для обеспечения противопожарной защиты тоннельного комплекса проектом предусмотрена система противопожарного водоснабжения, водозаполненная в теплый период года и сухотрубная на припортальных участках в холодный период. Пожарные краны установлены в пожарных шкафах, расположенных через 60 м в тоннеле и через 40 м — в многофункциональной штольне. Вода к пожарным кранам подается из пожарных резервуаров расчетной емкости насосными установками, работающими в автоматическом режиме. Предусмотрен контроль уровня запаса воды и автоматическое заполнение резервуаров от артезианских скважин, расположенных на Северном портале.

Управление инженерными системами осуществляется из диспетчерской, расположенной в центре диспетчерского управления (ЦДУ) на Северной припортальной площадке.

Бетонирование проезжей части в тоннеле выполнялось высокопроизводительным бетоноукладчиком с последующей нарезкой требуемых по проекту швов сжатия и растяжения и заполнения их мастикой.

Отделка порталов выполнена с применением современных долговечных материалов — цветных металлокерамических панелей, смонтированных на металлический каркас, предусмотрена подсветка порталов, работающая в ночное время. Панели выполнены в цвет государственных флагов Российской Федерации на Северном портале и Осетии — на Южном.

# СТТ

**2—6 ИЮНЯ**

## **СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ 2015**

№1 В МИРЕ СРЕДИ ЕЖЕГОДНЫХ  
ВЫСТАВОК СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ  
И ОБОРУДОВАНИЯ

**СПЕЦИАЛИСТЫ ЗНАЮТ!**

[WWW.CTT-EXPO.RU](http://WWW.CTT-EXPO.RU)

**КРОКУС  
ЭКСПО**

ОРГАНИЗАТОР



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



МЕЖДУНАРОДНЫЕ ПАРТНЕРЫ



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ПАРТНЕРЫ





М.Е. РЫЖЕВСКИЙ,  
к.т.н., генеральный  
директор  
ООО «ПЛАТО Инжиниринг»,  
лауреат премии  
Ленинского комсомола  
в области науки и техники,  
заслуженный  
изобретатель СССР

# СУДИТЬ ПОТОМКАМ...



Рис. 1. Вариант комбинированного моста для перехода через Керченский пролив

*This article had been written before the final point was set in the lengthy process of selecting options for the Kerch Strait transport crossing. Nevertheless, the editors considered it appropriate to turn once again to the comparison of bridge and tunnel options.*

**Разговоры о необходимости перехода (мостового или тоннельного) через Керченский пролив ведутся еще со времен Советского Союза. Более того, однажды (в конце Второй мировой войны) мост через Керченский пролив уже был построен. Правда, просуществовал он всего несколько месяцев и был разрушен первым ударом ледяных торосов. Обсуждения о необходимости строительства постоянной переправы продолжались и после распада Советского Союза, когда образовалось два независимых государства — Россия и Украина, и Крым остался за Украиной. С новой силой о необходимости Керченской переправы заговорили сразу после возвращения Крыма в состав Российской Федерации и ухудшения отношений с Украиной, связанных с политическим кризисом в братской стране. В этот момент все разговоры о Керченской переправе перешли из экономической плоскости в геополитическую, ведь Крым оказался полностью изолированным от России.**

**Н**а повестку дня вновь встали вопросы: где именно (в каком створе) устраивать переправу; какая переправа должна быть — мостовая или тоннельная; для какого вида транспорта нужна переправа — железнодорожного, автомобильного или необходим комбинированный вариант, а также на какой объем перевозок она должна быть рассчитана. В этот момент, по мнению автора, здравый смысл был нарушен — вместо объективного сравнения всех возможных вариантов (мостовых и тоннельных) по заранее определенным критериям и учета климатических условий и инженерно-геологических данных началась борьба «у какого мамонта бивни крепче». Перевесил тот «мамонт», который предлагал мостовую переправу, причем мост в итоге должен стать комбинированным: под две железнодорожных колеи и под четыре полосы движения автотранспорта. (Уже после написания этой статьи появилась новая информация, что вместо одного комбинированного моста будет две независимых мостовых переправы — железнодорожная на две колеи и автодорожная на четыре полосы. Однако сути статьи это не меняет.) Полгода было потрачено на выбор створа, при этом из более 200 вариантов, по заявлению ОАО «Гипротрансмост», выполнявшим инженерные изыскания и разработку технико-экономических обоснований под строительство, был выбран вариант с самым длинным переходом через Тузлинскую косу и заявленной стоимостью более 250 млрд рублей (еще до изменения курса рубля по отношению к американской валюте). При этом следует отметить, что риски строительства этого моста таковы, что многие потенциальные строительные организации отказались от функции генерального подрядчика. И тут все (включая и мостовиков) вдруг снова вспомнили о тоннельном варианте, преимущества которого автор статьи уже дважды излагал в своих статьях (см. журнал «Подземные горизонты» №1 и 3). Однако важность этого вопроса такова, что к теме Керченского перехода необходимо обратиться еще раз, а может быть, еще не раз.

## Введение

А так ли необходим Керченский переход? Вопрос этот риторический, из разряда «Быть или не быть?». С геополитической точки зрения ответ, конечно, — да. А вот с точки зрения подходов к решению этого вопроса напрашивается ответ — нет. Почему? Ну, во-первых, непонятно, почему изначально было принято, что переход будет мостовым. Тоннельный вариант всерьез и не рассматривался, а если какое-то обсуждение и было, то кулуарное и безальтернативное. Мне довелось участвовать на одном из таких совещаний, в ходе которого некий высокопоставленный чиновник сразу заявил, что принято решение строить мост, а тоннель рассматривается на всякий случай и под личную ответственность (в том числе финансовую). Другими словами, никакого объективного сравнения мостовых и тоннельных вариантов сделано не было, не были выдвинуты и никакие объективные критерии сравнения вариантов. Даже когда выяснилось, что самый дешевый из якобы 200 рассмотренных мостовых вариантов оказался чуть ли не в три раза дороже возможного тоннельного, к серьезному

## Критерии сравнения вариантов строительства Керченского перехода:

- стратегическая безопасность;
- климатические условия;
- инженерно-геологические условия;
- сейсмичность зоны строительства;
- наличие грязевых вулканов;
- условия судоходства;
- экологичность строительства;
- наличие археологических ценностей;
- наличие мирового опыта подобных работ;
- надежность и долговечность;
- сроки строительства;
- стоимость строительства.

рассмотрению тоннельного варианта так и не вернулись. Напротив, на телевидение, в Интернет и некоторую прессу просочилась информация, что якобы 40 каких-то специалистов дали заключение, что в сейсмически опасных районах, в зонах тектонических разломов строить тоннели нельзя (а мосты, стало быть, можно!). В этой связи хотелось бы спросить этих так называемых специалистов: а как насчет уже двух тоннелей под проливом Босфор в Турции?! И что они скажут о 53-километровом подводном тоннеле Сейкан между двумя японскими островами и, наконец, о нашем отечественном Северомуйском тоннеле на трассе БАМ, построенном в зоне более чем 200 тектонических разломов? И это только самые известные примеры. Итак, пора уже признать, что никакого объективного сравнения вариантов не было. А если все-таки здравый смысл возобладает (хотя веры в это уже нет), то для начала надо бы подумать о критериях сравнения всех возможных вариантов. В моем понимании, для Керченского перехода они должны быть следующими:

- стратегическая безопасность;
- климатические условия;
- инженерно-геологические условия;
- сейсмичность зоны строительства;
- наличие грязевых вулканов;
- условия судоходства;
- экологичность строительства;
- наличие археологических ценностей;
- наличие мирового опыта подобных работ;
- надежность и долговечность;
- сроки строительства;
- стоимость строительства.

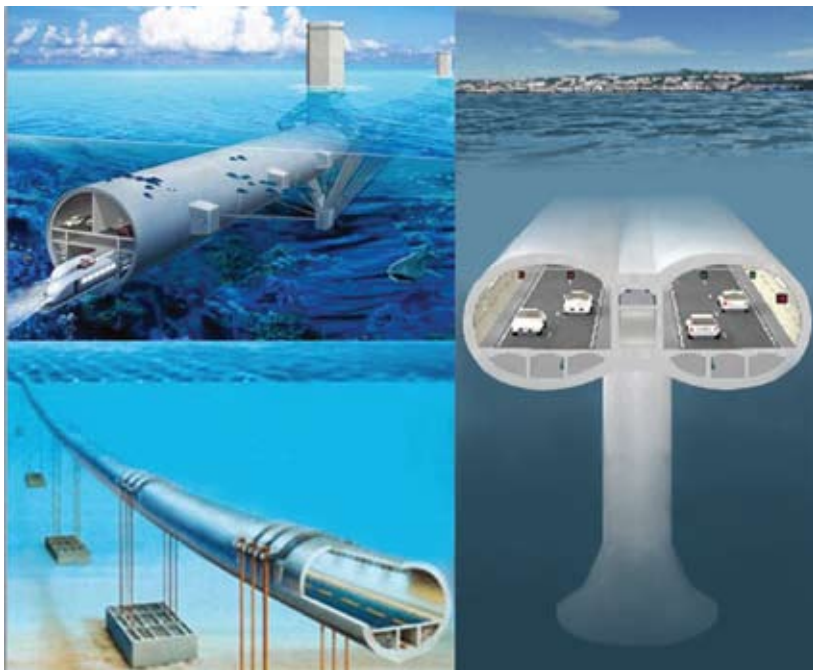


Рис. 2. Варианты подводных тоннелей

Возможно, коллеги предложат и другие критерии, и тогда они также должны быть объективно приложены к каждому из рассматриваемых вариантов. А пока предлагаю сравнить следующие варианты.

**Вариант 1. Мостовой переход.** В качестве мостового перехода уже выбран вариант, в соответствии с которым в настоящее время ведется проектирование. Это комбинированный (железнодорожный и автодорожный) мост, проходящий через Тузлинскую косу (рис. 1).

**Вариант 2. Тоннельный переход, выполняемый методом погружных секций.** Рассмотрен в связи с тем, что многие коллеги полагают, что такой метод сооружения тоннеля является оптимальным с точки зрения сроков и стоимости. Автор не разделяет этого мнения, и тем не менее вариант должен быть рассмотрен (рис. 2, 3 а).

**Вариант 3. Тоннельный переход, выполняемый щитовым методом с помощью тоннелепроходческого комплекса с внешним диаметром тоннеля 12,8 м.** Для размещения четырех полос для автомобильного транспорта и двух железнодорожных путей потребуется три тоннеля такого диаметра (рис. 3 б). Вариант интересен тем, что тоннелепроходческий комплекс такого диаметра уже существует и в настоящее время успешно завершает проходку тоннеля под проливом Босфор в подобных геологических условиях. Этот вариант был предложен ОАО «Метрогипротранс» и хотя, по мнению автора, он явно неэффективен тем не менее также требует рассмотрения.

**Вариант 4. Тоннельный переход, выполняемый щитовым методом с помощью тоннелепроходческого комплекса с внешним диаметром тоннеля 15,2 м** (рис. 3 в). Такой диаметр потребует сооружения двух тоннелей для размещения четырех полос автотранспорта и одной железнодорожной колеи. Подобный щит был использован при сооружении трех комбинированных тоннелей в Шанхае на реке Янцзы.

**Вариант 5. Тоннельный переход, выполняемый щитовым методом с помощью тоннелепроходческого комплекса с внешним диаметром тоннеля 18,65 м.** Щит для сооружения подобного тоннеля был разработан компанией Herrenknecht для строительства Орловского тоннеля в Санкт-Петербурге. Тоннель такого диаметра может разместить три полноценных полосы для движения автомобильного транспорта (одна полоса реверсивная) и два железнодорожных пути (рис. 3 г). Несмотря на то, что в этом варианте предложено всего три полосы для автомобильного транспорта, он все равно является весьма конкурентоспособным.

В таблице на основе собственного опыта и имеющихся в распоряжении данных о климатических и инженерно-геологических условиях автором дана оценка представленных вариантов по вышеобозначенным критериям. Предлагаю коллегам подумать об их личной оценке вариантов.

В свою очередь, попробую еще раз объяснить собственную позицию оценки по каждому критерию. Стоимость и сроки строительства представляют собой в большей степени вывод из оценки других критериев, так как и первое, и второе во многом зависит от климатических, сейсмических, инженерно-геологических и других условий и поэтому подлежит обсуждению в самом конце сравнения вариантов.

## Климатические условия

Климатические условия в районе предполагаемого строительства таковы, что вряд ли позволят без потерь времени и, соответственно, стоимости реализовать мостовой вариант, а также и тоннельный с погружными секциями. Дело в том, что в обоих этих вариантах практически все основные работы выполняются с воды, и любые колебания (волнения), а тем более частые штормовые предупреждения даже в летнее время будут нарушать технологию работ, сдвигать сроки строительства и не позволят прогнозировать надежность результатов. Что же касается работ в зимнее время, при наличии ледяных ветров с обледенением, ледовой обстановки и несущихся ледяных образований, то любые работы на воде вообще могут быть прекращены на неопределенно долгое время. Тут не надо быть большим специалистом для того, чтобы утвердительно сказать, что ни на один из тоннельных щитовых вариантов погодные условия не будут оказывать существенного влияния. В этой связи все щитовые варианты с точки зрения климатических условий являются наиболее предпочтительными.

## Инженерно-геологические условия

По имеющимся данным, Керченский пролив расположен в районе высокой сейсмической активности. Интенсивность сейсмического воздействия в районе пересечения пролива достигает 9 баллов при 1% вероятности превышения. Характерной особенностью геологического строения участка в районе перехода

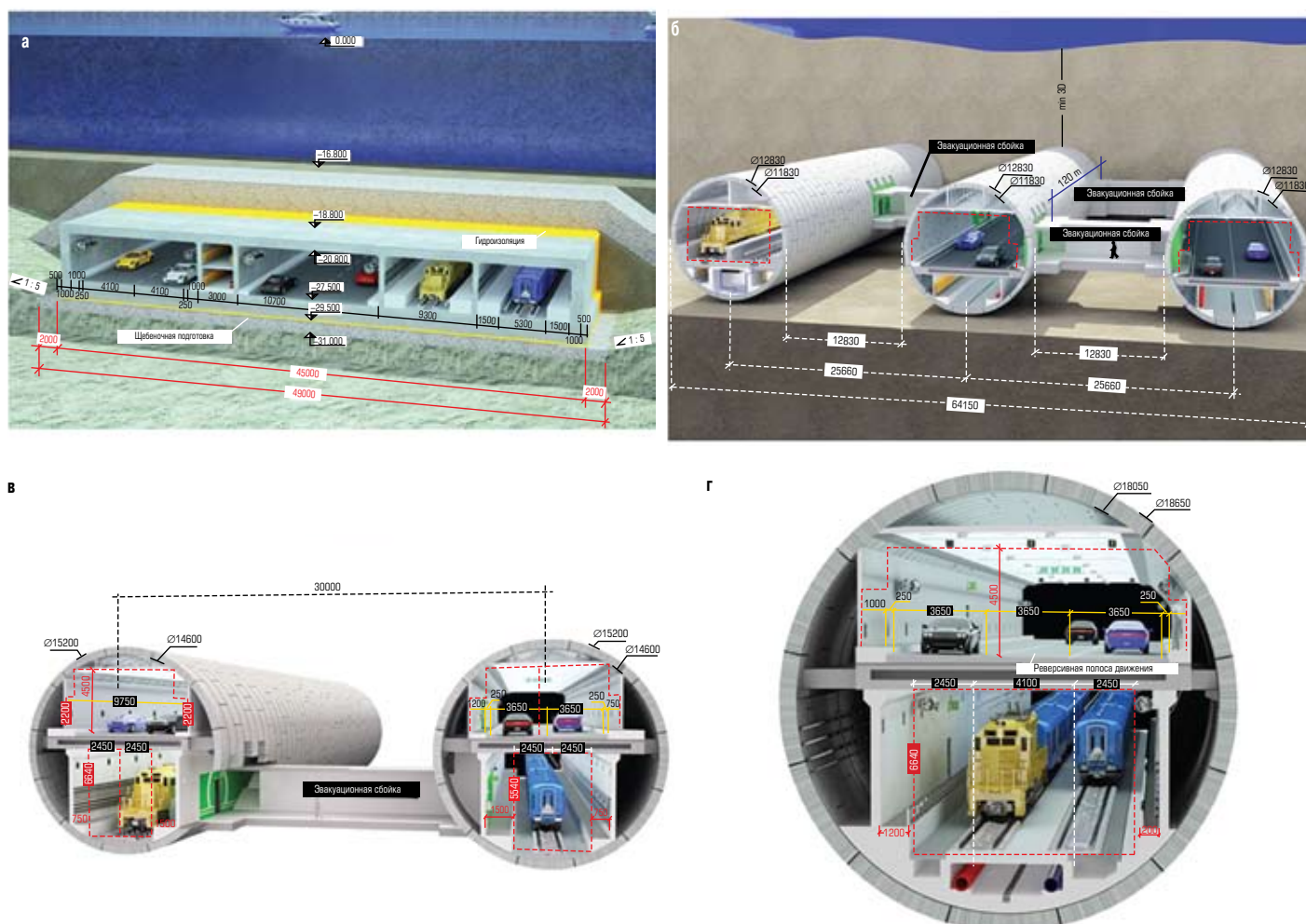


Рис. 3. Варианты для строительства тоннеля через Керченский пролив: а – погружные секции; б – три тоннеля. Диаметр каждого – 12 830 мм; в – два тоннеля. Диаметр каждого – 15 200 мм; г – один тоннель диаметром 18 650 мм

является сравнительно высокое залегание кровли коренных глинистых пород вблизи Крымского берега пролива и резкое понижение их до глубины 50 м в восточной части пролива. Выше коренных пород лежат очень слабые илистые грунты. Инженерно-геологические условия описанные выше, таковы, что в случае мостового варианта будут требовать погружения свай в коренные породы, представляющие собой плотные глины, то есть более чем на 60 м. При этом даже при диаметре свай 2 м их количество для каждой опоры будет превышать 80 штук. К тому же часть из них выполняется наклонными. Бурение практически всех свай должно осуществляться либо с плавучих буровых платформ, либо с отсыпных островков, образованных так называемым кессонным способом. В обоих случаях такие работы сопряжены со значительными рисками и являются весьма дорогостоящими. Кроме этого, с воды надо устраивать ростверки и массивные опоры моста, которые также будут увеличивать сроки и стоимость строительства. С другой стороны, безусловно, строительство моста и, в частности, устройство свай, ростверков, опор может производиться одновременно на большой площади, что способствует если не снижению стоимости, то сокращению сроков работ. Однако это, в свою очередь, затруднит судоходство, да и в случае штормового предупреждения все равно остановит все работы на неопреде-

**Сравнение вариантов перехода через Керченский пролив**

№	Критерий выбора	Мост	Тоннельный метод			
			Погружные секции	Щитовой МТПК 2 x 13,7 м	Щитовой МТПК 2 x 17,3 м	Щитовой МТПК 1 x 19,3 м
1	Стоимость строительства	4	1*	2	3	1
2	Сроки строительства	2	1*	3	4	1
3	Климатические условия	2	2	1	1	1
4	Геологические условия	3	3	2	2	1
5	Сейсмостойкость	4	3	2	2	1
6	Стратегическая безопасность	4	3	1	1	2
7	Безопасность мореплавания	2	1	1	1	1
8	Экологическая безопасность	4	3	2	2	1
9	Археология	3	3	2	2	1
10	Долговечность	4	3	2	2	1
11	Эксплуатационная надежность	3	2	1	1	2

Примечания: 1 – самый выгодный; 2 – выгодный; 3 – допустимый; 4 – самый невыгодный; 1\* – выгодный, если возможен

ленное время. А если одновременно будут производиться бетонные работы, которые, согласно технологии, должны быть непрерывными, то это приведет к дополнительным расходам, вызванным необходимостью устранения последствий нарушения технологии. Следует заметить, что в реальных инженерно-геологических условиях эти затраты могут быть весьма существенными.

## Судоходство

В вопросах судоходства все так же очевидно. Ни один из предложенных щитовых вариантов проходки тоннелей никаким — даже самым малым — образом не нарушает судоходства по Керченскому каналу. Любой же вариант мостового перехода, а также тоннельный переход, сооружаемый методом опускных секций, нарушает судоходство. Степень влияния на судоходство можно оценить по принятому проекту организации работ, но в любом случае они окажут существенное влияние на судоходство по каналу.

## Экология

При щитовом способе проходки тоннелей, в случае если место складирования грунта определено в соответствии со степенью его загрязненности, влияние на экологию практически стремится к нулю. Разрабатываемый под землю грунт по трубопроводу или конвейеру подается на поверхность, где грузится в самосвалы и транспортируется в отвалы. В мостовых же переходах, и особенно в тоннельном, построенном методом опускных секций, с точки зрения экологических проблем все выглядит значительно сложнее. Дело в том, что метод опускных секций требует подготовки дна для их укладки. Этот процесс всегда сопряжен со значительным влиянием на экологию участка работ — замутнением вод, гибелью фауны и т. д., а при илистом дне, подобном нашему, экологические проблемы еще существеннее. Аналогичные проблемы экологии встанут и при устройстве любого из вариантов мостового перехода, так как будут требовать большого объема буровых работ для устройства свай в илистом дне.

**С точки зрения стратегической безопасности любой мост является наиболее уязвимым из всех инженерных сооружений.**

## Стратегическая безопасность

Стратегическая безопасность, пожалуй, самый главный критерий выбора между мостовым и тоннельным вариантами. Дело в том, что с точки зрения стратегической безопасности любой мост является наиболее уязвимым из всех инженерных сооружений. На первый план этот вопрос становится в связи с существующей геополитической обстановкой. Любой тоннельный вари-

ант, безусловно, также требует определенных инженерных решений для повышения безопасности объекта от террористических или военных угроз, однако все эти вопросы решаются проще и являются более надежными.

## Наличие мирового опыта

Мировой опыт перехода протяженных водных преград тоннелями весьма значителен. Достаточно назвать самые известные среди них, такие как 53-километровый тоннель Сейкан в Японии, построенный еще в 1988 году, или 50-километровый тоннель под проливом Ла-Манш, соединивший Англию с материком, или, наконец, два тоннеля под проливом Босфор, каждый из которых имеет длину более 5 км. Примеров, конечно же, значительно больше, и здесь приведены лишь самые известные. А вот столь же протяженных мостовых переходов автор назвать не может.

## Стоимость и сроки строительства

Мы не будем в данной статье подробно обсуждать сроки и стоимость строительства, так как вопрос в значительной степени зависит не только от проектных решений, но и от подрядчиков. Скажу только, что реализация проекта подобного тоннельного перехода под Босфором протяженностью 14,5 км обошлась в 1,4 млрд долларов, то есть в ценах сегодняшнего дня, всего в 91 млрд рублей. Таким образом, даже стоимость двух тоннелей протяженностью около 14 км будет почти на треть меньше предложенной цены за мост. Что же касается сроков строительства, то и здесь при правильном выборе подрядчиков гарантированная скорость может составить около 10–12 м/сут готового тоннеля. Предоставим читателям самим выполнить расчеты по срокам строительства.

Выводы автор умышленно не делает и передает это право читателям.

## Послесловие

Статья уже была написана, когда появилась информация о том, что окончательная точка в вопросе выбора перехода поставлена. Избран мостовой вариант. Вместо ранее рассматриваемого совмещенного мостового перехода будут строиться два независимых моста — железнодорожный и автодорожный. Оба они будут проходить в Тузлинском створе и их длина со съездами составит порядка 19 км. Срок строительства всего три года, то есть оба они должны быть завершены до конца 2018 года (!). Ну что же на это решение можно сказать? Пожалуй, только одно: прежде всего, пожелать коллегам-мостовикам успехов и, перефразировав слова русского барда Юлия Кима, добавить:

*Кто классик, кто гений — судить не берусь я,  
Оставим потомкам им слово и суд,  
Но всю нашу жизнь, и смешную, и грустную,  
Потомки по этому переходу поймут...*





*Дорогие коллеги и друзья!*

*Четверть века отделяют нас с того дня, когда тоннельщики бывшего Советского Союза объединились во всесоюзную общественную организацию – Тоннельную ассоциацию России.*

*В условиях, когда наша большая страна разделилась на несколько самостоятельных государств, создание ТАР (вначале она называлась РАТ) способствовало сплочению тоннельщиков всех этих государств, бывших республик Союза, что позволило во многом сохранить инженерные, научные и рабочие кадры нашей общей отрасли. Благодаря выходу ТАР на международную арену, вступлению в Международную тоннельную ассоциацию, выросла не только квалификация и возможности наших тоннельщиков, вырос авторитет ТАР на международной арене. Участие в большинстве международных конгрессов ЖТА, доклады на них показали всему миру, что даже, несмотря на экономические кризисы, охватившие мир в последние годы, российские тоннелестроители уверенно развивают и осваивают новые технологии подземного строительства, ярким примером чего является, в том числе, и строительство высокими темпами большого количества автодорожных и железнодорожных тоннелей олимпийского Сочи, успешное применение новых технологий и проходческого оборудования при строительстве метрополитена и тоннелей в столице и других городах страны.*

*В сегодняшних условиях, когда новый экономический кризис привел к резкому сокращению финансирования подземного строительства, значительные финансы государство выделяет в основном на строительство столичного метрополитена, а в ряде городов строительство законсервировано. И сейчас особенно важно поддержать тоннельные организации в регионах, способствовать всеми возможными мерами эффективной подготовке для будущего инженерных, научных и рабочих кадров по подземному строительству, использовать время кризиса для разработки в городах-миллионниках Концепции комплексного освоения в них подземного пространства. Хочется пожелать ТАР оставаться, как и раньше, сплоченной и эффективно работающей общественной организацией.*

*От имени Петербургского регионального отделения ТАР поздравляю всех тоннельщиков страны и ближнего зарубежья с 25-летием со дня образования ТАР, желаю всем организациям и членам ТАР экономического благополучия, новых интересных объектов подземного строительства и успехов в развитии отечественного метро- и тоннелестроения.*

*Председатель Петербургского регионального  
отделения ТАР, д.т.н., почетный транспортный строитель,  
лауреат премии Совета министров СССР  
Н.И. Кулагин*





*In March this year the Russian Tunnel Association celebrates 25 years. It unites 70 Russian entities, as well as representatives of Kazakhstan, Azerbaijan and Belarus. The Association provides its members the opportunities to discuss their experiences, newly emerging issues, to develop new architectural, planning and technical solutions, to study and disseminate information on effective practices of the underground space comprehensive development.*

## ЧЕТВЕРТЬ ВЕКА ВМЕСТЕ

**Строительство подземных сооружений различного назначения является неотъемлемой частью развития городов, транспортной инфраструктуры, гидротехнических и водохозяйственных объектов: коммунальных и транспортных тоннелей, метрополитенов, подземных пешеходных переходов, подземных паркингов, складских помещений и многого другого. Каждое из направлений строительства имеет свои особенности и свою специфику, но в ходе проектирования и строительства подземных объектов различного назначения организации очень часто сталкиваются с общими проблемами. Это привело к идее создания профессиональной общественной организации — Всесоюзной ассоциации тоннельщиков (с 26 марта 1999 года — Тоннельной ассоциации России), которая должна была объединить десятки предприятий для совместного обсуждения возникающих проблем, обмена опытом, выработки новых архитектурно-планировочных и технических решений, изучения и распространения информации об эффективном опыте комплексного освоения подземного пространства.**

**В** марте этого года Тоннельная ассоциация России (ТАР) отмечает свое 25-летие.

Все эти годы ассоциация активно содействует повышению эффективности, качества и безопасности строительства и эксплуатации тоннельных сооружений благодаря созданию и внедрению новых технологий, распространению накопленного опыта, разработке различных отраслевых нормативных и методических документов в области подземного строительства. Особое внимание в ТАР отводится развитию сотрудничества между всеми ее членами. Среди основных направлений деятельности ассоциации:

- Организация и проведение научно-технических конференций и деловых встреч;

- Разработка различных нормативных документов (правил, инструкций, рекомендательных норм и т. д.).

- Проведение негосударственных экспертиз проектов строительства подземных сооружений и тоннелей, консультаций по научно-техническим и экономическим вопросам с привлечением высококвалифицированных специалистов.

- Организация временных творческих коллективов (ВТК) для выполнения научно-исследовательских, опытно-конструкторских, проектных и внедренческих работ, разработки различных нормативных документов.

- Информационное обеспечение членов ассоциации различными научно-техническими материалами.

Подготовил  
Илья БЕЗРУЧКО



#### ■ Международное сотрудничество.

С целью развития деловых связей с зарубежными коллегами Тоннельная ассоциация России в 1992 году вступила в Международную тоннельную ассоциацию, где выполняет роль национального члена от России и представляет интересы российских тоннельщиков.

Сегодня эта профессиональная общественная организация объединяет в своих рядах около 70 российских организаций, а также представителей Казахстана, Азербайджана и Беларуси. Это крупнейшие строительные, проектные, эксплуатационные, конструкторские и учебные организации. Членами ассоциации являются такие крупные российские компании, как ОАО «Мосметрострой», ОАО «Метрострой» (Санкт-Петербург), ОАО «Мосинжпроект», ОАО «Метрогипротранс», ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс», ОАО «Трансинжстрой», ООО «Бамтоннельстрой-Гидрострой» (Красноярск) и другие. Основу Тоннельной ассоциации составляют региональные отделения и региональные представительства в субъектах Российской Федерации, отделения и представительства на предприятиях, организациях и физические лица.

Более 10 лет в составе Тоннельной ассоциации России функционирует экспертный научно-технический совет (ЭНТС), членами которого являются доктора и кандидаты технических, экономических и геолого-минералогических наук, лауреаты государственных премий, действительные члены различных академий. На рассмотрение ЭНТС выносятся наиболее сложные и проблемные вопросы тоннелестроения, по результатам их обсуждения зачастую принимаются важнейшие для заказчиков и директивных органов решения. Кроме того, экспертный научно-технический совет привлекается для проведения вневедомственных экспертиз проектов строитель-

Коллектив журнала «Подземные горизонты» поздравляет всех членов Тоннельной ассоциации России с юбилеем и желает дальнейшего развития, процветания и реализации всех задуманных планов!

ства подземных сооружений и тоннелей, экспертиз по промышленной безопасности на строительстве и реконструкции тоннелей и подземных сооружений, на опасных производственных объектах по вопросам их эксплуатации.

Сегодня ТАР является специализированным центром, обладающим правом определения возможности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей заниматься деятельностью, связанной с тоннельным и подземным строительством.

Деятельность Тоннельной ассоциации России неоднократно отмечалась как на российском, так и на международном уровнях. Например, в 2002 году Международный союз научных инженерных общественных объединений наградил ассоциацию почетной грамотой за большой вклад в развитие науки и техники, активную работу по укреплению международных связей и сотрудничество ученых, инженеров и специалистов России. В 2005 году ассоциация также получила почетную грамоту и от правительства Москвы за большой вклад в строительство подземных сооружений и инженерных коммуникаций в столице.

Как известно, российский рынок подземного строительства, ориентируясь на зарубежные достижения, получил большое развитие в последние годы. Осуществлено полное техническое перевооружение этой,

одной из самых трудоемких и сложных в инженерном отношении, области строительства. Современный уровень тоннелестроения характеризуется широким внедрением новых методов расчета и проектирования конструкций, применением эффективных материалов, высокопроизводительных машин, механизмов, оборудования. На сегодняшний день в строительной практике активно используются механизированные тоннелепроходческие комплексы и высокоточная водонепроницаемая железобетонная обделка. Широкое применение нашли механизированные стволопроходческие комплексы, механизированные комплексы для проходки наклонных эскалаторных тоннелей, внедрена технология проходки 2-путного перегонного тоннеля метрополитена с использованием механизированного комплекса. Во многом эти положительные сдвиги связаны с деятельностью Тоннельной ассоциации России: конференции, семинары, выставки, конкурсы, деловые поездки, сбор, анализ и распространение научно-технической информации о передовом отечественном и зарубежном опыте подземного строительства, научно-техническое сопровождение строительства сложных объектов и многие другие мероприятия, проводимые ассоциацией, несомненно, сыграли роль катализатора этих процессов.

ДЖ. ЛУНАРДИ, А. БЕЛЬФОРЕ,  
ROCKSOIL S.p.A;  
А. СЕЛЛЕРИ,  
SPEA Ingegneria Europea S.p.A;  
Р. ТРАПАССО  
Ghella S.p.A (ИТАЛИЯ)

# РАСШИРЕНИЕ ТОННЕЛЯ БЕЗ ОСТАНОВКИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТА: ЭВОЛЮЦИЯ МЕТОДА



***Еще несколько лет тому назад при необходимости расширения (без остановки движения) автомобильной магистрали, имеющей в своем составе два расположенных рядом тоннеля, приходилось либо организовывать объездной маршрут, либо закрывать один из тоннелей, сокращая тем самым объем предоставляемых транспортных услуг.***

Авторы выражают благодарность Джаннарину Тоцци и Джоаванни Скотто Лавине (Autostrade per l'Italia Spa), Антонио Формикелле (ROCKSOIL Spa) и Джандоменико Гелле, Роберто Альбератти и Франческо Палкетти (Ghella Spa) за помощь, оказанную при написании данной статьи, в особенности той ее части, которая посвящена тоннелю Монтедомини.

**П**ервая попытка расширения автодорожного тоннеля без перенаправления транспортного потока на объездные дороги или существенного снижения интенсивности движения была предпринята в начале 2000-х годов в процессе расширения тоннеля Наццано (автострада А1 в районе Рима). Этот проект, несомненно, стал важной вехой в области тоннелестроения. Он продемонстрировал реализуемость и эффективность метода, который, снижая до минимума используемую площадь, позволяет повысить

пропускную способность стратегической автомобильной или железной дороги без снижения интенсивности движения в процессе строительства. Технология, позволяющая расширять действующие тоннели без остановки движения, становится надежной и выгодной в тех случаях, когда другие возможные варианты (строительство третьего тоннеля или остановка движения на расширяемой проезжей части) могут в финансовом и социальном смысле оказаться более затратными, чем расширение существующего тоннеля.

## Основные элементы

Для расширения действующего тоннеля без остановки в нем движения необходимо прежде всего создать систему, гарантирующую полную безопасность всем участникам движения, которые неизбежно должны миновать зону, где ведутся сложные подземные строительные работы. В то же время нужна строительная технология, позволяющая выполнять необходимые операции в крайне ограниченном пространстве, в условиях резервирования центральной части тоннеля за движением транспорта.

Безопасность участников обеспечивается специальной защитной конструкцией, физически отделяющей зону, в которой ведутся работы, от зоны, где продолжается движение. Конструкцией, выполняющей такую роль в тоннеле Наццано, был так называемый щит защиты движения, или стальной контртоннель, отделяющий стройплощадку от транспортного потока.

Рассматриваемая защита должна:

- обладать достаточной прочностью, способной выдерживать удары кусков грунта, отделяющегося при проходке или при возможном местном обрушении;

- иметь размеры, совместимые с размерами расширяемого тоннеля и позволяющие продолжать движение внутри него. В тоннеле Наццано щит обеспечивал движение по двум полосам (шириной 3,5 м для грузовых машин и обгонной — шириной 3 м — для легковых);

- выдерживать возможные удары от столкновения машин.

Такой щит может быть металлическим, длиной меньше тоннеля, самодвижущимся и расположенным поперек забоя (как в Наццано) или выполненным из железобетона, стационарным, с длиной, превышающей длину тоннеля.

Присутствие защитного щита существенно изменяет рабочее пространство и определяет выбор строительных технологий. Стандартный вариант проходки с установкой временной крепи из стальных арок и набрызг-бетона с последующим устройством железобетонной постоянной обделки на определенном расстоянии от лба забоя с использованием опалубки в таком рабочем объеме оказался бы невозможным.

По этой причине выбор был остановлен на двух технологиях установки временной крепи и постоянной обделки, использование которых вписывалось в план стройплощадки, определяемый присутствием щита, защищающего движение. Для установки временной крепи был избран метод механической зарубки, состоящий в выполнении перед



Рис. 1. Тоннель Наццано: движение под защитным стальным щитом

оголовком вдоль контура будущего тоннеля щелевого вруба соответствующей длины и ширины и немедленном закреплении его набрызг-бетоном, армированным фиброй. В итоге создается оболочка в форме усеченного конуса. В тоннеле Наццано операцию зарубки выполняла машина, способная передвигаться и работать, полностью располагаясь над щитом.

В качестве технологии устройства постоянной обделки был выбран метод так называемого активного свода, состоящий в установке под сводом опережающей крепи, полученной методом механической зарубки полукольца из железобетонных блоков. Создаваемая арка сразу становится несущей благодаря действию плоского домкрата, установленного в замковом сегменте. Данная система позволяет исключительно быстро устанавливать постоянную и уже несущую обделку на очень небольшом расстоянии от лба забоя (3–6 м).

Установка блоков может производиться так, как это было в Наццано: то есть той же машиной, которая выполняла механическую зарубку, при использовании той же несущей конструкции для перемещения, установки и поддержки сегментов вплоть до начала работы свода под нагрузкой. И эту операцию тоже можно выполнить без особых трудностей, работая над щитом и полностью вписываясь в план стройплощадки, где происходят работы по расширению тоннеля без остановки движения.

Последней операцией цикла расширения является устройство обратного свода. Если тоннелей два, то эту работу можно выполнить

после расширения обоих объектов, организовав движение лишь по одному из них, пока во втором выполняется устройство обратного свода. В случае когда тоннель один или когда движение особенно интенсивно, обратный свод можно устраивать в два этапа: сначала по одной стороне расширяемого тоннеля, запуская движение по другой стороне, на которой затем и завершить операцию цикла, перенаправив, соответственно, транспортный поток. В этом случае две заходки связываются между собой манжетной арматурой.

## Расширение тоннеля Наццано

Тоннельный переход Наццано состоит из двух тоннелей, каждый длиной 337 м. Расположен на автострате Милан — Неаполь на расстоянии около 40 км от Рима. В период 2004–2007 годов тоннель был расширен с двух до четырех полос плюс аварийная полоса в каждом направлении (внутренний радиус — около 9,5 м). Площадь забоя, включая обратный свод и исключая существующий тоннель, составляла 158 м<sup>2</sup>.

Заказчиком проекта было акционерное общество ASPI (Autostrade per l'Italia), разработка проекта и технадзор были поручены компании ROCKSOIL Spa, подрядчиком выступило акционерное общество COSSI Costruzioni Spa.

На рис. 1 представлен стальной щит, движущийся по сборным железобетонным элементам. Со стороны движения он имеет профиль, аналогичный блокам ограждения

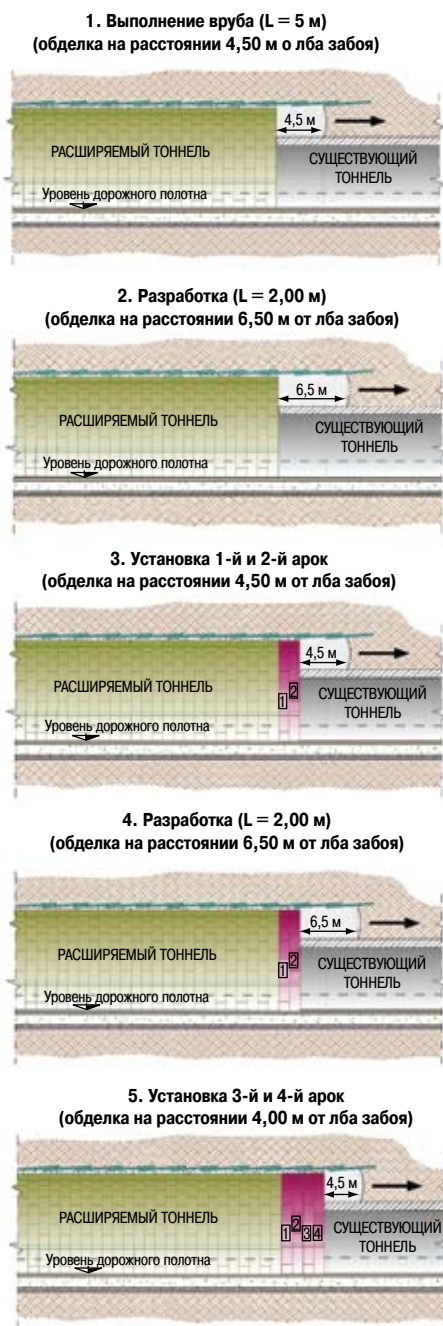


Рис. 2. Тоннель Наццано: циклы проходки

типа «ню-джерси». Двадцать центральных метров щита общей протяженностью 60 м соответствующим образом усилены изнутри. При проходке щит перемещался с помощью специальных гидроцилиндров таким образом, чтобы между лбом забоя и усиленной частью щита сохранялось необходимое расстояние.

Метод Наццано предусматривает выполнение ряда этапов, последовательная реализация которых обеспечивает промышленный цикл проходки.

Сами этапы и последовательность, в которой они выполнялись в проекте расширения без остановки движения в Наццано, показаны



Рис. 3. Мультифункциональная установка

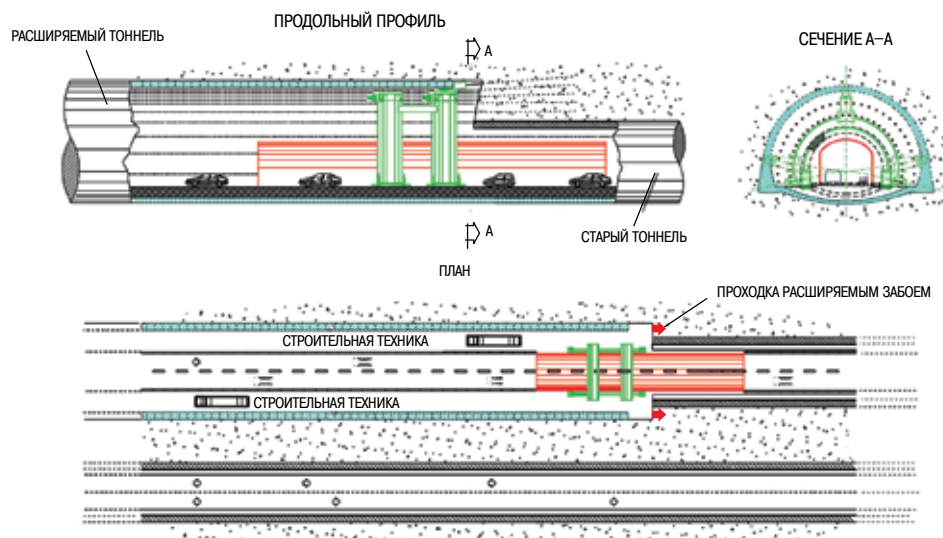


Рис. 4. Тоннель Наццано: план рабочей площадки

ны на рис. 2. Как видим, каждый цикл состоит из этапа зарубки и четырех следующих друг за другом этапов проходки и установки постоянной обделки из готовых элементов.

Длина заходки составляет 4 м, а расстояние между лбом забоя и последней аркой обделки меняется от 6,5 м (максимум) до 4,5 м (минимум).

Как уже отмечалось, операции механической зарубки и монтажа постоянной обделки активного свода выполняются одной и той же машиной — мультифункциональным устройством (МУ), представляющим собой прочную металлическую конструкцию в виде двойной арки (рис. 3).

На первой арке установлена тележка, которая перемещает цепную пилу, выполняющую зарубку, и систему торкретирования щелевого вруба. На пиле установлена зубчатая цепь, позволяющая разрабатывать грунт и одновременно удалять его из вруба.

По задней арке перемещается тележка с укладчиком, который в процессе проходки «захватывает» сегменты обделки и устанавливает в проектное положение. Специальные телескопические устройства (с выдвигаемыми консолями), закрепленные на этой же арке и оснащенные датчиками, позволяющими безопасно выполнять все необходимые перемещения, удерживают сегменты в требуемом

положении до тех пор, пока арка обделки не станет самонесущей. Машина перемещается от лба забоя до нейтрального положения над специальным щитом, отделяющим ее от осуществляемого внизу движения.

## Анализ данных

Как уже отмечалось ранее, расширение тоннеля без остановки движения предполагает работу в очень ограниченном пространстве, что вынуждает использовать компактные устройства, которые, тем не менее, должны работать на достаточно больших высотах (порядка 10 м) и достигать в заданных условиях максимальной производительности (рис. 4).

Скорость проходки при расширении двух тоннелей Наццано составляла 0,75–0,90 м/день, максимальная — около 1 м/день.

Учет времени выполнения каждого этапа цикла проходки и его вклада в производительность вместе с объективным анализом применяемой в Наццано технологии дали весьма полезные данные для улучшения и оптимизации метода.

В частности, анализировались данные производительности по макроэтапам на достаточном количестве циклов проходки. При расчете времени, затраченном на каждую операцию, оценивался также их средний вклад в полный цикл проходки, выраженный в процентах. Таким образом, выяснялся «вес» каждого этапа по отношению к циклу проходки (его влияние на производительность).

Результаты анализа приведены в таблице. Из них видно, какие этапы наиболее всего воздействуют на производительность и какие из них следует оптимизировать, чтобы существенно увеличить скорость работы. Например, больше других на скорость проходки влияет устройство постоянной обделки по принципу «активного свода», относительный «вес» этого этапа составляет 50%.

**Распределение времени по этапам зарубки, разработки и устройства обделки**

Рабочий этап	Средний вклад, %
Выполнение механической зарубки	22,0
Разработка грунта	24,1
Устройство постоянной обделки	46,1
Сопутствующие работы	7,8

## Критические точки

Сразу после успешного завершения эксперимента в Наццано началось углубленное изучение полученных данных с целью максимального улучшения и оптимизации метода.

Опыт Наццано выявил критические точки, на которые следовало в первую очередь обратить внимание, чтобы достигнуть производительности, которая бы в большей мере удовлетворяла интересам как подрядчика, так и заказчика, а именно:

- Оптимизировать управление работами на крайне ограниченном пространстве.

- Повысить производительность этапа устройства постоянной обделки типа «активный свод».

- Выбрать и оптимизировать операции, выполняемые с помощью специальных машин.

Что касается вышеуказанного первого пункта, то в связи с невозможностью увеличения расстояния между лбом расширяемого забоя и постоянной обделкой типа «активный свод» (так как нужно максимально быстро установить постоянную обделку внутри временной крепи полученной методом зарубки), а также произвольного увеличения размеров забоя (это привело бы к увеличению стоимости проекта), необходимо подумать о более рациональном использовании пространства над щитом. Из простой защитной конструкции щит может превратиться в настоящую «стройплощадку», которую можно использовать при работе в зоне лба забоя (транспортировка материалов, вывоз отработанного грунта и т. п.).

При таком подходе можно до минимума сократить случаи перемещения механизмов и материалов по проездам вдоль щита, из-за малых размеров которых существует риск столкновения машин и персонала. Возможности маневра здесь очень малы, что существенно замедляет темпы работы.

Что касается второго пункта, то данные, приведенные в таблице, со всей определенностью показывают, что более высокая производительность выполнения арок «активного свода» привела бы к значительному увеличению общей производительности.

В то время как оптимизация этапа устройства постоянной обделки должна начинаться с проектирования, оптимизация двух других этапов (зарубки и разработки) должна быть нацелена на способ выполнения операций, а также на выбор нового, более производительного оборудования.

И наконец, в рамках реализации третьего пункта возникла идея при помощи МУ выполнять также и операции этапа разработки.

Такое решение привлекательно экономией времени (до 10% цикла), уходящего на пере-

мещение и установку МУ, а также на устройство путей для его перемещения. Есть, однако, и недостатки, связанные с присутствием МУ вблизи лба забоя: уменьшение рабочего пространства, особенно при вывозе грунта, как на этапе зарубки, так и на этапе разработки, а также при подготовке поверхности для установки сегментов обделки.

Выбор, таким образом, будет зависеть от результатов анализа «выигрыш/потеря» времени с учетом исключения необходимости перемещения МУ и выполнения сопутствующих работ, а также от сравнения этих результатов с длительностью этапов, при которых рабочее пространство в зоне лба забоя сокращается еще больше.

## Применение метода в тоннеле Монтедомини

Заказчик проекта расширения тоннеля Наццано (компания Autostrade per l'Italia), воодушевленный результатом первого использования метода, решил применить эту же технологию для расширения тоннеля Монтедомини в рамках проекта реконструкции третьей полосы и добавления аварийной полосы на автострате А14 Болонья — Таранто на участке Анкона Север — Анкона Юг, который сейчас находится в процессе реализации.

Проектирование и функции технического надзора были поручены фирмам SPEA Ingegneria Europea Spa и ROCKSOIL Spa, а подряд на строительство получило акционерное общество GHELLA Spa.

Автодорожный переход Монтедомини длиной 280 м состоит из двух тоннелей; сейчас в нем по две полосы каждая шириной 3,75 м. Проект предусматривает расширение до трех полос по 3,75 м плюс одна аварийная полоса шириной 3 м на каждой проезжей части.

Протяженность участка расширения по методу Наццано — 217 м. Оставшиеся участки, расположенные вблизи порталов, будут преобразованы из естественного тоннеля в искусственный.

В отличие от тоннеля Наццано, пересекающего песчаный массив, тоннель Монтедомини сооружен в глинистых грунтах. Риск присутствия газа весьма невысок. Глубина заложения варьируется от нескольких метров до 25 м (максимум). Площадь разработки с обратным сводом, но без первоначального тоннеля, равна 211 м<sup>2</sup>.

## Оптимизация

На основе опыта, приобретенного в Наццано, в технологию работ были внесены не-

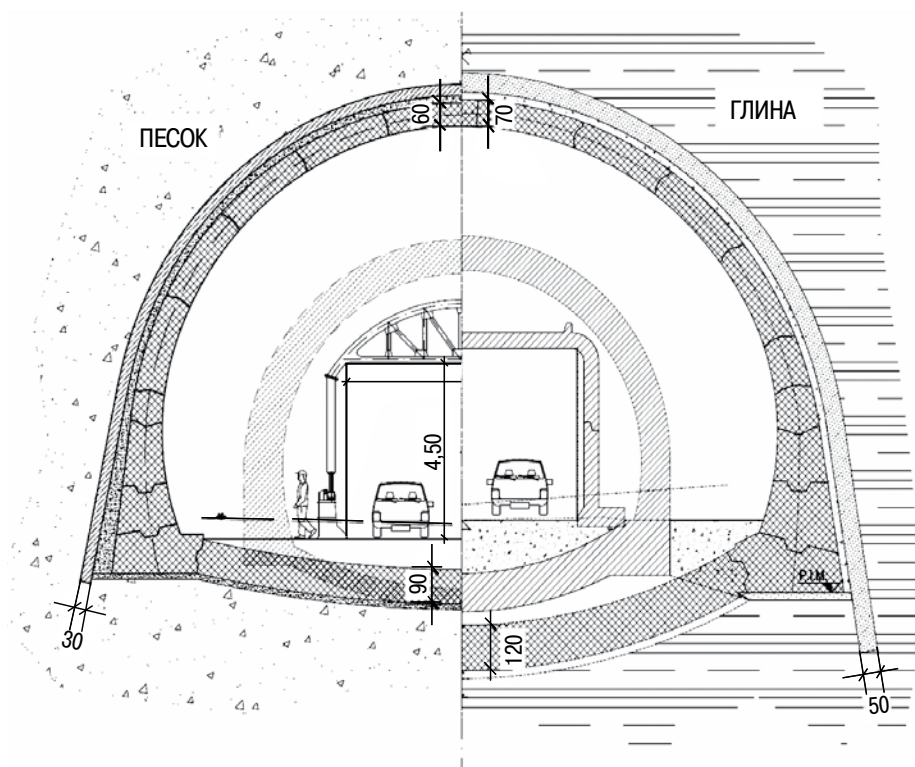


Рис. 5. Сравнение типовых сечений Наццано (слева) и Монтедомини (справа)



Рис. 6. Тоннель Монтедомини: щит, обеспечивающий безопасность движения

которые изменения, в основном касающиеся двух аспектов. Первый из них был вызван увеличением размеров площади разработки и различием геотехнических условий: пересекаемые грунты, скорее глинистые, чем песчаные. Второй аспект относится к оптимизации/улучшению исполнительной системы на основе приведенного выше анализа возможностей оптимизации плана площадки для различных этапов строительства.

Крупные размеры забоя и различие геотехнических условий привели к необходимости применения более мощной опере-

жающей крепи — толщиной 50 см (вместо 30 см) и длиной 6 м (вместо 5,5 м). В результате увеличился также и перехлест облочочек: вместо 1,5 м он стал равным 2 м.

Кроме того, увеличились также и размеры сегментов активного свода (толщиной от 2,2 до 2,8 м в основании и от 60 до 70 см в калотте), что привело к росту их максимального веса, достигнувшего 80 кН. Различия двух тоннелей предстали на рис. 5.

Что касается максимальных расстояний от лба забоя и заходки, то они остались такими же, как в Наццано: 6,5 и 4 м.

Очевидно, что с учетом приведенных конструктивных особенностей проекта ограничение площади призабойного пространства приводит к снижению производительности работ.

Как следует из рис. 6, 7, первое изменение, предпринятое для улучшения ситуации, касалось щита, обеспечивающего безопасность движения. В частности, передвижной металлический щит с профилем кривой формы в калотте был заменен на стационарный щит длиной около 400 м, полностью выполненный из железобетона и имеющий профиль прямоугольной формы.

В результате на верхней части щита способна разместиться настоящая строительная площадка, используя которую можно перемещать материалы, необходимые для работы в зоне лба забоя, сегменты для устройства постоянной обделки в калотте, бетон для закрепления вруба, подаваемый через систему размещенных там труб и насосов.

Данное новшество в первую очередь повысило безопасность проведения работ, сократив объем перемещения механизмов как в направлении лба забоя, так и в противоположную сторону. Это существенно снизило риск наезда техники на персонал, который теперь может передвигаться ко лбу забоя по поверхности выше щита, что исключает столкновение с механизмами, перемещающимися по краям проезжей части и расширяемого тоннеля.

Предлагаемая система имеет ряд преимуществ, среди которых:

- снижение риска работы в случае возникновения газовой опасности;
- улучшение качества воздуха и снижение уровня шума (рабочая площадка полностью отделена от находящейся под ней зоны транспортного движения);

- более удобное сообщение между двумя сторонами расширяемого тоннеля. Простые пандусы, сооруженные по бокам щита, повышают эффективность работы на расширяемом забое: стало проще подвозить материалы, выполнять эксплуатационные процедуры и действовать в нештатных ситуациях без мостового крана, который весьма дорогостоящ и достаточно сложен в использовании в данных условиях.

Кроме того, в случае если щит длиннее тоннеля, можно начинать работу в портовой зоне также и с противоположной стороны расширяемой выработки, организовать еще одну площадку, если расширяемый тоннель длиннее 500 м, так, чтобы можно было работать двумя забоями.

При наличии сплошной защитной конструкции длиной, соответствующей протяженности тоннеля, снижаются риски потери



внимания водителей, так как движение происходит внутри тоннеля с постоянным, а не с переменным сечением (как в случае с металлическим щитом в Наццано). С другой стороны, необходимо внимательно следить за высотой машин, въезжающих в тоннель, так как их застревание может привести к серьезным последствиям, чего ни в коем случае допускать нельзя.

На основе анализа первых результатов производительности, описанных выше, количество полуколец постоянной обделки уже на этапе проектирования было уменьшено с 4 (длиной 1 м) до 3 (длиной 1,33 м) на каждой заходке длиной 4 м. В результате объем операций по установке полуколец сократился на 25%, что, соответственно, привело и к сокращению объема вспомогательных операций (установка МУ и т. п.), так как время монтажа одного сегмента мало зависит от его размеров при использовании МУ с точно определенными размерами.

С целью реализации этого изменения и для получения дальнейших преимуществ в эксплуатации серьезным коррективам подверглось также и используемое оборудование для выполнения зарубки и «активного свода».

## Две машины вместо одной

Расширение тоннеля Монтедомини без остановки движения производится не с помощью одного МУ, состоящего из двух соединенных рам (как в Наццано), а с использованием двух отдельных устройств: одно из них предназначено непосредственно для выполнения механической зарубки, а второе — исключительно для сборки «активного свода» (рис. 8).

Основные компоненты машины для механической зарубки (рис. 9):

- группа вруба;
- передняя арка (для поддержки тележки);
- задняя арка (для поддержки вспомогательного оборудования);
- правая и левая направляющие;
- рабочие платформы и кабины управления;
- привод для набрызга.

Передняя арка состоит из трехзвенной металлоконструкции (две пяты и калотта): на рабочей фазе, когда пила находится с одной стороны, можно приподнять пяту с другой стороны, чтобы облегчить операцию вывоза грунта, образовавшегося при врубе.

Основные компоненты машины для установки сегментов «активного свода» (рис. 10):

- привод укладчика;
- подвижная платформа;
- передняя и задняя арки;



Рис. 7. Тоннель Монтедомини: пространство площадки над щитом



Рис. 8. Две машины, используемые для расширения тоннеля Монтедомини



Рис. 9. Машина для механической зарубки



Рис. 10. Машина для установки сегментов «активного свода»

- кронштейны;
- правая и левая направляющие.

Основное преимущество разделения функций двух устройств состоит в возможности использования более мощных и производительных машин, способных выполнять операции более крупного, чем в Наццано, вруба, а также устанавливать более тяжелые сегменты. Два устройства разделены таким образом, чтобы укладчик мог перемещаться над устройством для зарубки как в одном направлении — в сторону лба забоя, так и в обратном — в парковочное положение на расстоянии порядка 30–40 м от лба забоя. И наконец, существуют эксплуатационные преимущества, например увеличивается время перерыва в работе отдельных механизмов (по сравнению с подобным временем для МУ, по существу совпадающим исключительно с этапами проходки).

Разделение на устройство для механической зарубки и устройство для установки сегментов в определенной мере подтвердило правильность некоторых решений, принятых в Наццано, в частности о необходимости осуществления разработки и вывоза грунта экскаваторами и обычными погрузчиками, а не устройствами, смонтированными на рамах двух машин.

С учетом предыдущих улучшений сложился следующий цикл операций для проекта Монтедомини, схожий с реализованным в Наццано, а именно:

- Механическая зарубка (на расстоянии 6,5 м от последнего установленного кольца постоянной обделки).

- Установка двух полуколец постоянной обделки длиной 1,33 м каждое из сегментов.

- Разработка двух метров грунта.

- Установка одного полукольца постоянной обделки длиной 1,33 м из сегментов.

- Разработка двух метров грунта.

Последующие инновации относились к организации вывоза грунта после вруба с помощью автоматических эксгаустеров (насосов). Используя неопределенную трубу, легко подводимую к рабочей зоне, подобные устройства захватывают грунт и перемещают его в специальные контейнеры.

Работы по расширению тоннеля Монтедомини без остановки движения начались в сентябре 2013 года. К моменту написания настоящей статьи пока еще не получены сколько-нибудь значительные данные, позволяющие оценить результаты внедрения инноваций.

Тем не менее оптимизация щита, обеспечивающего безопасность движения, уже продемонстрировала очевидные преимущества, что в первую очередь относится к повышению безопасности труда и улучшению качества рабочей среды. Вполне возможно, что использование данного щита в качестве рабочей площадки, позволяет повысить эффективность рабочего пространства и существенно повышает дневную производительность работ.

Преимущества решения о создании двух различных устройств для выполнения

основных этапов цикла проходки (механической зарубки и установки тьюбингов) все еще находятся в стадии оценки. Тем не менее необходимость работы в больших забоях (порядка 3 м<sup>3</sup> на линейный метр) в достаточно устойчивых грунтах явилась основой решения об использовании мощной и высокопроизводительной машины.

## Реальная технология

Метод Наццано (расширение действующих транспортных тоннелей без остановки движения) в настоящее время находится в процессе усовершенствования: в итальянском тоннеле Монтедомини он применяется лишь во второй раз в мире. Если первое применение позволило — не без трудностей — решить проблемы недостаточности пространства для работы машин, то в Монтедомини были поставлены задачи оптимизации основных узких мест уже на этапе проектирования, а также на этапе организации производственного цикла.

Щит из препятствия и преграды превратился в оперативную целесообразность, обеспечив оптимальный и безопасный путь снабжения забоя всем необходимым. Сокращение числа операций установки полуколец (с 4 до 3 на каждый цикл), а также последующая оптимизация остальных этапов, дополненных инновационными технологическими достижениями последних 10 лет, должны привести к достижению еще более впечатляющих результатов по производительности, чем те, которые были получены в проекте расширения тоннеля Наццано.

В настоящее время на площадке в Монтедомини с нетерпением ожидают окончания стартового периода и начала режимной работы для завершения анализа внедрения инноваций в один из сугубо специальных методов увеличения пропускной способности подземных сооружений.

В любом случае накопленный опыт показывает, что расширение действующего тоннеля в настоящее время уже стало реальной технологией, которую можно использовать при необходимости приспособления имеющегося подземного объекта транспортной инфраструктуры к новым, более напряженным условиям функционирования. Метод Наццано с учетом последующих инноваций и оптимизаций может найти свое применение там, где нет других возможностей, например для городских тоннелей, а также автодорожных и железнодорожных тоннелей с выходом на виадуки или другие искусственные сооружения.

# AMPILAMENTO GALLERIA MONTEDOMINI IN PRESENZA DI TRAFFICO: EVOLUZIONE DEL METODO “NAZZANO”



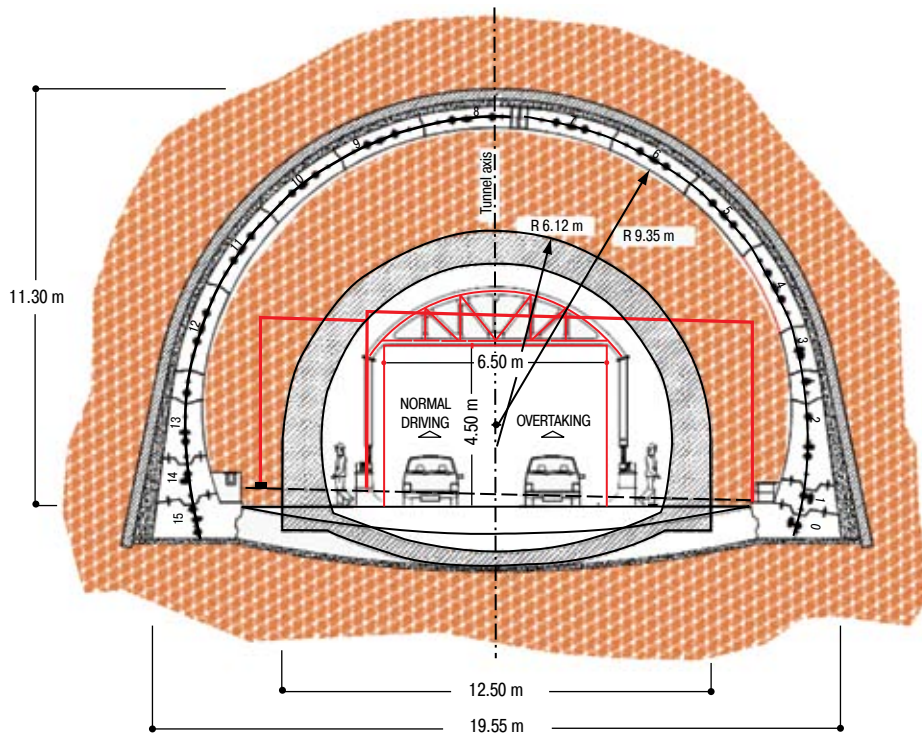
*Fino ad alcuni anni fa, quando era necessario ampliare una galleria stradale costituita da due tunnel affiancati mantenendo la continuità dell'esercizio, o si realizzava preventivamente un nuovo fornice dove deviare il traffico o si chiudeva a quest'ultimo uno dei due tunnel, riducendo conseguentemente il livello di servizio per gli utenti.*

*A partire dall'inizio degli anni 2000, in Italia è stata messa a punto, presso la galleria autostradale Nazzano, una tecnica ideata dallo scrivente, che consente di ampliare in sede una galleria stradale, autostradale, ferroviaria o metropolitana in continuità di traffico, senza quindi alterare sostanzialmente il livello di servizio dell'infrastruttura e senza necessità di ricorrere a onerose varianti di tracciato per realizzare nuovi fornici, né definitivi né provvisori, cosa peraltro non sempre fattibile a causa della mancanza degli spazi necessari.*

*Nel seguito, dopo aver sinteticamente descritto le modalità di realizzazione della prima sperimentazione mondiale del metodo per ampliare in continuità di traffico la Galleria Nazzano, si partirà dall'analisi dei dati ricavati nel corso di tale prima sperimentazione per poi illustrare le ottimizzazioni, le modifiche e le evoluzioni che si sono implementate nella seconda esperienza di ampliamento in sede di galleria in presenza di traffico attualmente in corso in Italia, presso la galleria Montedomini (autostrada A14).*

G. LUNARDI, A. BELFORE,  
ROCKSOIL S.p.A;  
A. SELLERI,  
SPEA Ingegneria  
Europea S.p.A;  
R. TRAPASSO, Ghella S.p.A

*Widening a motorway tunnel in the presence of traffic without resorting to alternative routes or reductions in the level of service was attempted for the first time in the world in the early 2000's to widen the Nazzano Tunnel (A1 Motorway, near Rome). Completion of that project constituted without doubt a true milestone for tunnelling. It demonstrated the feasibility and efficiency of the method, which by reducing land consumption to a minimum, made it possible to expand the capacity of strategic road, motorway or rail infrastructures without reducing the level of service during construction operations. The solution to widen the existing tunnel without interrupting traffic had now become a reliable and advantageous option for clients where possible alternatives (driving a third tunnel or closing traffic in the carriageway to be widened) can be more financially and socially costly than widening the existing tunnel.*



Galleria Nazzano: sezione tipo dell'ampliamento in presenza di traffico

## ASPETTI PRINCIPALI DEL METODO "NAZZANO"

Per poter realizzare l'ampliamento in sede di una galleria conservandone l'esercizio, è necessario innanzitutto individuare un sistema atto a garantire la totale sicurezza per gli utenti, che a tutti gli effetti transitano attraverso il cantiere di una complessa opera sotterranea in fase di costruzione. Allo stesso tempo, occorre disporre di un sistema costruttivo idoneo a consentire di eseguire le lavorazioni necessarie in spazi molto ridotti, essendo lo spazio centrale della galleria riservato al traffico in esercizio. La sicurezza degli utenti può essere conseguita attraverso l'installazione di una specifica protezione atta a separare fisicamente gli spazi di lavoro in galleria da quelli destinati alla circolazione.

L'apprestamento individuato a Nazzano per svolgere tale ruolo è "lo scudo di protezione del traffico" ovvero una "controgalleria" d'acciaio che separa l'area di cantiere dalla sede autostradale.

La protezione in questione deve rispondere ai seguenti requisiti:

- resistenza agli urti del materiale scavato o proveniente da malaugurati crolli, il quale cadendo va a gravare sulla protezione medesima;
- dimensioni tali da essere compatibile con il transito dei veicoli all'interno e con le dimensioni delle galleria da ampliare. In considerazione delle dimensioni e delle caratteristiche della galleria Nazzano, lo scudo adottato consentiva il transito su due corsie, una di marcia da 3,50 m per il

traffico pesante ed una di sorpasso da 3,00 m per i veicoli leggeri;

- resistenza ai potenziali urti dei veicoli in transito.

In generale, un tale scudo può essere metallico, di lunghezza inferiore alla galleria, semovente e continuamente posizionato a cavallo del fronte di scavo, come a Nazzano, oppure in calcestruzzo armato, di lunghezza superiore a quella della galleria e fisso.

La presenza dello scudo di protezione del traffico altera sensibilmente gli spazi di lavoro per l'ampliamento della galleria e condiziona in modo significativo le scelte costruttive. Una tipologia d'avanzamento standard, che preveda l'installazione di un prerivestimento costituito da centine d'acciaio e spritz-beton e il getto in opera del rivestimento definitivo ad una certa distanza dal fronte di scavo, mediante un cassero da galleria, risulterebbe sostanzialmente incompatibile con gli spazi a disposizione.

Pertanto si sono individuate due tecnologie per l'esecuzione del prerivestimento del cavo e del rivestimento definitivo che fossero adattabili al lay-out di cantiere determinato dalla presenza dello scudo di protezione del traffico.

La tecnologia individuata per la realizzazione del prerivestimento del cavo è quella del Pretaglio Meccanico, che consiste nell'esecuzione sul fronte di scavo in avanzamento, lungo il profilo di estradosso della galleria da scavare, di un'incisione nel terreno di lunghezza e spessore opportuni, da intasare immediatamente mediante calcestruzzo fibrorinforzato. Si realizza così un guscio di forma troncoconica, al di sotto del quale

avverrà lo scavo d'avanzamento. In particolare, a Nazzano il pretaglio era praticato per mezzo di un'attrezzatura capace di muoversi e operare totalmente al disopra dello scudo di protezione del traffico.

La tecnologia individuata per la realizzazione del rivestimento definitivo, invece, è quella nota come "Volta Attiva", che consiste nel montaggio, al di sotto dell'intradosso del guscio del pretaglio, di un arco di conci prefabbricati reso immediatamente autoportante attraverso l'azione di un martinetto piatto inserito nel concio di chiave.

Tale sistema permette di installare in tempi rapidissimi un rivestimento definitivo già portante a ridottissima distanza dal fronte di scavo (3-6 m).

Il montaggio dei conci prefabbricati può avvenire come a Nazzano con l'ausilio della stessa macchina utilizzata per l'esecuzione del pretaglio meccanico, condividendo la medesima struttura portante per movimentare, posizionare e sostenere i conci fino alla messa in compressione dell'arco. Anche quest'operazione può quindi essere svolta senza particolari difficoltà operando al di sopra dello scudo di protezione del traffico in maniera del tutto compatibile col peculiare lay-out tipico di un cantiere di ampliamento di una galleria in presenza di traffico.

La realizzazione dell'arco rovescio completa infine l'esecuzione delle lavorazioni d'ampliamento. Nel caso di tunnel a doppio fornice, l'arco rovescio può essere realizzato dopo aver allargato entrambe le canne, incanalando tutto il traffico in un fornice mentre si esegue l'arco rovescio nell'altro chiuso al traffico. Nel caso di fornici singoli o in presenza di volumi di traffico particolarmente rilevanti, l'arco rovescio può essere realizzato in due fasi: prima su tutto un lato della galleria ampliata, tenendo il traffico sull'altra metà e poi viceversa sull'altro lato. In tal caso i due getti saranno collegati tra loro mediante opportune armature manicottate.

## L'AMPLIAMENTO IN PRESENZA DI TRAFFICO DELLA GALLERIA NAZZANO

La galleria Nazzano è a due fornici di lunghezza pari a circa 337 m ciascuno ed è ubicata lungo l'autostrada A1 Milano-Napoli, a circa 40 Km da Roma. La galleria è stata ampliata da due a tre corsie più corsia di emergenza per ogni senso di marcia tra il 2004 ed il 2007. Il Committente dei lavori d'ampliamento era ASPI - Autostrade per l'Italia Spa, il Progetto e la Direzione Lavori erano affidati a ROCKSOIL Spa mentre l'Appaltatore era l'Impresa COSSI Costruzioni Spa.

L'area di scavo comprensiva di arco rovescio, esclusa la galleria esistente, era pari a 158 m<sup>2</sup>.

La galleria ampliata, che ha un raggio interno di circa 9,50 m, ospita oggi 4 corsie, tre di marcia ed una di emergenza

Lo scudo, lungo 60 m, aveva i 20 m centrali convenientemente rinforzati all'interno.

All'avanzare del fronte di scavo lo scudo veniva sistematicamente traslato per mezzo di appositi pistoni, in modo da mantenere la corretta corrispondenza tra questo e la parte rinforzata dello scudo.

Il metodo Nazzano consiste nella successione di più fasi di lavoro, che ripetute secondo un preciso ordine determinano il ciclo industriale di avanzamento. Il ciclo d'avanzamento misura 4 m di lunghezza e la distanza tra il fronte di scavo e l'ultimo arco di rivestimento montato varia da un massimo di 6.5 m a un minimo di 4.5 m.

Come già accennato, le operazioni di pretaglio e di assemblaggio del rivestimento definitivo a volta attiva sono realizzate utilizzando un'unica macchina operatrice, denominata Attrezzatura Multifunzione (A.M.), costituita da una robusta struttura metallica a doppio arco.

Sul primo arco è montato un carrello che porta la lama per l'esecuzione del pretaglio e il sistema per l'intasamento dello stesso. La lama è dotata di catena dentata opportunamente progettata per disgregare il terreno e contemporaneamente estrarlo dall'incisione.

Sull'arco posteriore, progettato e dimensionato specificatamente per la posa in opera dei conci di rivestimento, scorre un carrello dotato di "erettore", in grado di "agganciare" detti conci e andarli a posizionare correttamente in opera. Speciali strutture telescopiche (mensole retraibili), ancorate allo stesso arco e dotate di sensori che consentono di eseguire in sicurezza tutte le manovre indispensabili, sostengono nella giusta posizione i conci per tutto il tempo necessario affinché l'arco di rivestimento sia reso autoportante.

La macchina trasla dal fronte di lavoro alla posizione di riposo al di sopra di uno specifico scudo di traslazione che la separa, in fase di spostamento, dal traffico sottostante.

## ANALISI DEI DATI DI PRODUZIONE RICONTRATI DURANTE L'AMPLIAMENTO IN PRESENZA DI TRAFFICO DELLA GALLERIA NAZZANO

Come precedentemente accennato, l'ampliamento in presenza di traffico di una galleria comporta necessariamente un lay-out di cantiere caratterizzato da ridottissimi spazi operativi, tali da limitare fortemente in termini dimensionali le attrezzature utilizzabili, che devono comunque poter operare fino ad altezze considerevoli (circa 10 m).

Le suddette limitazioni hanno ovviamente dei fortissimi riflessi sulle massime produzioni conseguibili durante i lavori di ampliamento.

I valori delle velocità d'avanzamento ottenute nel corso dell'ampliamento sotto traffico dei due forni della galleria Nazzano oscillano tra 0.75 e 0.90 m/g, con picchi molto prossimi a 1 m/g

L'analisi della tempistica di ciascuna fase del ciclo d'avanzamento e la relativa incidenza sulla produzione, unitamente a un esame obiettivo delle modalità operative adottate a Nazzano, hanno fornito spunti di riflessione assai utili per il miglioramento e l'ottimizzazione del metodo.

In particolare, si sono analizzati i dati di produzione, organizzati per macro-fasi lavorative, relativi a un numero significativo di cicli d'avanzamento. Valorizzando la durata di ciascuna attività operativa, se ne è conseguentemente valutata l'incidenza percentuale media sul ciclo d'avanzamento.

Si è così individuato il "peso" di ciascuna fase sull'intero ciclo d'avanzamento e quindi sullo sviluppo della produzione.

La Tabella 1 illustra molto sinteticamente i risultati delle analisi svolte, da cui risulta agevole individuare le fasi che maggiormente incidono sullo sviluppo della produzione e dalla cui ottimizzazione possono derivare significativi incrementi sulla resa dell'avanzamento.

Si vede, in particolare, che la macro-fase lavorativa più incidente sulla tempistica del ciclo riguarda la realizzazione del rivestimento definitivo a "Volta Attiva", con un "peso" sulla produzione prossimo al 50%.

**Tabella 1**  
**Distribuzione percentuale in termini temporali delle fasi di pretaglio, scavo e rivestimento**

FASE ESECUTIVA	INCIDENZA MEDIA IN PERCENTUALE
Esecuzione del pretaglio meccanico	22,0
Esecuzione dello scavo d'avanzamento	24,1
Montaggio del rivestimento definitivo	46,1
Lavorazioni accessorie	7,8

## POSSIBILI OTTIMIZZAZIONI E INNOVAZIONI DEL METODO NAZZANO

Una volta conclusa con buon successo la sperimentazione, a Nazzano, dell'ampliamento in sede di una galleria in presenza di traffico, si è dato inizio a una fase di studio approfondito delle evidenze emerse, al fine di migliorare e ottimizzare quanto più possibile il metodo in vista di una possibile nuova applicazione.

L'esperienza maturata a Nazzano evidenziava diverse criticità su cui intervenire al fine di

migliorare il metodo impiegato e conseguire obiettivi di produzione ancor più soddisfacenti sia per l'Appaltatore che per il Committente:

- ottimizzazione della gestione dei ridottissimi spazi operativi disponibili;

- miglioramento della resa produttiva della fase di esecuzione del rivestimento definitivo a volta attiva;

- scelta e ottimizzazione delle operazioni da far svolgere a macchine dedicate.

Per quanto concerne il primo punto, posto che lo spazio disponibile tra il fronte d'allargo e il rivestimento definitivo a volta attiva non può essere incrementato dato che il guscio di pretaglio necessita di essere contenuto quanto prima da detto rivestimento, né d'altra parte è possibile incrementare indistintamente le dimensioni dell'area di scavo che hanno una diretta e rilevante incidenza sui costi dell'opera, è allora indispensabile ipotizzare un diverso utilizzo dello spazio disponibile sopra lo scudo di protezione del traffico, che da mero elemento di protezione e sicurezza può divenire una vera e propria "area di cantiere" utile per alimentare le aree di lavoro al fronte (trasporto dei materiali, allontanamento dello smarino con nastri trasportatori, ecc.).

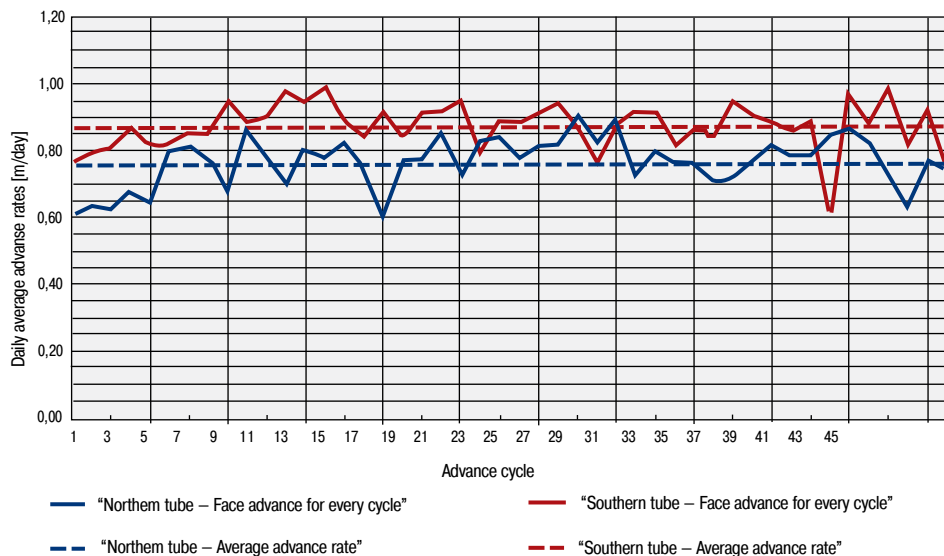
In questo modo si può ridurre al minimo il transito di mezzi e materiali lungo le vie a lato dello scudo, che per le loro ridotte dimensioni comportano un significativo rischio di interferenza tra i mezzi in transito e le maestranze, offrendo scarsissimi margini di manovra e determinando, di conseguenza, apprezzabili rallentamenti nella produzione.

Riguardo al secondo punto (miglioramento della resa produttiva della fase di esecuzione del rivestimento definitivo a volta attiva), i dati esposti al paragrafo precedente mostrano al di là di qualsiasi dubbio che una migliore resa produttiva dell'esecuzione degli archi della Volta Attiva avrebbe importanti ripercussioni sulla resa produttiva complessiva.

Mentre l'ottimizzazione della fase di esecuzione della Volta Attiva deve essere ricercata fin dalla fase progettuale, le ottimizzazioni delle altre due fasi principali (Pretaglio e Scavo) sono da ricercarsi maggiormente nelle modalità esecutive e nella scelta di attrezzature nuove e più performanti.

Riguardo infine al terzo punto (scelta e ottimizzazione delle operazioni da far svolgere a macchine dedicate) si è riflettuto soprattutto sulla possibilità di affidare all'A.M. anche la fase di scavo.

A favore di questa ipotesi stanno i vantaggi derivanti dall'eliminazione di tutti i tempi connessi con la traslazione o il piazzamento dell'A.M. e con la realizzazione dei binari di traslazione della stessa, per una riduzione teorica di circa il 10% della durata del ciclo.



Galleria Nazzano: le velocità d'avanzamento del fronte d'allargò (corrispondenti al progresso della galleria allargata e già definitivamente rivestita)

Ci sono però anche alcuni svantaggi connessi con la presenza dell'A.M. al fronte: riduzione degli spazi disponibili, soprattutto per le operazioni di smarino, sia in fase di pretaglio sia in fase di scavo, nonché per le operazioni di preparazione del sottofondo per il rivestimento definitivo in conci prefabbricati.

La scelta sarà quindi influenzata dal risultato di un'analisi "costi/benefici" in termini temporali, correlata alla riduzione dei tempi connessa all'eliminazione delle traslazioni dell'A.M. e dei lavori accessori, da comparare con la maggior durata delle fasi esecutive penalizzate dall'ulteriore riduzione di spazi disponibili al fronte.

## APPLICAZIONE DEL METODO DI AMPLIAMENTO IN PRESENZA DI TRAFFICO ALLA GALLERIA MONTEDOMINI

La stessa Committente che aveva commissionato l'ampliamento della galleria Nazzano in presenza di traffico, Autostrade per l'Italia S.p.A., forte dei positivi risultati raccolti in tale prima esperienza, ha deciso di utilizzare la medesima metodologia di ampliamento anche per allargare la galleria Montedomini, nell'ambito dei lavori di ammodernamento alla terza corsia più emergenza dell'Autostrada A14 Bologna-Taranto nella tratta tra Ancona Nord ed Ancona Sud, al momento in corso di realizzazione.

Per questo nuovo lavoro, il Progetto e la Direzione Lavori sono stati affidati a SPEA INGEGNERIA EUROPEA Spa e a ROCKSOIL Spa, mentre la costruzione è stata affidata all'Impresa GHELLA Spa.

La galleria Montedomini, a doppio fornice, è lunga circa 280 m e attualmente ospita due

corsie per carreggiata da 3,75 m ciascuna. Il progetto in corso ne prevede l'ampliamento a tre corsie da 3.75 m + una corsia di emergenza da 3.00 m per ogni carreggiata.

Il tratto di galleria che sarà ampliato con il sistema Nazzano misura 217 m. I tratti restanti, in corrispondenza degli imbocchi, saranno infatti trasformati da galleria naturale a galleria artificiale.

A differenza della galleria Nazzano, che attraversava terreni sabbiosi, la galleria Montedomini interessa terreni argillosi. Il rischio di incontrare gas in fase di scavo è molto basso.

La copertura varia da pochi metri fino ad un massimo di 25 m. L'area di scavo comprensiva di arco rovescio, ma esclusa la galleria esistente, è pari a 211 m<sup>2</sup>.

Sulla base dell'esperienza di Nazzano sono state apportate alcune modifiche alle modalità di esecuzione dell'opera d'ampliamento. Tali modifiche possono essere ricondotte a due motivi principali. Il primo riguarda le maggiori dimensioni dell'area di scavo e le differenti condizioni geotecniche al contorno, con presenza di terreni argillosi anziché sabbiosi. Il secondo riguarda le ottimizzazioni/miglioramenti del sistema esecutivo, sulla base delle riflessioni e delle analisi esposte nel paragrafo precedente riguardo alle ottimizzazioni del lay-out di cantiere delle diverse fasi costruttive.

Le maggiori dimensioni dello scavo e le differenti condizioni geotecniche hanno reso necessaria l'adozione di un guscio di pretaglio più potente: 50 cm di spessore anziché 30 e 6 m di lunghezza anziché 5.5. Si è incrementata di conseguenza anche la sovrapposizione tra i gusci di pretaglio portandola da 1,5 m a 2 m.

Sono aumentate inoltre le dimensioni dei conci del rivestimento definitivo a volta attiva (da 2,2 a 2,8 m di spessore alla base e da 60 a 70 cm di spessore in calotta) e come conseguenza delle

maggiori dimensioni è aumentato anche il loro peso massimo, che arriva a 80 KN.

Viceversa la massima distanza dal fronte e l'ampiezza del ciclo di avanzamento sono rimaste invariate rispetto alla Galleria Nazzano e pari rispettivamente a 6,5 m e 4,0 m.

Ovviamente, tenuto conto anche degli aspetti strutturali del progetto appena illustrati, il lay-out di cantiere con disponibilità di spazi di lavoro molto ridotta risulta molto penalizzante per la produzione anche nel caso della galleria Montedomini.

In tal modo lo scudo di protezione può ospitare sulla sua sommità una vera e propria area di cantiere, attraverso la quale possono essere trasportati i materiali necessari al fronte di scavo (conci prefabbricati per la calotta del rivestimento definitivo, calcestruzzo per l'intasamento del pretaglio e dei suddetti conci di rivestimento, mediante un sistema di tubazioni e pompe ivi alloggiato).

Questa modifica ha comportato in primo luogo un ambiente di lavoro più sicuro, riducendosi il transito di mezzi dall'esterno verso il fronte di scavo e viceversa, con sostanziale riduzione del rischio d'investimento per le maestranze che possono accedere al fronte muovendosi sulla superficie superiore dello scudo, senza interferire in alcun modo con i mezzi in movimento ai lati della sede stradale e della galleria da allargare.

Questo sistema apporta notevoli vantaggi anche in termini di:

- gestione del rischio gas, già molto ridotto;
- salubrità dell'aria e rumorosità dell'ambiente di lavoro, grazie alla totale separazione di questo dal sottostante traffico veicolare;
- più agevole comunicazione tra i due lati della galleria in allargò. Attraverso due semplici rampe di collegamento ai lati dello scudo si ottiene una migliore operatività al fronte d'allargò, sia per il trasporto dei materiali, sia per gli interventi di manutenzione, sia per eventuali soccorsi, senza dover utilizzare un carro ponte estremamente oneroso e difficile da gestire in quel contesto.

Inoltre uno scudo di lunghezza maggiore della galleria consente di iniziare le attività di predisposizione degli imbocchi anche dal lato opposto a quello d'avanzamento, oltre a consentire di organizzare un'altra unità produttiva qualora la galleria da allargare avesse lunghezza maggiore di 500 m, così da poter avanzare su due fronti.

In termini di gestione del traffico sottostante, la protezione continua lungo tutta la galleria riduce i rischi di "distrazione" per l'utente, che si trova a viaggiare all'interno di un ambiente a sezione costante e non variabile come nel caso dello scudo metallico semovente utilizzato a Nazzano. Per contro, è necessaria una maggior vigilanza contro l'ingresso di mezzi più alti dello scudo, che potrebbero incastrarvisi creando notevoli

disagi alla circolazione non essendo quest'ultimo traslabile in alcun modo.

Sulla base dei risultati delle analisi di produzione prima descritte, già in fase di progettazione si è provveduto a ridurre da 4 (di 1 m di lunghezza ciascuno) a tre (di 1.33 m di lunghezza ciascuno) il numero di archi di rivestimento prefabbricato da montare per ogni ciclo d'avanzamento di 4 m. In questo modo si riducono del 25% le operazioni di montaggio degli archi, con un evidente beneficio correlato anche alla conseguente riduzione del numero di operazioni accessorie (piazzamento dell'A.M., ecc.), posto che i tempi d'installazione di un concio poco dipendono dalle sue dimensioni se l'A.M. dedicata al montaggio è correttamente dimensionata.

Per realizzare questa modifica e guadagnare ulteriori benefici in termini di gestione delle fasi di manutenzione è stata realizzata un'importante variazione anche sulle attrezzature dedicate alla realizzazione del Pretaglio e della Volta Attiva.

L'ampliamento in sede in presenza di traffico della galleria Montedomini, infatti, non viene realizzato utilizzando un'unica A.M., costituita da 2 portali solidarizzati come a Nazzano, ma da due macchine distinte: una dedicata esclusivamente all'esecuzione del Pretaglio Meccanico e una dedicata esclusivamente all'assemblaggio della Volta Attiva.

I principali componenti della Macchina per il Pretaglio sono:

1. Gruppo di taglio
2. Arco anteriore supporto carrello
3. Arco posteriore supporto ausiliari
4. Telai di base destro e sinistro
5. Piattaforme di lavoro e Cabine di Guida
6. Braccio spritz

L'arco anteriore è costituito da tre parti di carpenteria metallica (2 piedritti e 1 calotta): in fase operativa, quando la lama è localizzata da un lato è possibile sollevare un piedritto sul lato opposto, al fine di agevolare le operazioni di smarino dell'incisione di pretaglio.

I principali componenti della Macchina Posa Conci sono:

1. Braccio erettore
2. Piattaforma mobile
3. Arco anteriore e posteriore
4. Mensole
5. Telai di base destro e sinistro

Il principale vantaggio correlato allo scorporo delle funzionalità delle due macchine riguarda la possibilità di costruire attrezzature più potenti e performanti, in grado di realizzare incisioni di pretaglio più importanti rispetto al caso della galleria Nazzano e porre in opera conci di maggior peso. Le due macchine sono strutturate in modo che la Macchina Posa Conci possa traslare al di sopra della Macchina per il Pretaglio sia in andata verso il fronte di scavo che al ritorno

verso la posizione di riposo a circa 30–40 m di distanza dal fronte stesso. Risultano infine presenti anche vantaggi correlati alla gestione della manutenzione, poiché aumentano i tempi di riposo delle attrezzature singole rispetto ai tempi di riposo possibili per l'Attrezzatura Multifunzione, che in sostanza coincidono esclusivamente con le fasi di scavo.

La scelta di separare le Macchine Operatrici per Pretaglio e Volta Attiva ha implicitamente confermato anche la validità di alcune scelte condotte a Nazzano in ordine alla necessità di eseguire la fase di scavo e di allontanamento del materiale per mezzo di escavatori e pale tradizionali, piuttosto che per mezzo di utensili montati sui portali delle due macchine.

Dalle ottimizzazioni precedenti deriva, per la galleria Montedomini, il seguente ciclo di scavo, simile a quello della galleria Nazzano. Le fasi esecutive che lo compongono sono:

1. Esecuzione del Pretaglio Meccanico (fronte a 6.5 m dall'ultimo anello di rivestimento montato);
2. Montaggio di 2 archi di rivestimento di conci prefabbricati di 1.33 m di lunghezza ciascuno;
3. Scavo di 2 m in avanzamento;
4. Montaggio di 1 arco di rivestimento di conci prefabbricati di 1.33m di lunghezza;
5. Scavo di 2 m in avanzamento.

Ulteriori innovazioni hanno riguardato la fase di smarino del materiale di pretaglio, che viene eseguita per mezzo di "aspiratori" automatici. Attraverso un tubo in neoprene che raggiunge agevolmente le zone di intervento, questi convogliano il materiale da asportare verso un idoneo mezzo a cassone.

I lavori di ampliamento in presenza di traffico della galleria Montedomini sono iniziati a Settembre 2013. Al momento della stesura della presente memoria sono stati realizzati pochi cicli d'avanzamento, di conseguenza non sono possibili valutazioni o analisi di dati significative, tali da poter convalidare, sulla base di una miglior resa produttiva, le ottimizzazioni proposte.

Peraltro l'ottimizzazione dello scudo di protezione del traffico ha già mostrato i propri evidenti benefici, soprattutto in termini di sicurezza delle maestranze e di salubrità dell'ambiente di lavoro. È molto probabile che l'utilizzo dello scudo come area di cantiere, col conseguente incremento dell'efficienza degli spazi di lavoro, possa apportare notevoli benefici anche in termini d'incremento della produzione giornaliera.

La scelta di costruire due attrezzature per le due fasi principali del ciclo d'avanzamento (Esecuzione del Pretaglio Meccanico e Posa dei Conci di rivestimento) è ancora soggetta a valutazioni sugli effettivi benefici prodotti. Peraltro la gestione di un taglio di dimensioni così rilevanti (3 m3 per metro lineare di sviluppo), in terreni abbastanza consistenti, ha decisamente condotto

verso questo tipo di scelta, che consente l'uso di una macchina molto potente e performante.

## CONCLUSION

Il metodo "Nazzano" di ampliamento in sede in presenza di traffico di una galleria stradale, autostradale, ferroviaria o metropolitana è in fase di evoluzione nell'ambito della seconda applicazione mondiale di questo sistema costruttivo, attualmente in corso in Italia presso la galleria Montedomini dell'autostrada A14. Se la prima applicazione aveva risolto, non senza difficoltà, alcune problematiche di gestione degli spazi molto ridotti a disposizione delle macchine operatrici, a Montedomini si è cercato di ottimizzare già in fase di progettazione, ma anche in fase di organizzazione del ciclo produttivo, le principali criticità del metodo.

Lo scudo di protezione del traffico da ostacolo e vincolo è stato trasformato in opportunità operativa, costituendo la principale e più sicura via d'alimentazione del fronte di lavoro.

La riduzione delle operazioni di montaggio dei conci da 4 a 3 per ciclo e le altre ottimizzazioni per tutte le fasi di lavoro, correlate anche alle innovazioni tecnologiche intervenute negli ultimi 10 anni, dovrebbero consentire il raggiungimento di obiettivi di produzione ancor più incoraggianti di quelli già buoni conseguiti nell'ampliamento in presenza di traffico della galleria Nazzano.

In conclusione, ad oggi a Montedomini attendiamo con impazienza la fine del periodo di avvio e di messa a punto delle lavorazioni per poter scrivere un'ulteriore pagina di innovazione nell'ambito di una tecnica molto particolare di potenziamento delle infrastrutture sotterranee.

In ogni caso le esperienze della galleria Nazzano e della galleria Montedomini sin qui acquisite dimostrano che l'ampliamento in sede in presenza di traffico di una galleria è oggi una reale possibilità da considerare ogni volta che si deve valutare l'adeguamento di un'infrastruttura esistente, con tratte in sotterraneo, a nuove e più onerose condizioni di traffico. Il metodo Nazzano, con le successive innovazioni e ottimizzazioni, può trovare il suo sviluppo naturale laddove non esistono possibilità alternative come nel caso di gallerie urbane o di gallerie stradali o ferroviarie con sbocchi su viadotti o altre opere d'arte.

## ACKNOWLEDGEMENTS

Gli Autori desiderano ringraziare Gennarino Tozzi e Giovanni Scotto Lavina di Autostrade per l'Italia Spa, Antonio Formichella di Rocksoil Spa e Giandomenico Ghella, Roberto Alberati e Francesco Palchetti di Ghella Spa per gli importantissimi contributi a diverso titolo forniti per la stesura di questo articolo, ma soprattutto per la realizzazione della galleria Montedomini.



В.И. АНИЩЕНКО,  
исполнительный директор  
независимой  
инжиниринговой компании  
ООО «Спецмодульпроект»

*Microtunneling or horizontal drilling: which of these technologies is preferable when building a main pipeline under natural and artificial obstacles? Through concrete examples the author shows that one-size-fits-all tunneling method does not exist. In each particular case it is necessary to analyze project data, to consider the requirements as to the tunneling axis, the nature of obstacles ecc.*

# МИКРОТОННЕЛИРОВАНИЕ: КАК УВЕЛИЧИТЬ ДЛИНУ И СКОРОСТЬ ЩИТОВОЙ ПРОХОДКИ?

*В последнее время среди строителей переходов для укладки магистральных трубопроводов не утихает дискуссия по поводу наиболее предпочтительного метода устройства дюкера под естественной или искусственной преградой. Само собой разумеется, что подрядчики выбирают метод проходки, исходя из назначения трубопровода, соотношения его длины и диаметра, на основе данных геологической разведки, с учетом собственного парка оборудования, опыта и существующих технологических новинок.*



## Микротоннелирование или ГНБ?

К сожалению, в России одним из главных критериев выбора метода проходки зачастую становится цена проекта. Это приводит к тому, что заказчик или подрядчик, не привязываясь к определенным проектным условиям, прямо ставит вопрос: что дешевле, ГНБ или микротоннель. Он смотрит на средние расценки на рынке и делает вывод: ГНБ дешевле, в чем и заключается основная ошибка выбора, ведь в данном случае средняя цена контракта по стране — это то же самое, что средняя температура по больнице.

Сделав выбор, заказчик обращается к российскому проектному институту и просит оформить проект методом ГНБ от точки А до точки Б. В последнее время «оформить» стало ключевым словом в проектном бизнесе. Неопытный проектный институт заказчика не интересует, поэтому обычно выбранная организация уже имеет опыт бестраншейного проектирования, что не всегда, но очень часто означает наличие на полке старого проекта с заветными буквами «ГНБ» на титульном листе. Старый проект «переделяется» и проходит экспертизы и разрешения.

За период моей работы в России я видел на бумаге и в поле штольни с высотой потолка более двух метров для прокладки двух труб диаметром 250 и 300 мм на длину 30 м; сегментные тоннели длиной 60 м и диаметром 2,5 м за тысячу км от ближайшего города; переходы ГНБ в скальных трещиноватых грунтах, стоимость которых за метр сравнима со стоимостью метро; переходы под железнодорожными насыпями в болоте, выполненные методом домкратного продавливания с человеком в трубе (диаметр 1200 мм, длина более 100 м), которые располагались под столбом воды в 6 м, при этом вода откачивалась небольшим насосом. В последнем случае гибели людей удалось избежать, но затраты на исправление ошибок превысили стоимость проекта в три раза и заняли в шесть раз больше времени, чем строительство обычного микротоннеля.

Нельзя забывать, что бестраншейные работы являются объектом повышенной опасности, и к выбору метода следует подходить внимательно с учетом специфики каждого конкретного проекта. И прежде чем принимать важные решения, необходимо обратиться к профессионалам, услышать мнения специалистов нескольких наиболее известных в мире подрядных организаций.

Для того чтобы поделиться опытом по поводу применения всех бестраншейных технологий, страниц одного журнала не хватит, поэтому ограничусь одной из наиболее

острых на сегодняшний день тем: применением микротоннеля небольшого диаметра для строительства переходов трубопроводов большой протяженности.

Со стороны заказчика оптимальным является метод, обладающий надежностью, предсказуемостью, соответствующий всем экологическим и природоохранным требованиям, а главное — обеспечивающий высокую скорость проходки.

ГНБ является и будет оставаться наиболее часто применяемой технологией для строительства переходов трубопроводов через естественные и искусственные преграды. Этот метод подходит для бурения в глине и песке, может использоваться и в скалах, имеет большие преимущества по протяженности. В мире уже накоплен широкий опыт проходки ГНБ на расстояния до двух километров и более. Но исполнители указывают на высокие риски при ведении работ в нестабильных геологических условиях, например в грунтах с вкраплениями гальки и валунов, на сложности, связанные с утилизацией большого количества бурового раствора и трудности при выдерживании точной проектной геометрии скважины.

Многое из перечисленного преодолевается при устройстве дюкера способом микротоннелирования, что имеет смысл в следующих случаях:

- экстремально сложные геологические условия, наличие валунно-галечниковых зон, больших зон поглощения, разломов, высокого коэффициента кавернозности породы, сильной трещиноватости скального грунта;

- специальные требования по просадкам поверхности: проходка под полотном железных и автомобильных дорог, проходка в слабых грунтах под зданиями и сооружениями, связанная с необходимостью проведения мероприятий по закреплению грунта;

- недостаточное место для того, чтобы выложить трубу, сильно стесненные условия;

- особо высокие требования к точности оси проходки: самотечные канализационные коллекторы, водостоки (требуемая точность более 15 см на 1 км).

Следует отметить, что в случае с микротоннелированием заказчик получает прочное и долговечное инженерное сооружение, позволяющее в любой момент произвести ремонт и замену дюкера без значительных затрат на строительные работы.

### Проходка с гидропригрузом

Прежде чем подобрать тоннелепроходческое оборудование, следует получить данные геологоразведки.

Условно геологические условия можно разделить на три типа без учета их обводненности: скальные грунты, мягкие (песок, глина) и смешанные породы. Для каждого из них производитель оборудования подбирает свой тип рабочего органа.

Если предстоит проходка в скальных породах, рабочий орган проектируют с небольшими отверстиями для забора грунта, и основным инструментом в данном случае являются дисковые шарошки, скальвающие породу, и ковшовые резцы, которые направляют размельченный грунт в забойную камеру.

При ведении работ в скале есть и другие интересные решения. Для смывания и быстрого перемешивания скальной крошки с водой следует увеличить объем воды, подаваемой форсунками в забой. Инженерное решение этого вопроса — форсунки среднего давления, устанавливаемые на поверхности конусной дробилки машины. Но при увеличении количества воды, подаваемой в забой, возникает опасность того, что перемолотая порода попадет в затрубное пространство и вызовет обжатие машины и остановку работ. Для предотвращения этого неприятного явления в затрубном пространстве следует создать избыточное давление, подавая туда бентонит из-под юбки стартового уплотнения и воду из отверстия в нижней части машины.

При работе в мягких грунтах перед нами не стоит задача размельчать породу. Грунт следует эффективно доставить в забойную камеру, где он смешается с водой. Поэтому рабочий орган имеет более «открытый» вид и большие окна для забора породы. Основным режущим инструментом данного рабочего органа являются обводные резцы, а ковши располагаются по периметру.

Однако геологические условия не всегда бывают однородными, часто в песке или в глине встречаются вкрапления гальки и валуны или слои твердого и мягкого грунта могут перемежаться между собой на одном интервале. Для таких случаев и был разработан рабочий орган для смешанных геологических условий, с которым можно вести проходку как в мягком, так и в скальном грунте. На нем установлены резцы и дисковые шарошки, размер окон при этом — средний.

При рассмотрении возможности микротоннелирования в плане соотношения «диаметр — возможная длина» следует понимать, что для длины проходки более 200 м силовой агрегат привода машины с гидроприводом следует установить непосредственно в тоннельной машине. Гидравлические потери на перекачку масла на расстояние более 250 м снижают эффективность и повышают опасность горных работ.



Маршрут следования тоннеля в Дюнкерке

Тоннелепроходческие машины для домкратного продавливания труб, начиная от диаметра 1200 мм (внутренний), имеют возможность доступа в забой для замены режущего инструмента, что позволяет вести проходку на большую длину без устройства промежуточных шахт.

Но обслуживание машины в забое является работой повышенной опасности. Ведь проходка чаще всего ведется в обводненных грунтах, и для обеспечения доступа персонала в забой давление воды компенсируется сжатым воздухом и работа ведется в кессоне.

Для равномерного распределения усилий в процессе проходки методом домкратного продавливания труб необходимо установить домкратные рамы на всем интервале проходки.

Комплекс вышеупомянутых конструктивных и технологических мер для машин с гидропригрузом дает возможность говорить о следующем соотношении диаметра машины и длины тоннеля для устройства дюкера:

Внутренний диаметр тоннеля, мм	Возможная длина проходки, км
1200	0,5
1500	0,8
1600	1
1800	1
2000	1,5

Нельзя забывать, что для каждого конкретного проекта длина проходки рассчитывается, исходя из:

- реальных геологических условий с учетом максимально возможной нагрузки на главный подшипник;
- производительности транспортных насосов;
- эффективности работы сепарации;
- характера воздействия ТПК на грунт и т. д.

### Проходка с грунтопригрузом

Ограничения длины проходки тоннелепроходческого комплекса с гидропригрузом связаны, помимо геологии, главным образом с потерями давления жидкости при гидротранспорте. Иногда при высоком давлении грунтовых вод и необходимости сегментной проходки применяются кессонные машины со сжатым воздухом в забое. Если мы имеем дело с относительно невысоким давлением грунтовых вод и перед нами стоит задача построить тоннель большой длины диаметром от 2,5 м, возможно, одним из лучших вариантов будет применение машины с грунтопригрузом. При технико-экономическом сравнении двух видов проходки — с гидро- и грунтопригрузом — более интересной выглядит проходка машиной типа EPB с грунтопригрузом по следующим причинам:

- меньшие затраты на воду;
- меньшие затраты на утилизацию грунта;
- упрощение логистических операций по обслуживанию стройплощадки;
- меньшее количество персонала;
- меньшее количество оборудования, которое может иметь меньшую стоимость

при том же диаметре тоннеля и длине проходки;

- теоретически длина проходки не ограничена, но на практике она лимитируется логистикой в тоннеле.

### Тоннель в Дюнкерке

В июле 2012 года компания Bessac начала прокладку уникального тоннеля в Дюнкерке (Франция), аналогов которому на сегодняшний день нет. Он строился для укладки в него двух трубопроводов магистрального диаметра для подачи сжиженного природного газа в существующую газотранспортную систему Европы.

Работами занимался ведущий европейский подрядчик, который одновременно являлся производителем тоннельного оборудования, он и разработал уникальный тоннельный комплекс, позволивший построить тоннель длиной 5 км и диаметром всего 3 м.

На настоящее время это второй по значимости проект во Франции после строительства атомной электростанции в Фламанвиле.

Ввод в эксплуатацию, намеченный на конец 2015 года, обеспечит дополнительную поставку 13 трлн м<sup>3</sup> природного газа в год, что составит 20% от потребности Франции и Бельгии, вместе взятых.

На стройплощадке находятся около 1500 человек, занятых следующими видами работ:

- строительство глубоководного причала во внешней гавани Дюнкерка;



- создание в море платформы в 50 га и армированных каменных колонн справа от каждого газового баллона;

- строительство трех цилиндрических резервуаров для сжиженного газа из предварительно напряженного бетона ( $H = 60$  м,  $D = 90$  м,  $V = 190$  тыс. м<sup>3</sup> каждый);

- прокладку трубопроводов с теплоносителем и теплообменником для регазификации сжиженного газа;

- строительство тоннеля с внутренним диаметром 3 м и длиной 5 км, глубина заложения сооружения — от 30 до 50 м;

- строительство газопровода для подключения нового терминала к французским и бельгийским газораспределительным сетям.

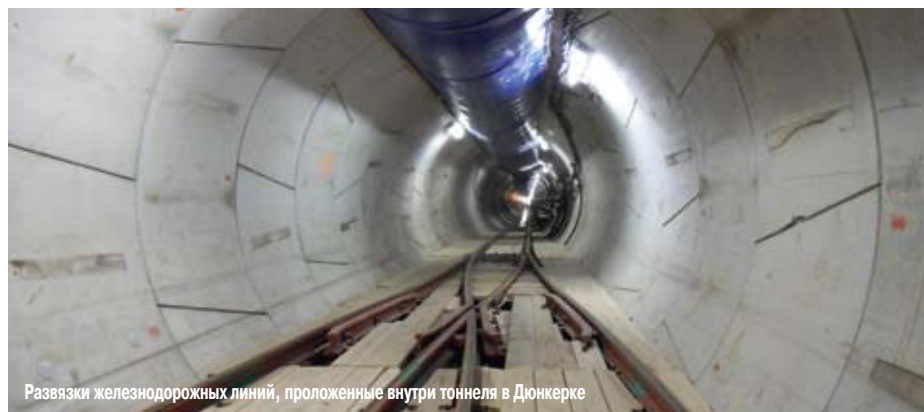
Шахта тоннеля строилась методом «стена в грунте». Ее общая глубина — около 70 м, сооружение состоит из двух частей:

- нижняя площадка  $\varnothing 16$  м,  $H = 52$  м, где размещен козловый кран для подъема шлама из тоннеля;

- верхняя площадка с центральной насосной станцией выполнена в виде стакана высотой 17 и  $\varnothing 24$  м.

Грунт представляет собой морские и аллювиальные отложения с пластами глины мощностью до 35 м, что способствовало использованию машины с грунтопригрузом под морским дном. С одной стороны, водонепроницаемость глины позволила применить более экономичную технику, с другой — строителям пришлось преодолевать проблемы, связанные с твердостью грунта.

Группа CSM Bessac разработала и изготовила машину с грунтопригрузом внешним



Развязки железнодорожных линий, проложенные внутри тоннеля в Дюнкерке

диаметром 3,8 м, способную выдерживать давление воды 5 бар. Малый диаметр сооружения наложил свои сложности: в тоннеле пришлось строить развязки с учетом длины подвижного состава в 82 м.

В мае 2013 года создан глубокий котлован для сборки машины EPB. Щит запущен в сентябре 2013 года в точном соответствии с графиком работ.

Перечислю наиболее интересные технические решения, использованные при строительстве:

- применение в забое полимеров и биоразлагаемой пены для кондиционирования глины и снижения затрат на логистику;

- применение поезда с четырьмя локомотивами, с семью вагонетками для транспортировки шлама (подвижной состав так же служит для транспортировки материалов, сегментов, персонала и тампонажного раствора);

- использование кольца с шестью сегментами из армированного железобето-

на, толщина сегментного кольца 0,25 м; применялись усиленные уплотнения сегментных колец.

После двухмесячного вводного периода, когда проходка шла со скоростью около 6 м/сут, ТВМ достиг крейсерской скорости около 25 м/сут. Работы велись в три смены с одним выходным в неделю, для чего потребовался штат в 80 человек.

*Подведем краткий итог : при строительстве переходов для трубопроводов под естественными и искусственными преградами нет универсального метода. В каждом конкретном случае необходимо принимать свое решение, анализировать проектные данные: геологию, геофизику, учитывать требования к оси проходки, характер преград и прочие факторы. Перед принятием решения следует обратиться за опытом к ведущим специалистам. Возможно, проекты, подобные вашим, уже где-то реализованы, но нельзя забывать об уникальности любого сооружения.*



## Свойства структурообразователей Bentolux Horizont

Показатели свойств в соответствии с ТУ 2458-010-81065795-2009 (для суспензии концентрацией 2,5%)	Bentolux Horizont UN	Bentolux Horizont UN+	Bentolux Horizont MX	Bentolux Horizont TN	Bentolux Horizont TN Premium
УВ, сек	48	37	38	45	45
Показатель вискозиметра Fann (при 600 об/мин),	27	18	20	32	44
PV, сП	8,5	5	5	9,5	13
УР, фунт/100 фут <sup>2</sup>	10	8	11	13	18
V <sub>общ</sub> , мл/30 мин	18	15	16	16	17
Рекомендации	Установки класса Mini, всесезонное использование, высокая скорость затворения	Установки класса Midi и Maxi, бурение в тяжелых условиях, осложненных проявлениями зон ММП, высокая скорость затворения при низких температурах окружающей среды	Установки класса Midi и Maxi, базовый продукт, рекомендован в качестве универсальной основы, совместим со всеми группами реагентов линейки Bentolux Horizont	Установки класса Mini и Midi, устойчивое затворение на водах широкого диапазона жесткости	Установки класса Mini и Midi, продукт максимального проявления свойств высококоллоидальной глинистой основы, минимальный расход

Бентонит, полимеры, специальные добавки и вода — это основные ингредиенты, из которых обычно готовят буровой раствор, или промывочную жидкость. Понимание основных свойств и характеристик этих компонентов является ключом к разработке эффективной промывочной жидкости для каждого отдельного случая применения. Основой приготовления качественной промывочной жидкости является использование для этих целей специальных бентонитовых структурообразователей.

Кроме создания фильтрационной корки и регулирования потери воды, бентонит придает буровому раствору характеристики суспензии, которые иногда называют прочностью геля, или способностью приводить во взвешенное состояние сухие вещества и выводить их из скважины. Прочность геля обычно зависит от вязкости, но может быть увеличена за счет добавления определенных полимеров.

Бентонит используется для регулирования всех типов сыпучих и неподдающихся уплотнению грунтов, таких как песок и гравий. Он также полезен при управлении обрушающимися глинами и суглинками, укрепляет скважину и обеспечивает прочность геля.

В настоящее время известен достаточно широкий ассортимент выпускаемых глиноматериалов, используемых в процессе бурения горизонтально-направленных стволов и микротоннелирования: «Экобент», MaxBore, STUWAMIX и др.

Исследования, проведенные в 2008–2009 годах ООО «Баулюкс», определили выбор сырьевой базы бентонитовых глин, экспериментально обосновали компонентный состав структурообразователей для горизонтально-

направленного бурения и микротоннелирования, что позволило в дальнейшем внедрить и презентовать компаниям-пользователям разработанные составы.

Компания «Баулюкс» предлагает целую линейку структурообразователей для горизонтально-направленного бурения (Bentolux Horizont), свойства которых представлены в таблице.

Для оценки качества бентонитовых структурообразователей специалисты ООО «Баулюкс» предложили методику подготовки глинистой суспензии, приближенную к реальным условиям. Глинистые суспензии готовят на основе дистиллированной и минерализованной воды (артезианской либо морской различного разбавления). Диспергирование глиноматериалов проводят с помощью верхнеприводной тихоходной мешалки со скоростью 1000–1500 об/мин в течение 20 мин с температурой дисперсионной среды 10 и 20 °С. Далее сразу проводят замер параметров суспензии.

Направление поиска, мониторинга применения структурообразователей и реагентов в реальных условиях, постоянного улучшения свойств бентонитовой продукции для ГНБ, заданное руководством группы компаний, позволяет говорить о новом подходе к совершенствованию потребительских свойств.

В качестве иллюстрации осуществления курса компании можно привести пример адаптации состава Bentolux Horizont TN (состав №1) к условиям проведения работ способом ГНБ в особенно сложных случаях, включающих бурение плотных и тяжелых грунтов.

Исходный состав №1 Bentolux Horizont TN соответствовал требованиям, предъяв-



ляемым к структурообразователям для ГНБ, отличительными особенностями его являлся высокий выход раствора (более 40 м<sup>3</sup>/т), высокоразвитая тиксотропия глинистой суспензии, оптимальный показатель фильтрации, чувствительность к воде затворения и необходимость использования смесителей, позволяющих готовить суспензию на высоких скоростях сдвига для быстрого формирования устойчивой структуры глинистой суспензии.

Целью адаптации состава №1 Bentolux Horizont TN являлось получение продукта менее чувствительного к колебаниям химического состава дисперсионной среды, ускоренное гелеобразование.

В результате проведения исследовательских работ предложен состав №2 бентонитового структурообразователя, использование которого облегчает задачи по подготовке бурового раствора для ведения проходки ме-

тодом ГНБ. Состав №2 Bentolux Horizont TN можно применять как регулятор свойств без использования дополнительных химреагентов, таких как биополимеры (ксантан, гуар) и карбоксиметилцеллюлоза.

Основным и глобальным изменением компонентного состава №2 Bentolux Horizont TN явилось использование механоактивированного высококоллоидального бентонита (содержание монтмориллонита 90–92%) взамен способа стандартной активации и вылеживания. Напряженность процесса механоактивации, полнота реакции обмена неорганического реагента-модификатора позволили получить принципиально измененный материал-основу для производства более прогрессивного структурообразователя, дополнительные химические реагенты также были тщательно отобраны как с точки зрения получения большего суммирующего влияния на реологические свойства конечного продукта, так и с точки зрения ускоренного диспергирования. Отмечена высокая скорость набора требуемых структурно-механических свойств глинистой суспензии на основе механоактивированного бентонита, задачей вспомогательных химреагентов была небольшая коррекция фильтрационных характеристик.

По результатам сравнительных испытаний определена закономерность стабилизации реологических свойств глинистой суспензии с увеличением концентрации глинопорошка. Оптимизированные значе-

ния статического напряжения сдвига суспензии состава №2 позволяют предполагать, что остановки в работе мало повлияют на инерционные проявления, возникающие при начале вращения ротора; приемлемый уровень показателя  $\gamma_P$  указывает на возможность использования меньшего содержания твердой фазы в условиях низкой температуры окружающей среды и высокой жесткости воды затворения; показатель «условная вязкость» сохранен в состоянии гарантированной прокачиваемости бурового раствора, а значит и меньшей нагрузки нагнетающего оборудования; довольно низкий показатель фильтрации суспензии на основе Bentolux Horizont TN состава №2 в купе с плотной и гибкой фильтрационной коркой характеризует формирование прочного фильтрационного экрана на стенках скважины.

Проведенные исследования показали перспективность применения структурообразователей Bentolux Horizont TN для ГНБ, производимых ООО «Баулюкс» для приготовления буровых растворов для горизонтального бурения скважин тоннелей при бестраншейной прокладке трубопроводов через водные и другие преграды.

Состав №2 Bentolux Horizont TN был успешно применен в качестве основного структурообразователя при бурении методом ГНБ компанией «УИР-701» перехода диаметром 1200 мм и длиной 850 м под железной дорогой (грунты-суглинки, ак-

тивные глины). На объектах компании ООО «ЦентрСвязьСтрой» в окрестностях Ярославля также использовался буровой раствор на основе состава №2 при бурении перехода диаметром 650 мм под Волгой, строительство скважины могло быть осложнено риском обвала стенок, прокладываемой через водонасыщенные пески, илы, глинистые породы, объект сдан в срок, бурение на буровом растворе, содержащем 3–3,5% твердой фазы состава №2, проведено без осложнений. Высокая выносящая и удерживающая способности глинистой суспензии проявлены в полной мере при проходе через крупнозернистые пески и гальку, залегающие под автомагистралью вблизи города Шатуры Московской области, бурение проводилось специализированной бригадой ООО «Первая буровая компания». Достаточное количество примеров успешного применения модернизированного состава позволило провести замену и присвоить ему статус «серийного».

С начала 2014 года на производственных мощностях ООО «Баулюкс» начат серийный выпуск уникальных бентонитовых структурообразователей Bentolux Horizont TN, быстро затворяющихся в емкостях установок для ГНБ, динамично набирающих способность к удержанию и выносу выбуренной породы, способствующих формированию качественной фильтрационной корки, а также имеющих минимальный расход и низкое содержание песка.

## ПОЧЕМУ ВАУЛУХ?

**В** наше непростое время многие руководители и собственники серьезно задумались о режиме экономии для своих компаний. В связи со значительным удорожанием американских и европейских материалов, и в особенности полимеров, многие стали переходить на бентониты отечественного производства. Иногда в сознании руководителей компаний преобладает мнение о превосходстве импортной продукции, но в последнее время они все чаще убеждаются, что это не всегда так. Материалы отечественного производства не только в несколько раз дешевле импортных аналогов, но и не уступают им по качеству.

Все больше и больше компаний используют бентониты и полимеры «Баулюкс» не только на небольших проколах, но и на сложных объектах с существенным расширением. Для подобных решений есть предпосылки, например возможность бесплатного вызова на сложный объект технического специалиста компании, круглосуточная ежедневная помощь клиентам по телефону, возможность разработки бентонитов и полимеров под конкретный заказ, в том числе в условиях работы в вечной мерзлоте и многое другое.

Компания «Баулюкс» — признанный российский лидер в разработке и продаже бентонитов для вертикального бурения (на сегодняшний день их более 50 видов). Она имеет опытный технический персонал, собственную лабораторию в Германии. Одним из пунктов ее деятельности значится проведение обучающих семинаров, которые ежегодно проходят в Санкт-Петербурге.

**Артем Кириллов, генеральный директор ООО «ГНБ-ЛИДЕР»**



# МАСТЕР-КЛАСС ОТ КОМПАНИИ «БАУЛЮКС»

**В Санкт-Петербурге в конференц-зале отеля Holliday Inn 5 февраля 2015 года прошел семинар, организованный ООО «Баулюкс», по теме «Инструменты эффективного проведения работ методом ГНБ».**

Присутствовали представители компаний, занимающихся прокладкой подземных коммуникаций методом ГНБ, среди которых ГУП «Водоканал», ООО «Вермеер-Плюс», ЗАО «СпецСМУ «Энерголайн», ООО «Сеть-строй», ООО «ЦентрГазСервис» и др.

Это уже второй семинар в Санкт-Петербурге, проводимый компанией ООО «Баулюкс». В отличие от первого, про-

шедшего в феврале 2014 года, нынешний был ориентирован строго на технических специалистов, непосредственно работающих на объектах ГНБ. Мероприятие получилось информационно насыщенным и интересным. В работе семинара принимали участие руководители и владельцы многих буровых фирм, некоторые из них поделились своими впечатлениями.



В рамках семинара был представлен сравнительный анализ буровых смесей, применяемых для работ методом ГНБ. Лабораторная оценка, произведенная в лекционном зале, наглядно показала «готовность» бурового раствора и еще большую его эффективность в сочетании с полимерами, используемыми для различных типов грунтов.

Информация, полученная на семинаре, в равной степени полезна как для руководства организаций, так и для бригады, производящей бурение. Зачастую финансовая экономия на расходных материалах приводит к максимальным потерям прибыли для компаний, а отсутствие необходимых знаний у рабочего персонала — к аварийным ситуациям на объекте. В процессе бурения любая мелочь может привести к серьезным убыткам организации. Заглядывая в завтрашний день, хочется думать, что подобные семинары будут проводиться чаще, а их тематика станет шире.

*Наталья Еременко, заместитель генерального директора ЗАО «СпецСМУ «ЭнергоЛайн»*

Мне запомнились выступления тренера-консультанта А.В. Лаврентьева и инженера А.А. Топорова, которые рассказали об особенностях бурового раствора (БР), применяемого при работах методом ГНБ.

А именно как под каждый тип грунта разрабатывается своя система рецептуры БР, в качестве примера были рассмотрены активная глина и галечник. В процесс составления рецептуры, согласно техническому заданию, предоставленному тренером-консультантом, был вовлечен практически каждый участник семинара (около 30 человек).

Занятия оказались полезными и продуктивными, рекомендую их всем, кто хочет разобраться в практических аспектах применения продуктов от ООО «Баулюкс».

*Виталий Суворов, коммерческий директор ООО «Авто-Тик ГНБ»*



Мне часто задают вопрос: «Можно ли что-нибудь добавить в бентонитовую смесь, что бы она быстрее распускалась?» На семинаре специалисты компании BAULUX дали исчерпывающий ответ. Конечно, можно, причем дополнительные затраты будут незначительными. Достаточно увеличить объем кальцинированной соды (как это делают некоторые европейские производители).

Почему же BAULUX и известные американские производители не идут по этому пути? Как оказалось, ответ прост, и по своей сути напоминает всем нам известную поговорку: если где-то прибыло, значит, где-то убыло... Смесь, которая быстро затворяется (5 мин), также быстро теряет свои несущие и удерживающие характеристики. Другими словами, если затраты по времени на выполнение прокола превышают 1 день, такие смеси-скоропелки могут подвести, и оставшийся в емкости раствор на следующий день лучше слить. Именно по этой причине инженеры и технологи BAULUX и их американские коллеги не гонятся за быстрым визуальным эффектом.

*Петр Маленко, исполнительный директор ООО «Профи»*





# «ПОДЗЕМНЫЕ КОММУНИКАЦИИ»: РАБОТА НА ПЯТЬ БАЛЛОВ

**Среди молодых, бурно развивающихся компаний, не так давно появившихся на рынке услуг по ГНБ в Уральском федеральном округе, ООО «Подземные коммуникации» занимают особое положение. Слаженность в работе, применение самых современных технологий, умение решать в максимально короткие сроки возникающие проблемы позволили не только заявить о себе, но и успешно выполнять требования даже самых взыскательных заказчиков.**

Успеху способствуют основные принципы компании, прежде всего:

- качественное выполнение взятых на себя обязательств;
- ответственность за результаты производства работ;
- эффективное использование средств, ресурсов и времени;
- эффективное управление персоналом;
- привлечение для сотрудничества высокоэффективных компаний, уже зарекомендовавших себя на рынке строительства.

ООО «Подземные коммуникации» предлагает широкий спектр услуг, но основное поле деятельности — прокладка инженерных сетей, таких как водопровод, канализация и т. д., помимо этого, выполняются футляры под различные коммуникации. Один из несомненных плюсов — предоставление полного комплекса работ под ключ. Производством занимаются квалифицированные специалисты, имеющие богатый опыт работы.

Кадры решают все — этот лозунг давно стал основным принципом для руководства компании. Являясь членами Международной ассоциации специалистов горизонтального направленного бурения (МАС ГНБ), ООО «Подземные коммуникации» каждый год проводит аттестацию и обучение своих сотрудников на базе этой организации. Вместе с удостоверениями о повышении квалификации, специалисты получают необходимые знания, навыки и умения. Средний возраст сотрудников — 30 лет.

Нельзя не упомянуть, что ООО «Подземные коммуникации» имеет все необходимые допуски, удостоверения и разрешение СРО.

Для своих объектов компания тщательно отбирает поставщиков сырья и материа-

лов, тесно сотрудничает со строительными организациями, монтажными компаниями, ведущими производителями строительных материалов и комплектующих.

Специалисты компании оперативно выполняют задачи различной сложности. В среднем за месяц в городских условиях они способны проложить около 1 500 м коммуникаций.

При этом стоит учитывать, что сложность выполнения работ в черте города выше примерно на 40%. По итогам 2014 года ООО «Подземные коммуникации» проложило более 17 км трубопроводов, из них 80% в городской черте Челябинска.

Несмотря на относительно молодой возраст, организация имеет свою производственную базу, технику и оборудование. Полученный опыт позволяет работать с различными категориями грунта на всей территории России, от Сочи до Иркутска.

ООО «Подземные коммуникации» полностью оснащено парком собственной автомобильной и спецтехники, включающим установки ГНБ, землеройные и крановые машины. Кроме того, оно обладает эксклюзивным оборудованием, не имеющим аналогов в Уральском регионе — установками мини-ГНБ, что позволяет прокладывать инженерные коммуникации в стесненных условиях.

Среди ее клиентов — крупные компании, такие как «Транспортно-логистический» комплекс «Южноуральский», МУП «ПОВВ», УЖКХ администрации города Челябинска, ОАО «ЧМК», ОАО «Электромашина», ОАО «Челябинская региональная газораспределительная компания». Кроме того, ООО «Подземные коммуникации» является дилером по продаже бентонита BENTOLUX HORIZONT UN. ■



ПОДЗЕМНЫЕ КОММУНИКАЦИИ  
[www.gnb-land.ru](http://www.gnb-land.ru)

г. Челябинск, ул. Гагарина, д. 9,  
оф. 412  
Тел.: (351) 210-20-27  
E-mail: [89085733997.1@mail.ru](mailto:89085733997.1@mail.ru)  
[www.gnb-land.ru](http://www.gnb-land.ru)





ООО «СТИС» — уже 15 лет работает в Санкт-Петербурге в области строительства, реконструкции и ремонта подземных сооружений различного назначения.



Россия, 192007, г. Санкт-Петербург, ул. Днепропетровская, д.14  
Телефон/факс: 766-48-54, телефон: 766-58-50

[www.stis.com.ru](http://www.stis.com.ru)



Н.А. АГАПОВ, генеральный директор ООО «Универсал-ТоннельСтрой»



В.Г. ГОЛУБЕВ, ГИП Филиала ОАО ЦНИИС НИЦ «Тоннели и метрополитены»



А.Е. ЖУРАВЛЁВ, главный маркшейдер ООО «СТИС»

Подготовил  
Валерий ЧЕКАЛИН

# ДВАДЦАТЬ ЛЕТ СПУСТЯ

*В октябре прошлого года российское микротоннелирование как-то совсем по-будничному отметило свой 20-летний юбилей — отсчет ведется от даты замены канализационного коллектора под Тайнинской улицей в Москве. Два десятилетия — период достаточно весомый для того, чтобы новая технология «обросла» производственным опытом, знаковыми объектами, уверенно «встала» на ноги. С другой стороны, нельзя сказать, что микротоннельный метод полностью вписался в строительные реалии нашей страны и избавил от определенных сомнений и неуверенности тех, кто «заказывает музыку». Каково нынешнее положение дел в этой сфере? Об этом и многом другом шел разговор в рамках первого круглого стола, организованного журналом «Подземные горизонты».*



**Итак, 20 лет назад на одной из московских улиц впервые в стране был применен метод микротоннелирования. А каков адрес вашего первого микротоннельного объекта? Удовлетворены ли вы масштабами присутствия отрасли в нашей стране? Развитие каких сетей (нефтегаз, канализация, водопровод) считаете наиболее перспективным?**

#### **А.Е. Журавлёв:**

— Наш первый проект — сооружение в 2004 году коллектора длиной 2,5 км от Красносельской станции аэрации к Юго-западным очистным сооружениям Санкт-Петербурга. Для его проходки мы использовали микротоннельный щит. Тоннель выполнен в бетонных трубах с внутренним диаметром 2000 мм.

Подземное строительство, в том числе и микротоннелирование, — затратная сфера, находящаяся в прямой зависимости от экономической ситуации. Поэтому при улучшении положения дел в экономике мы сможем, я думаю, наблюдать рост количества объектов, выполненных с помощью технологического микротоннелирования.

Что же касается вопроса про развитие сетей, то ответ будет разным — в зависимости от того, что понимать под критериями перспективности. Если количество проложенных метров в год, то это, конечно, энергетические сети. Если инвестиционную привлекательность — то же самое. С точки зрения охраны окружающей среды — есть перспективы у

канализационных сетей. С точки зрения градостроительства — у канализации и водопровода.

#### **В.Ю. Фирсов:**

— С использованием метода микротоннелирования занимались проектированием и переустройством нефтепродуктопроводов на пересечениях с КАД вокруг Санкт-Петербурга.

Масштабами присутствия отрасли удовлетворены. В настоящий момент основными являются канализационные и нефтегазовые сети. Исходя из этого, наиболее перспективным направлением считаем водопровод.

#### **Л.В. Логачева:**

— Филиал ОАО ЦНИИС НИЦ «Тоннели и метрополитены» (НИЦ «ТМ») является научно-исследовательской и проектной организацией, обслуживающей интересы транспортного строительства.

С начала 1990-х годов НИЦ «ТМ» в силу своей специфики обеспечивал научно-техническое сопровождение работ по устройству защитных (опережающих) экранов из труб при сооружении тоннелей под объектами городской инфраструктуры методом микротоннелирования — автоматизированной проходки выработки в грунтовом массиве с продавливанием механизированным тоннелепроходческим комплексом (МТПК) трубной конструкции обделки.

В 2000-х годах НИЦ ТМ совместно с корпорацией «Трансстрой» участвовал во внедрении технологии микротоннелирования МТПК компании Hergenknecht при сооружении инженерных коллекторов.

Масштабы присутствия отрасли в стране — неудовлетворительны. Наиболее перспективно микротоннелирование при сооруже-

нии инженерных коммуникаций и проходки тоннелей с использованием экрана из труб.

**Н.А. Агапов:**

— Адрес первого подобного проекта нашей компании — микротоннель диаметром 1 метр в районе платформы «Беговая» в Москве. Проект был реализован с помощью установок Soltau. На мой взгляд, микротоннелирование как передовой и экологичный метод, позволяющий сохранять инфраструктуру городов, используется сейчас недостаточно. Основываясь на своем 20-летнем опыте реализации проектов в различных областях, считаю, что микротоннелирование можно использовать для всех направлений: водопровода, канализации, прокладки силовых кабелей, нефтегазовой сферы и т. д. Хотелось бы, чтобы микротоннелирование применялось больше и чаще. Верю, что за этой технологией — будущее тоннелестроения.

**В.В. Чеботаев:**

— Мой первый объект с применением микротоннелирования — автодорожный тоннель под Транссибирской железной дорогой в Перми в 1996 году. Микроцит компании Herrenknecht был применен для сооружения защитного экрана из труб диаметром 1000 мм в насыпи железной дороги, что позволило построить тоннель без остановки движения поездов. Длина труб достигала 50 м.

Практически сразу выявился существенный недостаток микротоннелирования в данном проекте — суммарная осадка насыпи при продавливании труб превысила 900 мм. Спасла положение практически ежедневная подбивка путей. Тем не менее в дальнейшем с помощью этой технологии был построен еще ряд тоннелей под транспортными магистралями без нарушения графика движения поездов.

**Еще в середине 2000-х годов на экспертном уровне поднимался вопрос об организации отечественного производства микротоннельного оборудования. Сейчас в условиях применения западных санкций тема импортозамещения приобрела особую актуальность. Готова ли ваша компания использовать в своей работе российскую технику? Каковы ваши основные требования к такому оборудованию?**

**Н.А. Агапов:**

— Наша компания готова к использованию отечественной техники. Больше того, мы можем принять участие в проектировании и производстве такого оборудования, так как наши специалисты имеют огромный опыт усовершенствования техники, готовы эффективно сотрудничать с заводами-производителями. Основные требования к оборудованию остаются неизменными. Это — технологичность, надежность, дешевизна.

**В.Ю. Фирсов:**

— Мы готовы к использованию отечественной техники, однако следует понимать, что для производства оборудования такого типа в России потребуется время и большой объем инвестиций. Невозможно одновременно начать производство «Феррари» на ВАЗе. Основные требования к оборудованию сформулировать возможно, но это займет не одну журнальную полосу. Кратко — оборудование должно полностью обеспечивать выполнение современных задач по строительству тоннелей.

**В.В. Чеботаев:**

— НИЦ «ТМ» имеет опыт научного сопровождения строительства тоннелей с применением микротоннелирования и вполне мог бы работать и с российской техникой.

**А.Е. Журавлёв:**

— Конечно, мы готовы использовать нашу технику. Применение строительной техники российского производства в современных экономических реалиях может дать ощутимый толчок в деле развития отдельных отраслей машиностроения. В промышленных центрах существуют реальные возможности для того, чтобы наладить производство высокотехнологичного оборудования. А учитывая, что у строительных компаний уже наработан определенный опыт эксплуатации качественного зарубежного оборудования, то соединение промышленного потенциала с требованиями к надежности и функциональности может вывести на рынок если не лучшие образцы, то образцы с сопоставимыми эксплуатационными параметрами. Специалисты нашей организации имеют опыт использования качественного горнопроходческого оборудования, спроектированного и изготовленного на предприятиях Санкт-Петербурга. Наши основные требования к такому оборудованию? Надежность, высокий уровень сервиса, доступность запчастей.



Л.В. ЛОГАЧЕВА, к.т.н., зав. лабораторией Филиала ОАО ЦНИИС НИЦ «Тоннели и метрополитены»



В.Ю. ФИРСОВ, зам. генерального директора ЗАО «ПРИСС» ПО НОВЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ



В.В. ЧЕБОТАЕВ, ведущий научный сотрудник Филиала ОАО ЦНИИС НИЦ «Тоннели и метрополитены»



#### **Л.В. Логачева:**

— В НИЦ «ТМ» в 1960–80-х годах была неплохая школа «щитовиков» (В.П. Самойлов, Е.А. Демешко, В.М. Ауэрбах и др.). Необходимо возродить отрасль, используя опыт СССР 1930-х годов и современного Китая.



**Одна из привлекательных особенностей микротоннелирования — высокая скорость проходки. Однако для ее обеспечения необходимо четкое следование определенным условиям, среди которых и высокое качество изысканий. Как часто вам приходится сталкиваться с недоработками в этом вопросе?**

#### **В.Ю. Фирсов:**

— Постоянно. Однако необходимо признать, что чаще всего такие проблемы обусловлены существующими нормативами по изысканиям, необходимостью использования только традиционных методов ведения разведки. Также стоит отметить, что полностью избежать «неожиданностей» в процессе проходки, особенно в Северо-Западном регионе, невозможно.

#### **В.В. Чеботаев:**

— С недоработками в изысканиях сталкиваться не приходилось.

#### **А.Е. Журавлёв:**

— К особенностям выполняемых изысканий можно отнести весьма непростую геологию Санкт-Петербурга. В четвертичных отложениях, где сооружаются микротоннели, мощность и глубина залегания различных геологических слоев чрезвычайно изменчивы и нестабильны

на протяжении всей проходки тоннеля, поэтому зачастую данные изысканий достоверны только в месте пробуренной геологической скважины. Например, имея проект проходки в супесях, мы планируем сроки и составляем графики работ. Затем начинается проходка, и неожиданно супеси сменяются валунами. Скорость падает с 200 до 20 мм/мин, сроки увеличиваются, летят графики выполнения работ. Также нередки случаи, когда на трассе тоннеля обнаруживаются старые сваи и шпунт, о которых никто не знал, поскольку они были забиты, скажем, в позапрошлом веке. С точки зрения повышения качества геологических изысканий, на мой взгляд, есть перспективы у горизонтально-направленного бурения: с помощью этой технологии вдоль проектной линии тоннеля на этапе изысканий в дополнение, а может быть, и вместо вертикальных геологических скважин, представляется целесообразным делать одну горизонтальную. Таким образом, можно существенно увеличить достоверность информации о составе грунтов, что приведет к снижению геологических рисков, а значит, к более объективному планированию сроков и стоимости работ.

#### **В.Г. Голубев:**

— Проблема актуальна для метростроения и инженерных коммуникаций, кроме сооружения тоннелей с использованием экрана из труб.

#### **Н.А. Агапов:**

— К сожалению, с недоработками в этом направлении мы сталкиваемся постоянно.



**Какова ваша оценка современного состояния отраслевой нормативно-технической базы? На какие аспекты здесь прежде всего следует обратить внимание?**

#### **В.Г. Голубев:**

— НИЦ «ТМ» является разработчиком СТО НОСТРОЙ 2.27.124-2013 «Микротоннелирование. Правила и контроль выполнения, требования к результатам работ». Стандарт разработан в развитии МГСН 6.01-03 (ТСН 40-303-2003) «Бестраншейная прокладка коммуникаций с применением микропроходческих комплексов и реконструкция трубопроводов с применением специального оборудования» и «Рекомендаций по проектированию и устройству опережающих экранов из труб с применением МТПК при строительстве тоннелей» (Корпорация «Трансстрой», 2003).

Стандарт выпущен впервые и в дальнейшем его нужно будет совершенствовать. Возможно, необходимо разработать стандарт на сооружение микротоннелей с использованием сборной обделки.

#### **В.Ю. Фирсов:**

— Нормативная база сегодняшнего дня сильно отличается, в зависимости от региона. Пока нет общероссийской базы в полном объеме. Одна из проблем, связанная с разработкой данной базы, — недостаточная компетентность разработчиков в вопросах технологии. Примером тому может служить недавнее выступление на одной из конференций разработчиков свода правил «Проектирование и строительство подземных коммуникаций закрытым и открытым способами». Данные о возможностях метода микротоннелирования, закладываемые разработчиками в свод правил, на десятилетия отстают от возможностей сегодняшнего дня.

#### **Н.А. Агапов:**

— Моя оценка — удовлетворительная. Считаю, что следует обратить внимание на технологичность, на то, чтобы проектные институты при создании проектов ориентировались на лучшие, а не худшие показатели строительства. Побольше технического «драйва» и смелости при принятии инженерных решений!

#### **А.Е. Журавлёв:**

— Поскольку нормативная база обычно развивается вслед за строительными работами, некоторые документы на сегодняшний день отсутствуют. Разнообразие грунтовых условий в каждом регионе носит конечный характер, поэтому разработка нормативных документов, утверждение методологий, унифицирующих и закрепляющих применение тех или иных способов и технологий освоения подземного пространства, явилось бы важным звеном в деле повышения качества и надежности строительства.



В достаточной ли мере, на ваш взгляд, отечественные заказчики и подрядчики располагают информацией о преимуществах метода микротоннелирования и возможностях его использования в тех или иных сложных условиях строительства? Если нет, то какие меры следует предпринять для восполнения этих пробелов?

**В.Ю. Фирсов:**

— Несомненно, в недостаточной. Для восполнения этих пробелов подходят все возможные способы. Организация круглых столов по данной теме — один из них.

**В.В. Чеботаев:**

— Информации о микротоннелировании, на мой взгляд, вполне достаточно.

**А.Е. Журавлёв:**

— Никто не знает возможности строительного оборудования лучше, чем под-



рядчики, которые на нем работают.

В отношении заказчиков наблюдается некоторое отставание, но оно незначительное, поскольку производители оборудования проводят большое количество семинаров, выставок и конференций, где заказчики — всегда желанные гости.

**Н.А. Агапов:**

— К сожалению, недостаточно. Заказчики и подрядчики имеют весьма поверхностное представление о микротоннелиро-

вании. Необходимо использовать мировой и отечественный опыт, всячески популяризировать этот метод на страницах специальных изданий, на профессиональных выставках и конференциях.

**В.Г. Голубев:**

— Информация есть, она доступна, при этом отрасль, конечно, нуждается в освещении передового инженерного и финансового опыта — проведение круглых столов также будет этому способствовать.



«СоюзПромСнаб» — предприятие технической комплектации — с 2001 года занимается поставкой, изготовлением и ремонтом широкого спектра инструмента, комплектующих, оборудования для бурения, строительства и добычи. Принимает заказы на производство нестандартных изделий по чертежам заказчика.

Компания освоила изготовление изделий и комплектующих для импортных машин и агрегатов. В рамках программы по импортозамещению прошли стадию промышленного испытания:

- резцы для тоннелепроходческих комплексов;
- прижимные шайбы для шпунтопогружателя Movax;
- вкладки для раскручивания штанг.

Нашу работу оценили: ОАО «Метрострой», ЗАО «Спец СМУ ЭнергоЛайн», ДТЕК, КорумГрупп и многие другие.



ООО «СоюзПромСнаб», РФ, 346421, Ростовская обл., г. Новочеркасск, Одесский пер. 41,  
Тел. (8635) 222-720. E-mail: sps@spsprom.ru, www.spsprom.ru



## **Технические характеристики:**

- частота излучателей и приема 1,5 кГц, 12 кГц, 33 кГц (совместимость с системами Eclipse и Mark);
- интуитивно понятный интерфейс и навигация по меню;
- источник питания 6 батарей класса С или АКБ на приемнике и пульте;
- работа от 1 комплекта батарей 24 часа;
- диапазон глубин до 30 м, включая кабельный зонд;
- радиус действия телеметрии 500 м, с одним ретранслятором — 1000 м;
- точность продольного угла наклона 0,1%;
- диапазон рабочих температур от -20 до +60 °С.

**Гарантийный срок на систему – 1 год,  
на зонды – 6 месяцев**

**САМАЯ ДОСТУПНАЯ  
СИСТЕМА ЛОКАЦИИ ДЛЯ ГНБ**

# SNS300

Первая российская  
многочастотная система  
подземной локации для ГНБ



432028, г. Ульяновск,  
ул. Октябрьская, д. 22, стр.14

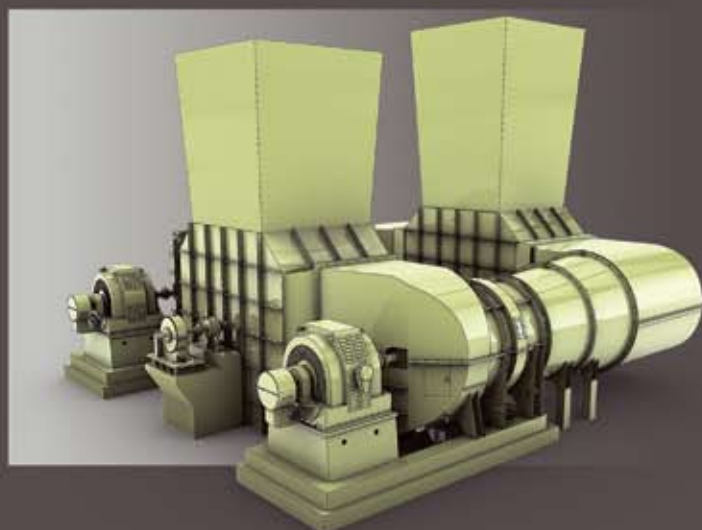
Тел.: (8422) 45-72-00, 45-80-79  
+7-917-629-8888, +7-9510-980888

E-mail: [zinovyev@sense-inc.ru](mailto:zinovyev@sense-inc.ru)  
[www.sense-inc.ru](http://www.sense-inc.ru)



## МЕТРО И ТОННЕЛИ

- Вентиляторы главного проветривания  $\varnothing$  1100–2400 мм.
- Струйные вентиляторы  $\varnothing$  400–1800 мм.
- Работа в аварийном режиме: 400°С/2 часа
- Способы регулировки воздушной струи: поворотными на ходу лопатками, направляющим аппаратом, изменением частоты вращения, поворотом лопаток при остановленном вентиляторе



## ГОРНОДОБЫВАЮЩАЯ ОТРАСЛЬ

- Вентиляторы главного проветривания  $\varnothing$  1200–5000 мм и более.
- Вентиляторы местного проветривания  $\varnothing$  500–1400 мм.
- Способы регулировки воздушной струи: поворотными на ходу лопатками, направляющим аппаратом, изменением частоты вращения, поворотом лопаток при остановленном вентиляторе

## ДРУГИЕ ОТРАСЛИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

- Дымососы, дутьевые вентиляторы.
- Пылеуловители.
- Проходческие вентиляторы.
- Вентиляторы шурфового проветривания.
- Вентиляторы для работы теплогенерационных установок.
- Вентиляторы для технологических процессов металлургических комбинатов.



АО «АРТЁМОВСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД «ВЕНТПРОМ»

623785, Свердловская область, г. Артёмовский, ул. Садовая, д. 12, телефон +7 (34363) 58-100, факс +7 (34363) 58-145

E-mail: [ventprom@ventprom.com](mailto:ventprom@ventprom.com), [www.ventprom.com](http://www.ventprom.com)