

# Подземные ризонты

*Underground Horizons*

Октябрь

№3

2014

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



**МЫ. ТЕХНОЛОГИИ.  
РЕЗУЛЬТАТ.  
ГОРДОСТЬ.**

Высококачественные  
бентониты и полимеры БАУЛЮКС

ООО «ПРОФИ»  
Официальный дилер BAULUX  
в Северо-Западном регионе России

Тел.: 951-93-59  
E-mail: [7@gnblider.ru](mailto:7@gnblider.ru)  
<http://gnblider.ru>



**Рокский тоннель:**



**К ОТКРЫТИЮ ДВИЖЕНИЯ ГОТОВ!**



### Уважаемые читатели!

Казалось бы, ситуация с транспортным переходом через Керченский пролив, стремительно развившаяся в последние полгода, практически прояснилась. В высоких инстанциях определили, где (в районе Тузлинской косы), что (совмещенный мост) и за сколько (228,3 млрд руб.) будут строить, даже обозначили точную дату ввода в эксплуатацию — 16 декабря 2018 года. Со дня на день ожидалось официальное назначение генподрядчика этой грандиозной стройки. Но это «вот-вот» так и не происходило. Что-то идет не по плану, — только и успели мы предположить, как в последние октябрьские дни ленты информагентств заперестали заголовками «Керченский мост могут заменить тоннелем», «Строить мост опасно, нужен тоннель» и т. д. и т. п.

Надо сказать, что тоннельные варианты изначально рассматривались, но как-то, скорее, по инерции, формально. Многие эксперты отметили их сразу, дескать, дорого и долго. Порой доходило до смешного: заявлялось, что с тоннелем не успеем по срокам — надо уложиться в четыре года, а тоннель быстрее, чем за четыре с половиной, построить никак нельзя. При чем не важно, в каком створе, по какой технологии, какими силами и средствами... Не успеем — и точка! Хотя, к примеру, по прикидкам китайской строительной корпорации (на ее счету, в частности, подводный тоннель в Макао), крымский тоннельный проект можно реализовать за 2,5 года.

Поэтому и подборку материалов о погружных тоннелях, где отмечалась возможность применения данной технологии в Керченском проливе, мы готовили сугубо в информационных целях: да, были интересные подводные предложения, но их отсеяли. Мост так мост. Вероятно, так оно и произойдет, и российское мостовое лобби одержит победу. Но пока еще, как говорится, возможны варианты.

По крайней мере, сделан еще один шаг по развенчанию мифа о том, что тоннель всегда дороже моста. Керченская история наглядно доказывает, что это далеко не так. Всегда требуются конкретные расчеты конкретного проекта, а не огульные, не подкрепленные финансовыми аргументами вердикты. И еще. Выступая в конце октября на круглом столе в Госдуме, зампред Совмина Крыма, полпред РК при Президенте РФ заявил о том, что «нужно строить модульный гибкий тоннель верхнего залегания» (читай: погружной), добавив, что «эта тема еще, не закрыта».

Будем внимательно следить за развитием событий.

С искренним уважением ко всем труженикам сферы подземного строительства,  
**Валерий Чекалин,**  
главный редактор журнала «Подземные горизонты»,  
и весь творческий коллектив

## «ПОДЗЕМНЫЕ ГОРИЗОНТЫ»

№ 3 октября/2014

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**

Заместитель генерального директора

**Ирина Дворниченко** (pr@techinform-press.ru)

Офис-менеджер

**Елена Кириллова** (office@techinform-press.ru)

### РЕДАКЦИЯ:

Главный редактор

**Валерий Чекалин** (redactor@techinform-press.ru)

Дизайнер, бильд-редактор

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

Руководитель службы информации

**Илья Безручко** (bezruchko@techinform-press.ru)

Руководитель отдела подписки

**Валентина Наумова** (post@techinform-press.ru)

Отдел маркетинга:

**Ирина Голоухова** (market@techinform-press.ru)

Перевод:

**Тамара Невлева**

Корректор

**Галина Матвеева**

### ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ:

**В.Н. Александров,**

генеральный директор ОАО «Метрострой»

**С.Н. Алпатов,**

генеральный директор Объединения подземных строителей и проектировщиков, президент Российского общества по внедрению передовых 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, www.techinform-press.ru

Установочный тираж 8 тыс. экз. Цена свободная.

Подписано в печать: 30.10.2014

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.

Подписку на журнал можно оформить по телефону

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



# TECHGONG

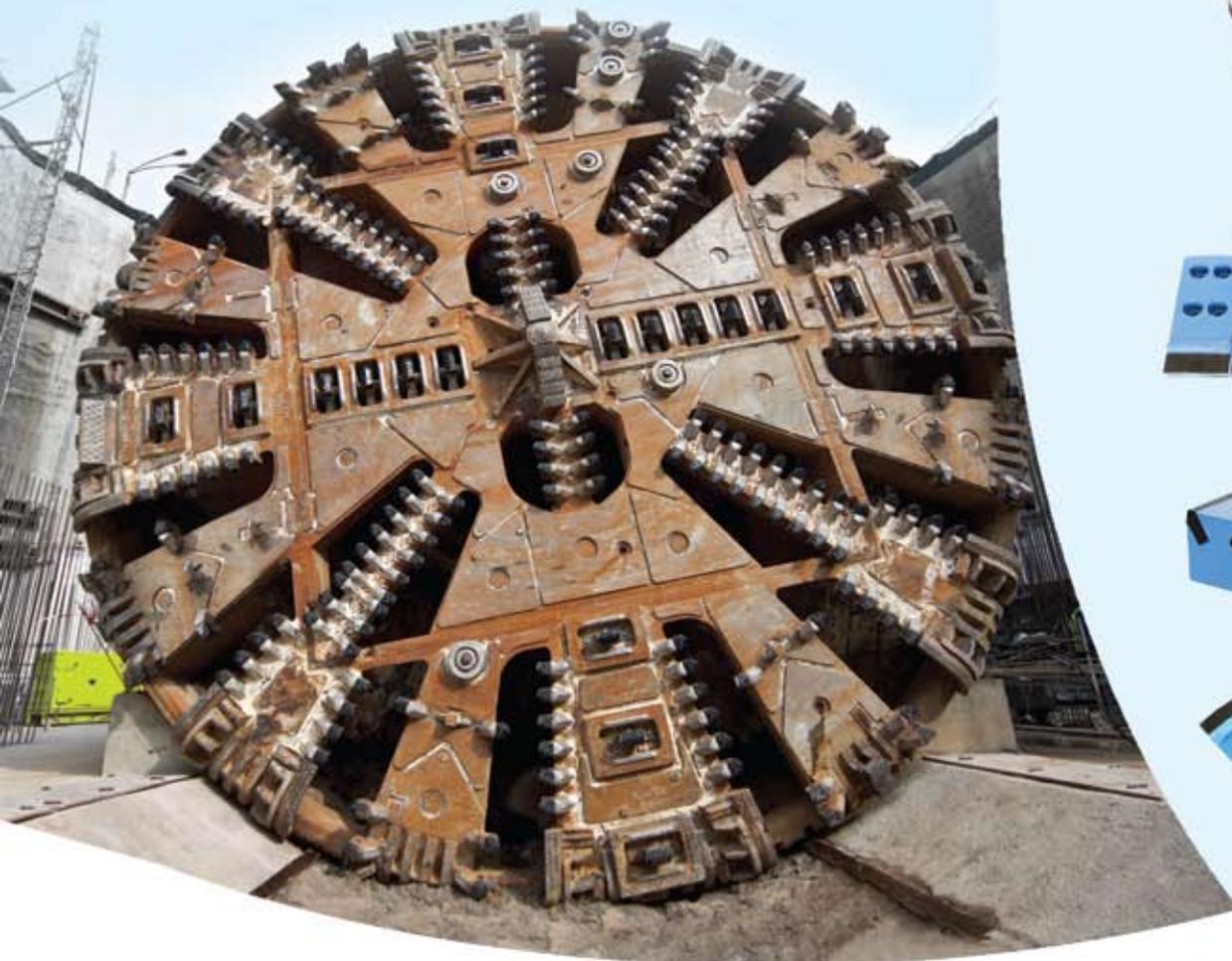
Китайская компания Techgong предлагает высококачественные сервисные услуги и технические решения для строительства объектов транспортной инфраструктуры и горной промышленности. Мы располагаем совершенной системой поставки и широким каналом сбыта продукции как внутри страны, так и за рубежом.

## Наши преимущества:

- 10-летний опыт проектирования щитовых резцов
- Передовая технология пайки серебра на резцах
- Опытная сервисная команда

## Основные виды продукции:

резцы тоннелепроходческие, строительные, горные, дорожные и т.д.



Techgong (Shanghai) International Trading Co., Ltd  
Tel : +86 21-5103 5611  
Fax +86 21-5881 5072  
E-mail: tracy@techgong.com  
www.techgong.com

Add: Room 3101-3102,  
200 Yincheng Middle Road,  
Pudong, New Area,  
Shanghai, 200120, China

ТЕМА НОМЕРА:

# ПОГРУЖНЫЕ ТОННЕЛИ



## Содержание / Contents



Стр. 6–9  
Р. 10–12

### Экспертное мнение / Expert Opinion

6 С.Н. Алпатов. Развитие метрополитена открывает перспективы комплексного освоения подземного пространства

10 S.N. Alpatov. Underground railway extension paves the way for comprehensive development of the subsurface space potential



Стр. 13–16  
Р. 17–19

13 Александр Ледяев о прозорливости предков, «танцах от печки», консерватизме и изящности решений

17 Alexander Ledyayev on wisdom of our predecessors, on starting always from the zero point, on conservatism and elegant shape



Стр. 20–23



Стр. 24–27



Стр. 36–39



Стр. 48–53

## С места событий / Field Coverage

- 20 Конференция ACUUS в Сеуле: до встречи в Санкт-Петербурге!  
The ACUUS Conference in Seoul: see you in St. Petersburg!

## Строительный практикум / Workshop for building

- 24 «Мосинжпроект»: 56 лет с Москвой  
“Mosinzhproekt” : 56 years with Moscow
- 28 *А.Н. Гайдо*. Выбор технологий устройства шпунтовых ограждений  
*A.N. Gaido*. Selection of sheet piling technology
- 34 *Д.С. Елисеев*. Современные решения для водоотлива в строительстве (ГК «ЭКОЛАЙН»)  
*D.S. Yeliseyev*. Modern solutions for dewatering techniques in construction (the “Ecoline” Group)

## Мировой опыт / International Practices

- 36 Всеми фибрами... бетона  
With every fiber in.... concrete’s body
- 40 *М.Е. Рыжевский*. И все-таки это новоавстрийский метод
- 45 *М.Ye. Ryzhevsky*. And yet it is a New Austrian Tunnelling Method
- 48 *В.М. Сапига*. Бескидский тоннель: 130 лет спустя  
*V.M. Sapiga*. The Beskydskiy tunnel: 130 years later

## Исторические экскурсии / Historical essays

- 54 *Ричард Луннисс, Джонатан Бабер*. Погружные тоннели: два столетия технологического развития



Стр. 61–65



Стр. 66–70



Стр. 78–83



Стр. 86–87



Стр. 89–95

- 58 *Richard Lunniss, Jonathan Baber*. Immersed tunnel: two centuries of technological advance

- 61 Первый...И последний?  
The first... And the last?

## Тоннели / Tunnels

- 66 *Е.Н. Курбацкий*. Преимущества тоннелей из опускных секций  
*Ye.N.Kurbatsky*. Advantages of immersed tunnel sections
- 71 *А.Н. Воложин*. Вариант конструктивного решения транспортного перехода через Керченский пролив
- 75 *A.N. Volozhin*. A possible structural solution for Kerch Strait crossing
- 78 *М.Е. Рыжевский*. О прототипах Керченского тоннеля  
*M.Ye. Ryzhevsky*. On prototypes of the Kerch tunnel

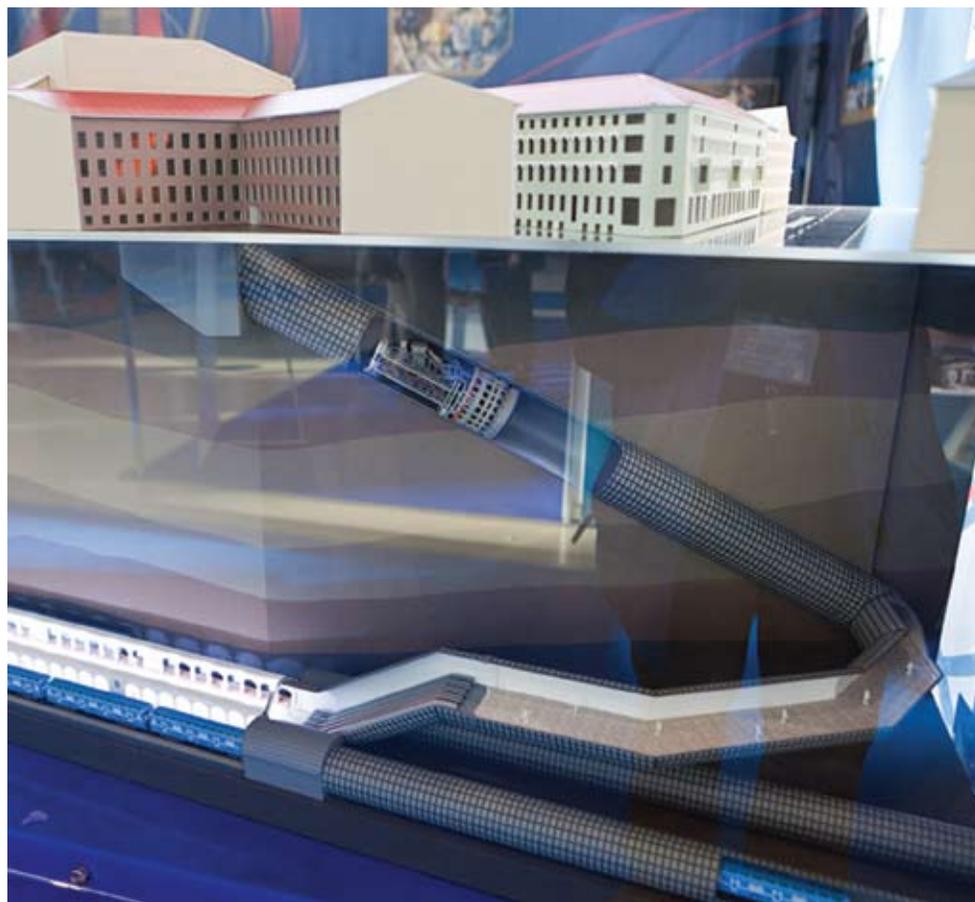
## Бестраншейные технологии / Trenchless Technologies

- 84 Надежная броня для «Надежды», или лекарство от износа (ЗАО «Спец СМУ «ЭнергоЛайн»)  
Reliable armor for “Nadezhda” or remedy for wear (JSC “SpecSMU “EnergoLine”)
- 86 Высший пилотаж от «Технопрока»  
Top Performance from “Technoprok”
- 89 Рынок ГНБ: цены, нормы и ... оптимизм  
HDD market: prices, norms and... optimism



С.Н. АЛПАТОВ,  
генеральный директор  
Объединения подземных  
строителей  
и проектировщиков

# РАЗВИТИЕ МЕТРОПОЛИТЕНА ОТКРЫВАЕТ ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА



*В крупных городах с высокой численностью населения развитие подземной транспортной инфраструктуры является важнейшим условием территориального развития и обеспечения комфортных и безопасных условий проживания горожан. При этом, как показывает мировая практика, строительство метрополитена позволяет не только эффективно решать транспортные и социальные проблемы мегаполисов, но и создает необходимые предпосылки для комплексного освоения подземного пространства.*

Следует отметить, что на сегодняшний день подземное строительство в России как отдельная и значимая отрасль фактически отсутствует. Единственным направлением, которое продолжает развиваться, — это метростроение. Однако принципы и подходы к планированию новых линий и станций метрополитена не соответствуют современным мировым тенденциям и далеки от реальных потребностей населения.

Следует учитывать, что строительство метрополитена — это не только необходимый инструмент развития транспортной системы мегаполиса, но и эффективный ресурс для комплексного освоения подземного пространства. Мировой опыт наглядно свидетельствует о том, что планирование и проектирование линий метрополитена и подземных сооружений коммерческого, культурного и социального назначения должно идти в рамках единого процесса.

В этом смысле особенно важно, чтобы реализация проектов в области метростроения по темпам и масштабам была соотносима с ростом объемов подземного строительства в целом. В противном случае метро обречено на существование вне общей городской пространственной системы.

Главная проблема, с которой мы сталкиваемся при рассмотрении этого вопроса, — очевидная разница в источниках финансирования строительства метро и подземных объектов коммерческого назначения, расположенных в непосредственной близости от станций метро. Метрополитен как некоммерческая структура, находящаяся в ведении городской администрации, строится за счет региональных и федеральных бюджетных средств, в то время как коммерческое освоение подземного пространства идет за счет частных инвестиций.

При разных способах финансирования достичь одновременной реализации проектов по строительству метро и прилегающих подземных объектов коммерческого назначения возможно лишь при наличии долгосрочной программы комплексного освоения подземного пространства и четко отлаженного механизма государственной поддержки частного инвестора.

Очевидно, что на сегодняшний день остро назрела необходимость формирования комплексного институционального механизма для решения градостроительных, технических, юридических и финансовых задач в области метростроения и комплексного освоения подземного пространства. Имеющиеся несоответствия и правовые пробелы в российской законодательной и нормативно-технической базе, регулирующие вопросы подземного строительства, требуют скорейшего устранения.

### **Отсутствие государственных гарантий для частных инвесторов при реализации проектов комплексного освоения подземного пространства**

Метрополитен является не только перевозчиком, но и выполняет градообразующую функцию, обеспечивая повышение уровня комфорта и безопасности проживания



Мировой опыт наглядно свидетельствует о том, что планирование и проектирование линий метрополитена и подземных сооружений коммерческого, культурного и социального назначения должно идти в рамках единого процесса.

в городской среде. Подземное пространство, прилегающее к станциям метрополитена, должно включать в себя все необходимые зоны общественного пользования — транспортные пересадочные узлы, пешеходные галереи, торгово-развлекательные центры, зоны отдыха, культурные и спортивные сооружения.

Учитывая, что метро относится к системе общественного транспорта и находится на балансе городского бюджета, городская администрация определяет сроки и объемы строительства метрополитена, а также осуществляет финансирование этих проектов.

Что касается коммерческих подземных объектов, прилегающих к станциям метрополитена, их строительство и финансирование осуществляется частными инвесторами на основе государственно-частного партнерства.

Однако на сегодняшний день мы видим отсутствие эффективного взаимодействия государства и частного сектора, что ставит под угрозу возможность реализации комплексных проектов, в которых сооружение новых станций метро тесно увязано с проектами комплексной застройки подземного пространства.

Следует понимать, что любые проекты комплексного освоения подземного пространства в силу своей масштабности, технологической сложности и социальной значимости требуют поддержки государственных структур. Привлекать инвесторов крайне важно, без них многие проекты неосуществимы. Но пока у потенциального



Рассматривая вопросы экономической целесообразности проекта подземного строительства, необходимо учитывать геологические особенности территории, степень износа и особенности расположения подземных коммуникаций.

инвестора не будет определенных гарантий, он не станет вкладываться в проекты комплексного освоения подземного пространства, так как окупаемость подземных сооружений достигается через эксплуатацию объекта.

Изменение концепции комплексного освоения подземного пространства требует кардинального изменения подхода к планированию строительства, анализу финансовых затрат и последующей экономической выгоды. Необходимо создавать соответствующие условия для привлечения частных инвестиций, а для этого следует менять законодательную базу и наделять правом собственности на подземные сооружения частных инвесторов.

Социальная и экономическая стоимость проектов комплексного освоения подземного пространства должна оцениваться объективно. Коммерческие сооружения, прилегающие к станциям метро, необходимо проектировать и строить одновременно с объектами инфраструктуры метрополитена.

Метрополитен как государственная структура может заключать соглашения с инвесторами на участие в проекте комплексного освоения подземного пространства. Право собственности на объекты может оставаться за метрополитеном, в то время как права на прибыль от эксплуатации сооружений коммерческого назначения могут быть разделены между метрополитеном и инвестором в соответствии с условиями контракта.

Рассматривая вопросы экономической целесообразности проекта подземного строительства, необходимо

учитывать геологические особенности территории, степень износа и особенности расположения подземных коммуникаций. Следует принимать во внимание стоимость высвобождаемых земель и размер инвестиций, которые город может получить за счет освоения данных территорий. Чем крупнее многофункциональный подземный комплекс, тем дешевле его строительство на единицу площади, а за счет энергоэффективности подземных сооружений эксплуатационные расходы зачастую значительно ниже, чем у построек на поверхности. Существуют и не прямые выгоды, такие как улучшение транспортной и экологической обстановки мегаполиса, создание комфортных условий проживания для горожан.

### **Несовершенство системы управления отраслью подземного строительства и неясность полномочий государственных органов**

Застройка подземного пространства возле станций метро может осуществляться по инициативе органов государственной власти, метрополитена или компаний-девелоперов. Абсолютно разные подходы и приоритеты не позволяют этим структурам выработать единую благоприятную стратегию деятельности для всех участников отрасли подземного строительства. Очевидно, что система государственного управления в области подземного строительства нуждается в развитии и совершенствовании.

Российский и зарубежный опыт свидетельствует о том, что метрополитен при поддержке городского правительства должен получить главенствующую роль при решении вопросов, связанных с освоением подземных территорий в непосредственной близости от станций метро. Именно метрополитен является ключевой фигурой (как в области исследований, так и комплексного освоения подземного пространства мегаполисов), который необходимо наделить полномочиями для решения практических задач, связанных с развитием системы комплексного планирования в области подземного строительства.

### **Недостаточность инженерно-геологических исследований и отсутствие перспективного планирования**

Учитывая сжатые сроки реализации проектов метро-строения, комплексные исследования подземного пространства осуществляются довольно поверхностно. Имеющаяся законодательная и нормативно-правовая база регулирования городской застройки не содержит специфических требований к проектам комплексного освоения наземных и подземных территорий, находящихся в непосредственной близости от объектов инфраструктуры метрополитена, отсутствуют требования к транспортным и коммерческим подземным сооружениям, связывающим данную инфраструктуру с городской застройкой.

Кроме того, существующее законодательство и система градостроительного планирования не отвечают современным требованиям комплексного освоения городского подземного пространства, находящегося в частной собственности, так как законодательно не урегулированы вопросы права собственности на подземные объекты.

Современные исследования в области развития и освоения подземного пространства вдоль линий метрополитена должны быть положены в основу перспективного планирования и проектирования данных линий. Важно, чтобы исследования комплексного освоения подземного пространства в этих зонах проводились на подготовительном этапе проектирования. Участки, на которых возможно одновременное сооружение станций метро и подземных объектов коммерческого назначения, должны включаться как в проект строительства метрополитена, так и в проект развития наземной городской застройки. Система планирования должна быть улучшена с учетом исследований комплексного освоения подземного пространства. В этом смысле особенно важно создание единых инженерно-геологических карт, дающих целостную картину особенностей устройства подземного пространства городских территорий.

### **Отсутствие специализированных организаций, регулирующих деятельность в области комплексного освоения городского подземного пространства**

Стремительное развитие метрополитена дало толчок комплексному развитию подземного городского пространства, но также породило ряд проблем, которые должны быть решены профильными структурами городского правительства в кратчайшие сроки. С точки зрения инвестирования, планирования, установления прав владения, управления строительством и эксплуатацией, метрополитен курируется рядом профильных государственных ведомств. Однако законодательство и система нормативно-технического регулирования не соответствуют требованиям сегодняшнего дня, не установлена и ответственность тех или иных государственных структур за развитие отрасли метростроения. Зачастую федеральные и региональные органы власти не могут выработать общую точку зрения по ключевым вопросам, определиться со стратегией комплексного освоения подземного пространства, что является существенным сдерживающим фактором и оказывает негативное влияние на процесс комплексного освоения окружающего пространства, приводя к непоправимым ошибкам.

Решением проблемы может стать создание единых информационных центров, координирующих проектные и строительные работы по сооружению объектов подземной инфраструктуры и прокладке инженерных коммуникаций. Недостаток координации действий государственных структур, заказчиков и подрядчиков должен быть преодолен ради эффективности решения задач в области комплексного освоения подземного



пространства. При этом очевидно, что осуществление инфраструктурных проектов возможно лишь при наличии политической воли и государственной поддержки.

Анализируя проблемы в области комплексного освоения подземного пространства и пути их решения, не трудно заметить, что перспективное развитие городских территорий и подземного пространства включает в себя весь спектр градостроительных, технических, общественных и экономических задач. Эффективная реализация проектов метростроения наряду с комплексным освоением подземного пространства возможна лишь тогда, когда сформулированы институционные механизмы взаимодействия между государственными структурами и всеми участниками строительной отрасли.

Говоря о перспективах комплексного освоения подземного пространства Санкт-Петербурга, следует отметить, что, помимо строительства метрополитена, масштабных проектов в этой сфере в ближайшее время не планируется. Для города с его богатым архитектурным наследием этого явно недостаточно, тем более что в дальнейшем хаотичная застройка подземных территорий не позволит осуществлять комплексные инфраструктурные проекты. Очевидно, что изучение опыта зарубежных мегаполисов позволит избежать последствий признанных во всем мире градостроительных ошибок, сэкономив массу времени и средств для реализации современных и столь необходимых Северной столице проектов подземной урбанизации.

**Эффективная реализация проектов метростроения наряду с комплексным освоением подземного пространства возможна лишь тогда, когда сформулированы институционные механизмы взаимодействия между государственными структурами и всеми участниками строительной отрасли.**

S.N. ALPATOV  
CEO of the Association of Underground  
Constructors and Designers

*A sound underground transport infrastructure is a key requirement for sustainable regional development and safe and comfortable living in highly populated urban areas. Best international practices show that Underground railway construction both enables efficient solution to various transport and social challenges of mega-cities, and offers requisite conditions for comprehensive development of the subsurface space potential.*

# UNDERGROUND RAILWAY EXTENSION PAVES THE WAY FOR COMPREHENSIVE DEVELOPMENT OF THE SUBSURFACE SPACE POTENTIAL



It ought to be noted that underground construction as a separate and significant industry do not actually exist in Russia. The only area that continues to evolve is the Underground railway or metro construction. However, principles and approaches currently applied to planning of new lines and stations do not conform to global trends and cannot satisfy the real needs of population. It should be kept in mind that underground construction nowadays is not only an essential tool to develop urban transportation system in megacities. It has become a useful and effective resource for comprehensive development of the underground space potential. World practices clearly demonstrate that planning and design of metro lines and of underground commercial, cultural and social facilities have to be integrated into a single project and proceed in a single workflow.

In this context it is especially important to commensurate scale and speed of Underground engineering projects implementation with the growth of underground construction sector as a whole. Otherwise, the Underground railway is doomed to remain outside urban common space.

The main problem that we face in dealing with this issue are strikingly different financial sources funding the construction of the Underground lines and stations from one side, and those providing means for the construction of underground commercial facilities near metro stations, from the other side. Being a non-profit organization managed by the city administration, the Underground railway is built and financed



through federal and regional budgets, while commercialization of underground space is financed from private funds.

In view of the situation, the only way to bring together Underground infrastructure projects and commercial facilities development initiatives knitting them into an integrated whole, is to launch a comprehensive long-term program of underground space development. This program must be supported by a well-functioning mechanism ensuring state support to private investors. There is an evident and strong need of setting up a comprehensive institutional mechanism capable to resolve urban planning, technical, legal and financial problems related to the Underground construction and comprehensive development of subsurface space. Current inadequacy and legal gaps in the Russian legislative framework and in technical statutes regulating underground construction issues, require urgent solutions.

### **The absence of state guarantees for private investors involved in comprehensive development of underground space**

The Underground railway (metro) is not only a carrier; it is an important urban element that sets new standards in terms of safe and comfortable living environment. The underground space adjacent to metro stations should incorporate all necessary public areas: transport interchange nodes, pedestrian galleries, shopping centers, recreational, cultural and sports facilities.

The Underground railway is a part of public transportation system, hence it is governed by municipal administration that defines construction terms and volumes, and funds the projects.

As concerns commercial underground facilities located near the Underground stations, their construction is financed by private investors through public-private partnerships.

Yet we are witnessing the lack of effective cooperation between the government and the private sector; the de facto situation impedes the possibility to implement integrated projects in which construction of new metro stations is closely aligned with comprehensive development of underground space.

It should be understood that because of their scope, technological sophistication and social importance any of underground space comprehensive development projects will require government support. It's extremely important to entice investors, as without them many of eventual projects would not be feasible. But as long as a potential investor is not entitled to certain guarantees, he will not invest in underground space comprehensive development projects, since the expected return can be only achieved during the in-service period, through the facility operation.

The shift in the concept of underground space comprehensive development can be reached by a fundamental change in the approach to construction planning as well as to the analysis of costs and subsequent economic benefits. Private investors can be enticed only by appropriate conditions, which means that the existing regulatory and institutional framework

should be modified in ways that permits private investors to own and/or operate the underground structures they invested in.

The social and economic value of underground space comprehensive development initiatives should be assessed objectively. Commercial structures located on areas adjacent to the Underground stations must be designed and built concurrently with the Underground infrastructure facilities.

Being a government institution, the Underground railway may enter into agreements with investors and participate in underground space comprehensive development projects. Ownership rights can remain with the Underground railway, while the rights to operating profit gained from commercial facilities may be divided between the Underground railway and the investor in accordance with contractual terms.

When considering economic viability of an eventual underground construction initiative, one should take into account local geology, the degree of wear and especially the location of underground facilities.

Another important feature is the cost of released lands, as well as the quantity of investment that the city may obtain from the development of these areas. The bigger are dimensions of a multi-functional underground complex, the lower are construction costs per unit area, and energy efficiency of underground structures will cut operating costs making them significantly lower than these of the surface buildings. There are also indirect benefits, such as improved transport and environmental



conditions in megacities as well as evolution of safe and comfortable living environment.

### **Inefficient management of underground construction sector and ambiguous competences of state agencies**

Development of subsurface space adjacent to the Underground stations can be driven by state agencies, Underground railway or property developers. These structures have completely different priorities and apply very different approaches to the matter. As a result, they are not able to develop any common strategy favorable for all and every stakeholder engaged in the underground construction sector.

It is evident that public administration system in the underground construction sector needs to be upgraded and improved.

Russian and foreign practices show that the leading role in the development of subsurface space adjacent to metro stations should be assigned to the Underground railway supported by the city government. No other than the Underground railway system is a key actor both in the research and comprehensive development of the underground space in megacities, and this key actor must be granted all the powers needed to develop a multiple objective planning system in the underground construction sector.

### **Inadequacy of geotechnical survey and lack of long-term planning**

Given tight deadlines normally fixed for Underground project implementation, geotechnical survey carried out for the subsurface development purposes is rather superficial. The current legislative and regulatory framework does not contain

any specific requirements for integrated development of surface and underground areas located in the immediate vicinity of the Underground infrastructure. The law does not set any requirements for transport and commercial underground facilities that would incorporate the infrastructure into urban fabric.

In addition, the existing legislation and urban planning system do not match current requirements of comprehensive urban underground space development, especially in case of privately owned spaces, since ownership of underground facilities is still a pending regulatory issue.

Forward planning and design of the Underground lines must be based upon modern research and development concentrating on the extension of the underground space along these lines. It is important to carry out the underground space comprehensive development research at the preparatory phase of the design. The areas where construction of metro stations can proceed in parallel with the construction of commercial facilities, should be included both in the Underground railway and in urban development projects. Planning systems must be upgraded and improved following the results of underground space comprehensive development research. In this context it is especially important to create single geotechnical maps that will display a coherent picture of urban underground space structure.

### **The lack of specialized agencies governing activities in the area of comprehensive development of urban underground space**

Rapid development of the Underground railway gave a boost to comprehensive development of urban underground space but has also brought a new set of challenges that must be met by specialized local government

entities as soon as possible. Investment, planning, ownership, management, construction and maintenance issues of the Underground railway are supervised by a number of specialized public agencies. However, legislation and technical regulation systems are not longer in compliance with current requirements. Responsibilities of various government agencies for the development of the underground construction sector have not been assigned. Rather often federal and regional authorities cannot reach a consensus on key issues, and to come up with a strategy for comprehensive underground space development. This is an important deterrent that undermines comprehensive development of the surrounding space and leads to irredeemable mistakes.

These concerns can be resolved by setting up one-stop information centers that will coordinate the design and building works in the area of underground infrastructure and utility lines construction. The lack of coordinate action on the part of various governmental agencies, customers and contractors must be overcome for the sake of efficient and successful problem solving in the area of underground space comprehensive development. It is clear that a successful implementation of infrastructure projects can only come as a result of an active political will and public support.

Analyzing underground space comprehensive development challenges and the means to address them we will easily see that the long-term development of urban areas and of underground space includes the entire spectrum of urban planning, technical, social and economic tasks. Effective implementation of Underground railway engineering projects alongside with comprehensive development of underground space is possible only under a developed institutional framework set up to ensure interaction between public authorities and all construction industry stakeholders.

Speaking about the prospects for comprehensive development of the underground space in St. Petersburg, it is important to point out that apart from Underground engineering projects no immediate large-scale underground initiatives are planned here. For the city of a rich architectural heritage it is definitely not enough, particularly since a further chaotic development of underground areas will inhibit comprehensive infrastructure projects. It is obvious that analytical study of positive experiences gained by world megacities will prevent damaging effects of internationally recognized architectural mistakes thus saving a lot of time and resources for modern and so much-needed projects of underground urbanization in the northern capital.

# АЛЕКСАНДР ЛЕДЯЕВ

## О ПРОЗОРЛИВОСТИ ПРЕДКОВ, «ТАНЦАХ ОТ ПЕЧКИ», КОНСЕРВАТИЗМЕ И ИЗЯЩНОСТИ РЕШЕНИЙ



*Жители Северной столицы в последнее время уже привыкли с изрядной долей снисходительного скепсиса относиться к презентациям масштабных транспортных проектов, периодически появляющихся из недр городской администрации. Дескать, «мечтать не вредно — вредно не мечтать». А ведь как все прекрасно выглядит: макеты, схемы, конкретные сроки, обещания блестящих перспектив... Кажется, дело на мази, еще чуть-чуть и начнется реальный строительный процесс, но... проходит время и проект откладывается в долгий ящик. Зачастую его окончательно хоронят, иногда достают, сдувают пыль со старых папок и снова пытаются запустить, впрочем, с тем же успехом... Основную причину подобной непоследовательности видят, прежде всего, в нехватке средств: та же Москва, к примеру, благодаря солидному финансированию в последние годы переживает настоящий бум транспортного строительства.*

*Рассказать о непростой судьбе петербургских проектов, проблемах освоения подземного пространства в городе на Неве и многом другом мы попросили доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Тоннели и метрополитены» Петербургского государственного университета путей сообщения Александра Ледеява.*

Беседовала  
Мария ВАСИЛЬЕВА

## — Александр Петрович, какова, по вашему мнению, причина отказа от проекта Орловского тоннеля?

— Вопрос одновременно и простой и сложный. На первый взгляд, все достаточно банально: ООО «Невская концессионная компания» — автор последнего варианта проекта — не уложилось в отведенную городом сумму.

Но говорить об истории несостоявшегося объекта следует с более ранних событий. Мало кто помнит, но в свое время ключом к реализации проекта Орловского тоннеля считалось строительство переправы на Канонерский остров.

### — Как они могут быть связаны?

— История подводных переходов под Невой имеет более чем 40-летнюю историю. Орловский створ (название дано по располагавшейся рядом даче графа Орлова) был обозначен еще в Генеральном плане развития Ленинграда 1965 года, а 14 лет спустя и в Генеральной схеме планировочной организации и использования подземного пространства, в создании которой принимал участие и ваш покорный слуга.

Место это, как принято говорить, сложилось исторически. На карте Петербурга можно найти немало географических точек, где наши предки создавали все условия для строительства в отдаленном будущем перехода через Неву. Орловский створ — одна из них. Другое дело, потомкам следовало решить, что строить: мосты или тоннели. В 1960-х годах этот вопрос бурно обсуждался. В результате сочли нецелесообразным возведение мостов в пределах исторического центра.

Самое интересное, что главным, согласно Генеральной схеме, считался переход в створе 22–23-й линий Васильевского острова возле Горного института, вторым по значимости был определен Орловский тоннель, третьим — переход через Неву близ проспекта Большевиков, еще один должен находиться выше по течению реки между будущим Орловским тоннелем и Литейным мостом. Всего планировалось построить семь подводных переправ.

Сразу же пришло решение об использовании метода опускных секций. Для обкатки этой технологии и был сооружен тоннель на Канонерский остров, первый и пока единственный в своем роде.

### — Почему был выбран именно этот метод?

— Несомненные плюсы данной технологии — возможность получить сооружение наименьшей протяженности, неглубокого заложения и необходимого габарита. Тоннели, служащие для снижения транспортной напряженности мегаполисов, должны быть как минимум 6-полосными (3 полосы в одну сторону, 3 — в другую), а конфигурация прямоугольных секций позволяет реализовать это наилучшим образом. Кроме того, используя метод опускных секций, можно выйти на поверхность в районе набережных.

Тоннель на Канонерский остров имел статус экспериментального, так как подобная технология впервые использовалась в нашей стране. Проект был успешно завершен, хотя пришлось преодолеть немало трудностей, в том числе и организационных. Объект сдали в эксплуатацию в 1983 году, но дальше, к сожалению, дело не пошло.



Канонерский тоннель

И если про створ в районе Горного института как-то сразу забыли, то проект Орловского тоннеля периодически всплывал уже в условиях новой России.

### — Расскажите об этом подробнее.

— Первая попытка «пробить» проект была предпринята в 1990-е годы. Тогда при поддержке первого мэра Санкт-Петербурга Анатолия Собчака группа энтузиастов готовила свои соображения по этому тоннелю, уже даже определили плату за проезд и т. д. Само собой, сооружение предполагалось строить методом опускных секций, но, увы, умер застрельщик дела, а вместе с экономикой рухнули и все планы, словом, проект заглох.

На подходе к 2000 году тему Орловского перехода стала продвигать московская фирма «Галс». Она предложила построить два тоннеля с тремя полосами движения в каждом. Но проект обладал существенными изъянами. Дело в том, что компания закупила в Германии тоннелепроходческий щит, который впоследствии был модернизирован. Все бы ничего, но его диаметр позволял комфортно расположить лишь две полосы движения по 4 м и две пешеходные дорожки. К тому времени щит уже успели применить при проходке Лефортовского тоннеля, сделал две полосы движения по 3,5 м и одну — 3,25 м (при норме для сооружений такого класса — 4 м). В результате, из-за частых ДТП этот столичный объект стали называть «тоннелем смерти».

### — Были ли другие предложения?

— Ленметрогипротранс и Метрострой предлагали проложить в Орловском створе три тоннеля по две полосы движения. Один из них должен был служить для организации реверсивного движения. Подобное практикуется во многих городах мира и, на мой взгляд, этот вариант наиболее удачен. Но, к сожалению, его всерьез даже не рассматривали. А в проекте «Галса» проблемой стал выход на поверхность.

Поскольку щит должен работать на большей глубине, при подъеме пришлось бы ликвидировать сквер на Охтинской стороне и в результате упереться в Апрельскую улицу, не предназначенную для интенсивного движения. Тогда москвичи предложили обустроить подземную часть Апрельской улицы — сооружение, немислимое даже по

нынешним меркам. Проект влетал в копеечку, к тому же поднялась волна недовольства со стороны местных жителей, не без основания полагающих, что стройка затронет полюстровский водоносный горизонт, в результате чего подтопленными окажутся все подвалы и коммуникации этого района.

Москвичи ушли. Через некоторое время появилась Невская концессионная компания, заявившая о готовности построить в Орловском створе щитовым способом два цилиндрических тоннеля, но с использованием пригруза впереди забоя, что позволяло бы подняться выше. Но вновь возникли очередные проблемы. Поскольку выяснилось, что трасса тоннеля попадет на сваи Охтинской набережной, пришлось уходить глубже, что опять привело к трудностям выхода на поверхность. Более того, не доверяя своим предшественникам, специалисты компании настояли на повторных геологических изысканиях и обнаружили водонасыщенные грунты с притоком напорных вод. Проект пересмотрели: было принято решение о строительстве одного двухъярусного тоннеля диаметром 19 м. Такого в мировой практике еще не было! У экспертов сразу возникла масса вопросов. Во-первых, как в ситуации с таким огромным забоем удерживать разномастные слои, если в одном случае это приличные грунты, а в другом — водонапорные и т. д.? Во-вторых, как организовать выход на поверхность с нижнего уровня? Но для заказчика (города) последней каплей стала все же непомерная стоимость проекта, что в итоге и решило его судьбу.

#### — Есть ли вероятность того, что идея строительства Орловского тоннеля вновь всплывет?

— На сегодняшний день проект закрыт. Что будет дальше с этим створом — сейчас никто не знает. В чем мне видится основная причина неудач?

В советское время, несмотря на то что вертикаль власти была выстроена намного жестче, при обсуждении даже менее серьезных вопросов, чем строительство переходов через Неву, привлекали авторитетных специалистов. И это делалось вполне демократично — с обнаружением позиций всех сторон, обменом мнениями. Это были не нынешние общественные крики, а плодотворные дискуссии в кругу профессионалов.

Должен сказать, что в случае с Орловским тоннелем ничего подобного ни в первом, ни во втором, ни в третьем случае не было. Да, кого-то отдельно выдергивали и приглашали, где-то беседовали, о чем-то говорили. Но к активной работе не была привлечена даже кафедра «Тоннели и метрополитены» нашего вуза, специалисты которой принимали непосредственное участие в строительстве Канонерского тоннеля, участвовали в разработке программы освоения подземного пространства, накопили достаточно большой опыт по всем типам тоннелей, в том числе и подводным. Наш город обладает достаточным количеством квалифицированных кадров, способных дать заключение по всем злободневным вопросам, и не использовать этот огромный потенциал, на мой взгляд, абсурдно.

К сожалению, каждая новая команда городского правительства почему-то считает, что она начинает с нуля. Эти «танцы от печки» и привели к тому, что мы в 1970-х годах



Лефортовский тоннель

были ближе к сооружению перехода через Неву, чем в нынешнее время. Санкт-Петербургу необходим профессиональный взгляд на сложившуюся транспортную ситуацию и политическая воля для концентрации усилий, направленных на решение насущных задач в этой сфере.

#### — А нужен ли городу Орловский тоннель в принципе? Ведь многие признают, что транспортную проблему он не решит.

— В мире немало крупных городов, построенных в устье крупных рек. В этом случае целесообразно через каждые 400–500 м организовывать переход, в противном случае получаем значительный перепробег и трудности в преодолении водной преграды. Орловский тоннель в определенной степени помог бы автотранспорту выехать из центра в сторону КАД. С другой стороны, он, вероятно, усложнил бы ситуацию при въезде в город в утренние часы. Но при желании можно грамотно отрегулировать транспортные потоки, зато была бы связь между берегами. Посмотрите на карту транспортной напряженности: у нас ведь самое главное — переехать Неву. А если закрывается какой-нибудь мост, ситуация становится критической.

Переход через Неву — это актуальнейшая проблема. В свое время группа энтузиастов во главе с ЗАО «Институт «Стройпроект» предлагала построить Ново-Адмиралтейский мост. При всех его небольших минусах, если бы это произошло, стало бы легче. Проект закрыли, но проблема осталась, все равно надо что-то строить. Ведь сейчас в период навигации попасть ночью с одной стороны города на другую можно только через Вантовый мост, город практически разделен пополам.

Конечно, никогда не бывает так, чтобы одно искусственное сооружение решило все проблемы. А вот системный подход к строительству способен исправить положение. Основная петербургская проблема — отсутствие планирования. Так называемый генплан города представляет собой скорее набор объектов для будущих подрядчиков. Нет самого главного — комплексной транспортной схемы, где бы отдельно рассматривались и были взаимосвязаны все виды транспорта. Поэтому никто не сможет объяснить, почему надо строить именно Орловский тоннель, а не какой-либо другой. Приоритеты так и не определены.



**— Но транспортные проблемы существуют и в других странах мира...**

— Да, но они решаются. Вот вам один пример. У ПГУПС прочные связи с Испанией, родиной нашего первого ректора — Августина Бетанкура. Периодически как официальный представитель вуза посещаю Мадрид. До 1990 года транспортная ситуация в нем была еще хуже, чем в Петербурге. На каждом перекрестке в центре города — полицейский-регулирующий. Трели свистков раздавались повсеместно. Попастись из одной части города в другую вовремя было практически невозможно. И что мы сегодня видим в испанской столице? Они построили систему тоннельных развязок, все ранее возведенные эстакады в центре города убрали под землю, проложили центральную подземную магистраль через весь город — и проблем стало гораздо меньше. Освоение подземного пространства, строительство городских тоннелей — общемировая тенденция. А у нас пока только разговоры ведутся, как и где строить.

**— Может быть, вся проблема в сложных петербургских грунтах?**

— На всякие грунты есть свои технологии. Голландцы находятся в гораздо худших условиях, но умудряются прекрасно строить под землей. К сожалению, наш город достаточно консервативный, инновациям здесь далеко не всегда открыта широкая дорога. Мы «стену в грунте» внедряли не одно десятилетие. Этот способ появился еще в 1962 году при прокладке Миланского метро. А первый отечественный опыт — строительство подземного гаража на ВДНХ к Московской Олимпиаде-80. В конце 1990-х — начале 2000-х эту технологию использовали где угодно,

Орловский тоннель  
(визуализация)

но только не в Петербурге. Лишь в наши дни появилось новое поколение руководителей, способных оценить долгосрочный эффект от применения тех или иных инноваций. Есть хорошая поговорка: кто хочет, тот делает, кто не хочет, ищет препятствия... Все разговоры о сложных грунтах и нежелание внедрять передовые технологии — звенья одной цепи.

В чем наша проблема? Может случиться так, что об освоении подземного пространства можно будет напрочь забыть. Большое число новых зданий имеют гаражные помещения и свайные основания, уходящие в глубину более чем на 50 м. Вышеупомянутая Генеральная схема 1979 года позволяла систематизировать будущие подземные объекты в городе и понимать, что и где будет расположено. Ее отбросили, и сейчас каждый застройщик делает что хочет. Кто сваи забывает, кто развивает подземную часть здания. В результате через некоторое время выяснится, что мы хотим заниматься подземным строительством, но... не можем. И средства есть, и уже не так страшен этот грунт, но все застроено и занято.

**— Насколько мне известно, «стена в грунте» может применяться и при строительстве тоннелей методом опускных секций...**

— Конечно, эти технологии способны сочетаться друг с другом. Классический вариант: русловая часть перекрытия секциями, а береговая представляет собой «стену в грунте». Это значительно упрощает и удешевляет проект.

Везде есть свои нюансы. А у нас, к сожалению, преобладает подход: построить что угодно, лишь бы подороже. Главное — выбрать самый финансовоемкий способ, самые затратные конструкции и самое дорогое место, чтобы возвести нечто грандиозное. Подчас задача упростить, удешевить даже не ставится.

**— Среди вариантов Керченской переправы предлагался проект тоннеля с опускными секциями. Насколько он, с вашей точки зрения, выгоден?**

— Рассмотреть такой проект в принципе было бы интересно. Опускные секции в процессе строительства, как известно, находятся в двух стадиях. В процессе транспортировки их водоизмещение должно позволять держать край борта от 0,5 до 1 м над водой. А в погружном состоянии общий вес конструкций вместе с обратной засыпкой может превышать выталкивающее усилие всего лишь на 10%, то есть давление на грунт можно сделать крайне небольшим. Я досконально не знаю характеристики илистых отложений в Керченском проливе, но, думаю, можно создать такие секции, которые не окажут сильного давления на грунт, но вместе с тем не будут и всплывать.

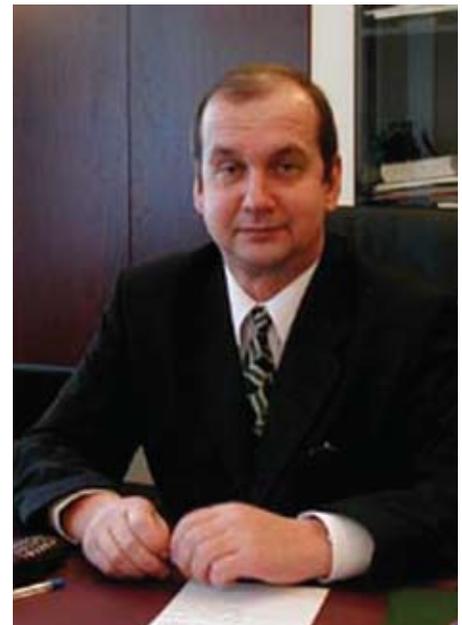
Кроме того, появится возможность без лишних затрат заложить по три автомобильные полосы в обе стороны плюс две железнодорожные линии. В этом случае можно добиться пятикратного выигрыша в стоимости по сравнению с мостом. Дело в том, что мостовое сооружение должно иметь очень глубокие опоры, доходящие до грунта, обладающего хорошей несущей способностью. Но проектные решения с использованием метода опускных секций должны отличаться, если можно так сказать, изящностью решений, принимая которые следует обязательно учесть как зарубежный, так и отечественный опыт.

# ALEXANDER LEDYAEV

## ON WISDOM OF OUR PREDECESSORS, ON STARTING ALWAYS FROM THE ZERO POINT, ON CONSERVATISM AND ELEGANT SHAPE

*In recent times people of the Northern capital have grown used to express a hefty dose of condescending scepticism when it comes to presentations of large-scale transport infrastructure projects that from time to time emerge “de profundis” of the city administration. People take them as in “to dream is not harmful – what is harmful is not to dream.” After all, it looks so great, just look at these models, diagrams, precise time-table, promises of excellent prospects...*

*It seems that things are well underway, just a step to make – and a workable construction process can start, but ... time passes and the project is shelved. Fairly often it is given deep-six, sometimes they pull it out from a dusty box, expose it to the light of the day, clean the dust out of the old folder, and try to launch it again, though with the same result... This inconsistency is primarily explained by lack of funds. Just one example: thanks to a major funding in recent years Moscow was seized with a true construction boom. We invited a recognized expert Professor Alexander Ledyayev, Doctor of Engineering, Head of Department “Tunnels and subways” of St. Petersburg State Transport University, to elaborate on challenging fate of Petersburg projects, on underground space development problems and more.*



— **A**lexander Petrovich, what do you think was the reason to reject the Orlovsky Tunnel project?

— The question is both simple and complex. At first glance, everything is pretty simple. The LLC “Neva Concession Company” which is the Orlovsky Tunnel project designer, exceeded the budget allotted to it by the city government. But in effect, the failed project story had started much earlier. Now very few people remember it, but at the time it was believed that the key to successful realization of the Orlovsky Tunnel initiative was the construction of a crossing to the Kanonersky island.

— **In what way these two were linked?**

— The idea of a passage under the Neva has over 40 years of history. The Orlovsky alignment (the name originates from once existed cottage built nearby and belonging to count Orlov) was designated on Leningrad Master Plan as early

as 1965, and 14 years later the same alignment was marked on the city General Underground Space Planning and Use Scheme drafted with the participation of the present writer.

The spot can be called a historical one. On St. Petersburg map one can find rather many geographic locations where our predecessors were creating all necessary conditions for the construction of the Neva crossing that would be built in a distant future. The Orlovsky alignment was one of them. Another thing is that their descendants had to decide what kind of structures had to be built, bridges or rather tunnels. In 1960s the issue was vigorously debated. Finally it was decided that to build bridges in the historical center of the city was not appropriate.

Most interesting was that according to the General Scheme the main crossing should be located near the lines 22–23 of Vassilevsky island, in the vicinity of Mining Institute. The second important was the Orlovsky Tunnel, the

Interviewed  
by Maria Vasilieva

crossing near the Bolsheviks Prospect had to be the third one; one more crossing was planned to be built higher up the Neva river, between the future Orlovsky Tunnel and Liteynyi Bridge. There had to be 7 underwater crossings altogether.

The idea to build an immersed tunnel came almost immediately. The tunnel to the Kanonersky island was built to try out the technology, and up to now it remains the first and the only one of its kind.

**— Why the immersed tunnel technology was considered a better choice?**

— Evident benefits of the method are a shorter overall length and a lesser depth of the tunnel of required clearance. The tunnels intended to reduce traffic intensity in megacities must have at least 6 lanes (3 lanes in one direction and 3 in the other), and the rectangular configuration of the immersed tunnel elements (sections) enables the realization of the construction in the best possible way. Besides, the immersed tunnel technology allows to precisely reach the required alignment (the destined point).

The tunnel to Kanonersky island was launched as a pilot, since it was the first application of the technology in our country. The project was successfully completed, although it had to overcome many obstacles, including organizational problems. The facility was brought into service in 1983, but then, unfortunately, no follow-up was given. And if the alignment in the area of Mining Institute was somehow immediately forgotten, the Orlovsky Tunnel project continued to appear periodically in the new Russia.

**— Would you please tell us more about that.**

— The first attempt to “break through” the project was undertaken in 1990s. Then with the support of the first mayor of St. Petersburg Anatoly Sobchak the group of enthusiasts worked on technical details on the project; they had even determined the toll charge, etc. It goes without saying that the tunnel was to be built by immersed tube method, but then the spearhead of the initiative died, and with the budget failure all the plans went sour, so the project stalled.

With 2000 coming, the idea of Orlovsky crossing started to be promoted by a Moscow firm “Gals”. The project envisaged two three-lanes tunnels but it had significant shortcomings. The case is that “Gals” had purchased in Germany a TBM (Tunnel Boring Machine), which later on was upgraded. Everything would be fine, but the TBM diameter allowed to drive a tunnel with only two lanes and two footpaths. By the time the TBM had been already used for the construction of the Lefortovo tunnel with two 4 m lanes and one 3.25 m lane (the standard requirement for this class of structures is 4 m). As a result, due to frequent accidents this Moscow underground facility became known as “a tunnel to death”.

**— Were there any other project proposals?**

— “Lenmetrogioprotrans” and “Metrostroy” proposed to build three two-lanes tunnels in the Orlovsky alignment. One of them was intended for contra-low traffic system. This solution had been implemented in many cities around the world, and to my mind, it was the best option. But both “Gals” and “Metrostroi” encountered a significant problem that was the surface exit. The TBM had to excavate the tunnel at great depth, which meant that a public square on the Okhtinskaya side would be eliminated, and the tunnel would bump into the Aprelskaya street not designed for heavy traffic. Then the Moscow company proposed to rebuild and fit out the underground part of the Aprelskaya Street, that is to realize a project that would be considered unreal even by today’s standards. The project would cost a fortune, and what is more, it raised the tide of discontent among local residents who not without reason believed that the excavation would affect the Polyustrovsky aquifer, resulting in flooded basements and damaged communications in the area.

So the Moscow company left. After a while another company appeared, and namely. “Neva Concessionary Company”. It declared its readiness to drive two cylindrical tunnels using earth pressure balanced tunneling method that would allow them to move higher up. But then further problems arose. It turned out that the tunnel route intersects the Okhta piled embankment, hence it had to go even deeper, which again posed the problem of surface exit. More than that, mistrusting their foregoers, the company specialists insisted on repeated geotechnical survey. The survey revealed saturated soils and influx of confined ground waters. The project was modified, and the decision was taken to build a double-deck tunnel with a diameter of 19 m. Such a solution had never been implemented before in the world practice! It immediately raised a lot of questions among experts. The first question was: in what way can heterogeneous soil strata be held together if, say, there are decent grounds from one side, and water-saturated soils from the other? Another difficulty was the exit from the second level and how to organize it. But for the customer (the city) the last straw to break camel’s back was an exorbitant cost of the project, and this sealed its fate.

**— Is it likely that the idea of Orlovsky Tunnel will surface again?**

— To date, the project is closed. What will happen with the alignment — nobody can tell now. What to my mind was the main reason for failure?

In Soviet times, despite the fact that the top-down command structure was much tougher, decisions on much less serious matters than the construction of transitions across the Neva could not be taken without the participation of reputable professionals. And the procedure was

quite democratic: the positions of all parties were made public, the exchange of views was open and extensive. Instead of nowadays public screamings there were fruitful discussions in a team of professionals.

I must say that in the Orlovsky Tunnel case none of this happened: neither the first, nor the second, and nor the third. Yes, somebody was pulled out and invited somewhere to talk about something. But no professionals were engaged in a serious work, not even the department of “Tunnels and subways” of our university notwithstanding the fact that our experts were directly involved in the Kanonersky tunnel construction and participated in drafting the underground space development program. The St. Petersburg Railway university experts have accumulated a lot of experience on all types of tunnels, including immersed tubes. Our city has a sufficient number of qualified personnel able to exercise professional judgements on all sensitive issues of the day. To ignore this huge potential in my opinion is absurd.

Unfortunately, for some reason each new team of city administrators believes that it has to start from scratch. This continuous “starting again from the zero point” resulted in our being much closer to the construction of River Neva crossing in 1970s than we are today.

St. Petersburg needs a professional approach towards actual transport situation as well as a political will to concentrate efforts on solving urgent problems in this area.

**— And does the city really need this Orlovsky Tunnel? Many argue that the transportation problem will not be solved with it.**

— There are many big cities built on rivers in the world. In these cities it is useful to organize river crossings every 400–500 m, otherwise there is a risk of a significant overmileage and of related inconveniences. The Orlovsky tunnel could facilitate access to the ring road for vehicles moving out of downtown areas. On the other hand, it would probably complicate the entrance to the city in morning hours. But traffic flows can be intelligently regulated if so needed, and on the plus side there would be a connection between the two banks. Look at the transport intensity map: in fact, the most important thing in this city is to cross the Neva. And when one of the bridges moves out of operation the situation becomes critical.

The issue of Neva crossings remains of key importance. At one time, a group of enthusiasts led by JSC “Institute “Stroiroyekt” proposed the idea of a New Admiralty bridge. With all its disadvantages, if it occurred, the transport situation would improve. The project had stalled, but the problem remained, and something has to be built anyway. Because now, during the night navigation hours you can get from one part of the

city to the other only through the cable-stayed bridge, the city is practically split in two.

Of course, you can never say that one artificial structure can solve all the problems. But systemic approach to the construction activity is a means to remedy the situation. The major St. Petersburg problem is the lack of planning. The so-called Master Plan of the city is rather a list of objects for eventual contractors than a planning tool. It lacks the most important element, and namely an integrated transport scheme, where all transportation means would be considered separately and be unified. Therefore no one would be able to explain why it is necessary to build the Orlovsky Tunnel, rather than any other. Priorities have never been defined.

**— But traffic problems do exist also in other parts of the world...**

— Yes, but they are being approached and solved. Here's one example. The St. Petersburg Railway University has strong ties with Spain, the birthplace of our first Rector — Augustine Betancourt. As an official representative of the University now and then I visit Madrid. Until 1995, the transport situation there was even worse than in St. Petersburg. Every street intersection in the downtown area was regulated by a traffic guard. Whistles trills were heard everywhere. To get from one part of town to another was almost impossible. And what do we see today in the Spanish capital? They built a system of tunnel intersections, all ramps previously built in downtown were removed underground, then they opened a central underground road running the whole length of the city — and a considerable amount of problems was reduced.

Underground space development, urban tunnels construction are irreversible global trends. As for us, so far only long talks have been going on about where and what we must build.

**— Perhaps the whole problem is the complexity of the St. Petersburg soils?**

— There are diverse soils and not less diverse applicable technologies. The Dutch have always been in a much worse situation, but they manage to build excellent structures underground. Unfortunately, our city is fairly conservative and is not always ready to open doors for innovation. It took us decades to introduce the "slurry wall" technology, the method introduced in 1962 for underground construction in Milan. The first domestic application of the techniques was the underground garage at VDNKh (All-Union Exhibition of Economic Achievements), one of the projects implemented for Moscow Olympics-80. Since late 90's and early 2000's the technology has been used anywhere, but not in St. Petersburg. And only in recent years there emerged a new generation of leaders



Orlovsky Tunnel

capable to assess a long-term impact of application of particular innovations. There is a good saying: "Where there's a will, there is an action, where there's no will, there is a search for obstacles..." All this talking about complex soils and the reluctance to introduce advanced technologies are the links of one chain.

What is the essence of our problem? It may well happen that we will have to completely forget the idea of underground space development. A large number of new buildings are provided with garage spaces and are built on pile foundations buried more than 50 m deep. The above-mentioned General Scheme 1979 provided a systematic profile of future underground facilities in the city, and allowed to understand what and where will be built. The Scheme was rejected, and now every developer may do whatever he wants. One drives in piles, the other develops the underground part of the building. As a result, after a while it might happen that we will found ourselves eager to build underground, but ... we will not be able to. We might be well funded, and no longer afraid of challenging soils, but everything will be already built up and there will be no vacant space to build on.

**— As far as I know, the "slurry wall" technology can be used also for the construction of immersed tunnels...**

— Of course, these technologies can be easily combined with each other. In the classic version the immersed sections are installed in a trench dredged in the bed, and a "slurry wall" constitutes the end (or shore) section.

This solution makes the whole process much easier and reduces the cost of the project. The details may change with time and place. But here unfortunately the prevailing approach is "we are ready to build everything you wish as long as you pay high". The primary objective is

to use the most money-absorbing technology, the most expensive constructions, to find the most expensive site, and to build something unusual and grandiose on it. The aim to make the project easier and cheaper might well be never intended.

**— Among the options proposed for the Kerch crossing there was an immersed tunnel project. In your view, what kind of advantages could it bring?**

— In principle, to consider this alternative would be rather interesting. As is known, in course of construction the immersed tube sections pass through two distinct stages. During transportation the water displacement should allow to keep the freeboard of the section at 0.5–1 m above the water. In the submersed position the total weight of structures together with backfilling can exceed the buoyant force by only 10%, it means that the pressure on the ground can be made extremely low. I cannot say that I know the characteristics of Kerch Strait mud deposits inside out, but nevertheless I believe that all things considered, it is possible to design and produce the tunnel sections that will not exert a high pressure on the ground, and at the same not float upwards.

In addition, the solution gives the possibility to construct at no extra cost three lane motorways in both directions, plus two railway lines. This would result in a fivefold competitive advantage over the bridge alternative. The point is that the bridgework must be supported on quite deep piers that reach the ground having an adequate bearing capacity.

But the immersed tunnel design solutions must have — if it may be so said — an elegant shape; the chosen solutions must necessarily be based on both domestic and foreign experiences.



*The article informs on the participation of Russian underground construction experts in 14th International Conference and in Assembly of Associated research Centers for the Urban Underground Space (ACUUS) held on September 23–27, 2014 in Seoul (South Korea).*

# КОНФЕРЕНЦИЯ ACUUS В СЕУЛЕ: ДО ВСТРЕЧИ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ!

*Российские специалисты в области подземного строительства приняли участие в 14-й Международной конференции и Ассамблее Объединения исследовательских центров подземного пространства мегаполисов (ACUUS), состоявшихся 23–27 сентября 2014 года в Сеуле (Южная Корея). Делегацию возглавил генеральный директор Объединения подземных строителей и проектировщиков, член правления Совета директоров ACUUS от Европы Сергей Алпатов.*

По материалам  
ОАО «Метрострой»  
и Объединения  
подземных строителей  
и проектировщиков

На торжественной церемонии открытия выступили президент ACUUS Димитрис Калиампакос (Dimitris Kaliampakos), генеральный управляющий ACUUS Жак Беснер (Jacques Besner), а также президент конференции, председатель Оргкомитета ACUUS-2014 профессор университета Ионсей (Yonsei) Рим Хонг Чул (Rhim Hong Chul). Руководители ACUUS поблагодарили присутствующих за то, что они нашли возможность лично прибыть в Сеул, а также выразили надежду, что работа в рамках конференции окажется весьма интересной и продуктивной.

В рамках конференции ACUUS-2014 с ключевым докладом выступил Димитрис Калиампакос. Он подчеркнул важность взаимодействия подземных строителей с представителями государственной власти и городскими жителями и отметил, что целью этой работы является формирование комфортной для человека подземной среды, которая может быть не только функциональной, но и эстетически наполненной. Глава ACUUS отметил, что подземное пространство является неотъемлемой частью жизнедеятельности человечества на протяжении тысячелетий, в частности, на сегодняшний день в мире эксплуатируется более 11 тыс. км линий метрополитенов, более 1 тыс. км находится на стадии строительства. По мнению Димитриса Калиампакоса, создавать подземные сооружения просто функциональными уже недостаточно, необходимы индивидуальные, неординарные решения, позволяющие формировать среду, дружественную для человека. Также эксперт затронул актуальную для всех крупных городов проблему «спагетти» — большого числа подземных инженерных коммуникаций, которые зачастую располагаются хаотично. К примеру, в подземной части Лондона насчитывается порядка 20 тыс. сетей. Решением проблемы может стать размещение инженерных сетей в технологических туннелях.

Проблематику современных архитектурных форм для подземных сооружений в своем докладе затронул профессор Корейского института архитектуры Енг Рухл Хahn (Jong Ruhl Hahn). Он поделился опытом работы в области архитектуры подземных сооружений и привел примеры оригинальных дизайнерских решений. По мнению профессора, подземное пространство предоставляет широкие возможности для творчества и поиска уникальных архитектурных форм, не только функциональных, но и культурно-эстетических. Необходимо проектировать и строить так, чтобы горожанам было приятно проводить время под землей, тогда будет гораздо легче и получать поддержку представителей власти и широкой общественности. К примеру, удачным архитектурным решением профессор Хahn считает подземные библиотеки, которые позволяют создавать оптимальные условия для работы посетителей и хранения книг.

Не менее интересным примером эффективного сочетания наземного и подземного строительства можно назвать подземные театральные площадки, объединенные с основным историческим зданием с помощью переходов и подъемных механизмов. Такое техническое решение позволяет существенно расширять возможности театра, не нарушая архитектурное своеобразие окружающей застройки и не изменяя городской ландшафт.

Тема города как живого организма стала ключевой в выступлении независимого итальянского художника



Нарцисса Квальята (Narcissus Quagliata), проживающего в Мексике. Созданные им уникальные элементы подземного пространства в городе Гаосюн (Kaohsiung) на Тайване позволили ему стать настоящей туристической Меккой. Жители Китая и иностранные туристы приезжают сюда, чтобы увидеть красочный купол (самое большое стеклянное перекрытие в мире), превративший пересадочную станцию метро «Бульвар Фармоза» в произведение искусства. Здесь проводятся свадьбы, торжественные мероприятия, экскурсии для всех желающих. Станция уже стала главной достопримечательностью города Гаосюн, приносящей казне немалый доход. Как отметил г-н Квальята, необходимо уделять больше внимания архитектуре и декору подземных сооружений, тогда они могут стать культурной доминантой города и популярным туристическим объектом.

Идею мегаполиса как единого организма развил на конференции и небезызвестный в России французский архитектор Доминик Перро (Dominique Perrault). По его мнению, подземное пространство может успешно использоваться не только для утилитарных целей, но и для жизни, объединяя подземные сооружения и природные объекты. Таким образом, формируется единый ландшафт, где наземные здания, подземные сооружения и природа не противоречат друг другу, а находятся в эстетическом симбиозе. Примером того, что сады и подземные сооружения могут успешно объединяться, служат проекты конференц-центра металлургической компании Usinor-Sacilor в парижском предместье Сен-Жермен-ан-Ле и Национальной библиотеки во Франции. Г-н Перро рассказал собравшимся о том, что в настоящий момент ведутся работы над проектом устройства подземного входа в павильон Dufour Версальского дворца, предназначенного для оптимизации движения туристических потоков. Примечательно, что современная конструкция вплотную примыкает к фундаменту исторического здания. Предварительно проведенные работы по усилению фундамента позволяют избежать просадок и деформации стен дворца.

В рамках конференции ACUUS-2014 с докладами также выступили российские специалисты. В частности,



и. о. заместителя генерального директора ОАО «Ленметрогипротранс» Владимир Марков проинформировал о новых технологиях, внедряемых на строительстве объектов петербургского метрополитена. Это сообщение заинтересовало Жака Беснера, который отметил, что уникальные проекты линий и станций метрополитена глубокого заложения в исторической части и жилых районах Санкт-Петербурга занимают достойное место в антологии мировых проектов подземного строительства.

Президент Международной ассоциации специалистов горизонтального направленного бурения (МАС ГНБ) Александр Брейдбурд рассказал о развитии бестраншейной технологии прокладки инженерных коммуникаций в России. На заседании присутствовал экс-президент ACUUS, экс-вице-президент ассоциации ITACUS (Комитета по подземному пространству Международной тоннельной ассоциации), бывший председатель Международного общества бестраншейных технологий (ISTT), руководитель Центра бестраншейных технологий Технического университета Луизианы Рэй Стерлинг. Эксперт, чьи заслуги признаны мировым профессиональным сообществом, дал высокую оценку деятельности российских специалистов по развитию бестраншейных технологий строительства, а также выразил заинтересованность в проведении специ-

альной секции по бестраншейным технологиям в рамках конференции ACUUS-2016.

Сергей Алпатов посвятил свое выступление перспективам развития подземного строительства в Санкт-Петербурге. Докладчик отметил, что при 5-миллионном населении Северной столицы, более 1 млн человек проживает в историческом центре, где сосредоточены деловая и административная жизнь города. При этом обитатели центральных районов испытывают катастрофический дефицит инфраструктурных объектов. Сергей Алпатов затронул вопросы, связанные с проведением комплексных инженерно-геологических исследований, рассказал о ходе строительства таких знаковых городских объектов, как 2-я сцена Мариинского театра и станция метро «Адмиралтейская». Он также подчеркнул, что технические сложности или природные условия не являются главными препятствиями на пути к комплексному использованию подземного пространства. Недостаток исходных данных, неопределенность в компетенциях, запутанность имущественных отношений и неясность в правилах определения окупаемости капитальных вложений — вот самые главные камни преткновения. Для преодоления отставания в вопросах освоения подземного пространства необходимо внедрять практику использования 5D-моделей для обоснования технических и управленческих решений и включать использование подземной инфраструктуры в долгосрочные градостроительные планы. Сергей Алпатов подчеркнул, что эти меры позволят работать системно, реализовывать масштабные и значимые проекты, сохраняя на поверхности один из красивейших городов мира и делая его комфортным для жизни.

Также в рамках конференции состоялось заседание Правления ACUUS и Генеральной ассамблеи членов этой организации. Сергей Алпатов выступил с отчетом о подготовке конференции ACUUS-2016 в Санкт-Петербурге. Он отметил рост объемов подземного строительства в Северной столице и подчеркнул, что без комплексного освоения подземного пространства невозможно решить транспортные, социальные и экологические проблемы, остро стоящие перед современными мегаполисами. Члены правления ACUUS высоко оценили работу, проделанную российскими коллегами, подчеркнув, что на сегодняшний день за Санкт-Петербургом закрепился статус идеологического центра подземного строительства в России.

В рамках обсуждения подготовки конференции ACUUS в Санкт-Петербурге выступила руководитель службы по связям с общественностью ОАО «Метрострой» Екатерина Гигиняк. Она отметила, что ОАО «Метрострой», как одно из ведущих российских предприятий в области подземного строительства, готово принять активное участие в подготовке предстоящего мероприятия и передала Димитрису Калиампакосу видеозапись проходческих работ, осуществленных специалистами компании в исторической части Санкт-Петербурга на строительстве «Адмиралтейской» — самой глубокой станции метро в России.

В рамках церемонии закрытия конференции ACUUS российская делегация провела презентацию следующего форума. Президент объединения Димитрис Калиампакос поблагодарил Сергея Алпатова за профессиональный подход к делу и заметил, что представленный видеоро-



лик, посвященный Северной столице, позволяет в полной мере почувствовать красоту этого города. Также российская сторона организовала лотерею, в которой был разыгран сертификат на бесплатное участие в конференции ACUUS-2016 в Санкт-Петербурге.

В завершение деловой программы состоялись технические туры на объект подземного строительства в университете Ewha Womans, созданный по проекту архитектора Доменика Перро. Автор проекта лично провел экскурсию, обратив особое внимание присутствующих на систему зеркал, позволяющих генерировать дневной свет и использовать его для освещения помещений, находящихся ниже уровня дневной поверхности. Важно, что в проекте реализована идея «живой» городской среды, объединяющей наземные сооружения, подземные объекты и природный ландшафт в единое целое.

Участники конференции также посетили университет Yonsei. Кампусы и спортивные объекты для студентов сооружаются методом top down. Выбор технологии обусловлен необходимостью скорейшего восстановления земной поверхности участка строительства для движения. Данный проект позволит существенно расширить рекреационное пространство университета,

сохранив при этом ландшафт и обеспечив комфорт и необходимую скорость передвижения по поверхности.

Подводя итоги, Сергей Алпатов отметил высокий научный потенциал конференции и обратил особое внимание на отлаженность системы взаимодействия специалистов с правительственными структурами и широкой общественностью Кореи. Он подчеркнул, что опыт признанных экспертов в области комплексного освоения подземного пространства вызывает большой интерес у российских специалистов, обладающих современной производственной базой, способных решать любые технические задачи. К сожалению, проблемы градостроительного планирования и законодательства в области подземного строительства в России до сих пор остаются нерешенными. Хочется надеяться, что положительный опыт ведущих мировых держав убедит власть и общество в необходимости перехода на новый уровень градостроительного планирования, когда наземное и подземное пространство будут рассматриваться как единое целое. «Для нас особенно важно, чтобы следующая конференция ACUUS, которая пройдет в Санкт-Петербурге в 2016 году, была поддержана на правительственном уровне и получила широкий общественный резонанс», — подчеркнул Сергей Алпатов.

Currently in Moscow an ambitious program of transport system modernization is underway. Implementing partner of the project is the engineering company "Mosinzhproekt". The reform is designed to abolish insufficiency of road network, accelerate underground railway development, create urban light-rail system based on Moscow Railway Small Ring, construct transport connection hubs, develop parking spaces, upgrade public transportation network rolling stock.



## «МОСИНЖПРОЕКТ»: 56 ЛЕТ С МОСКВОЙ

**Московские власти направили колоссальные силы и средства на модернизацию транспортной системы столицы: реконструируется и расширяется улично-дорожная сеть, проектируются транспортно-пересадочные узлы (ТПУ), рекордно быстрыми темпами строится метрополитен, под пассажирские перевозки перепрофилируется Малое кольцо МЖД и т. д. В основу реформы заложена идея создания системы комфортного общественного транспорта. Основным исполнителем программы модернизации транспортной системы стала инженеринговая компания «Мосинжпроект».**

Программа развития московского транспортного узла подразумевает ликвидацию дефицита улично-дорожной сети, форсированное развитие метрополитена, создание городского легкого метро на основе МКЖД, строительство ТПУ, развитие парковочного пространства, обновление подвижного состава городского транспорта.

Опыт мировых мегаполисов говорит о том, что комфортное передвижение по городу можно обеспечить только благодаря комплексному подходу к модернизации транспортной системы и безусловному приоритету для всех видов общественного транспорта. Одновременно с этим для того, чтобы более равномерно распределить автомобильный трафик и свести к

минимуму перепробеги, необходимо ликвидировать дефицит дорожной сети и повысить хордовую связность районов.

Согласно планам городских властей, за три года будет проложено и реконструировано 240 км дорожного полотна, построено 40 транспортных развязок. По сравнению с 2010 г. объем строительства дорог в столице вырос в четыре раза.

— Москва вышла на рекордные темпы строительства дорог, которые сегодня превышают нормативные в два раза, при этом за последние годы в среднем на 25% снизилась стоимость работ, — отмечает заместитель мэра Москвы по вопросам градостроительной политики и строительства Марат Хуснуллин.

ПОДЗЕМНЫЕ ГОРИЗОНТЫ №3. Октябрь/2014

**МОСИНЖПРОЕКТ**

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
101990, Москва, Сверчков пер., д. 4/1. Тел.: (495) 623 49 91

**ОАО «Мосинжпроект»**  
101990, г. Москва,  
Сверчков пер., д. 4/1  
Тел.: (495) 225-19-40  
E-mail: info@mosinzhproekt.ru  
www.mosinzhproekt.ru



## Дороги на земле и под землей

Большой объем работ и заложенный в программу высокий темп реконструкции и строительства дорожной инфраструктуры потребовали скоординированного подхода в управлении всеми процессами — от проектирования до ввода объекта в эксплуатацию. Комплексный подход диктовался и программой строительства новых линий и участков столичного метрополитена. Московские власти решили создать единый инжиниринговый центр на базе проектного института «Мосинжпроект».

Выбор «Мосинжпроекта» в качестве градообразующей инжинирингово-строительной компании связан с историей и опытом института — более чем за полвека специалисты компании спроектировали и построили сотни важнейших объектов, которые определили современный облик города. С момента своего основания институт сформировался в качестве единого центра по комплексной разработке планировочных решений, проектов инженерного оборудования новых жилых районов, строительства и реконструкции улиц и площадей, подземных сооружений и коммуникаций.

По проектам «Мосинжпроекта» в разные годы были построены ул. Горького, Садовое кольцо, ул. Новослободская, вылетные магистрали (шоссе Энтузиастов, Варшавское, Ленинградское и Ярославское шоссе), Садовое кольцо, Третье транспортное кольцо, ряд транспортных тоннелей (включая Кутузовский, Таганский и Добрынинский), многие путепроводы, мосты, набережные, гидротехнические сооружения, сотни километров магистральных газопроводов, водопроводных и канализационных сетей и сооружений. За весь период деятельности компании специалисты «Мосинжпроекта» запроектировали свыше 4 тыс. км городских автомагистралей, более 100 транспортных пересечений в разных уровнях, более 300 подземных пешеходных переходов, 20 км набережных, десятки водоемов и объектов благоустройства.

В Москве

за **3** года  
будет проложено  
и реконструировано

**240**  
км дорожного полотна,  
построено

**40**  
транспортных  
развязок.

В новейшей истории «Мосинжпроекту» отведены не менее масштабные задачи. В 2011 году компания выиграла конкурс на управление программой развития метрополитена. В программе «Метро-2020» заложено строительство более 160 км путей, 79 станций, реконструкция 7 и строительство 9 электродепо.

— Наша главная функция — управление строительными процессами. Для этого мы собрали профессиональную команду управленцев. Также мы создали специализированное подразделение по проектированию объектов метрополитена. Таким образом, для реализации новых больших задач коллектив «Мосинжпроекта» вырос почти вдвое и сегодня составляет порядка 2,5 тыс. человек, — рассказывает генеральный директор компании Константин Матвеев.

Инжиниринговый подход позволил сократить сроки и стоимость реализации проектов. Станции неглубокого заложения строятся теперь за полтора года, при этом общая стоимость программы «Метро-2020» сократилась на четверть. Таким образом, снижение стоимости закупки материалов и переход к типовым проектам станций позволил «Мосинжпроекту» вдвое увеличить скорость строительства без потери качества. При этом процедура определения стоимости стала более прозрачна для государства: сведения о закупках и заключенных договорах размещаются в открытом доступе на сайте госзакупок и корпоративном сайте компании.

Важными преимуществами инжиниринговой компании служат наличие собственной научной базы. Специалисты «Мосинжпроекта» являются авторами сотен нормативных документов в сфере строительства. В составе компании действуют два научных центра — Научно-исследовательский и производственный институт транспортных сооружений и Научно-инженерный центр по освоению подземного пространства. Таким образом, компания имеет возможность не только применять



обширный опыт, накопленный за годы работы, но и разрабатывать новые уникальные технические решения для строительства объектов высокого уровня сложности.

Компания также выступает в качестве генерального проектировщика по ряду ключевых объектов дорожной инфраструктуры Москвы, реализуя полный комплекс мероприятий по разработке и ведению проектной документации, а также по надзору за работами на протяжении всего строительного процесса. Сегодня «Мосинжпроект» осуществляет генеральное проектирование и функции технического заказчика реконструкции вылетных магистралей и МКАД, проектирование участков Северо-Западной и Северо-Восточной хорд, транспортных развязок на пересечении МКАД и ключевых магистралей города, оперативное управление программой строительства ТПУ.

— Сегодня крупные транспортные узлы строятся не более двух лет. Хотя по проектам организации дорожного строительства она должна строиться года три. Мы изменили конкурсную и проектную документацию, сжали сроки, обеспечили четкое финансирование, заставили строителей организоваться и сконцентрироваться на таких пусковых объектах — и ситуация изменилась радикально. Мы увеличили темпы строительства раза в полтора-два как минимум, — комментирует мэр Москвы Сергей Собянин.

### Магистрали поедут быстрее

Реконструкция вылетных магистралей является одним из приоритетных направлений по реформированию дорожно-транспортной системы столицы. В общей

В столичной программе «Метро-2020» заложено строительство более

**160** км

путей,

**79**

станций,

реконструкция

**7**

и строительство

**9**

электродепо

сложности по программе правительства Москвы будет реконструировано 270 км радиальных шоссе и проспектов. Реконструкция 12 вылетных магистралей осуществляется по проектам, разработанным инженерами «Мосинжпроекта». После окончания работ в 2016 году на них заработают выделенные полосы, что позволит наладить бесперебойное движение общественного транспорта.

На сегодняшний день уже завершена реконструкция первых пяти вылетных магистралей — Варшавского, Каширского, Ленинградского, Ярославского шоссе и трассы Рублевское шоссе — Балаклавский проспект. Новые транспортные развязки позволили организовать на них бесветофорное движение, что привело к увеличению скорости автомобильного потока примерно на 20%. Для безопасности пешеходов на дорогах предусмотрены подземные и наземные переходы.

Обновленные вылетные магистрали обеспечивают не только нужды автовладельцев — одной из важных задач реконструкции является организация выделенных полос для общественного транспорта. Вместе с боковыми проездами и заездными карманами они создают комфортные условия для движения автобусов, пассажиры которых теперь не зависят от уровня загруженности дороги.

В настоящее время в Москве действует 18 выделенных полос общей протяженностью около 200 км, по которым ежедневно перевозится 1,3 млн пассажиров. Это на 120% больше показателей 2012 года, когда стартовала программа по организации «выделенок». К концу 2014 года протяженность сети таких полос увеличится еще на 55 км. Результатом этой работы станет связанная система марш-



ругов наземного общественного транспорта, которая позволит быстро и комфортно добраться до места назначения без использования личных автомобилей.

### «Клевер» дополняют направленными съездами

Одна из насущных задач транспортной программы — увеличение пропускной способности Московской кольцевой автодороги. Сейчас МКАД фактически является внутригородской магистралью, играющей ключевую роль в московском транспортном узле. По мнению специалистов, основной причиной пробок на ней являются «клеверные» развязки, которые соединяют МКАД с вылетными магистралями города. Построены они были в 1990-е годы, когда уровень автомобилизации был далек от современного. На сегодняшний день «клевера» исчерпали свою пропускную способность: если пробка образуется на одном въезде на МКАД, практически сразу «встают» и остальные.

В ходе реконструкции развязки дополняют направленными съездами, которые более эффективно справляются с высокими нагрузками, поскольку, в отличие от конструкций клеверного типа, при проезде по ним не снижается скорость транспортного потока.

«Мосинжпроект» отвечает за реконструкцию 9 из 17 транспортных развязок с МКАД. Эффективность их модернизации можно оценить на примере сданной в сентябре этого года развязки на пересечении МКАД с Волгоградским проспектом. В ходе реконструкции были сооружены две левоповоротные эстакады и два правоповоротных съезда. Вдоль внешней и внутренней сторон МКАД в райо-

В Москве действует

**18**

выделенных полос  
общей протяженностью  
около

**200** км,

по которым ежедневно  
перевозится

**1,3** млн

пассажиров

не развязки обустроены двухполосные боковые проезды: по ним движется общественный транспорт и автомобили, съезжающие на поворотные эстакады. Пропускная способность МКАД после открытия развязки увеличилась на этом участке на 30–40%. Аналогичные показатели ожидаются и после реконструкции остальных развязок.

До конца 2014 года планируется завершить работы по модернизации развязок на пересечении кольцевой автодороги с Дмитровским и Можайским шоссе, Мичуринским и Волгоградским проспектами.

— Таким образом, за два-три года на смену исчерпавшим пропускную способность развязкам типа «клеверный лист» на МКАД придут более мощные и безопасные развязки с направленными съездами, — констатирует Марат Хуснуллин.

Реализация программы по развитию дорожно-транспортной инфраструктуры столицы уже дала ощутимый эффект.

— Несмотря на значительный рост личного автотранспорта, ситуация на московских дорогах за счет проведения комплексных мероприятий в целом не ухудшается, — считает Сергей Собянин. — В среднем пропускная способность реконструированных дорог повысилась на 25%.

Благодаря тому, что в городе одновременно реализуются все направления программы (кроме строительства и реконструкции дорог активно строится метро, проектируются ТПУ, под пассажирские перевозки реконструируется МКЖД), горожане ощущают комплексный эффект модернизации транспортной системы. Эксперты небезосновательно полагают, что уже через 2–3 года транспортная ситуация в столице станет значительно комфортнее.

А.Н. ГАЙДО,  
к.т.н., доцент СПбГАСУ

*The paper explores application of modern sheet piling technologies for retention and excavation support in various site conditions. The author proposes to base the choice of technologies on processability index calculation.*

*The article shows efficacy of the suggested selection technique based on calculation of integral processability index consisting of labor input criteria, duration of work, cost, size of the site, headcount etc. An example that follows illustrates calculation of processability index for various sheet pile driving options.*



# ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЙ УСТРОЙСТВА ШПУНТОВЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

**Практика современного строительства характеризуется возрастающими объемами возведения многоэтажных и высотных гражданских зданий и сооружений, отличительной особенностью которых является передача значительных вертикальных и горизонтальных нагрузок на грунт основания, а также наличие развитой подземной части, в которой располагают технические помещения, паркинги, торгово-развлекательные центры и т. п.**

**П**ри устройстве фундаментов таких сооружений следует решать проблемы устройства специальных ограждающих конструкций котлованов, глубина которых может достигать 15–20 м. К таким конструкциям предъявляют следующие требования:

- необходимая водограунтонепроницаемость при высоком уровне грунтовых вод;
- достаточная жесткость для восприятия давления прилегающего массива грунта, площадок складирования, строительной техники;
- минимальные технико-экономические показатели (трудозатраты, стоимость, сроки выполнения работ, материалоемкость и т. п.).

К выбору технологий устройства ограждений котлованов предъявляют особые требования при наличии зданий и сооружений в пределах зоны влияния нового строительства (мульды оседания). Устройство котлованов больших объемов приводит к изменению напряженно-деформируемого состояния грунта, просадкам его поверхности и деформациям существующих конструкций зданий, прилегающих к строительной площадке. Кроме того при устройстве ограждений таких котлованов на строительных площадках с геологическим разрезом, характеризующимся наличием прослоев слабых пород, динамические воздействия, производимые

в ходе строительства, приводят к проявлению тиксотропных свойств грунта в виде снижения структурной прочности его скелета.

Следует отметить, что для устройства ограждений котлованов и систем их креплений в настоящее время используют разнообразные технологии с различными показателями эффективности, проявляющимися в конкретных условиях.

Исследованию конструктивно-технологических параметров устройства ограждающих конструкций котлованов посвящены многие работы отечественных и зарубежных ученых. Были исследованы технологические параметры вибрационного погружения стального шпунта, на основании анализа опыта работ обоснованы рациональные области применения монолитных бетонных ограждений в грунте. Также рассматривались и анализировались результаты геотехнического мониторинга конструкций зданий и сооружений, прилегающих к устраиваемым котлованам. Выработаны методики определения технологических параметров закрепления грунтового массива по технологии струйной цементации.

На основании анализа литературных источников и практического опыта строительства установлено, что в зависимости от условий производства работ применимы две принципиально различающиеся технологии устройства ограждения котлованов:

- погружение по контуру котлована готовых элементов в виде свай заводского изготовления, стальных балок двутаврового поперечного сечения с последующим заполнением пространства между ними панелями из различных материалов, шпунта (стального, полимерного или железобетонного);

- устройство монолитных стен в грунте из касательных (секущихся) свай или траншейных элементов, включая создание грунтоцементных массивов.

Стоит отметить, что предварительную оценку параметров таких конструкций следует выполнять на основании геотехнических расчетов, учитывающих напряженно-деформированное состояние грунта и конструкций зданий, прилегающих к строительной площадке.

Автором установлено, что для котлованов глубиной 5–10 м среди представленного технологического многообразия устройство ограждений из стального шпунта различных форм поперечных сечений является эффективным по критериям стоимости, продолжительности работ и требуемых площадей для установки строительных машин.

В большей степени эти преимущества проявляются при повторном использовании шпунта (оборачиваемости) или его извлече-

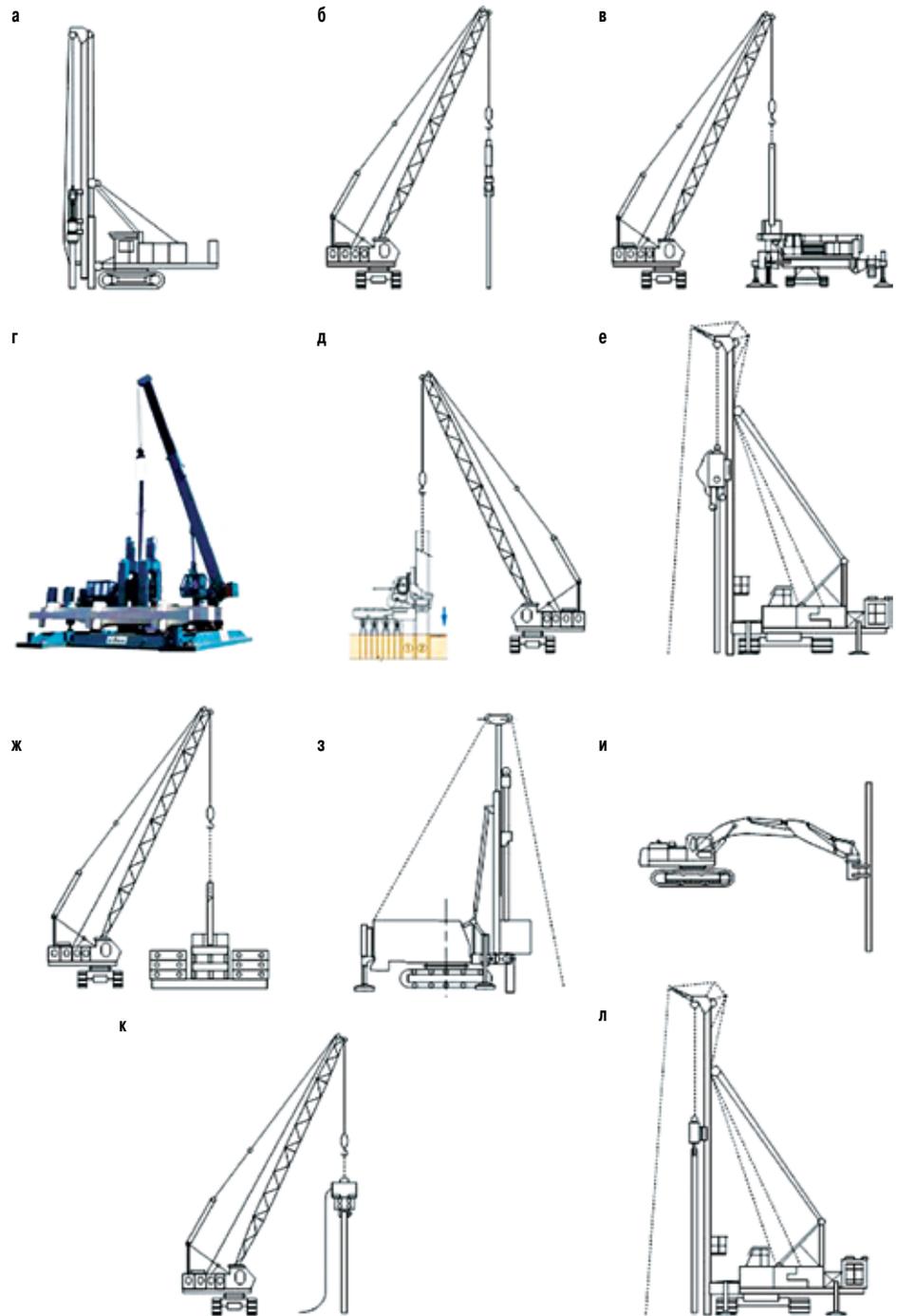


Рис. 1. Технологические схемы оборудования для погружения шпунта: а – копер с гидравлическим молотом; б – дизельный молот, установленный на кране; в, г, д, е, ж, з – вдавливание самоходной установкой типа УСВ-120 на базе экскаватора, шагающей установкой, машинами, перемещающимися по шпунтовому ряду, системой, смонтированной на буровой установке, стационарными машинами, а также установкой на базе гусеничного крана; и, к, л – вибрационные машины, установленные на рукояти экскаватора, кране и мачте буровой установки.

нии из грунта (по завершении работ нулевого цикла) для дальнейшей утилизации.

В настоящее время в зависимости от условий строительства применяют следующие технологии погружения стального шпунта (рис. 1):

- забивная с применением свайных молотов (рис. 1 а–б);
- статического вдавливания (рис. 1 в–з);
- вибрационного или виброударного (рис. 1 и–к).

Таким образом, можно сделать вывод о широком наборе современных технологий для погружения шпунта, каждая из которых в конкретных инженерно-геологических условиях строительной площадки и наличия близкого расположенных зданий имеет свои преимущества и недостатки. Качественная характеристика таких технологий представлена в табл. 1.

В этой связи выбор и назначение параметров рациональных технологий устройства

Таблица 1  
Качественная характеристика технологий погружения стального шпунта

Преимущества	Недостатки
<b>Забивка</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ универсальность в различных грунтовых условиях (возможно погружение жесткого шпунта в слои плотных грунтов при повышенной частоте удара и малой высоте сброса молота);</li> <li>■ небольшая стоимость работ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ возможны деформации шпунта (разрывов замков, завал ограждения и т. п.) при погружении,</li> <li>■ динамические и шумовые воздействия на окружающую застройку</li> </ul>
<b>Вдавливание</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ минимальные уровни шума и динамические воздействия на грунт;</li> <li>■ высокая точность погружения</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ большая масса установки;</li> <li>■ необходимы дополнительные мощности электроэнергии (до 200 кВт);</li> <li>■ ограничение при работе в стесненных условиях и напластований плотных грунтов;</li> <li>■ доп. затраты на усиление основания ходового пути машин</li> </ul>
<b>Вибрационное погружение</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ минимальный комплект вспомогательного оборудования;</li> <li>■ универсальность в агрегатировании вибраторов с различными строительными машинами;</li> <li>■ при использовании высокочастотных режимов погружения в грунте генерируются минимальные динамические воздействия</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ограничение при работе в условиях напластований плотных грунтов;</li> <li>■ при использовании режимов погружения с частотой колебаний до 700 об/мин возможны резонансные воздействия на конструкции соседних зданий, приводящие к их деформациям</li> </ul>

шпунтовых ограждений котлованов по целой совокупности обстоятельств приобретает важное значение уже на стадии оформления участка под застройку и формирования застройщиком задания на проектирование объекта.

С учетом вышесказанного можно сформулировать следующие задачи исследования, требующие решения для совершенствования технологических параметров устройства шпунтовых ограждений котлованов в различных условиях строительства:

1. Выполнить аналитический обзор методологических основ оценки сравнительной эффективности различных конструктивно-технологических решений устройства ограждений котлованов.

2. Обосновать рациональность применения методики расчетов показателей технологичности для обоснования областей применения различных технологий.

3. Исследовать структуру показателей технологичности для различных условий строительных площадок.

4. Провести анализ результатов практического применения этой методики для выбора технологических параметров устройства шпунтовых ограждений котлованов.

На основании анализа различных методик оценки эффективности технологий установлено, что поставленную задачу следует решать исходя из исследований факторов технологичности. Под последней следует

понимать совокупность положительных качеств той или иной технологии устройства ограждений котлованов в конкретных инженерно-геологических условиях и особенностях строительной площадки по всем или основным показателям сравниваемых вариантов.

Технологичность следует оценивать по трем уровням критериев:

1-й уровень — интегральный;

2-й уровень — обобщенные критерии

оценки вариантов устройства шпунтового ограждения по трем группам: 1-я — производственная; 2-я — критериев надежности и качества; 3-я — технико-экономических показателей;

3-й уровень — дифференциальные или простые критерии.

Производственная технологичность характеризует рассматриваемую технологию с точки зрения трудозатрат, требуемых минимальных размеров участка работ и транспортного объема технических средств (буровой установки, дизельной станции, установки вдавливания, крана, вибрационного и вспомогательного оборудования), производимого техникой уровня динамического воздействия, что особенно важно при работе в стесненных условиях строительства.

Технологичность 3-й группы включает технико-экономические оценки технологий по показателям производительности и стоимости выполненных работ.

Для оценки технологичности каждого из рассматриваемых вариантов необходимо, чтобы все критерии измерялись в пределах от 0 до 1 в соответствии со следующим условием:

$$\begin{aligned} 0 &\leq J_i \leq 1; \\ 0 &\leq m_i \leq 1; \\ 0 &\leq m_{ij} \leq 1, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $J_i$ ,  $m_i$ ,  $m_{ij}$  — интегральные, обобщенные и дифференциальные критерии технологичности, соответственно.

Для выполнения указанного условия необходимо, чтобы все частные или простые показатели  $x_{ij}$  были преобразованы в безразмерные величины по приведенным ниже формулам:

$$m_{ij} = x_{ij} / x_i^{\max} \quad (2)$$

$$m_{ij} = x_i^{\min} / x_{ij} \quad (3)$$

где  $x_{ij}$  — показатели различных технологий устройства свай, измеряемые в соответствующих величинах стоимости, продолжительности работ, объемов работ и т. п.;  $x_i^{\max}$ ,  $x_i^{\min}$  — максимальные и минимальные значения показателей для рассматриваемых технологий.

Формулу (2) применяют, когда увеличение рассматриваемого показателя ведет к увеличению обобщенного и интегральных критериев, в противном случае используют выражение (3).

Обобщенный и интегральный критерии технологичности рассчитывают по формулам:

$$m_i = \sum m_{ij} K_i^{\text{обобщен}}, \quad (4)$$

$$J_i = \sum m_i K_i^{\text{интегральн}}, \quad (5)$$

где  $K_i^{\text{обобщен}}$ ,  $K_i^{\text{интегральн}}$  коэффициенты весомости  $i$ -х обобщенных и интегральных критериев определяют по методу экспертных оценок, или принимают по методике инженерного прогнозирования. Сумма коэффициентов должна равняться 1.

Кроме того, в зависимости от состава и количества анализируемых показателей допускается применять упрощенную методику расчетов критериев технологичности по формулам 1–4. Таким образом, расчет позволяет оценивать разнородные характеристики в единой цифровой шкале.

С учетом рис. 1 рассмотрим пример применения этой методики для обоснования сравнительной эффективности следующих технологий погружения шпунта:

#### А. Ударный способ погружения.

Вариант 1. Забивка шпунта гидравлическим молотом, установленным на гусеничном копре, масса ударной части 6 т (рис. 1 а).

Вариант 2. То же дизельным молотом, подвешиваемом на грузовом канате стрелового самоходного крана (рис. 1 б).

#### Б. Вдавливание шпунта.

Вариант 3. Погружение шпунта самоходной установкой УСВ-120 на базе экскаватора (рис. 1 в).

Вариант 4. То же установкой УВТ-200 (СО-450), переставляемой краном (рис. 1 ж).

Вариант 5. То же самоходной установкой СВУ-В-6 на базе крана РДК-250 (рис. 1 з).

Вариант 6. То же шагающей установкой типа Starke 320 (рис. 1 г).

Вариант 7. То же установкой типа Still Worker или Giken, передвигающейся по торцу погруженного шпунтового ряда (рис. 1 д).

Вариант 8. То же вдавливающей системой ABI Mobilarm, смонтированной на мачте буровой установки (рис. 1 е).

#### В. Вибрационное погружения шпунта.

Вариант 9. Вибрационным погружателем, установленным на рукояти гидравлического экскаватора (рис. 1 и).

Вариант 10. То же, подвешиваемом на грузовом канате стрелового самоходного крана (рис. 1 к).

Вариант 11. То же, установленным на мачте буровой установки (рис. 1 л).

Расчет выполнен для устройства ограждений котлованов из стального шпунта корытного профиля типа Ларсен IV длиной 12 м. При этом учитывались следующие показатели, представленные в порядке убывания значимости в структуре интегрального критерия технологичности:

- стоимости погружения шпунта;
- производительности;
- дополнительных затрат на подготовку основания для ходовых путей строительных машин;
- минимальных площадей, необходимых для организации рабочего участка: размещения складирования шпунта, установки машин, вспомогательного оборудования и т.п.;
- численного состава звена.

Простые (частные) показатели технологичности представлены в табл. 2. Результаты преобразования частных показателей в безразмерные величины по формулам (2) и (3) представлены в табл. 3.

Коэффициенты весомости и значения обобщенных критериев, рассчитанные по формуле (4), приведены в табл. 4.

Примечания: значения показателей  $x_1$  и  $x_3$  рассчитаны в ценах мая 2012 года.

Результаты расчетов дифференцированных критериев для дальнейшего анализа удобно представлять в виде столбчатых диаграмм, представленных на рис. 2.

На рис. 2 для каждого варианта технологии отображается пять столбцов, соответствующим

Таблица 2.

Простые показатели технологичности вариантов погружения шпунта различными способами

Варианты	Наименование простого критерия технологичности ( $x_j$ )				
	Стоимость погружения шпунта (за 1 т), т. руб	Норма времени, т/смену	Доп. затраты, т. руб.	Мин. площадь участка, м <sup>2</sup>	Состав звена, чел
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$
<b>А. Забивка</b>					
1	5,0	15,0	147,9	224,2	4
2	4,0	15,0	39,9	60,5	2
<b>Б. Вдавливание</b>					
3	14,0	8,0	340,6	248,6	4
4	14,0	8,0	101,5	74,2	4
5	13,5	9,0	102,9	156	4
6	13,0	8,0	155,2	113,3	3
7	15,0	10,0	52,8	83,1	3
8	7,0	7,5	156,1	167,9	4
<b>В. Вибрационное погружение</b>					
9	6,5	10	38,5	58,3	2
10	7,0	15	44,7	67,8	
11	7,5	15	156,1	167,9	

Таблица 3

Дифференциальные критерии технологичности вариантов погружения шпунта

Варианты		Дифференциальные критерии технологичности ( $m_j$ )				
		$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_5$
А	1	0,80	1,00	0,26	0,26	0,50
	2	1,00	1,00	0,96	0,96	1,00
Б	3	0,29	0,53	0,11	0,23	0,50
	4	0,29	0,53	0,38	0,79	0,50
	5	0,30	0,60	0,37	0,37	0,50
	6	0,31	0,53	0,25	0,51	0,67
	7	0,27	0,67	0,73	0,70	0,67
	8	0,57	0,50	0,25	0,35	0,50
В	9	0,62	0,67	1,00	1,00	1,00
	10	0,57	1,00	0,86	0,86	0,50
	11	0,53	1,00	0,25	0,35	0,50

щим каждому анализируемому критерию. При этом лучшему значению соответствуют столбцы максимальной высоты. Так, на основании анализа диаграмм можно предварительно заключить об эффективности применения вибрационной технологии погружения шпунта. Среди технологий вдавливания предпочтение следует отдавать применению машин, передвигающихся по торцам погруженного шпунтового ряда (вар. 7).

Значения интегрального критерия технологичности  $J_j$ , рассчитанные по формуле (5) суммированием произведений обобщенных критериев на коэффициенты весомости, показаны в табл. 5.

С учетом возрастания интегрального критерия  $J_j$  от 0,33 до 0,99 можно заключить о целесообразности применения рассматриваемых вариантов, расположенных в следующем порядке роста эффективности:

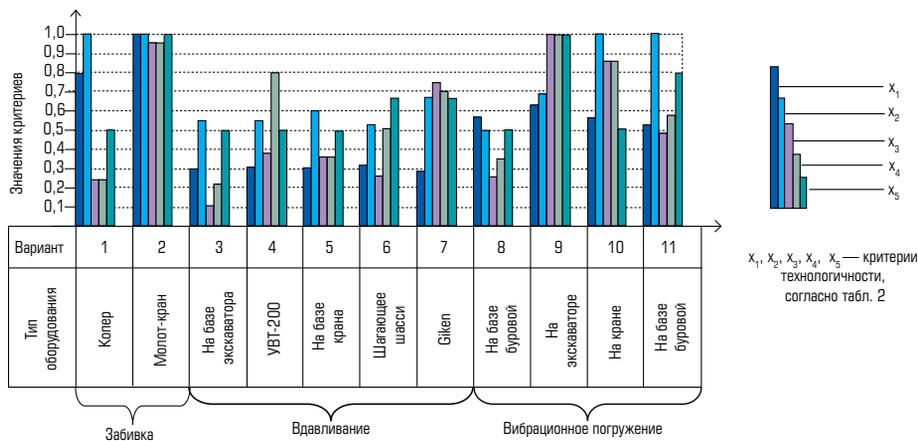


Рис. 2. Диаграммы распределения безразмерных критериев технологичности различных вариантов погружения шпунта

Таблица 4. Обобщенные критерии технологичности вариантов погружения шпунта

Варианты		Обобщенные критерии технологичности ( $m_i$ )				
		$m_1 \cdot K_1$ ( $K_1 = 0,28$ )	$m_2 \cdot K_2$ ( $K_2 = 0,28$ )	$m_3 \cdot K_3$ ( $K_3 = 0,21$ )	$m_4 \cdot K_4$ ( $K_4 = 0,14$ )	$m_5 \cdot K_5$ ( $K_5 = 0,09$ )
А	1	0,22	0,28	0,05	0,04	0,05
	2	0,28	0,28	0,20	0,13	0,09
Б	3	0,08	0,15	0,02	0,03	0,05
	4	0,08	0,15	0,08	0,11	0,05
	5	0,08	0,17	0,08	0,05	0,05
	6	0,09	0,15	0,05	0,07	0,06
	7	0,07	0,19	0,15	0,10	0,06
В	8	0,16	0,14	0,05	0,05	0,05
	9	0,17	0,19	0,21	0,14	0,09
	10	0,16	0,28	0,18	0,12	0,05
	11	0,15	0,28	0,05	0,05	0,05

Таблица 5. Интегральные критерии технологичности  $J_i$

Варианты	Интегральные критерии технологичн. $J_i = \sum m_i \cdot K_i$	Примечание	
А	1	0,64	—
	2	0,99	Лучшее значение
Б	3	0,33	Худшее значение
	4	0,46	—
	5	0,43	—
	6	0,42	—
	7	0,57	—
В	8	0,45	—
	9	0,80	—
	10	0,79	—
	11	0,57	—

3 → 6 → 5 → 8 → 7/11 → 1 → 10 → 9 → 2. На основании приведенного расчета самым технологичным является вариант 2 забивки шпунта дизельным молотом, подвешиваемом на кране. Однако этот способ применяют исключительно в гидротехническом строительстве при отсутствии строгих требований к точности погружения и ограничений по шумовым и динамическим воздействиям на окружающую среду.

На основании данных табл. 5 средние значения интегрального критерия для различных технологий погружения шпунта соответственно равны:

- забивка 0,64;
- вдавливание 0,44;
- вибрационное погружение 0,72.

В этой связи можно заключить о рациональности применения технологии вибрационного погружения шпунта с максимальным значением показателя  $J_i^{ср.зн} = 0,72$ . При этом эффективны вибрационные машины,

установленные на рукояти экскаватора ( $J_i = 0,80$ ). Для технологий вдавливания рационально применять установки, передвигающиеся по шпунтовому ряду ( $J_i = 0,57$ ).

На основании представленных материалов можно заключить, что для различных условий строительных площадок выбор технологии погружения шпунта необходимо производить исходя из расчета интегрального критерия технологичности. При этом лучшему варианту будет соответствовать его максимальное значение.

Следует отметить, что в зависимости от условий работ на конкретных строительных площадках номенклатура и количество критериев может изменяться. Например, при работе вблизи существующих зданий, особенно в исторической части города, важными показателями становятся уровень шума и дополнительное давление оборудования на грунт, а также возможность погружения шпунта в стесненных условиях.

На основании приведенного выше можно заключить об эффективности методики расчетов критериев технологичности для определения рациональных областей применения различных технологий устройства шпунтовых ограждений котлованов. Представленная методика универсальна для различных условий строительных площадок. Будут меняться только набор анализируемых параметров и значения их коэффициентов весомости. Следует отметить, что такой подход ранее применялся только для оценки технологичности проектных решений отдельных конструкций заводского изготовления.

Предлагаемая автором методика позволяет по одному критерию, измеряемому для анализируемых вариантов в единой цифровой шкале в пределах от 0 до 1,0, оценивать разнородные характеристики определяющие эффективность различных технологий. В результате исследований предложена структура показателей технологичности для определения сравнительной эффективности вариантов работ. Значимость каждого показателя в составе структуры критерия определяется коэффициентами весомости.

Представленные материалы имеют важное практическое значение для оценки и выбора эффективных технологий устройства шпунтовых ограждений котлованов в различных условиях строительства в зависимости от степени стесненности строительной площадки, инженерно-геологических условий и т. п. Применение методики позволяет получить значительный экономический эффект при обосновании способов производства работ нулевого цикла на стадии разработки проектов организации строительства (ПОС) и производства работ (ППР).



# Дороги Содружества Независимых Государств



**Официальный печатный орган дорожников стран СНГ и дальнего зарубежья на русском языке – международный информационно-аналитический, научно-технический журнал**

### Содержание:

- компетентная информация о достижениях и проблемах развития в автодорожной отрасли стран СНГ и дальнего зарубежья;
- деловая информация из первых рук от министров транспорта и руководителей дорожных администраций и компаний России и стран СНГ;
- отраслевые и региональные обзоры, аналитические статьи отечественных и зарубежных ученых и специалистов по проблемам развития отрасли;
- новые законы и нормативные документы, регламентирующие деятельность дорожного хозяйства, комментарии к ним разработчиков;
- анализ опыта работы конкретных предприятий и организаций всех форм собственности в странах СНГ и дальнего зарубежья;
- информация о выставках, конкурсах, тендерах, услугах, новой технике и технологиях;
- история развития автодорожного хозяйства в странах СНГ и дальнего зарубежья;
- отраслевые и региональные спецвыпуски, в т.ч. «журнал в журнале»

### Аудитория:

- министры транспорта и руководители дорожных администраций стран СНГ и дальнего зарубежья;
- руководители предприятий дорожной отрасли, транспорта, промышленности, строительства стран СНГ и дальнего зарубежья,
- ученые НИИ, преподаватели вузов, автодорожники;
- участники совещаний, конференций, профильных выставок в странах СНГ и дальнего зарубежья

### Распространение:

- исполком СНГ, администрация президентов, правительств и посольств;
- министерства транспорта и коммуникаций, дорожные администрации стран СНГ;
- торгово-промышленные палаты, выставочные комплексы, зарубежные торговцы;
- крупнейшие проектные, строительные и эксплуатационные компании дорожной отрасли стран СНГ и дальнего зарубежья;
- международные и региональные съезды и конференции, выставки и ярмарки в странах СНГ и дальнего зарубежья

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) от 09 февраля 2011 г. (ПИ № ФС 77-43761)

Учредитель: Секретариат МСД, СРО НП МОД «СОЮЗДОРСТРОЙ», ООО «Интрансдорнаука»

Издатель: ООО «Интрансдорнаука»

125319, г. Москва, Ленинградский пр-т, д.64, офис 107-а, т.ф. (499) 155-04-76,

e-mail: oooitdn@gmail.com





Д.С. ЕЛИСЕЕВ,  
технический директор  
ООО «ЭКОЛАЙН-Гидротехника»

**При строительстве инженерных сооружений в условиях повышенного уровня грунтовых вод важно найти наиболее экономичный способ осушения строительного котлована или шахты.**

**Центральной частью системы водоотлива является насос. В зависимости от выбранного способа организации водопонижения могут быть использованы различные варианты насосов.**



**ECOLINE  
HYDRO**

445030, г. Тольятти,  
ул. 40 лет Победы, 13Б.  
Тел. (8482) 55-99-01  
(многоканальный),  
Факс (8482) 55-99-02

# СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ВОДООТЛИВА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

**Н**аиболее удобными из них являются погружные конструкции, так как они защищены от проникновения влаги в статор двигателя. Погружные переносные дренажные насосы используются для местного осушения в относительно короткие промежутки времени. Современные производители предлагают широкую линейку оборудования. К примеру, для местного водоотлива в небольших и средних объемах применяются переносные насосы Flygt (Швеция) производительностью до 500 м<sup>3</sup>/час. Они оборудованы защитной сеткой для ограничения захвата насосом крупных загрязнений, способных заблокировать рабочее колесо, а также рабочим колесом самоочищающегося типа (гидравлика «N»). Тем самым достигается надежная работа без остановок, несмотря даже на присутствие в перекачиваемой воде камней, листьев и строительного мусора. Насос может быть оснащен колесом из высокопрочного чугуна – материала, в несколько раз повышающего срок службы гидравлики насоса по сравнению с импеллером из чугуна. Данная модель способна работать как в горизонтальном, так и вертикальном положении, откачивая воду до «храпа» (захвата воздуха). Благодаря узкому дизайну корпуса, насос Flygt может размещаться в скважине или колодце.

При выборе стационарного скважинного водоотлива предпочтительно использование насосов с меньшим количеством ступеней и полюсов электропривода. Компания Indar (Испания) самостоятельно производит



двигатели для своих насосов, добиваясь их максимального соответствия установленной гидравлике. Для суровых условий работы в зимнее время насосы Indar оснащаются встроенными обогревателями, которые поддерживают положительное значение температуры внутри двигателя и клеммной коробки, препятствуя тем самым образованию конденсата. В условиях низкого уровня перекачиваемой воды наиболее эффективными являются насосы с нижними всасом. Данный тип является модернизированным аналогом скважинного насоса. Двигатель скважинного насоса с нижним всасом расположен над насосной частью и помещен в герметичный кожух. При работе агрегата перекачиваемая жидкость, проходя через кожух вдоль двигателя, охлаждает его. Для компенсации давления снаружи и внутри конструкции скважинные насосы заполняются водой.

При строительстве тоннелей целесообразно применять решения, разработанные для использования в шахтном водоотливе.



Уже более ста лет в шахтах применяются насосы компании Dichting (Германия). Как показывает практика, вместо ступенчатого перекачивания с яруса на ярус эффективнее использовать один насос, установленный на самой глубокой отметке шахты. Благодаря снижению количества насосов достигается экономия эксплуатационных расходов. Кроме того, использование одного (вместо нескольких перекачивающих) насоса последовательно один в другой более целесообразно с точки зрения энергосбережения.

Система центрального водоотлива, то есть с использованием одной центральной насосной станции, работает полностью в автоматическом режиме. Для создания необходимого давления на входе в высоконапорный насос используется подкачивающий насос, в качестве которого может использоваться погружной, либо полупогружной агрегат. Включение подкачивающего насоса производится по сигналу от датчика уровня воды, по достижении необходимого давления на всасе основного насоса автоматически открывается задвижка с электроприводом и включается главный насос. Удаление воздуха происходит через воздушные клапаны и контролируется датчиком. Выключение системы производится в обратном порядке так же автоматически. Весь порядок действий при включении/выключении системы запрограммирован в контроллере шкафа управления. Многоступенчатые насосы компании Dichting обладают производительностью до 1 500 м<sup>3</sup>/ч и напором до 2000 м.

При строительстве в условиях дефицита или полного отсутствия электроснабжения невозможно обойтись без насосов с дизельным приводом. Широкую известность в данной области получило оборудование компании Godwin (Великобритания). Его удобство состоит в том, что насосу не требуется залив водой перед началом работы. Удаление воздуха из улитки происходит автоматически перед началом перекачивания. Кроме этого, в линейке Godwin имеются насосы с масляным приводом. Этот вариант незаменим при работе в условиях взрывоопасной среды, где недопустим риск возникновения искры.

Зачастую водоотливные насосы задействованы от начала и до конца всего строительного процесса, а их работа происходит по формуле 24/7 (24 часа в сутки/ 7 дней в неделю). Правильный выбор эффективного решения значительно влияет на себестоимость всех строительных работ. Обращаясь в специализированные компании, обладающие многолетним опытом в области водоотлива, вы сможете исключить ошибки в выборе оборудования и сэкономить свое время.



*Eye-witness report from Switzerland. In the land of cheese, chocolate and banks the author got acquainted with Brugg Contec AG products, i.e. with bicomponent polymerfiber Concrx for load bearing applications in shotcrete used for tunnel construction. Microfiber Concrx can increase the life expectancy of the material and improve its strength properties.*

# ВСЕМИ ФИБРАМИ... БЕТОНА

ОДИН ДЕНЬ НА СЕВЕРО-ВОСТОКЕ ШВЕЙЦАРИИ



« Фибры души — (иноск.) силы душевныя (намекъ на фибры, жилки, волокна органическаго тѣла). »

*Большой толково-фразеологический словарь  
Михельсона (оригинальная орфография)*

**Традиционное представление о Швейцарии можно кратко представить всего лишь тремя словами: банки, сыр и шоколад. Сразу скажем, если с двумя последними в ходе нашей краткой командировки в эту страну мы пусть и весьма фрагментарно, но все же сумели познакомиться (продегустировать), то знаменитую банковскую систему нам вполне заменила... фибра. Этим тонким полимерным волокнам, конечно, не суждено стать одним из швейцарских символов, но они уже по праву заработали доброе имя на стройплощадках Евросоюза и всерьез намерены в самое ближайшее время снискать расположение российских заказчиков.**



**Н**ас было трое — главный редактор журнала «ДОРОГИ. Инновации в строительстве» Регина Фомина, вице-президент калининградской компании «Армирование бетона волокном» Александр Изотов и автор этих строк. Перелет из Санкт-Петербурга в Цюрих (с пересадкой в Женеве), 45 минут на комфортабельной скоростной электричке до Виля, крохотного по российским меркам городка на северо-востоке страны, несколько сот метров до уютного отеля Schwanen — и мы почти у цели. Почти, так как на следующее утро нам еще предстояло небольшое автопутешествие до Санкт-Галлена, где на производственной базе компании Vrugg Contec AG и состоялась обстоятельная беседа с ее руководством.

Скажу сразу: гостеприимные хозяева — генеральный директор Марио Брунн и главный инженер Марио Мансер — не пожалели ни сил, ни времени на то, чтобы с утра и до позднего вечера окружить нас заботой и вниманием. Причем, несмотря на всяческие форс-мажорные обстоятельства, они старались придерживаться утвержденной повестки дня. Швейцарская пунктуальность! Хотя кое-чем из культурной программы все же пришлось пожертвовать... Кстати, интересный штрих, утром с крыльца отеля мне удалось одновременно лицезреть циферблаты часов, расположенных на трех зданиях Виля — железнодорожном вокзале, церкви и местной администрации. И что удивительно — они показывали одно и то же время!

Но, как говорится, «первым делом — самолеты», а в нашем случае — та самая фибра. Однако знакомство с ней Марио Брунн начал несколько издали — с короткого рассказа о «семействе Vrugg». Эта группа компаний, являющаяся собственностью одной семьи, по швейцарским понятиям относится к предприятиям среднего бизнеса. Штаб-квартира находится в швейцарском городе Бругг — отсюда и ее название.

В составе группы — пять подразделений (пятое занимается собственной недвижимостью). Одно из основных направлений — выпуск различной кабельной



продукции, в том числе оптоволокну. Далее — гибкие полимерные трубы для воды и газа, стальные тросы, а также измерительное оборудование и системы управления.

А теперь несколько цифр. Около 2100 сотрудников, свыше 60 дочерних предприятий. Производственные мощности в Китае, филиалы в Австралии, ЮАР, Чили. Оборот группы в 2013 году превысил 660 млн швейцарских франков. Такое вот образцово-показательное семейное предприятие среднего бизнеса!

Конечно, на все хорошее требуется время, причем стабильно-устойчивое, которого у нас в стране, по крайней мере последние 100 лет, увы, не наблюдалось. А группа Vrugg может, к примеру, похвастаться хорошей производственной биографией своих компаний, одной из которых нынче исполнилось 178 лет, а другой — 136. На фоне таких долгожителей фирма Vrugg Contec AG неприлично молода (ей всего 4 года), но и этому есть свое объяснение — в течение нескольких десятилетий она являлась подразделением другой компании вышеназванного семейства.

Проникнувшись общим масштабом деятельности, мы таким образом плавно перешли к главной теме нашей



встречи — продукции компании Brugg Contec AG. Предваряла ее одна поучительная история.

Около 40 лет назад один из сотрудников компании Fortatech (именно ей и исполнилось нынче 136 лет) разрезал трос из искусственного материала на мелкие части и добавил их в бетон. История умалчивает об истинных причинах такого поступка. Но ясно одно — экспериментатор не оставил без внимания тот факт, что после затвердения бетон стал более гладким. В результате получился продукт, который, будучи представленным на выставке инноваций и изобретений в Женеве, заработал золотую медаль.

— Нашим предшественникам тогда не удалось наладить его продажу в Европе, — отмечает Марио Брунн. — Все говорили, что пластик в бетоне — это чушь собачья, никуда не годится. Патент продали в США — страну, всегда открытую для новых идей. И только через 10 лет вернули себе права на этот продукт. По нынешним

меркам, он был достаточно простым, но при этом все же значительно увеличивал прочность бетона. Сегодня мы занимаемся двумя видами волокон, применение которых позволяет либо полностью отказаться от использования стали в бетоне, либо до минимума сократить ее количество.

К первому виду относятся микроволокна Фиброфор (Fibrofor) диаметром менее 0,3 мм, ко второму — макрофибра Конкриск (Concrix) толщиной 0,5 мм. Именно двухкомпонентные синтетические волокна Конкриск вызвали у нас повышенный интерес. Они, в частности, применяются в тоннелестроении — армируют торкрет-бетон.

Специалисты хорошо знают, что на протяжении многих лет торкрет-бетон армируется стальной фиброй. Общеизвестны как достоинства, так и недостатки этого материала. К числу последних относятся сложности применения, связанные с большим весом материала, комкование бетона в процессе смешивания, преждевременный износ оборудования, повышенная травмоопасность, а также склонность к коррозии.

Перед нами — упаковка Конкриска. Шесть тысяч волокон длиной 50 мм, объединенных водорастворимой оболочкой. Визуально напоминает большой набор тончайших плотно прижатых к друг другу зубочисток, правда, использовать их по этому назначению нельзя — элементарно гнутся (но не ломаются!). Марио Мансер лишает их оболочки и бросает на стол — синтетические «тростинки» рассыпаются, превращаясь в подобие ошетинившегося во все стороны шара. На первый взгляд, трудно себе представить это волокнистое нагромождение в качестве чудодейственного эликсира, продлевающего жизнь бетону. Но это именно так, что доказано многочисленными лабораторными испытаниями (к примеру, во всемирно известном научно-исследовательском центре EMPF Schweiz) и практикой

применения. Сейчас, к примеру, Конкриск вполне успешно используют при строительстве Бреннерского железнодорожного тоннеля между Италией и Австрией протяженностью 55 км.

В торкрет-бетонных решениях Конкриск позволяет перераспределять нагрузки в материале при возникновении трещин и сдерживает их распространение. Главным здесь является количество волокон на единицу объема. Всего четыре килограмма макрофибры на кубометр бетона позволяют достичь требуемых показателей по нагрузкам. Стальных же волокон для этих целей требуется в 10 раз больше — 40 кг. А низкая масса — экономия на стоимости транспортировки и складирования.

Еще один показатель эффективности Конкриска — удерживающая способность при напылении. Грубо говоря, с ним торкрет-бетон лучше прилипает к поверхности, меньше отваливается. А упавший на землю раствор — словно выкинутые на ветер дензнаки. Проводили исследования в идентичных условиях: по сравнению со стальным вариантом, при использовании Конкриска потери снижаются примерно на 20%.

Нельзя не обратить внимания и на такой экономический аспект, как повышение износостойкости насосов, шлангов и других частей дорогостоящего оборудования, применяемого при торкретировании. Не секрет, что стальные элементы часто повреждают их, как, впрочем, и способны и нанести травму обслуживающему персоналу, порвать спецодежду.

Конкриск также позволяет устранить проблему деформаций ползучести, характерную для обычных пластиковых волокон. Как подчеркнул Марио Мансер, важно было разработать волокно, которое бы не растягивалось. При его изготовлении применяются четыре различных материала, в результате чего сердцевина обладает высоким модулем прочности, а поверхность волокна, структурированная наномодифицированной оболочкой, имеет хорошую адгезию к бетону.

В процессе разработки Конкриска учитывались малейшие нюансы. Оптимальная длина волокон, к примеру, была определена только после целого ряда исследований в лаборатории Цюрихского университета, опытным путем был вычислен и угол нанесения насечек на фибру, расстояние между ними. И это действительно важно: слишком длинное волокно — лопается бетон, а насечки избавляют от деформаций, улучшают сцепление.

Из конференц-зала мы перешли в расположенный в этом же здании цех, где нас ожидало небольшое разочарование — из-за небольшой поломки не работала автоматизированная линия нарезки и упаковки Конкриска. Полуфабрикат в бобинах поступает из-за границы — так выгоднее по причине суровых экологических нормативов, действующих в Швейцарии. Поэтому так флегматично уверены в качестве своего молока упитанные местные буренки, с альпийским достоинством прогуливающиеся буквально в нескольких метрах от цеха — мерный мелодичный звон от больших шейных колокольчиков раздается по всей округе (у каждого из них, говорят, свой неповторимый звук, по которому хозяева и отличают своих коров).



**Александр Изотов, Валерий Чекалин, Регина Фомина, Марио Брунн и Марио Мансер (слева направо) на туманной вершине горы Hoher Kasten**

Что же касается финишных операций с Конкриском, то здесь необходимо отметить следующие детали. Волокна, поступающие сразу с 20 бобин (из-за чего линия чем-то одновременно похожа на ткацкий станок и струнный инструмент), нагреваются, структурируются и формируются в пучок-«колбаску», который затем «шинкуется» и упаковывается. Линия управляется одним оператором. Электронная система контролирует все параметры, в том числе поддерживает строгий температурный режим.

Имеющееся оборудование позволяет выпускать 1,2 тыс. тонн в год, сейчас фактически выходит 700. При этом спрос постоянно растет, но для выхода на полную мощность не хватает сырья. Проблема решится с запуском нового экструзионного оборудования на предприятии-партнере в Германии.

В этом же помещении линия по упаковке Фиброфора. Волокно поступает со второго этажа, но нам туда нельзя: процесс производства — коммерческая тайна.

На этом деловая часть программы была завершена и мы отправились знакомиться с достопримечательностями, предварительно подкрепившись изысканными блюдами сыроварни в местечке Аппенцелль (именно здесь дефицит времени помешал хотя бы кратко изучить процесс производства этого продукта). Далее наш путь пролегал через живописные швейцарские деревушки к горе Hoher Kasten, на которую мы поднялись по канатной дороге. На высоте 1795 м нас поджидал ресторан с вращающимся полом и...густой туман (см. общее фото на его фоне). На этом публичный, несколько сумбурный отчет о швейцарской командировке позволить закончить, отметив напоследок лишь один небесспорный посыл. Если точное местонахождение (да и сам факт существования) такого компонента как «фибры души» и по сей день доподлинно неизвестно, то относительно бетонных фибр (сил) теперь уж точно можно не беспокоиться.



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



# И ВСЕ-ТАКИ ЭТО НОВО- АВСТРИЙСКИЙ МЕТОД



Если вы идете и вам плюют в спину,  
Значит вы впереди.



*Конфуций*

**Новоавстрийский тоннельный метод (НАТМ), или New Austrian Tunneling Method отпраздновал свое 50-летие. Но до сих пор многие специалисты-тоннельщики не признают первенства австрийцев в этом вопросе. Мол, метод не новый и вовсе не австрийский, или вообще ошибочный. Кто-то предлагает вместо названия НАТМ применять более (по их мнению) приемлемый термин — многосекционный метод проходки тоннелей — Sequential Excavation Method (SEM).**

Причин этому, на мой взгляд, несколько. Во-первых, имеет место простое непонимание метода, ведь многие специалисты до сих пор считают, что применение набрызг-бетонной крепи и есть НАТМ, а уж если набрызг-бетон используется совместно с анкерной крепью, так это уж точно стопроцентный НАТМ. Во-вторых, НАТМ не признают из национальных амбиций: почему же австрийский, мы же тоже «рядом стояли». В-третьих, имеются и те, которые разуверились в правильности метода, то есть они искренне полагали, что применяют НАТМ, но что-то не получалось — происходили аварии, и тут же все сваливали на недостатки метода. В любом случае, и как бы это не называли, именно австрийский ученый и исследователь, Л. Рабцевич, а затем и Л. Мюллер, предложили не особый метод строительства, а новый подход, концепцию (философию) проектирования и строительства тоннелей. Суть этой философии достаточно проста и заключается в том, что сама порода, в которой сооружается подземная выработка, является одним из важнейших элементов работы конструкции, и поэтому не должна более рассматриваться как одна из нагрузок на тоннельную крепь или обделку. Но порода является частью этой крепи, которую, при необходимости, надо усилить, «помочь ей удерживать саму себя».

Представьте себе, что вы едете в полупустом автобусе. Вы стоите и держитесь за поручень, чтобы не упасть. На очередной остановке в автобус входят другие пассажиры и их количество уже таково, что позволяет вам удерживаться на ногах даже не держась за поручень. Далее, на следующей остановке, в автобус набивается так много народу, что вы уже можете поджать ноги и фактически висеть за счет трения на других пассажирах. При этом они также могут воспользоваться давкой и полностью или частично снять нагрузку с ног. Аналогичным образом ведет себя и порода. В естественном состоянии, до начала проходки, она находится во всесторонне сжатом (спрессованном) состоянии, примерно как пассажиры в автобусе в час пик (с поджатыми ногами). Вначале проходка тоннеля сопровождается частичной разгрузкой породы, то есть некоторым пассажирам в автобусе необходимо перенести часть своей нагрузки на ноги. При этом чем скорее идет этот

Два самых главных вывода из новоавстрийской философии:

- 1** Всеми силами и средствами старайся максимальным образом и вовремя использовать свойства самой породы.
- 2** Найди простые и эффективные способы и средства для улучшения свойств породы, позволь ей самой «держаться из последних сил».

процесс, тем порода менее устойчива, что приводит к приближению момента обрушения. Другими словами, чем быстрее будут выходить пассажиры из автобуса, тем скорее вы либо полностью встанете на свои ноги или, если не успеете, просто свалитесь. Из вышесказанного можно сформулировать первый постулат новоавстрийской философии — породу не следует стремиться полностью удерживать в естественном напряженном состоянии, ей надо помочь вовремя мобилизовать (задействовать) свои свойства и при этом излишние усилия вовремя передать на крепь. (Ребята, давайте жить дружно и помогать друг другу удержаться на ногах. Помогай другу, но сам держись на ногах.) Возникает вопрос: а какие свойства мобилизовать, если порода совсем слабая и абсолютно неустойчивая? Теперь представьте себе, что вы на морском берегу и пытаетесь построить песчаный замок прямо у кромки воды. У вас, естественно, ничего не получается — песок сразу же оплывает, в нем слишком много воды и песчинки не могут сцепиться одна с другой. Вы переносите свои усилия на совершенно сухую часть пляжа. И там снова не можете построить замок — песок осыпается, в нем нет связующего компонента — воды. В третий раз вы делаете попытку построить замок в слегка влажном песке, и о чудо, все получается — замок стоит. Почему? Вы путем проб и ошибок научились переводить песок из неустойчивого в устойчивое состояние, всего лишь слегка его смочив. Также и при строительстве тоннелей следует изыскивать средства (методы), позволяющие слабой породе стать более крепкой, и тем самым неустойчивый массив превратить в более устойчивый и сделать это быстро и с минимальными затратами. Помните, как в старом фильме «Кавказская пленница»: тот, кто нам мешает, тот нам поможет. Итак, два самых главных вывода из новоавстрийской философии:

1. Всеми силами и средствами старайся максимальным образом и вовремя использовать свойства самой породы.
2. Найди простые и эффективные способы и средства для улучшения свойств породы, позволь ей самой «держаться из последних сил».

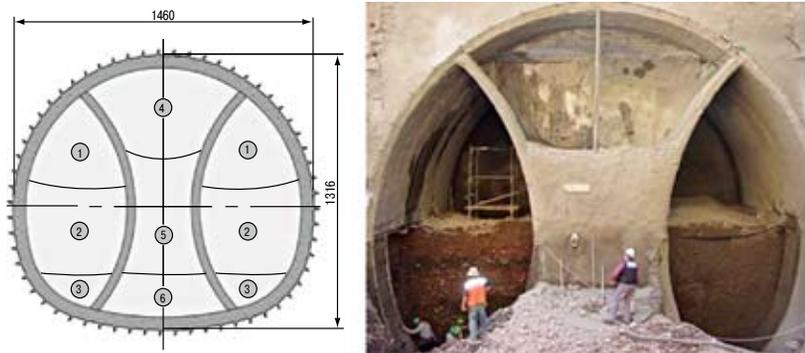


Рис. 1. «Старый» австрийский многошольневый метод проходки тоннелей по «новой» австрийской философии



Рис. 2. Тоннель под автомобильной дорогой, сооружаемый по принципам, близким к НАТМ

Ну а теперь поговорим о том, как этого достичь. Прежде всего, необходимо определить, до каких пор и сколько времени та или иная порода может самостоятельно сопротивляться, то есть следует уловить момент достижения релаксации от всестороннего сжатия и начало действия недопустимых для нее растягивающих напряжений. Порода, как бетон, — отлично работает на сжатие и плохо или совсем никак на растяжение. Для того чтобы понять, каким образом и в какой момент времени породе следует «помочь», необходимо провести мониторинг в режиме реального времени. Современная наука и техника располагают достаточными инструментами для решения такой задачи, при этом сигнал о превышении допустимых значений усилий может и должен поступать автоматически. Мониторинг в режиме реального времени и есть еще одна важнейшая составная часть (постулат) философии НАТМ. Если вы используете на практике все другие ее атрибуты, но при этом не ведете мониторинга состояния грунта в процессе работ, — это уже не совсем НАТМ, а вернее, совсем уже не НАТМ, ведь не зря его называют еще и созерцательным методом (Observational method).

Теперь, когда мы знаем, что породе надо помогать себя удерживать, и способны определить, в какой

момент времени эта помощь наиболее желательна и даже необходима, и, более того, можем с достаточной степенью вероятности предсказать, какой силы она нужна, то есть какими прочностными и деформативными свойствами должна обладать крепь, мы можем перейти к созданию последней. Исходя из вышесказанного, крепь должна обладать следующими характеристиками:

- быть достаточно жесткой или, наоборот, податливой (в зависимости от свойств вмещающей породы), то есть иметь «линейку» жесткостных свойств;
- быть достаточно легкой и легкоовозводимой;
- должна после возведения по возможности быстро вступать в активную работу совместно с породой;
- поддерживать породу извне или улучшать свойства породы изнутри;
- обладать достаточной надежностью и долговечностью;
- быть по возможности экономичной.

И тут для инженеров-изобретателей широкое поле деятельности от модернизации свойств известной набрызг-бетонной крепи, или арочной, или анкерной крепи и до развития новых методов стабилизации (упрочнения) массива пород путем замораживания (freezing), армирования, например опережающей трубной крепью (forepolling), или полимерными анкерами (spilling), или различными методами цементации (химического упрочнения), например методом струйной цементации (jet-grouting). Все это и многое другое является неотъемлемой частью философии НАТМ. Тут, безусловно, надо помнить, что помогать мобилизовать свойства следует той части массива, где происходит или, возможно, произойдут изменения напряженно-деформированного состояния. А это уже способен показать, например, метод конечных элементов или другие современные аналитические или численные методы расчета. Если они будут вестись в трехмерном пространстве, то, безусловно, покажут необходимость крепления не только контура поперечного сечения, но и массива перед забоем тоннеля. Поэтому важнейшим шагом расширения диапазона применения философии НАТМ является внедрение в практику тоннелестроения различных видов опережающего крепления (pre-excavation support), например с использованием анкеров из композитных материалов. Кое-кто из коллег уверяет, что это уже не НАТМ, и называет эту технологию АДЕКО, но в конечном счете эта, якобы новая, технология сводится все к тем же постулатам и принципам, что и новоавстрийский метод, хотя, безусловно, заслуживает внимания как расширяющая возможности последнего.

И наконец, еще один штрих (еще еще один признак НАТМ-философии) — форма поперечного сечения тоннеля. Она должна быть если не круглой, то максимально округлой или яйцевидной, не допускать никаких углов и неровностей. Это достаточно очевидная деталь, ведь именно такая форма обеспечивает лучшую работу любых конструкций (вспомните округлые шлемы рыцарей и витязей или прочность тонкой яичной скорлупы) и снимает любую возможность образования локальных (местных) напряжений в породе и крепи.

Многие полагают, что НАТМ подразумевает много-секционность разработки породы при строительстве тоннелей (многоштольневой метод проходки) и, более того, определенную последовательность проходки этих секций, как в «старой австрийской технологии» проходки выработок большого сечения, с проходкой левой и правой штолен, затем центрального ядра и далее нижнего уступа (штоссы) и обратного свода (рис. 1). Здесь можно сказать и да и нет. Да — потому что такой метод является достаточно эффективным с точки зрения развития значительных касательных напряжений именно слева и справа от оси тоннеля и необходимости их уменьшения на ранних стадиях проходки, и оригинальным, так как, по данным автора, впервые предложен австрийскими инженерами. Нет — потому что НАТМ не отрицает никакой другой метод разработки породы до тех пор, пока он является эффективным и полностью реализует принципы ее философии.

Итак, что мы имеем в «сухом остатке», что же действительно подразумевает НАТМ?

Прежде всего эффективное сооружение любых видов подземных сооружений преимущественно в слабых породах с максимально возможной мобилизацией прочностных свойств самой породы и, при необходимости, увеличения несущей способности породы путем ее улучшения (упрочнения).

Для достижения этой цели в полной мере надо стремиться выполнить следующие условия:

- установить с максимально возможной достоверностью прочностные и деформативные свойства вмещающей породы до начала строительства подземного сооружения;

- непрерывно с начала строительства объекта и до его завершения вести наблюдения (осуществлять инструментальный мониторинг) за изменениями напряженно-деформированного состояния крепи и окружающего породного массива;

- разработать мероприятия, позволяющие уже на стадии проектирования объекта максимально задействовать/мобилизовать и включить в работу весь потенциал вмещающего породного массива;

- подобрать или разработать вид первичной крепи, позволяющей максимально быстро после разработки породы на принятую длину заходки включиться в совместную с породой работу, при этом позволяющей породе деформироваться до расчетных значений (другими словами, используйте податливые виды крепи с заранее заданными прочностными и деформативными характеристиками);

- использовать все возможные технологии и средства, позволяющие безопасно и в кратчайшие сроки возводить (сооружать) проектную первичную крепь;

- проектировать максимально гладкую (избегайте углов) форму подземной выработки с тем, чтобы избежать нежелательной концентрации напряжений.

В поддержку НАТМ-философии напомним коллегам один старый исторический фильм «300 спартанцев». Суть истории в том, что 300 воинов из Спарты вышли, чтобы преградить дорогу многотысячной армии персов. Защитники вовремя заняли единственное узкое ущелье на пути движения вражеского войска, где противник не



**Рис. 3. Опережающая крепь из экрана металлических труб и горизонтальных свай по методу струйной цементации с последующим креплением тоннеля решетчатыми фермами и набрызгбетоном**

мог в полной мере использовать свое численное преимущество. В этом, удобно выбранном спартанцами, месте они за счет удачной стратегии и тактики несколько дней удерживали численно превосходящего врага. Они могли бы даже победить, если бы вовремя подоспела подмога. Казалось бы, какая связь этой истории с НАТМ? Дело в том, что главным условием НАТМ-концепции является также максимальное использование свойств самой породы (по фильму, условий рельефа местности), мобилизация всего потенциала породного массива, грамотно рассчитанная и подобранная крепь, способная быстро и надежно взаимодействовать с окружающей породой (по фильму, обученные стратегии и тактике воины) и технология, обеспечивающая своевременную установку, — это крепь. Обязательным условием успешного применения НАТМ-философии является мониторинг за напряженно-деформированным состоянием породного массива (по фильму, знание тактики боя вражеской армии).

Многие коллеги до сих пор отождествляют НАТМ с набрызг-бетоном, анкерной крепью, крепью Бернольда или решетчатыми фермами. Уважаемые коллеги, все обстоит совсем не так. Все эти, безусловно, важные и все еще прогрессивные виды крепи подземных выработок являются лишь винтиками сложной философии под названием «новоавстрийский тоннельный метод». Кстати, и сравнительно недавно появившиеся другие строительные технологии, такие как струйная цементация (jet-grouting), опережающая трубная крепь (forepoling) или анкеры из композиционных материалов для опережающего крепления забоя (spilling) — это все также новые винтики, которые лишь расширяют горизонты НАТМ-философии. И еще один важный момент. Да, действительно, в мировой практике, к сожалению, уже не раз встречались случаи обрушения тоннелей, которые, якобы, проходились с использованием НАТМ. Но даже поверхностный анализ всех этих случаев показывает, что новоавстрийским тоннельным методом там и «не пахнет». В большинстве случаев под ним подразумевают все тот же набрызг-бетон, в других случаях напрочь забывают о необходимости крепления не только поперечного



Рис. 4. Проходка калотты тоннеля с последовательной разработкой правой и левой штолен



Рис. 5. Проходка нижнего уступа тоннеля с установкой решетчатых ферм и набрызгбетонированием

контура выработки, но и лба забоя, в-третьих, вообще не следят за состоянием породы и крепи (не оборудуют выработку контрольно-измерительными инструментами, в-четвертых, устанавливают крепь с запозданием и без обеспечения ее полного контакта с породой, то есть практически во всех аварийных случаях имеет место полное несоблюдение основных постулатов НАТМ. Так что прежде, чем грешить на якобы плохую технологию, следует научиться ее понимать, строить, как надо, а не как тебе видится и хочется!

Приведем один из примеров строительства тоннеля по технологии, очень похожей на НАТМ, и все-таки не являющейся таковой. В одном из проектов, реализуемых в Объединенных Арабских Эмиратах, возникла необходимость построить подземный переход под существующей дорогой. Тоннель был призван соединить отель с пляжной зоной, на которой располагалась мини-гольф-площадка. Сечение тоннеля выбиралось из расчета

прохода гостей и обслуживающего персонала отеля с одной на другую сторону дороги, а также возможности проезда по тоннелю тележек для гольфа. Заказчик предложил выполнить тоннель со следующими размерами: шириной 6 и высотой 4 м, длиной около 30 м. Тоннель располагался на глубине 8 м (от шельги свода тоннеля) (рис. 2). Метод проходки не должен нарушать движение транспорта и обязан гарантировать минимальные осадки поверхности. После проведения инженерных изысканий установлено, что сооружение будет пересекать обводненные мелкие и пылеватые пески, которые не имели сцепления и обрушились практически сразу после вскрытия забоя.

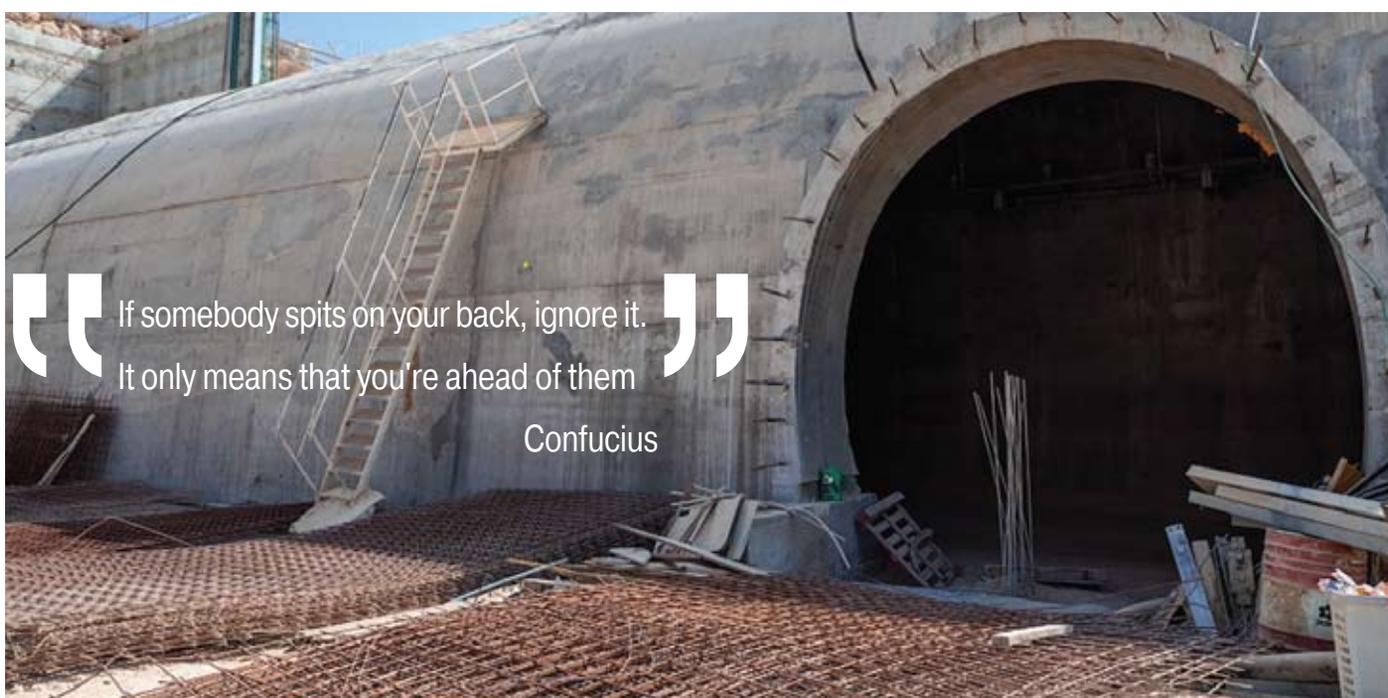
Учитывая незначительную длину тоннеля, его размеры в сечении и наличие неустойчивых грунтов предложено проходить тоннель многштольневом методом с использованием опережающей крепи, представляющей собой экран из металлических труб, сооружаемый по внешнему контуру калотты тоннеля и горизонтальных грунто-бетонных свай, устраиваемых методом струйной цементации. Грунтобетонные сваи диаметром от 0,6 до 0,8 м размещали равномерно по плоскости забоя, что должно обеспечивать устойчивость при проходке. Экран представлял собой два ряда металлических труб диаметром 89 мм и закрепляемых цементным раствором в скважинах диаметром 130 мм с шагом от 250 до 300 мм. Два ряда труб размещались относительно друг друга в шахматном порядке (рис. 3). После стабилизации массива посредством устройства опережающей крепи тоннель проходили с последовательной разработкой породы сначала в правой штольне, а затем в левой (рис. 4). Разработку породы в каждой штольне проводили по 1 м, с немедленным креплением каждого метра решетчатыми фермами и набрызг-бетоном. Решетчатые фермы выполнялись из арматуры диаметром 35 мм и сечением 25 × 25 мм и практически сразу после установки они заполнялись набрызг-бетоном. Набрызг-бетон представлял собой армированную синтетической фиброй конструкцию класса В40 и толщиной 250 мм. После полной проходки правой и левой штолен из калотты слева и справа крепили стены нижнего уступа посредством струйной цементации и далее разрабатывали породу в нижнем уступе, также с последовательной, метр за метром, установкой решетчатых ферм и заполнением их набрызг-бетоном (рис. 5).

Тоннель был успешно пройден, как считали все, методом НАТМ. И хотя при проходке мы применили практически все принципы НАТМ-философии, такие как: мобилизацию свойств грунта путем его усиления опережающей крепью, использование легковозводимых и податливых конструкций из решетчатых ферм и набрызг-бетона, многштольневую проходку, гладкие очертания тоннеля, все же нельзя считать эту технологию НАТМ, так как проходка осуществлялась без инструментального мониторинга. Наблюдения, конечно, велись, но лишь визуально, «на глазок». Это, несомненно, противоречит одному из главных постулатов философии НАТМ, и потому, в случае неблагоприятного результата, нельзя было «грешить» на этот метод.

Успех НАТМ-философии в последовательной и грамотной реализации не выборочных а всех ее принципов.

M.Ye.Ryzhevskiy  
Ph.D. in Engineering Science  
PLATO Engineering Director— General  
Laureate of Lenin Komsomol Prize in  
Science and Technology  
Honoured Inventor of the Soviet Union

# AND YET IT IS A NEW AUSTRIAN TUNNELLING METHOD



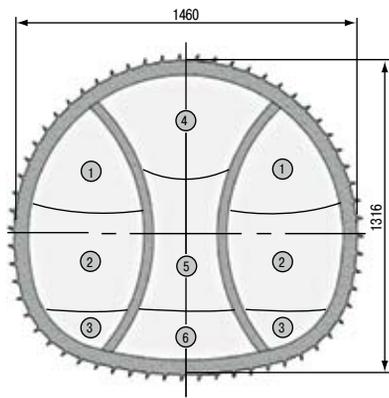
“ If somebody spits on your back, ignore it.  
It only means that you're ahead of them ”  
Confucius

***The New Austrian Tunnelling method (NATM) has celebrated its 50th anniversary. But still many tunnelling experts do not recognize the primacy of Austrians in this regard. It is often said that the method is not new and is not at all Austrian, or even is wrong. Some propose instead of the name NATM to use a more acceptable (in their view) term, and namely, Sequential Excavation Method (SEM).***

In my view, there are several reasons for that. First of all, there exists a simple misperception of the method, as many experts still believe that if somebody uses shotcrete as ground support, then it is quite enough to call the method NATM, and if the shotcrete is used in combination with rock bolt support, then that's for sure one hundred percent NATM. The second reason is that NATM

is not recognized because of national ambitions: why is it Austrian? We, however, were “standing by side”. Here is also the third reason: there are those who have lost faith in the correctness of the method. They sincerely believed that they were applying exactly NATM, but something did not work, accidents occurred, and in the next breath the blame was cast on shortcomings allegedly inherent to the method. In any case, no matter what you call it, it was an Austrian scientist and researcher, L. Von Rabcewicz, and subsequently also L. Muller, and what they proposed was not a special construction method, but a new approach, a new concept (a philosophy) of the design and construction of tunnels. The essence of this philosophy is quite simple. It assumes that the rock to be excavated is one of the most important elements of the work of structure to be built, and therefore it should no longer be regarded as one of loads on primary or permanent supports but rather as a part of this support which, if necessary, will be strengthened in order “to assist it to hold itself.”

Imagine that you are travelling in a half-empty bus. You are standing and supporting yourself against a handrail to prevent a possible fall. At the next bus stop, more passengers enter the bus, and now they are so many that you can stay on your feet without even holding the handrail. Further, at the next stop, the bus gets so crowded, or better to say, jammed packed with people, that you can lift your feet and — due to friction — practically hang on other passengers. However, other passengers can also benefit from the squash, and completely or partially unload their legs. Rock material behaves in a similar way. In its natural state, before the excavation starts, it is fully compressed (compacted) like passengers in the bus at rush hour (with their feet lifted). Initially excavation is accompanied by partial off-loading of rock material, as if some passengers in the bus would need to transfer a part of the load to their legs. The faster is the process, the less stable becomes the material, and the less time remains before an eventual collapse. In other words, the sooner the passengers will



The "old" Austrian multiple heading advance method using the "new" Austrian philosophy

come out of the bus, the quicker you will either fully alight on feet or — if you do not manage to do it in time — simply fall down. Based on the foregoing, we can formulate the first postulate of the new-Austrian philosophy: we must not seek to fully retain the material in its natural state of stress; we have to help it to mobilize (to utilize) its properties in due time, and at the same time to transfer excessive strain to the support. (Guys, let's live together peacefully and help each other to remain on feet. Help the others, but keep your feet). The question is, what properties have to be mobilized if the material is very weak and completely unstable? Now imagine that you are on the beach trying to build a sand castle right at the water's edge. Quire naturally, nothing comes out of it: the sand creeps, there is too much water in it, and the sand grains do not bond together. Then you decide to transfer your efforts to a completely dry part of the beach. And there again you cannot build a castle — the sand falls as there is no binding agent in it, that is no water. Then you make the third attempt trying to build a castle in dampish sand, and, lo and behold, everything works, and the castle stands firm. Why? Because through the process of trial and error you have learned to transfer the sand from unstable to stable state by slightly dampening it. The same has to be done in tunnelling; we must find means (methods) that allow soft rock to become more resistant, thus converting unstable mass into a more stable, doing it quickly and with minimal expense. Remember what was said in the old movie "Caucasian captive": 'he who gets in our road shall help us". So, from the new-Austrian philosophy two main conclusions emerge:

1. In every way possible and in due time try to make maximum use of the rock mass properties.
2. Find simple and effective ways and means to improve the rock properties; let the rock itself "hang in there with the last of its powers".

Having said that, let's talk now about how to achieve this. First you need to determine until when and how long this or that material can

resist by itself. It means that we must snatch a moment when relaxation of triaxial compression is reached and tensile stresses unacceptable for the material start to act. Rock mass behaves like concrete: it is strong in compression but is weak or even does not work at all in tension. To understand how and at what moment the material needs "the assistance", we need to monitor the process in real time. Nowadays, scientists and practicing engineers possess sufficient tools to accomplish the task, and when the preset force threshold is exceeded, the system can and must generate an alarm. Real time monitoring is another important component (a postulate) of the NATM philosophy. If in your actual practice you use all other attributes of NATM, but do not monitor in real time the ground behaviour during excavation, then the method you are using is not quite NATM, or rather it is not NATM at all, because it is not for nothing that the approach is called the Observational method.

Now that we know that rock material needs assistance to retain itself, and we are able to determine at what moment the assistance is most desirable and even necessary, and, furthermore, we can with a reasonable degree of probability predict the amount of the assistance needed, that is we know the required strength and deformation properties of tunnel support, we can come over to the creation of the latter. For all the reasons mentioned, the support must have the following characteristics:

- be sufficiently rigid or, on the contrary, flexible (depending on the properties of the enclosing rock), i.e. the support must have a whole "range" of stiffness properties;
- be sufficiently light and easily erectable;
- after installation to start as soon as practicable an active work in collaboration with the rock mass;
- retain the rock mass from outside or improve rock properties from within it;
- have sufficient reliability and durability;
- be cost-effective whenever possible.

This gives much scope for engineers and inventors, starting from optimization of properties of the known shotcrete lining, or arched support, or roof bolting, and up to development of new rock mass stabilization (hardening) methods with the use of various techniques: freezing, reinforcement — i.e. using forepoling or polymer anchors (spilling), or applying various cementation technologies (chemical strengthening) i.e. jet grouting. All this, and much more, make an integral part of the NATM philosophy. It will certainly be remembered that the assistance to ground strength mobilization should be given to that part of the rock mass where changes of stress-strain state have already started or are probably going to start. And that is where, for example, the finite elements or other modern analytical or numerical calculation methods might come in. If these tools will work in three-dimensional space, then they will certainly demonstrate the necessity to support not only the cross-section contour, but also the rock mass ahead of the face. Therefore, a major step forward that increased the scope of the NATM philosophy was made with introduction in tunnelling practices of various kinds of pre-excitation support, realized, for instance, with the use of composite materials. Some of our colleagues argue that this is not NATM anymore, and call this technology ADECO, but in its ultimate sense this allegedly new technology comes down to the same underlying postulates and principles of the New Austrian technology, although it certainly deserves attention as an extension of the NATM potential.

And finally, one more touch (yet another sign of the NATM philosophy) is the shape of tunnel or its cross-section. It must be if not absolutely circular then as rounded or oviform as possible, smooth and without any corners and irregularities. This is a fairly obvious detail, as it is exactly this form that ensures the best performance of any structure (remember the rounded helmets of knights and warriors, or the strength of thin eggshell), and removes the very possibility of local stresses formation within the rock and within the support.

Many believe that NATM implies multi-section tunnelling method (multiple heading advance), and moreover, a certain sequence of excavation of these sections, as it was in large cross section excavation in the "old Austrian technology", when first left and right headings were excavated, then it came to the central pit, lower bench, and further to the invert. Is it really so? Here you can answer both yes and no. "Yes" — because this method is quite effective due to the fact that significant shearing stresses develop exactly to the left and to the right of the tunnel axis, and these stresses have to be

reduced at early stages of the tunnel advance, and also because this method is original, as according to the data available to the author, it was first proposed by Austrian engineers. "No" — because NATM does not deny any other tunnelling method until it is effective and fully implements the principles of its philosophy.

So, what do we have in the "bottom line", what does NATM really imply.

First of all, it implies effective construction of all types of underground facilities mainly in weak soils with the greatest possible mobilization of inherent geological strength available in the surrounding rock mass, and, if necessary, the increase in bearing capacity of the material through its improvement (strengthening).

To achieve this goal, we must endeavour to fully meet the following conditions:

- To determine with maximum fidelity the strength and deformability of the surrounding rock mass prior to the construction of an underground structure.

- From the start of a construction project up to its completion to perform observations (to carry out instrumental monitoring) of changes in the stress-strain state of the support and of the surrounding rock mass.

- To develop measures that enable to use / mobilize and put into operation the surrounding rock mass to the maximum extent possible already at the design stage.

- To choose or develop initial primary support able to quickly start collaboration with the rock mass after excavation by a specified advance step; the support must allow the rock mass to deform to the design values (in other words, use flexible support with predetermined strength and deformation characteristics).

- To use all possible techniques and resources enabling to install primary support safely and in the shortest time possible.

- To design the shape of underground excavation as smooth as possible (avoiding corners) in order to prevent unwanted stress concentrations.

In support of the NATM philosophy I would like to remind you an old historical film "The 300 Spartans". The essence of the story is that 300 soldiers of Sparta marched to block the advance of multi-thousand army of Persians. The defenders blocked the only road by which the massive Persian army could pass, and did it just in time, so the enemy was not capable to fully exploit its numerical majority. At this properly chosen position the outnumbered Spartans, with the chosen strategy and tactics held off the enemy for several days. They might have even won, if help had come in time. You may ask how is this story related to NATM? The fact is that the main condition of the NATM concept also is maximum use of the surrounding rock mass

properties (in the movie it is the ground relief), mobilization of the rock mass to its full potential, smartly designed and matched support which assures quick and reliable interaction with the surrounding rock (in the film these are warriors who are strategically and tactically trained), and the technology which provides timely installation of this support. A crucial prerequisite for successful application of the NATM philosophy is monitoring the stress-strain state of rock mass around the cavity (in the film it is being aware of the battlefield tactics applied by the enemy army).

Many colleagues still identify NATM with shotcrete, roof bolting, Bernold sheets or lattice girders. Distinguished colleagues, this is absolutely not the case. All these certainly important and still advanced types of support used in the underground works are merely cogs in a complex philosophy called New Austrian Tunneling Method. By the way, relatively new construction technologies such as jet grouting, forepoling or composite anchors used for pre-strengthening of the face (spilling) – all these are new cogs in a machine too, which only expand the horizons of the NATM philosophy. And one more important point. Yes, it's true that in the world practice and unfortunately not once, some tunnels that supposedly were excavated using the NATM method, did collapse. But even a superficial look at these cases shows that they were nowhere near New Austrian Tunneling Method. In most cases, people call NATM same old shotcrete, in other cases they completely forget about the necessity to reinforce not only the cross-section of excavation but also the face, and thirdly, they do not monitor the state of the rock mass and of the support (the team is not equipped with measurement instrumentation), and fourthly, they install the support belatedly without ensuring its full contact with the material; it means that in almost all emergency cases we see a total non-observance of basic NATM postulates. So before blaming an allegedly bad technology, you should learn to understand it, to build as is requested, and not as you imagine and wish to!

Here is one example of a tunnel construction technology which is very similar to NATM but still is other than that. In one of the projects realized in the United Arab Emirates it became necessary to build an underpass beneath the existing road. The tunnel was designed to connect a hotel to the beach area with mini-golf course on it. The cross section of the tunnel was defined according to the needs of hotel guests and its staff: the tube had to provide a pass from one side of the road to another, and a pathway for golf carts. The customer proposed to build the tunnel with the following dimensions: 6m in width, 4 m in height and about 30 m in length.

The tunnel was located at a depth of 8 m (from the tunnel crown). The obligatory condition was not to block traffic and guarantee minimum subsidence. Geotechnical survey showed that the tunnel will intersect water saturated fine-grained silty sands with no cohesion, and would collapse almost immediately with the start of excavation.

Given the small length of the tunnel, the size of its cross section, and unstable soils it was proposed to build the tunnel using multiple heading method with the advanced support or forepoling i.e. inserting steel tubes inside sub-horizontal holes made around tunnel's face; and horizontal jet-grouted soil-cement columns. The soil-cement piles of 0.6 to 0.8 m in diameter were uniformly distributed on the face to ensure tunnel stability during excavation. The forepoling screen consisted of two series of metal tubes 89 mm in diameter fixed with cement grout in 130 mm diameter boreholes at a pitch of 250 to 300 mm. The two series of tubes were placed in a staggered order. After the rock mass was stabilized by forepoling, the tunnel was bored sequentially, first the right heading was excavated, and then the left one. Excavation proceeded in steps of 1 m; each meter was immediately strengthened by lattice girders and sprayed shotcrete. Lattice girders were made of steel bars 35 mm in diameter with the 25x25 mm cross section filled with shotcrete almost immediately after installation. The shotcrete was a 250 mm thick class B40 structure reinforced with synthetic fiber. When right and left headings were excavated, right and left sidewalls were reinforced by jet grouting from the crown, and further excavation of the bench was performed with step-and-repeat, meter by meter placement of lattice girders and shotcrete filling.

The tunnel was successfully constructed, as everybody was sure of, using the NATM technology. Although we have applied almost all principles of the NATM philosophy, such as mobilization of rock mass properties by its strengthening with advance support, the use of easily erectable flexible structures of lattice girders and shotcrete, multiple heading advance, smooth contours of the tunnel, this still cannot be considered the NATM technology, as excavation was not instrumentally monitored. Of course, some observations were made, but only visually, "by eye". This of course contradicts one of the main principles of the NATM philosophy, and that's why in the case of an unfavorable result, the NATM method could not be blamed.

We may conclude that the strength of the NATM philosophy lies in consistent and correct implementation of not only some random part, but of the whole set of its principles.

В.М. САПИГА,  
главный инженер проекта  
проектного института  
«Укрспецтоннельпроект»  
(Киев, Украина)

# БЕСКИДСКИЙ ТОННЕЛЬ: 130 ЛЕТ СПУСТЯ

*Construction of a double-track railway tunnel which had to replace the existing single-track tunnel built in 1886, started in October 2013 in the section Beskid – Skotarskoye of the Lviv railroad in the Eastern Carpathians (on the border between Lviv and Transcarpathian provinces of Ukraine). This section makes part of the 5th Crete International transport corridor that passes through Russia, Ukraine, Hungary, Slovakia, Austria, Slovenia and Italy.*



*Для улучшения железнодорожного движения между Восточной и Западной Европой по 5-му Критскому международному транспортному коридору (проходит через Россию, Украину, Венгрию, Словакию, Австрию, Словению и Италию) на участке Бескид – Скотарское в Восточных Карпатах (на границе Львовской и Закарпатской областей Украины) предусмотрено строительство нового двухпутного тоннеля.*

**Б**ескидский тоннель будет сооружен на железнодорожной линии, соединяющей станции Лавочное (на северо-восточной стороне тоннеля) и Воловец (на юго-западной стороне). Промежуточные железнодорожные станции с каждой стороны тоннеля — Бескид (на северо-востоке) и Скотарское (на юго-западе).

Новый тоннель длиной 1764,5 п. м. заменит существующий однопутный, построенный в 1886 году. Помимо него, на участке Львов — Ужгород расположено 8 двухпутных тоннелей.

Территория участка проекта горная, высоты находятся в диапазоне от 780 м (на уровне железной дороги) до 1014 м над уровнем моря.

Существующий Бескидский тоннель будет эксплуатироваться в течение всего периода строительства, а после ввода в эксплуатацию нового тоннеля будет служить в качестве аварийно-спасательного объекта. Поэтому во время проведения всех строительных работ крайне важно обеспечить конструктивное единство и минимизировать воздействие на старый тоннель.

Двухпутный железнодорожный тоннель в плане запроектирован на расстоянии 30 м (в осях) от существующего однопутного. Поперечное сечение ныне действующего тоннеля не отвечает требованиям по габаритам, скорость движения поездов в нем ограничена до 15 км/час.

Тоннель находится в районе Главного Карпатского хребта. Горы сложены флишевой толщей мелового и третичного возраста, для которой характерны типичные равномерные наложения из толстоплитчатых песчаников и тонкоплитчатых аргиллитов. Мощность аргиллитовых толщ варьируется от нескольких сантиметров до нескольких метров. Угол падения пород в среднем составляет 45° в юго-западном направлении. Коэффициент крепости пород по Протождяконову колеблется от  $f_{кр} = 1$  до  $f_{кр} = 6$ .

Сейсмичность территории изысканий по шкале MSK-64 (приложение Б к ДБН — государственным строительным нормам Украины) согласно карте ОСР-2004-С — 8 баллов с периодом повторяемости сотрясений один раз в 5 000 лет (вероятность превышения сейсмической интенсивности в течение 50 лет — 1%).

Для осуществления врезки тоннеля, организации строительной площадки на период сооружения и устройства железнодорожных путей на проектных отметках на период эксплуатации на восточном и западном порталах Бескидского тоннеля предусмотрено устройство подпорных стен. Они представляют собой буронабивные железобетонные сваи (БНС) Ø 880 мм, объединенные в пространственные конструкции при помощи жесткого защемления в монолитные железобетонные ростверки. Шаг и длина свай, количество рядов, процент армирования назначены в соответствии с расчетом.

Протяженность припортальных подпорных стен у восточного портала составляет 73,8 м. Высота торцевой стены — 13,6 м. Всего — 61 БНС.

Система подпорных стен, ограничивающих западный портал, состоит из торцевой стены длиной 12,5 м и высотой 12,4 м и двух открылков переменной высоты, следующих за рельефом. Южное крыло стены

## ХРОНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА БЕСКИДСКОГО ТОННЕЛЯ

*Старый Бескидский тоннель длиной 1746 м был построен в 1886 году еще во времена Австро-Венгерской империи. В 1944 году при отступлении*

*венгерских войск получил серьезные повреждения — были подорваны оба портала и своды в шести местах. Однако уже в августе 1945 года движение по нему было восстановлено.*

*В 1954–1956 годах в связи с электрификацией участка Мукачево — Лавочное тоннель был реконструирован: оборудована система электроосвещения, реализован комплекс мер по отводу воды, дополнительно сооружено 10 камер и 30 ниш.*

*В 2004 году был заключен договор с Европейским банком реконструкции и развития (ЕБРР) о выделении кредита на строительство нового тоннеля. Затем к этому проекту присоединился Европейский инвестиционный банк (ЕИБ). Строительство началось 29 октября 2013 года. По данным на начало октября 2014 года, подрядчиком (строительная ассоциация «Интербудмонтж — Украина») пройдено 558 м тоннеля, скорость проходки составляет около 3 м в сутки.*

*Новый Бескидский тоннель позволит повысить пропускную способность участка с 47 до 100 пар поездов в сутки, а скорость движения возрастет с 40 до 60 км/ч. Срок сдачи объекта — I квартал 2017 г.*

ограничивает склон протяженностью 150,4 м. Общая длина стен западного портала — 195,4 м. Всего — 212 БНС.

Для отвода р. Веча на западном портале над ростверком подпорной стены предусмотрен быстроток (монолитное железобетонное русло сечением 3,6 × 3 м). Для сброса речной воды на пониженные отметки предусмотрен монолитный водобойный колодец. Подобный колодец запроектирован и для сброса дренажной воды из существующей штольни на западном портале (в районе пересечения штольни и подпорной стены портала). Для отвода ручьев и пропуска р. Веча под железнодорожными путями предусмотрено использование сборных железобетонных труб сечением 4 × 2 м. Для отвода атмосферных осадков и дренажных вод с нагорной стороны подпорных стен предусмотрена система монолитных железобетонных водоотводных лотков со сбросом воды в монолитные колодцы.

В соответствии с технологическим заданием проектом предусмотрено устройство вокруг порталов обходных дорожек (на крутых участках — лестниц). На охраняемой территории размещаются здания охраны и сооружения специального назначения. По периметру устанавливается ограждение и предупредительные знаки.

Для сооружения несущих конструкций тоннеля, эвакуационных сбоек, порталов и подпорных стен, припортальных зданий и сооружений в проекте принят монолитный железобетон. Для всех основных несущих конструкций класс прочности бетона на сжатие назначен В25, марки бетона по водонепроницаемости и морозостойкости, соответственно, — W6 и F150.

Железнодорожный тоннель запроектирован в обделке из монолитного железобетона подковообразного очер-



## ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕСКИДСКОГО ТУНЕЛЯ

Длина .....	1764, 5 м
Ширина (в свету) .....	10,5 м
Высота (в свету) .....	8,5 м
Глубина от поверхности Бескидского хребта .....	182 м
Площадь поперечного сечения .....	120 м <sup>2</sup>
Ниши .....	49
Камеры .....	12
Соединительные сбойки (со старым тоннелем) .....	3
Количество железнодорожных путей .....	2
Объем разрабатываемого грунта .....	211 440 м <sup>3</sup>
Металлоконструкции временного крепления .....	2 565 т
Монолитный бетон временного крепления .....	32 374 м <sup>3</sup>
Армирование постоянной обделки .....	4 741 т
Монолитный бетон постоянной обделки .....	49 414 м <sup>3</sup>
Гидроизоляционная мембрана .....	66 925 м <sup>2</sup>

тания с обратным сводом. Для ускорения производства работ проектом предусмотрено добавление пластификатора и ускорителя твердения в бетон тоннельных обделок.

Армирование обделки тоннеля и эвакуационных сбоек предусмотрено плоскими сварными каркасами, объединенными в пространственную конструкцию (в пределах отсека между антисейсмическими деформационными швами) при помощи стержней продольной (распределительной) арматуры.

С учетом гидрогеологических условий участка строительства, а также прогнозируемых водопритоков для исключения проникновения в тоннель грунтовых вод по всей его длине предусмотрена замкнутая гидроизоляция из водонепроницаемой поливинилхлоридной мембраны толщиной 2 мм, которая крепится к бетону временной крепи. Для обеспечения отвода воды со свода и стен тоннеля в заобделочный дренаж, а также защиты мембраны от повреждения неровностями черного бетона между временной крепью и гидроизолирующей мембраной устанавливается дренирующий слой геотекстиля толщиной 4 мм. В местах холодных швов бетонирования и деформационных антисейсмических швов предусмотрена установка гидрошпонков.

Для отвода возможных протечек грунтовых вод, конденсатной влаги и атмосферных осадков (на порталных участках), а также воды от пожаротушения внутри тоннельной обделки в канале под балластным щебеночным слоем предусмотрена установка гофрированной перфорированной полиэтиленовой трубы с геотекстильным фильтром. Для сброса воды и возможности ремонта дренажа по длине тоннеля с шагом 40 м предусмотрены колодцы с отстойной частью.

Внутреннее поперечное сечение обделок предусматривает расположение в его пределах габарита приближения строения С на перегонах, оборудования систем вентиляции, электроснабжения, сантехнического оборудования, а также систем сигнализации и связи.



Наружное очертание всех типов обделок с целью оптимизации проходческих работ и унификации принято одинаковым. Конструкции обделок отличаются только процентом армирования, назначенным по результатам расчета, в зависимости от испытываемых нагрузок.

Продольный профиль пути — односкатный с уклоном 3‰ и 12‰, в плане расположен по прямой. Междупутье — 4,1 м.

Проектом предусмотрено сооружение ниш и камер, расположенных соответственно через 60 и 300 м в шахматном порядке с каждой стороны по всей длине тоннеля. Всего предусмотрено 49 ниш и 12 камер.

Для обслуживания тоннеля во время эксплуатации, а также возможной эвакуации людей, между проектируемым и существующим тоннелями предусмотрено сооружение трех соединительных сбоек длиной около 22 м.

Вентиляция тоннеля осуществляется естественным способом за счет разности атмосферного давления на порталах, а также поршневого эффекта, возникающего при движении транспорта.

Для системы противодымной защиты путей при пожаре в эвакуационных сбоях предусмотрены вентиляционные установки. Вентиляторы — реверсивные и огнезащитные. Предел огнестойкости — 2,5 часа при температуре +600°C.

В связи с удаленностью участка строительства от объектов стройиндустрии проектом предусмотрено создание основной временной строительной площадки на восточном портале, имеющей комплекс из 47 соору-

#### Старый Бескидский тоннель

жений и зданий, обеспечивающих нормальный процесс строительного производства в забое и на поверхности.

В связи с большим перепадом высот в районе стройплощадки (до 30 м) для общей организации рельефа по строительной площадке была выполнена отсыпка грунта объемом 135 тыс. м<sup>3</sup>. Площадь стройплощадки — 29 130 м<sup>2</sup>.

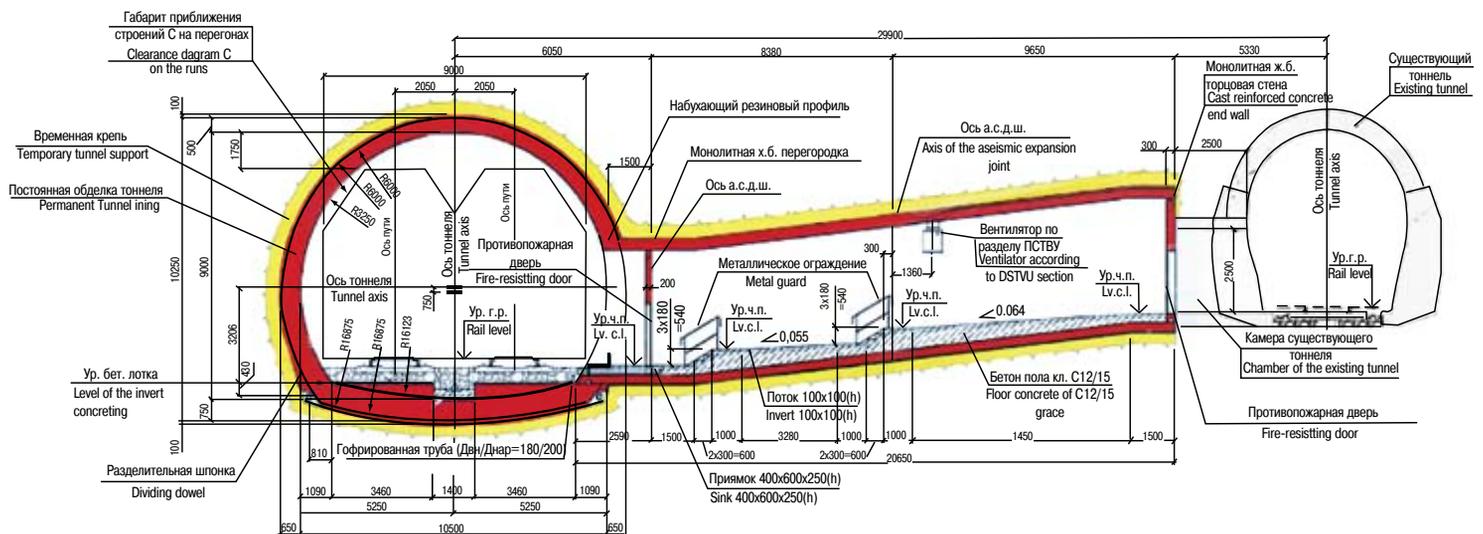
В процессе отсыпки стройплощадки было выполнено:

- сооружение водопропускных труб сечением 2 × 2 м общей длиной 259 м;
- устройство русла р. Оперец из матрасов Рено сечением 6 × 2 × 0,3 м длиной 78 м;
- устройство ограждающих стен из габионов высотой до 6 м общей длиной 311 м.

Посадка временных зданий и сооружений выполнена с учетом их технологического назначения, противопожарных и санитарных норм.

Для транспортировки материалов на стройплощадку на обоих порталах запроектированы временные железнодорожные пути, а также подъездные автомобильные дороги протяженностью 900 м (на восточном портале) и 2,2 км (на западном).

Для обеспечения директивных сроков строительства, требующих укладки больших объемов бетона в определенные сроки, предусмотрена его бесперебойная поставка с БСУ, расположенного на стройплощадке. Разработанный при проходке тоннеля грунт автотранспортом вывозится в район отвала, объем которого составляет 242 тыс. м<sup>3</sup>.



### Эвакуационная сбойка



Проходка двухпутного железнодорожного тоннеля проектом предусмотрена способом нижнего уступа со стороны восточного портала с разработкой грунта в забое буровзрывным способом. Проходка калотты и нижнего уступа тоннеля производится последовательно. Проходка калотты осуществляется на всю длину тоннеля, затем проходится нижний уступ.

В зависимости от инженерно-геологических условий строительства тоннеля предусматриваются две основные технологические схемы проходки.

Первая схема предназначена для неблагоприятных условий проходки на припортальных участках, в зонах неустойчивых грунтов и в трещиноватых зонах (коэффициенты крепости грунтов  $f = 1,0-2,0$ ). Для предотвращения обрушения пород предусматривается закрепление свода опережающим экраном из металлических труб с последующей цементацией через них грунтов вокруг скважин.

При проходке калотты (заходка 1,2 м) выполняется временное крепление выработки арками из двутавра

№30 с набрызгбетоном кл. В25. Отставание временного крепления от забоя не превышает величины заходки.

Проходка нижнего уступа ведется с комбинированным временным креплением из набрызг-бетонного покрытия, армированного арматурными арками и сеткой в сочетании с самозабуривающимися анкерами SDA R 32-S, заходками 2,4 м с замыканием временного крепления по подошве выработки на этом участке.

При входе в относительно благоприятные по условиям строительства породы (коэффициенты крепости грунтов  $f = 3,0-4,0$ ) на основном участке тоннеля предусматривается переход на вторую технологическую схему, согласно которой проходка ведется с креплением выработки арматурными арками и анкерами SDA R 32-S, заходкой 2 м.

Проходка нижнего уступа ведется с временным креплением анкерами и набрызг-бетоном по арматурным аркам заходками 3 м с замыканием временного крепления по подошве выработки. Крепление лба забоя осуществляется стеклопластиковыми анкерами и набрызг-бетоном  $\delta = 40$  мм.

Для инициирования зарядов ВВ проектом предусматривается неэлектрическая система ПРИМА-ЕРА-Т, обеспечивающая, в отличие от традиционных средств, повышенную безопасность. Благодаря низкой чувствительности к блуждающим токам она позволяет производить взрывные работы без обесточивания энергетического оборудования. Используется метод последующего оконтуривания с обязательным применением короткозамедленного взрывания групп зарядов в следующей последовательности:

- врубовые;
- отбойные;
- контурные;
- подошвенные.

После полной проходки калотты и нижнего уступа выполняется бетонирование постоянной обделки заходками по 12 м в следующей последовательности:

- бетонируется лоток обделки;
- при помощи передвижной опалубки бетонируются свод и стены.



# ООО «ТЕХПРОГРЕСС»



ООО «ТЕХПРОГРЕСС» официальный поставщик в Россию и страны Таможенного Союза шахтной техники производства завода «FADROMA» (Польша) предлагает:

- Шахтные погрузчики (ПДМ) LK-07, LK-1, LK-1ACD, LK-2AC, LK-4 с ковшами от 1,5м<sup>3</sup> до 4,5м<sup>3</sup> и грузоподъемностью от 3,6 до 11 т производства компании FADROMA-Development г. Вроцлав (Польша). Погрузчики LK-1, LK2AC по праву считаются лучшими по сочетанию цена – технические характеристики, выгодно отличаются от аналогичных машин других производителей.
- Шахтные самосвалы WK-20 грузоподъемностью 16-20 т.
- Самоходную вспомогательную технику (шахтные топливозаправщики, шахтные автобусы, шахтные машины для транспортировки и хранения взрывчатых веществ, шахтные машины для транспортировки материалов и оборудования, оснащенные гидроманипулятором, самоходные ножничные и телескопические подъемники, универсальные и шахтные машины для производства ремонтных и строительных работ, а также работ по ремонту шахтной техники в подземных условиях).

Комплектация и технические параметры шахтных машин могут быть изменены с учетом пожелания заказчиков.

Погрузчики, самосвалы и вспомогательная техника изготавливаются по заказу в течение 6-11 месяцев (ПДМ LK 1 в течение 4-5 месяцев) в зависимости от модели

Указанные ПДМ типа LK и вспомогательная техника производства завода «FADROMA» длительное время (с 80-х годов прошлого столетия) успешно работают на горнорудных предприятиях Российской Федерации.

Ричард ЛУННИСС,  
Джонатан БАБЕР

# ПОГРУЖНЫЕ ТОННЕЛИ: ДВА СТОЛЕТИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

*Окончание. Начало в №2*



*На протяжении двух веков использование погружных тоннелей сопряжено с совершенствованием технологии, появлением новых изобретений и т. д. Это говорит о том, что сама идея применения опускных секций никогда не теряла своей актуальности. В этом выпуске мы завершаем публикацию фрагмента книги Ричарда Луннисса и Джонатана Бабера, в котором история технологического развития метода отслеживается вплоть до наших дней.*

## Бетонные тоннели

Несмотря на то, что идея погружных тоннелей родилась в Великобритании, попытки пересечения Темзы этим методом прекратились, и началось развитие щитовой проходки, которая считалась предпочтительной вплоть до 1980-х годов.

В начале 1900-х построен ряд небольших погружных тоннелей для инженерных коммуникаций в Германии, Франции и Дании. Это были преимущественно стальные конструкции для трубопроводов и водоводы. Первым заслуживающим внимания объектом стал бетонный четырехугольный пешеходный тоннель Фридрихсхаген в Германии, строительство которого завершилось в 1927 году. Первый бетонный транспортный тоннель был построен годом позже, в 1928 году, в Соединенных Штатах; это был уже упомянутый Posey Street Tunnel, расположенный между Окландом и Аламедой в Калифорнии. Через десять лет технологию строительства погружных тоннелей приняли на вооружение в Голландии.

С каждым годом возрастала нагрузка на мосты через реку Маас в Роттердаме, необходимо было ввести в строй новые объекты, для чего три инженера Департамента городского хозяйства Роттердама в 1929 году отправились в Соединенные Штаты, чтобы изучить используемые там способы строительства погружных тоннелей. Результатом явилось заключение контракта в 1937 году на строительство тоннельного перехода через Маас.

В Голландии, в стране дельтовых низменностей, испещренной множеством естественных и созданных человеком водных путей, следовало вводить в эксплуатацию относительно короткие водные переходы. Высота мостов, необходимая для прохода судов и барж, подразумевала строительство длинных подходных путей. Такое решение не подходило для местного ландшафта и, кроме того, требовало значительных капиталовложений. В этих обстоятельствах экономически оправданным решением стало строительство погружных тоннелей. Кроме того, мягкие алювиальные песчаные грунты и высокий уровень грунтовых вод, характерный для Нидерландов, делали этот выбор еще более привлекательным. Щитовая проходка, используемая в Великобритании, в таких условиях была бы весьма затруднительной. Кроме того, имеющаяся практика судостроения в Голландии давала возможность быстро приступить к строительству подобных сооружений.

Тем не менее голландцы не приняли технологию стальных оболочек, разработанную в Соединенных Штатах. Цены на сталь в Европе были выше, поэтому в Голландии предпоч-



Рис. 9. Транспортировка секций Маасского тоннеля

ли использовать железобетонные секции. Общий принцип оставался таким же, но элементы конструкции производились не из стали, а из железобетона. Решение обладало большей гибкостью, секции тоннеля стали четырехугольными. Водные пути Голландии не очень глубоки, поэтому проблем с гидростатическим давлением при такой конфигурации не возникало. Эта форма также лучше подходила к прямоугольной транспортной оболочке, необходимой для автодорожных тоннелей.

Использование сегментов четырехугольного сечения стало возможным благодаря методу нагнетания песчаного основания в пространство под элементом тоннеля, изобретенному голландскими инженерами компании Christiani & Nielsen. В то время не существовало способов, позволявших с достаточной аккуратностью выровнять гравийную основу так, чтобы установить на нее широкий жесткий блок, не нарушив при этом уровня основания и не подвергнув укладываемую секцию чрезмерным нагрузкам. Маасского тоннеля в Роттердаме (рис. 9), работы над которым, несмотря на военные действия, завершились в 1941 году, стал не только первым голландским тоннелем, но также и первым крупным объектом, построенным с помощью опускных секций не на территории Соединенных Штатов Америки.

После этого в мире было построено еще несколько погружных тоннелей, но настоящий рывок в развитии этой технологии произошел в 1960-х годах. Это был ответ на потребность усовершенствования дорожной инфраструктуры Нидерландов. Первым из объектов стал Коэн-тоннель в Амстердаме, построенный

между 1961 и 1966 годами по заказу Государственной службы надзора за гидротехническими сооружениями (Rijkswaterstaat) Министерства транспорта и водных коммуникаций, пригласившей фирму Christiani & Nielsen к участию в проекте в качестве проектировщика, и подрядчика. В 1960-х годах на этой территории (Нидерланды, Бельгия, Дания) было построено несколько тоннелей такого типа. Подобный крупный проект был реализован в Нидерландах и в 1970 годах.

Четырехугольные бетонные секции стали стандартом для ряда европейских автодорожных и железнодорожных тоннелей. Голландские подрядчики и проектировщики накопили значительный опыт использования этой технологии, который они успешно распространили по всему миру. Погружные бетонные тоннели строились также в Германии и Швеции. Christiani & Nielsen в 1960-х годах построили два бетонных тоннеля в Канаде; автором проекта был Пер Халл. В это время и Япония также проявила свою заинтересованность в этой технологии. В проекте первого подводного тоннеля, построенного в Ханеде, использовалась технология преднапряженного бетона, хотя внешний слой конструкции при этом оставался стальным. Этот тоннель был открыт для движения в 1964 году.

В Соединенных Штатах традиционно отдавали предпочтение стальной оболочке, Европа повсеместно внедрила железобетонный вариант, а в Японии использовались оба решения. Наиболее интенсивно технология погружных тоннелей развивалась в гавани Гонконга, где были построены пять погружных переходов (два автодорожных, два желез-

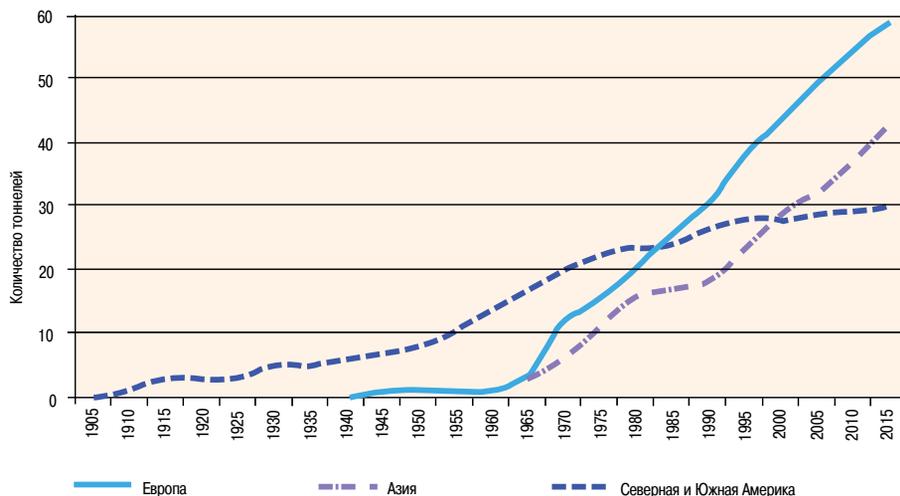


Рис. 10. Интенсивность строительства транспортных тоннелей по регионам

нодорожных и один совмещенный), и, кроме того, были предложены к строительству еще два. Малая глубина устройства погружных тоннелей особенно подходит для территорий типа Гонконга, где в результате роста городов они вплотную придвигаются к воде, так что подходящие пути должны быть максимально короткими. Кроме этого, местные скальные грунты затрудняли щитовую проходку.

По мере строительства все новых и новых тоннелей технология совершенствовалась. Например, вначале песчаное основание нагнеталось с помощью внешней установки, которая закреплялась наверху тоннеля и в процессе работы продвигалась вдоль сооружения. Смесь воды и песка закачивалась снаружи и нагнеталась под секции. Такая технология создавала помехи движению по водному пути, чего хотелось избежать. Тогда в Голландии был предложен способ устройства основания через специальные отверстия, предусмотренные в самих тоннельных элементах. Это делало операцию безопасной для проходки судов.

В 1960–1970 годах было предложено разделять элементы тоннеля на сегменты, что стало еще одним серьезным шагом вперед. До этого секции длиной около 100 метров производились из монолитного железобетона. Такой способ приводил к быстрой термоусадке и к появлению трещин, которые распространялись по всему элементу и открывали путь воде внутрь тоннеля. Трещины портили внешний вид и нарушали внутреннюю отделку тоннеля; кроме этого, через них в железобетон проникали хлориды, губительно влияющие на долговечность и прочность материала. Поэтому первые бетонные секции были защищены внешней гидроизоляционной мембраной, изготовление которой было дорогостоящим. Для того чтобы исключить ее применение, в Голландии предложен

способ разделения стометрового элемента на отдельные сегменты длиной 20–25 метров, что не приводило к быстрой термоусадке, и поэтому никакой гидроизоляционной мембраны не требовалось. Были предприняты усилия получить водонепроницаемый бетон вместо трещиноватого. Сегменты следовало предварительно стянуть для буксировки, но после установки в проектное положение натяжение снималось.

Эта технология разрабатывалась постепенно; сначала прием разделения на сегменты был использован в наземных проектах, таких как тоннель в аэропорту Схипхол, заверченный в 1966 году. Между сегментами устанавливалось гидрошпоночное соединение, обеспечивающее защиту от проникновения грунтовых вод. У всего тоннеля тоже была гидрозащита в виде водонепроницаемой мембраны, так как полностью исключить образование трещин было невозможно. Этот способ впервые был применен при строительстве погружного тоннеля Heinepoorttunnel, открытого в 1969 году. Метод временного преднапряжения сегментов при производстве секций был впервые применен в этом проекте. Признанием способа сегментации стало строительство тоннеля Vlaketunnel, открывшегося в 1975 году. Прием охлаждения бетона в процессе затвердевания позволил справиться с образованием трещин и тем самым исключить необходимость применения гидроизолирующих мембран. Технология применялась успешно и, начиная с 1980-х годов, она уже стала основной для всех тоннелей, строящихся в Голландии и Европе.

После этого во всех странах применялись как монолитные секции, так и сегментированные, и выбор часто определялся мнением заказчика о том, какой из способов обеспечивает более надежную гидрозащиту.

Следует отметить, что в начале 1970-х голландцы первыми внедрили технологию сегментирования в небольших тоннелях, предназначенных для инженерных коммуникаций. Способ был успешно применен при строительстве кульвертов под каналом Амстердам — Рейн в 1971 году и тоннелей трубопровода Hollandsche Diep and Oude Maas в середине 1970-х годов. Эти сооружения стали предшественниками тоннелей для инженерных коммуникаций, построенных в Азии, но что более важно, они привели к развитию технологии монолитных железобетонных сегментов полного сечения, использованной в больших тоннелях Øresund и Busand.

В Соединенных Штатах бетонных тоннелей строилось мало. Два тоннеля Posey Street, построенных в 1928 и в 1962 годах, а также тоннель под каналом Форт-Пойнт в Бостоне стали единственными реализованными проектами. Кроме аргументов экономического характера, возник еще один: в руководящих ведомствах США предпочитали поперечную и полупоперечную схемы вентиляции. Применяемая в Европе система продольной вентиляции не пользовалась доверием американских проектировщиков. Они не верили, что таким образом можно обеспечить достаточные объемы свежего воздуха в тоннеле. Кроме того, им казалось, что применяемая в США вентиляция более надежна в случае пожара. Поперечную систему легче установить в тоннелях округлого сечения, какими по преимуществу были тоннели со стальной оболочкой, так как в своде и под четырехугольным транспортным просветом достаточно свободного места для установки вентиляционных труб как подачи, так и отвода воздуха. В сравнительно коротких нидерландских тоннелях, длина которых обычно не превышает 1 километра, использовалась система продольной вентиляции с осевыми вентиляторами, установленными в тоннеле и усиливающими естественный поршневого эффект от проходящего транспорта. Свободное пространство нужно всегда, и отсутствие необходимости расширять или углублять сечение для установки вентиляционных каналов было большим преимуществом.

Мировой опыт и результаты испытаний в конечном счете убедили проектировщиков США в том, что продольная система вентиляции более надежна в случае пожара, так что теперь бетонный вариант погружных тоннелей считается наиболее приемлемым. Есть еще одна причина такого предпочтения: снижение потенциала сталелитейной промышленности сделало бетон более привлекательным для подрядчиков. Второй проект тоннеля Мидтаун в Виргинии по этим причинам реализуется

в бетонном варианте, и похоже, что в будущем в Соединенных Штатах стальных тоннелей будет построено весьма немного или даже ни одного.

### Составная конструкция типа «сэндвич»

Это более поздняя разработка, получившая наибольшее распространение в Японии, хотя большая исследовательская и экспериментальная работа, предшествующая внедрению метода, проводилась в Великобритании. Конструкция представляет собой «сэндвич» из бетона, уложенного между двумя стальными пластинами. Расстояние между стальными пластинами обычно составляет 300 мм, и они соединяются с помощью закладных стыковых арматурных стержней, работающих на срез. Бетон укладывается между стальными пластинами, поэтому здесь нужна разжиженная самоуплотняющаяся бетонная смесь. Для этого метода очень важно правильно уложить смесь, обеспечив ее достаточное уплотнение, и заполнить все пустое пространство между пластинами. Структура «сталь — бетон» обладает высокой прочностью, поэтому в конструктивном смысле составной или композиционный вариант является очень элегантным решением. Следует, однако, учесть, что объем воздуха, необходимый для движения железнодорожного или автомобильного транспорта в погружном тоннеле, требует определенной массы балласта, чтобы тоннель не мог подниматься. Таким образом, хотя этот вариант и предполагал использование конструкций меньшей толщины, но необходимый вес все же достигался ящиками с балластом наверху или внутренним балластом под проезжей частью. К тому же внутренняя стальная «рубашка» неудобна для устройства ряда отверстий и ниш, необходимых в современных транспортных тоннелях.

Хотя метод секций типа «сэндвич» прошел серию исследований и испытаний по программе «1/3» в Великобритании, в результате которых были изданы соответствующие нормы и правила проектирования (SCI Publication 132, 1997), эта технология все же не получила полномасштабного развития в Европе. Задача новаторского внедрения составной конструкции типа «сэндвич» в тоннелях Кобе и Наха была оставлена японцам.

### Тоннели в Японии

Кроме Нидерландов и Соединенных Штатов, развитием технологии погружных тоннелей занималась также и Япония. Строительство первого погружного тонне-

ля в Японии завершилось в 1944 году. Это был речной тоннель Ажи, автодорожный и пешеходный одновременно. Однако первым тоннелем, имевшим действительно важное значение, стал речной тоннельный переход Ханеда — Эбитори, построенный в 1964 году на монорельсовой дороге Ханеда.

Это сооружение представляет собой четырехугольную стальную конструкцию высотой 7,5 метров и шириной 11 метров и состоит из секций длиной по 56 метров. Первые тоннели в Японии были весьма короткими, и большинство из них имели одинарную оболочку. Многие из этих тоннелей с большим правом можно назвать подземными мостами. Первый тоннель из множества элементов — Ханеда построен в 1970 году под рекой Тама и каналом Кэйхин в Токио.

С этого момента было введено в строй множество тоннелей, использующих одинарные оболочки или монолитные железобетонные секции. Большинство из них имеют прямоугольное сечение. В последние годы японцы при проектировании погружных тоннелей применили больше инноваций, чем их коллеги в других странах. Они строили стальные, бетонные тоннели и тоннели из составных конструкций типа «сэндвич» и разработали новые способы заделки швов и новые типы сейсмоустойчивых соединений тоннельных элементов.

### Распространение погружных тоннелей в мире

После того, как в 1910 году был построен первый транспортный тоннель, понадобилось еще 35 лет, чтобы их количество достигло двузначного числа. После этого наступило кратковременное снижение темпов строительства, вызванное Второй мировой войной, но потом наступило время постепенного роста, продолжающегося в течение последних 20 лет. В это время число проектов, реализованных в Соединенных Штатах и в Европе, было примерно одинаковым. Однако начиная с 1960-х годов темп строительства в Европе и, в несколько меньшей степени, в Азии значительно вырос, и в настоящее время в среднем каждый год завершается один проект.

География объектов показывает впечатляющий рост числа погружных тоннелей в Европе, начиная с 1960-х, происходящих на фоне развития дорожных сетей (рис. 10).

Наблюдается тенденция удлинения погружных тоннелей, идущая параллельно с совершенствованием строительных технологий, хотя до сих пор строится много тоннелей длиной 1–2 км. С появлением более про-

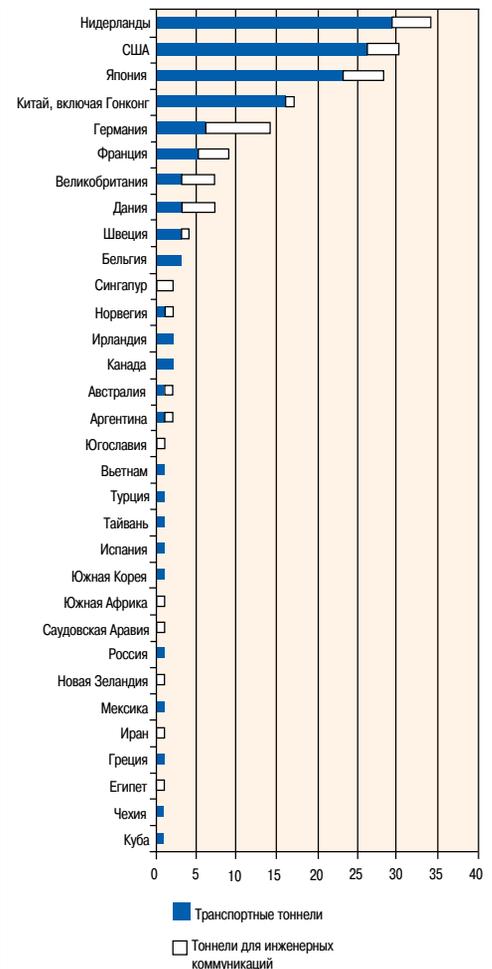


Рис. 11. Количество построенных тоннелей по странам

тяженных тоннелей, таких как планируемый авто- и железнодорожный тоннель Фемарн между Данией и Германией, приведенную диаграмму придется переделать.

Большая часть известных на сегодня тоннелей построена всего в трех странах: Соединенных Штатах, Нидерландах и Японии. Однако на сегодняшний день в Китайской Народной Республике, включая Гонконг, наблюдался значительный рост строительства погружных тоннелей, и начиная с 2000 года там построено тоннелей столько же, сколько их существует на всей территории Нидерландов. На территории материкового Китая есть много низменных регионов, где большие города расположены в устьях рек, и метод строительства погружных тоннелей занимает ведущее место. Похоже, что Китай останется страной с самым большим числом новых тоннельных проектов еще в течение многих лет. На рис. 11 приведены количества погружных тоннелей, строящихся в разных странах, по данным на 2011 год. В современном мире прослеживается тенденция строительства бетонных тоннелей, как монолитных, так и сегментных.

Richard LUNNISS,  
Jonathan BABER

# IMMERSED TUNNEL: TWO CENTURIES OF TECHNOLOGICAL ADVANCE

## Concrete tunnels

In Europe, even though the immersed tunnel concept had originated in the United Kingdom, the abandonment of the early Thames crossing trials led to the development of shield tunneling, which became the preferred tunneling method there until the 1980s. A number of small utility immersed tunnels were constructed in the early 1900s in Germany, France, and Denmark. These were generally steel pipeline runnels and culverts. The first concrete immersed tunnel of any significance to be constructed was the Friedrichshagen Tunnel in Germany, a rectangular pedestrian tunnel that was completed in 1927. The first concrete transportation tunnel was finished a year later in 1928 in the United States, the Posey Street Tunnel between Oakland and Alameda in California. Just over a decade later, the immersed tunnel technique was adopted by the Dutch. In response to a growing traffic congestion problem across the bridges over the Maas in Rotterdam, three engineers from the Rotterdam Department of Public Works traveled to the United States in 1929 to study the immersed tunnel construction methods being used there. The result was the letting of a construction contract for the Maastunnel in 1937.

To satisfy an expanding road and railway infrastructure network, the Dutch had to provide many relatively short waterway crossings in their low-lying delta country with its many natural and man-made waterways. The height of the bridges needed to allow ships and barges to pass underneath would require long approach structures. These would be intrusive in such a flat landscape as well as adding to the overall cost of the crossing. In these circumstances, it became economic to construct an immersed tunnel due to its shorter overall length. The soft alluvial sandy soils and high water table present in the Netherlands lent themselves to the adoption of the immersed tunnel technique. The option of using a tunnel shield that had been successfully developed in the United Kingdom would have been very difficult with the high water table and soft permeable ground. The Dutch also had a history and capability in marine construction that could quickly adapt to building an immersed tunnel.

*Conclusion. See the beginning in №2*



The Dutch, however, did not adopt the steel shell design pioneered in the United States. Steel prices were relatively much higher in Europe than the United States, so the Dutch developed a reinforced concrete section. The overall principle of the tunnel construction is the same, but the tunnel elements were built out of reinforced concrete rather than steel. This is a very adaptable form of construction, more so than the steel shell, and this enabled a rectangular cross section to be developed. The Dutch waterways are not very deep, so the rectangular section was easily capable of resisting the hydrostatic pressures. The rectangular section also matched better the rectangular traffic envelope required for road tunnels.

The use of a rectangular cross section was made possible by the development by the Danish contractor Christiani & Nielsen of a method of injecting a sand foundation into a space below the tunnel element. At the time, the techniques were not available to screed a gravel bed accurately enough to allow a stiff wide concrete box to be

placed on it without the possibility of inaccuracies in the bed levels causing unacceptable stresses in the box. The Maastunnel in Rotterdam, which was completed in 1942 despite wartime conditions, was the first Dutch tunnel and was the first large transportation immersed tunnel constructed outside the United States.

Subsequently, a few concrete immersed tunnels were built around the world, but the real impetus for concrete immersed tunnels came in the Netherlands in the 1960s as the need for improved transport links grew. The first was the Coen Tunnel, in Amsterdam, built between 1961 and 1966 for the Rijkswaterstaat, the Dutch Ministry of Transport and Water Management, which again involved Christiani & Nielsen both as contractor and designer. Several such tunnels were then built in the area (the Netherlands, Belgium, and Denmark) in the 1960s. There was a similar large building program in the Netherlands in the 1970s.

The rectangular concrete section became the standard construction technique for these

many European road and rail tunnels. The Dutch and the Danish contractors and designers involved developed considerable expertise and experience, which they subsequently managed to export around the world. Concrete immersed tunnels were also built in Germany and Sweden. Christiani & Nielsen also built two concrete tunnels in Canada in the 1960s with Per Hall as the designer. At this time, the Japanese also showed interest in the technique. Their first immersed tunnel, at Haneda, adopted a different approach with a prestressed concrete design, albeit with a steel outer layer, and was opened in 1964.

The technique spread around the world, and in general, the reinforced concrete section became the preferred option. The United States favored their steel shells, Europe universally adopted reinforced concrete, while the Japanese developed both. The most concentrated development of immersed tunnels is across Hong Kong Harbor, where five immersed tunnel crossings have been built (two road, two rail, and one road/rail combined), and at least two more are proposed. The shallow depth of immersed tunnels is particularly appropriate to somewhere like Hong Kong, where urban development presses in along the sides of the harbor and the approaches to the tunnel have to be as short as possible. In addition, the underlying granite could make it very difficult to bore a tunnel.

As more tunnels were built, the construction methods were refined. For example, initially, the sand foundation material under the tunnel was jettied in place using external plant. A rig was supported on the top of the tunnel and moved along the length of the tunnel. A sand-water mixture was piped down the outside of the tunnel and injected in underneath the tunnel. The use of such plant in the waterway was an obstruction to navigation that would be better avoided. The Dutch developed a method of placing the foundation by injecting it through ports cast through the floor of the tunnel elements. This enabled the operation to be carried out without obstructing the waterway.

Another major development was the introduction of the segmental concrete tunnel element in the 1960s and 1970s. Before this, the tunnel elements, which were about 100 m long, were built as monolithic reinforced concrete elements. Building such large concrete sections led to early thermal shrinkage cracking, and such cracks go right through the concrete section and provide a path for water to leak into the tunnel. As well as being unsightly and affecting the internal tunnel finishes, the leakage could cause chlorides to penetrate the concrete, jeopardizing the long-term durability of the reinforced concrete.

Thus, the early concrete tunnel elements had an external waterproofing membrane to make them watertight. To avoid the need to apply the membrane, which was time-consuming as well as expensive, the Dutch developed the technique of dividing the 100 m long element into a number of individual segments each about 20-25 m long. These segments could be cast without any early thermal shrinkage cracks, so the element did not need an external waterproofing membrane. The effort was put into making the concrete itself watertight rather than surrounding potentially cracked concrete with a watertight membrane. The segments have to be temporarily prestressed together to form a continuous element while it is being towed and placed, but this prestress is then cut after the element has been placed.

The technique was developed in stages; segmental construction was used for land tunnels initially on projects such as the Schiphol airport tunnel that was completed in 1966. Short segments were constructed with a waterproof articulation joint between them to prevent ground-water entering the tunnel. The concrete tunnel structure still had an external waterproofing membrane applied because cracking could not be entirely eliminated. This type of construction was first transferred to the immersed tunnel method for the Heineenoordtunnel that opened 3 years later in 1969. The method of temporarily prestressing segments together to create tunnel elements was established for the first time on this project. The final step in the development of the segmental construction method was made for the Vlaketunnel that was opened in 1975. The technique of cooling the concrete during curing meant the cracking could be prevented and the need for a waterproof membrane was eliminated. The technique was successful, and since the 1980s, it has been adopted on all Dutch tunnels and for the majority of the tunnels built in western Europe.

Thereafter both segmental and monolithic concrete designs were used around the world, the choice often being dependent on the client's view of which was the more watertight. Some, like the Dutch, were satisfied that the measures taken to produce crack-free concrete in the segmental method were sufficient. Others were not so convinced and preferred the security of an external waterproofing system.

It is worth noting that in the early 1970s, the Dutch were also pioneering techniques for full-section casting of concrete tunnels for their smaller utility tunnels. By constructing short tunnel segments on end, they effectively removed construction joints from the segment structure and prevented cracking from occurring. Segments could then be assembled together to form tunnel elements. This was successfully

achieved for the Amsterdam-Rhine canal culvert in 1971 and the Hollandsche Diep and Oude Maas pipeline tunnels in the mid-1970s. This was the precursor to utility tunnels built in Asia, but more importantly fed into the development of full-section casting techniques used for the much larger-scale resund and Busan Tunnels.

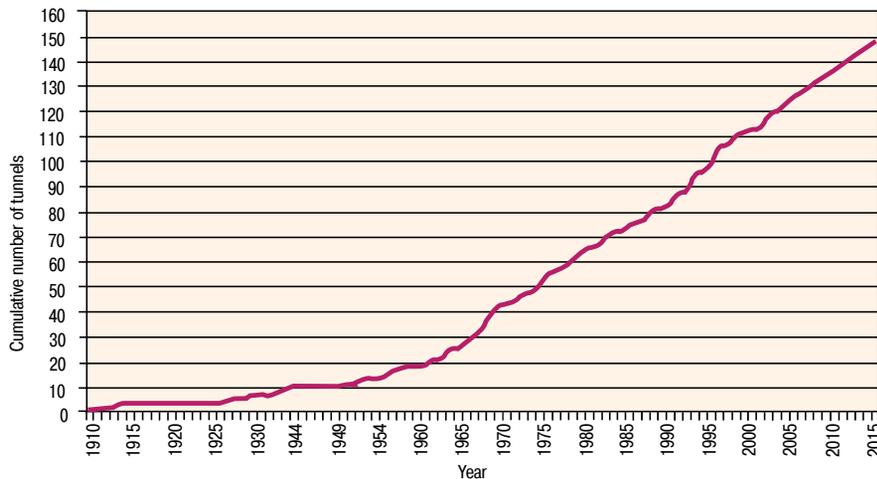
Concrete tunnels have remained little used in the United States. The two Posey Street Tunnels, built in 1928 and 1962, and the 2002 Boston Fort Point Channel Tunnel are the only concrete tunnels to have been built there. Apart from economic arguments, another reason was that U.S. authorities favored transverse or semi-transverse ventilation. They did not believe that the longitudinal ventilation system used in Europe and elsewhere could provide clean enough tunnels. They also considered their ventilation systems inherently safer in the event of a fire. Transverse ventilation systems are easy to accommodate in the basically circular cross section used in steel shell tunnels because of the spare space above and below the rectangular traffic envelope. This provides space to duct air into and out of the tunnel, so the United States was happy with their approach. In the relatively short Dutch tunnels, which are typically up to 1 km long, longitudinal ventilation was used, with jet fans in the traffic bore assisting the natural piston effect of the moving traffic. Space is at a premium and not having to provide wider or deeper cross sections to accommodate the air ducts was a big advantage.

Worldwide experience and analysis and testing has eventually satisfied U.S. authorities that the longitudinal system is safe in the event of fire and so now concrete immersed tunnels are more acceptable in the United States. Additionally, with the decline of the steel industry, it is becoming more attractive to contractors to construct in concrete as it gives greater flexibility in how they approach a project and a greater pool of labor resources to draw from. The Second Midtown Tunnel project in Virginia is progressing as a concrete tunnel for these reasons, and it is likely that very few, if any, steel tunnels will be constructed in the United States in the future.

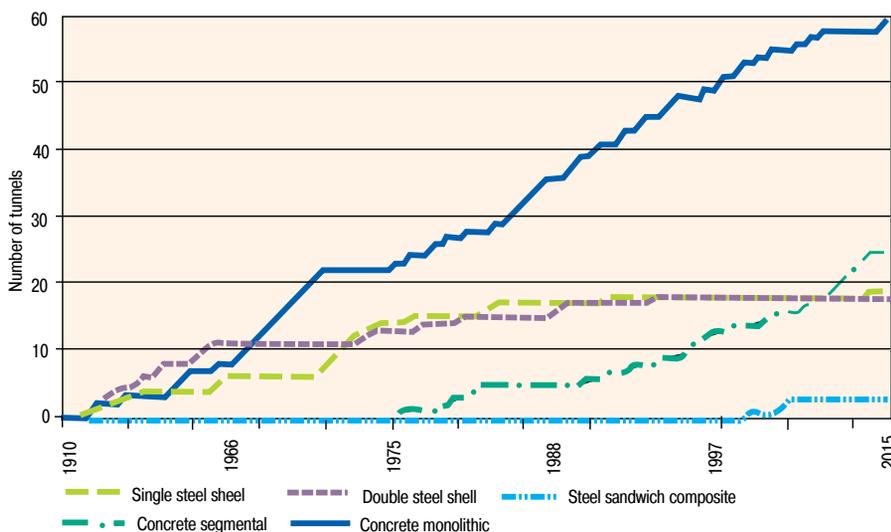
## Composite sandwich tunnels

The use of steel-concrete composite sandwich construction is a more recent development that has mostly been promoted in Japan, although a lot of research and testing has also been carried out in the United Kingdom.

Construction consists of a sandwich of concrete between two steel plates. Typically the steel plates are about 300 mm apart and connected with shear studs. The concrete is



Rate of immersed tunnel construction worldwide for transportation tunnels



Trends in structural form

placed between the steel plates, so a very fluid self-compacting mix is required. Placing this concrete and ensuring sufficient compaction and complete filling of the void between the plates is one of the main challenges of this method. Because the steel concrete sandwich is very strong structurally, the composite section is a very elegant structural solution. However, in any immersed tunnel, the air space to carry the road or rail traffic requires a fixed amount of ballast to hold it down. So, although the composite design can give thinner structural members, the weight still has to be provided by ballast boxes on the roof or internal ballast under the roadway. The internal steel skin also does not lend itself to the many box outs and openings that are needed in a modern road tunnel.

While research and one-third scale testing of sandwich sections have been carried out in the United Kingdom by the Steel Construction institute to the extent that design rules have been developed (SCI Publication 132, 1997), the concept has not yet been used on a full-scale tunnel in Europe. It has been left to the Japanese

to pioneer the use of steel/concrete composite sandwich construction on the Kobe and Naha Tunnels.

## Tunnels in Japan

Apart from the Netherlands and the United States, Japan has also been instrumental in the development of immersed tunnels and warrants specific mention. The first Japanese immersed tunnel was finished in 1944. This was the Aji River Tunnel and carried both road and pedestrians, but it seems the first tunnel of great significance is considered to be the Haneda Ebitori River Tunnel, completed in 1964 for the Haneda monorail. It is a rectangular single shell steel box 7.5 m high and 11 m wide, and the tunnel consists of one 56 m long clement. The first tunnels in Japan were all quite short and mostly single shell type construction. Many were built more as underwater bridges than what we would now consider as a conventional immersed tunnel. The first multiple element tunnel was the Haneda

Tama River Tunnel built in 1970 beneath the Tama River and the Keihin Channel in Tokyo.

Since then, a number of tunnels have been constructed, generally using the single steel shell construction method or reinforced concrete monolithic tunnel elements. The majority are rectangular in cross section. In recent years, the Japanese have been more innovative in their immersed tunnel designs than any other nation. They have built steel, concrete, and sandwich composite tunnels, developed novel closure joints, and developed seismic-resistant tunnel element joints.

## Growth in immersed tunnels worldwide

After the first transportation tunnel was built in 1910, it took a further 35 years for the number of projects to reach double figures. Having reached that landmark, there was a brief slowdown during the period of World War 11, but afterwards, there was a gradual increase in the number of tunnels built over the next 20 years. In this time, there were a similar number of projects being built in the United States and in Europe. However, from the 1960s, the rate of construction in Europe and to a slightly lesser degree in Asia increased significantly and has stayed at an average of around one project opening each year ever since.

The geographical distribution of immersed tunnels illustrates the dramatic increase in numbers in Europe from the 1960s as transportation links became more developed.

There has been a general trend toward longer immersed tunnels as construction techniques have improved, although many tunnels in the 1–2 km range are still being built. Longer tunnels such as the planned 19 km road and rail Fehmarn Crossing between Denmark and Germany will redefine the graph.

The majority of tunnels built to date have been constructed in just three countries: the United States, the Netherlands, and Japan.

People's Republic of China, including Hong Kong, has seen the greatest increase in the rate of immersed tunnels being built, and since the year 2000, has constructed as many as the total number built in the Netherlands. Mainland China has many low-lying regions with major cities built on estuaries and rivers that particularly lend themselves to using the immersed tunnel construction method. With the rapid expansion of the country's infrastructure as a result of high levels of national investment, it is perhaps of no surprise that China is building so many immersed tunnels. It is likely to remain the country with the greatest number of new tunnel projects for many years to come.

# ПЕРВЫЙ... И ПОСЛЕДНИЙ?

**Если Москву транспортную можно сравнить с богатой купеческой дочкой, приданое которой на виду, и чем чуднее и пышнее ее одевают, тем лучше, то Петербург скорее — потрепанный жизнью князь, у которого остались лишь воспоминания о былом величии да старый шкаф со «скелетами» нереализованных проектов. И вроде бы нельзя сказать, что в городе на Неве совсем не строят дороги и мосты — все-таки за последний десяток лет заработали и кольцевая, и частично ЗСД — тем не менее, оригинальным проектам хода, как правило, нет. Одна из самых больших тем — организация переправ в исторической части города. Без решения этой проблемы транспортная ситуация в Петербурге рискует когда-нибудь окончательно выйти из-под контроля.**

**Recollections of those who participated in the construction of Kanonersky tunnel in Leningrad. This crossing over the Sea Canal started to operate since 1983, and was the only facility in the Soviet Union constructed by immersed segments method. The article presents some interesting facts on origins of the project initiative, on construction of the dock and gateway, on imported equipment and materials.**

**А** ведь, говоря словами классика, «счастье было так возможно, так близко...». И было это ни много ни мало 30 лет назад, когда открылось движение по тоннелю на Канонерский остров. Немногие помнят, что на этом сооружении обкатывалась технология, по которой должны были впоследствии возводить питерские подводные переходы. Первая ласточка, к сожалению, не сделала весны, но хочется верить, что этот опыт не канул безвозвратно в воды Морского канала, — наступит день, и он все же пригодится новому поколению проектировщиков и строителей.

## Корабль на приколе

Всякий, кто хотя бы раз посетил Канонерский остров, удивлялся особой атмосфере, царящей в этих местах. Иногда создается впечатление, что это место до сих пор принадлежит относительно недавней, но уже порядком подзабытой эпохе. Городская окраина, хотя до центра отсюда всего несколько километров.

Остров чем-то напоминает выплывшее из небытия судно, поставленное на вечный прикол, его «корабельные» очертания, сложившиеся благодаря построенному в 1885 году Морскому каналу, лишь подчеркивают это сходство. Большую часть суши занимает Канонерский судоремонтный завод. До сдачи в эксплуатацию тоннеля в 1983 году на остров можно было попасть, лишь имея пропуск в кармане, и только по воде (работала паромная переправа), жилье для заводчан строили тут же, в небольшом рабочем поселке.

В 1969 году здесь началось строительство тоннельной переправы новым для СССР методом опускных секций. В качестве заказчика выступил не только город, но и судоремонтный завод.

## Мечты сбываются?

Как получилось, что выбор пал на метод, никогда ранее не применявшийся в стране? Два года ранее канадский Монре-



аль встречал гостей всемирной выставки «Экспо-67». В состав советской делегация входил Иван Дмитриевич Соснов, в те годы первый заместитель, а в будущем — министр транспортного строительства СССР. Те, кто его знал, отзывались о нем как о личности легендарной: талантливый руководитель, профессионал высочайшей квалификации.

Большинство выставочных павильонов разместилось на двух островах посреди реки Святого Лаврентия: существовавшем, но значительно расширенном по этому случаю (Святой Елены) и искусственном (Нотр-Дам). На создание последнего ушло 10 млн м<sup>3</sup> грунта, извлеченного при строительстве монреальского метро. С Большой землей острова связывала подводная переправа, построенная методом опускных секций.

Когда кортеж автомобилей, следуя по набережной, нырнул в тоннель, Иван Дмитриевич заинтересовался сооружением, ему рассказали о способе строительства, упомянув, что данный метод используется с XIX века. После чего последовал резонный вопрос: «Есть ли нечто подобное в СССР?»

«Нет, — ответили ему. — Правда, в Ленинграде группа энтузиастов активно проталкивает идею опускных секций». «Значит, надо дать им эту идею и реализовать», — констатировал Соснов.

В итоге было принято решение о строительстве тоннельного перехода на Канонерский остров под Морским каналом. Генеральным проектировщиком выступил ленинградский филиал московского института «Метрогипротранс» — «Ленметропроект» (ныне «Ленметрогипротранс»).

В качестве субподрядчика привлекли ЛО СКБ Главмостостроя (ныне ЗАО «Институт Гипростроймост — Санкт-Петербург»). Научное сопровождение было возложено на ЛИИЖТ и ЦНИИС.

В Голландию и Германию для изучения опыта строительства подобных объектов в условиях сложных грунтов отправились руководитель ЛО СКБ Главмостостроя Лев Подольцев, главный инженер проекта «Ленметропроекта» Сергей Щукин и руководитель Мостоотряда №11 (структурного подразделения ленинградского треста «Мостострой №6») Юрий Кожуховский. Специалистам именно его организации пришлось осваивать новую технологию на практике.

\*\*\*

В дальнейшем метод опускных секций планировали широко распространить в Ленинграде: своего часа ожидали еще 7 створов, обозначенных на Генеральном плане развития города. Никто не думал тогда, что этим мечтам так и не суждено будет сбыться.

## Слово о проекте

Разработанный проект Канонерского тоннеля отличался оригинальностью и имел много особенностей, связанных в основном с инженерно-геологическими условиями местности. Проектировщикам следовало перенести иностранный опыт на российскую почву, а выступить в роли первопроходцев всегда непросто.

Общая длина тоннельного перехода, включая рамповые участки, составляла 924 м, из которых 375 м — под Морским

каналом. Этот подводный участок был запроектирован из пяти опускных секций, размеры каждой из них — 75 × 13,3 × 8 м при толщине стенок 93 см. Масса одной секции — 8 тыс. т. По периметру торцы оснащались специальным резиновым уплотнением (так называемой джиной) и закрывались металлической водонепроницаемой перегородкой. Тем самым каждая секция приобретала плавучесть и в таком состоянии могла транспортироваться по воде. Сверху секции размещалась шахта (труба диаметром 1220 мм), обеспечивающая доступ внутрь.

В процессе стыковки первая секция примыкала к торцу уже сооруженного монолитного участка тоннеля, оснащенного такой же металлической перегородкой. С помощью специальных горизонтальных домкратов торцы прижимались друг к другу с предварительным обжатием резинового уплотнения, затем производилась откачка воды из межторцевого пространства, и благодаря силе гидростатического давления секция плотно прижималась к монолитному участку. Таким образом и были поочередно объединены все 5 секций.

## Учиться никогда не поздно

Для многих участников строительства Канонерский тоннель стал первым серьезным испытанием, проверкой на прочность. Неспроста строителей и проектировщиков даже спустя 30 лет связывает искренняя дружба. Вспоминает доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Тоннели и метрополитены» ПГУПС Александр Ледаев:

— Энтузиастом, предложившим использовать метод опускных секций в Ленинграде, был доцент нашей кафедры Александр Александрович Богорудецкий. Именно он выступал на конференциях, популяризировал технологию в прессе, писал монографии. Мое активное знакомство с методом началось с работы над дипломным проектом под его руководством, продолжилось в качестве проектировщика секций в институте «Ленметропроект», а закончилось написанием кандидатской, а затем и докторской диссертации уже по результатам строительства Канонерского тоннеля. Эта тема заинтересовала меня в первую очередь своими пересечениями с судостроением. Здесь нам помогло активное сотрудничество с ЦНИИ им. Крылова (ныне Крыловский центр).

В повседневный обиход проектировщиков входили такие чисто корабельные термины, как «дифферент на нос (корму)», «крен на правый (левый) бок», «выталкивающая сила». Специалистам следовало произвести расчет, точно знать, в какой сезон и какие волны можно ожидать. Особое беспокойство вызывали длинные волны, способные переломить секцию, что случалось в мировой практике. Проектировщики изучали морфометрические данные, прикидывали, где лучше изготовить секции. Окончательный выбор был сделан в пользу Канонерского острова.

## Все проблемы — на берегу

Следует отметить, что с самого начала тоннель считался экспериментальным. Обычно подобные сооружения строят в идеальных условиях, но на этот раз все оказалось с точностью до наоборот — сложно было отыскать худшее место... Трасса тоннеля проходила под Морским каналом, в который заходили крупнотоннажные суда, и следовало разобрать часть причала; кроме того, строители должны были пересечь 11 железнодорожных путей станции Новый Порт. Но надо отдать должное руководству — в те годы не боялись принимать смелые, волевые решения. Несмотря на все обстоятельства, работы продолжались.

Вспоминает Владимир Непомнящий, заместитель генерального директора по производству ООО «Мостовое бюро»:

— Меня назначили начальником участка строительства Канонерского тоннеля. Всего их было — три. Третий как раз и стал моим, он располагался со стороны Гутуевского острова. Нам пришлось пройти лесной и торговый порты, горловину станции Новый Порт. Большую часть времени пришлось уделять не строительству самого тоннеля, а



вспомогательным работам: устанавливали временные мосты, на которые переносили действующие железнодорожные пути, переоборудовали причальные стенки Морского торгового порта.

Рассказывает Раиса Калиаскарова, главный специалист ЗАО «Институт Гипростроймост — Санкт-Петербург»:

— В те годы я как раз занималась проектированием временных сооружений. Самые большие проблемы возникали не на воде, хотя технология и была нам в новинку, а на берегах. Все строительные работы по установке временных сооружений проводились в окна, чтобы не мешать железной дороге. Нестандартные ситуации обсуждались, любое решение принималось оперативно. Накануне посоветовались, а на следующий день принятое решение проводилось в жизнь. Мы, проектировщики, подготавливаем чертеж, тут же передаем его на завод, где сразу же приступали к исполнению заказа. В те годы многое делалось по телефонному звонку. Координация работы в разы проще была, по сравнению с нынешним временем. Большую помощь в работе оказывал заказчик — Канонерский судоремонтный завод в лице заместителя директора Владимира Брехмана. Это же можно сказать о службах Ленинградского морского торгового порта.

## Док-шлюз

По классической технологии для изготовления секций применялся сухой док. Для его устройства требовалось выкопать котлован глубиной 12 м, но в условиях Канонерского острова сразу возникала необходимость непрерывного водопонижения (откачки воды

насосами). Тогда и появилась идея создания док-шлюза. Следовало оградить место работ 12-метровой насыпью, а внутри организовать площадку для сооружения всех пяти секций. После их изготовления и полного оснащения в док-шлюз закачивалась вода до уровня верха секций. После всплытия они перемещались в шлюзовую камеру. Вода из док-шлюза откачивалась до уровня воды в Морском канале. Между ним и док-шлюзом устраивалась траншея, через которую секции выводились и транспортировались к месту установки. Вполне закономерное решение для морской столицы, но оно увеличило стоимость проекта.

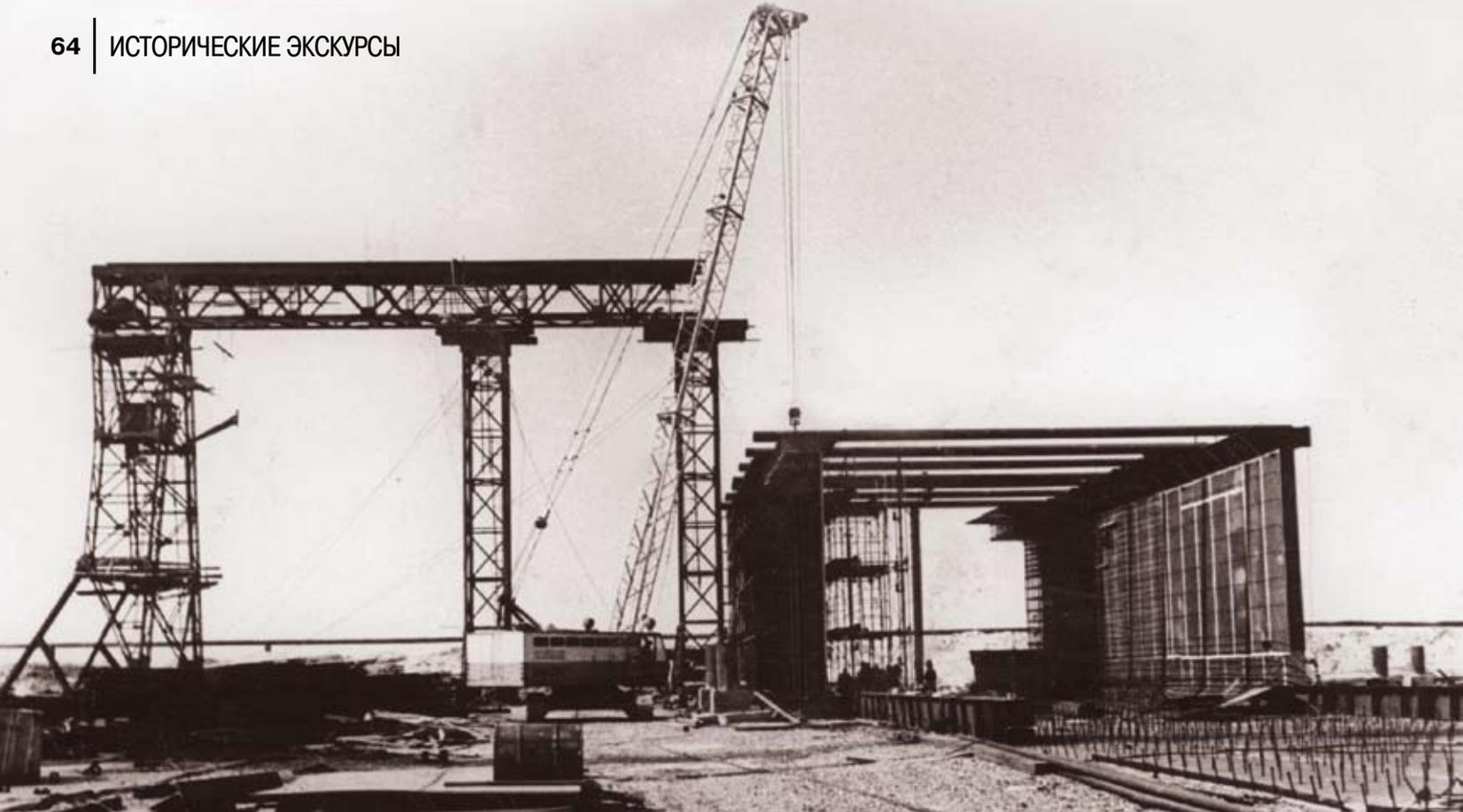
Вспоминает Владимир Костинский, главный специалист ЗАО «Институт Гипростроймост — Санкт-Петербург»:

— Во время строительства Канонерского тоннеля я был главным инженером проекта ЛО СКБ Главмостостроя. Именно у нас разрабатывались технологии изготовления секций, шлюзования, вывода в Морской канал, опускания и стыкования. Остатки док-шлюза и сейчас видны, а песок дамбы использовали для других строительных целей. Все описанные технологии не являются профильными для мостовиков, но ничего страшного в этом нет — это специфичная, но все же инженерная работа.

Больше всего волновались строители и проектировщики во время зачки воды в док-шлюз. Плаваемость секций рассчитывалась таким образом, чтобы при их всплытии был обеспечен сухой борт не менее 20 см.

Рассказывает Александр Ледяев:

— К общей радости строителей они всплыли. Когда стало очевидным, что секции плавают, эмоции зашкаливали.



У Владимира Костинского свои воспоминания:

— Когда заполнили водой док-шлюз, зрелище было впечатляющее. Представьте себе огромное (таким оно тогда нам представлялось) озеро, поднятое над земной твердью на 11-метровую высоту. И на этом озере плавали пять 75-метровых секций.

### Геологические огрехи

Продолжает Владимир Непомнящий:

— Основная задача строителей на моем участке — устройство шпунтового ограждения. Мало того что мы попали на оставшиеся еще со времен блокады свалки, куда свозился битый кирпич, раскуроченные станки, металлолом. Но грунты преподносили нам не меньшие сюрпризы.

Для ограждения котлована был забит коробчатый шпунт, усиленный металлом с тремя рядами распорного крепления.

Забивать шпунт сильно мешал валунник. Когда шпунт упирался в валун объемом 1,5–2 м<sup>3</sup>, то он, образно говоря, скручивался в бараний рог.

Рассказывает Александр Ледаев:

— Существовала реальная опасность, что шпунт может сложиться. Не хватит заделки, когда начнем заводить секции. Пришлось укладывать на дно котлована подводный бетон, с помощью водолазов разбирать рас-

порные крепления, оставляя верхний ярус и заводить первую и вторую секции.

Много делалось лишнего — из-за того, что просто опыта не хватало.

Из-за такого рода огрехов практически под занавес строительства произошла авария, прорыв полуостровского горизонта. Пришлось затопить этот участок, а затем заморозить его жидким азотом.

### Ленинградская джина

Транспортировка секций происходила в 1979-м году, до места установки было около 2 км. Все подводные работы прошли как по маслу, хотя здесь пришлось проявить российскую смекалку и принимать непростые решения.

Для укладки тоннеля по руслу Морского канала разработали траншею глубиной 22 м. Затем с помощью лебедок и полиспастов секции поочередно опускали и устанавливали на вертикальные стойки-домкраты примерно в метре от дна.

Технология предполагала использование специального голландского оборудования для замыва. По его трубам поступал песок, при этом датчики фиксировали наличие отверстий и пустот. Таким образом, метровое расстояние от секции до дна оказывалось плотно забито грунтом. Все бы хорошо, но импортная техника была предназначена для работы в открытой акватории; работа в котловане требовала своей технологии.

Поясняет Александр Ледаев:

— Как всегда, заказ шел по длинной цепочке до Внешэкспорта, в результате было получено немного не то, что ожидалось. В котлованы установка не влезала. Честь и хвала нашим слесарям-умельцам. Они ее, голландку, сумели как-то подрезать, подогнуть и мы успешно закончили «морскую» часть работы.

К слову сказать, таких нестандартных случаев было немало.

Памятна, к примеру, история с резиновым уплотнителем типа джина, который также пришлось закупать за границей. И намучились же строители с этим резиновым изделием, названным в честь Джинны Лоллобриджи (уж больно поперечное сечение уплотнителя напоминало бюст знаменитой актрисы).

Рассказывает Раиса Калиаскарова:

— Патент на джину — голландский.

Все страны, строящие тоннели методом опускаемых секций, покупают ее в этой стране. Мы не стали исключением. Правда, два специалиста из Голландии, консультировавшие проект, увидев у нас завод резино-технических изделий, удивились, почему мы подобную прокладку сами сделать не можем. Кто же тогда знал, что нам и этим придется заниматься.

Ситуация до боли знакомая, опять длинная цепочка заявок, тянущаяся до Внешэкспорта. Сколько всего секций? Пять, ну, значит, и резиновых уплотнителей типа джина должно



быть столько же, вот и заказали 5 вместо 6. Что делать? Обратились на «Красный треугольник».

Вспоминает Александр Ледяев:

— Как сказал мне директор завода, в принципе они такое могут сделать. Единственное но: изделие получится чересчур дорогим, вот если бы был заказ на 250 штук, тогда бы они занялись. Одна форма стоит бешеных денег. Директор предложил нам использовать

клееную резину, что и было в конце концов реализовано. «Метропроект» разработал необходимые чертежи и, к слову, ленинградская джина служит до сих пор.

### Будем ли строить еще?

Вопрос риторический. Да, на нынешний момент в тоннеле наблюдаются протечки, в этом по большей части виновата гидроизо-

ляция. Ведь в годы строительства использовали стеклоткань, рубероид, гидроизол, не было нынешнего изобилия материалов. Обидно другое: с таким трудом приобретенный опыт до сих пор остается невостребованным. Изменить ситуацию может только чье-то волевое решение и энтузиазм отдельных специалистов, которые возьмут на себя ответственность, протолкнут идею, как это было в далекие 1970-е.

### Юрий ЛИПКИН, председатель совета директоров ЗАО «Институт Гипростроймост — Санкт-Петербург»:

— После строительства Канонерского тоннеля, в городе на Неве не раз предлагали использовать метод опускных секций. Высказывалась даже идея строительства тоннеля вдоль набережной Невы, чтобы перенаправить туда автомобильный поток. Ни один из проектов, к сожалению, так и не был реализован. В итоге на сегодняшний день Канонерский тоннель — единственный в России объект транспортной инфраструктуры, построенный этим методом. Однако нашему институту все же удалось применить похожую технологию.

В рамках реализации программы «Сахалин-2» к нам обратились норвежские коллеги с просьбой запроектировать плавучую платформу, на которой следовало установить добывающее оборудование. По факту платформа практически повторяет конструкцию погружных секций, из которых состоял Канонерский тоннель. Технология изготовления плавучих платформ, за исключением некоторых нюансов, также была практически идентична. Работы по проектированию выполнялись в Норвегии, затем наши спе-

циалисты приняли участие в строительстве платформы в районе Находки. Бетонирование выполнялось в сухом доке, затем его заполнили водой для дальнейшей буксировки платформы.

Проект был успешно реализован, после чего несколько специалистов нашего института получили приглашение на работу за рубежом, чем они и продолжают заниматься по сей день.

Стоит отметить, что в вопросах применения метода опускных секций при строительстве тоннелей наибольших успехов достигла Япония. Там эта технология использовалась при сооружении переправ между островами. И когда они говорят о строительстве транспортного перехода, который соединит Японию с островом Сахалин, то подразумевают реализацию проекта с применением именно этой технологии.

На мой взгляд, при проектировании любых переходов следует учитывать вариант строительства тоннеля из погружных секций.

*Беседовал Илья Безручок*

Е.Н. КУРБАЦКИЙ,  
профессор кафедры  
«Мосты и тоннели» МИИТ

*The author of this article tells us about benefits of immersed tunnel sections in the construction of transport crossings through long watercourses on the example of projects implemented in the USA, Scandinavia, South-East Asia. The analysis suggests that in choosing the option for the Kerch Strait intersection, the immersed tunnel project may appear most economical, reliable and affordable in terms of cost, construction time and modern technology application.*

# ПРЕИМУЩЕСТВА ТОННЕЛЕЙ ИЗ ОПУСКНЫХ СЕКЦИЙ



Транспортный переход через пролив Эресунн

**Протяженные транспортные переходы через проливы и широкие реки традиционно выполнялись с использованием мостов. В некоторых случаях для пропуска высокотоннажных судов приходится располагать пролетные строения на высоких опорах. Это усложняет конструкцию и приводит к необходимости удлинять подходы к мостам. Одним из возможных вариантов решения этой транспортной проблемы является сооружение тоннеля горным способом. Однако и в этом случае существуют некоторые обязательные требования, которые приводят к удлинению перехода: в частности, тоннель должен располагаться ниже дна водоема на 25–30 и более метров.**

Тоннели из опускных секций, пересекающие водные преграды, имеют целый ряд преимуществ по сравнению с тоннелями, сооружаемыми горным и щитовым способами. Протяженность таких тоннелей сравнительно меньше, так как они расположены на дне водоемов с небольшим заглублением. Соответственно, и подходы к ним могут быть относительно короткими. Подходы к мостам, которые при пересечении судоходных проливов и рек необходимо располагать на высоких опорах, обычно значительно длиннее. При пересечении водной преграды на равнинной местности существенно увеличивается и длина мостового перехода (рис. 1).

Тоннели из опускных секций могут сооружаться практически в любых грунтовых условиях, в том числе при расположении коренных пород в проливах и реках под слабыми водонасыщенными грунтами на большой глубине. Такие условия обычно создают существенные проблемы при сооружении опор большепролетных мостов.

Для переходов большой протяженности, играющих важную роль в обеспечении условий для судоходства, наиболее экономически выгодное решение представляют собой комбинированные переходы «мост — тоннель». Они состоят из протяженных эстакад, которые пересекают сравнительно узкие и неглубокие водные преграды и заканчиваются на искусственно созданных островах, где трасса входит в тоннели, расположенные под судоходными частями проливов, каналов и рек.

В настоящее время в мире построено и эксплуатируется более 100 тоннелей из опускных секций различного назначения с разными типами поперечных сечений (рис. 2). Среди них присутствуют как автодорожные, так и железнодорожные тоннели (одно- и двухпутные), а также переходы для одновременного пропускa железнодорожного и автомобильного транспорта.

### Примеры реализованных и строящихся сооружений

Комбинированный транспортный переход протяженностью 17 миль через Чесапикский залив (Chesapeake Bay Bridge-Tunnel) у Норфолка (США, штат Вирджиния), построенный в 1964 году, включает в себя мост и два тоннеля из опускных секций, пересекающих два основных судоходных канала.

Первый в Европе крупный морской переход (16,7 км) с использованием тоннеля из опускных секций был построен через пролив Эресунн (Øresund) между Данией и Швецией. Тем самым было обеспечено автомобильное и железнодорожное сообщение между Копенгагеном и Мальме. Переход из тоннеля на мост выполнен на большом искусственном острове длиной около 4 км. В месте перехода в море на 430 м была расширена береговая зона в Дании.

Тоннель Дрогден (Drogden) протяженностью 3500 м состоит из 20 секций длиной по 176 м. Каждая секция собрана из восьми сегментов по 22 м. Тоннель предназначен для двух железнодорожных путей и четырех полос автомобильного движения. Кроме того, в нем

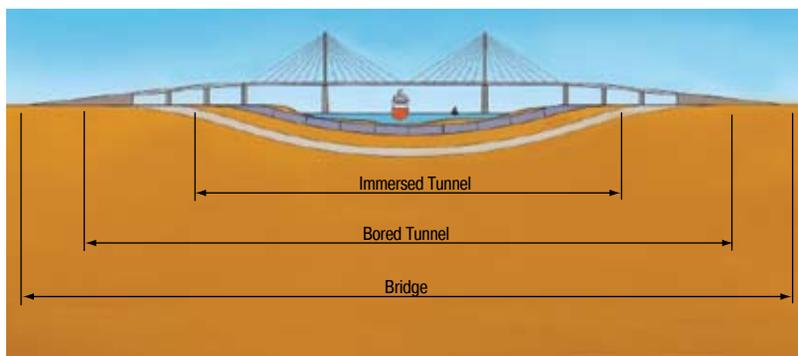


Рис. 1. Сравнение протяженности транспортных переходов через водную преграду

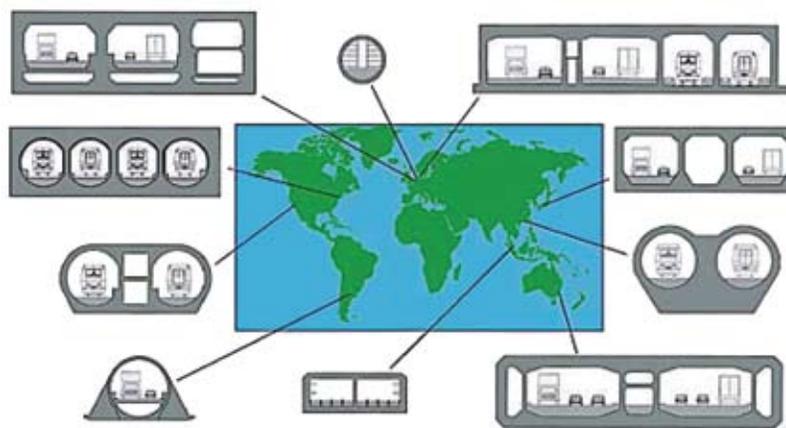


Рис. 2. Типы поперечных сечений тоннелей из опускных секций и места их постройки

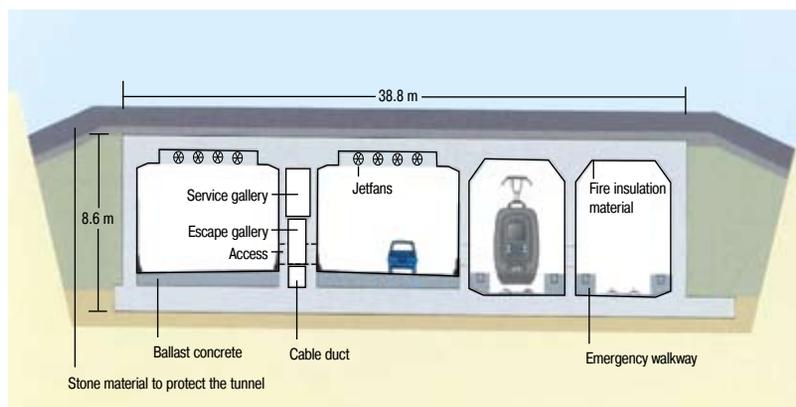


Рис. 3. Поперечное сечение тоннеля Дрогден

предусмотрена эвакуационная галерея. Размеры поперечного сечения тоннеля — 8,6 × 38,5 м (рис. 3).

В 2010 году был построен транспортный переход между вторым по величине городом Южной Кореи — Пусаном, расположенным на юго-востоке страны, и островом Кодже (Geoje). Он состоит из двух вантовых мостов и тоннеля из опускных секций длиной 3,2 км (18 секций по 180 м).

На пересечении главных судоходных путей между островами Daejuk и Gaduk не допускалось никаких ограничений по высоте судов, поэтому тоннельный переход был здесь единственно возможным решением. Первоначально рассматривался вариант горного тоннеля. Но относительно крутые берега островов и необходимость большой глубины заложения тоннеля (от 25 до 30 м ниже морского дна) сделали этот вариант

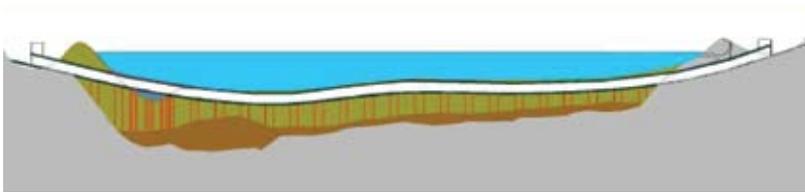


Рис. 4. Пример усиления основания тоннеля при наличии слабых грунтов

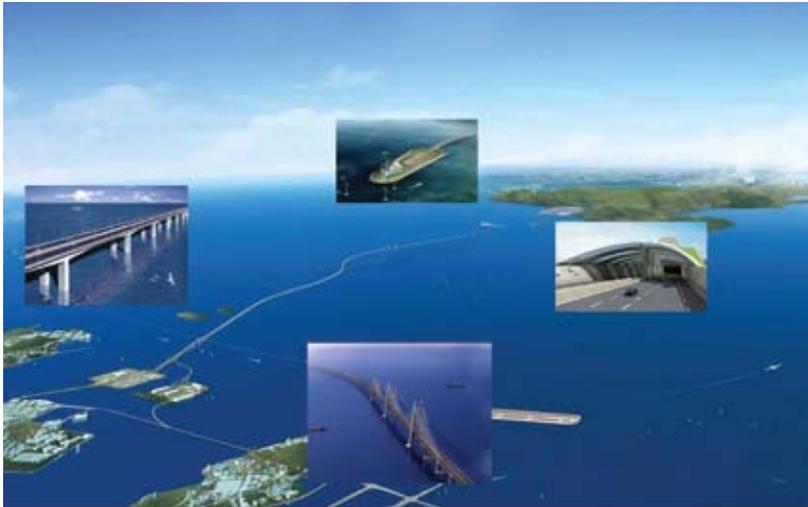


Рис. 5. Основные объекты транспортного перехода между материковым Китаем и Гонконгом



Рис. 6. Сооружение секций тоннелей в специальном котловане (Нидерланды)

неприемлемым. По этой причине тоннель из опускных секций, глубина заложения которого лишь немного ниже морского дна, стал наиболее приемлемым выбором.

Инженерно-геологические условия в месте расположения тоннеля неблагоприятны для строительства. Морское дно вдоль его трассы, кроме береговых областей, состоит из слоя морской глины, мощность которого превышает 20 м (в некоторых местах — до 30 м). У берегов на поверхность выходят коренные породы, а также тонкие слои песка и гравия. Поэтому грунт в основании тоннеля было решено усилить сваями (рис. 4).

Климатические условия в Корейском проливе достаточно сложные. Сильное течение до 2 м/с, тайфуны и

волны высотой до 8 м серьезно усложнили транспортировку секций тоннеля. Сейсмичность района — невысокая, тем не менее тоннель рассчитан на два уровня землетрясений: проектное (ПЗ) и максимальное расчетное (МРЗ).

В настоящее время между материковым Китаем и Гонконгом сооружается один из наиболее сложных транспортных переходов с тремя полосами движения в каждом направлении (рис. 5). Переход протяженностью около 30 км состоит из нескольких мостов, искусственных островов и тоннелей. Для обеспечения прохода морских судов предполагается строительство вантового моста. На пересечении основных судоходных путей у восточного берега реки (Pearl River) будет построен тоннель длиной 6,75 км, шесть из них предстоит выполнить из опускных секций. Съезды с мостов в тоннели разместятся на искусственных островах, протяженность каждого из которых составит 625 м. Длина всей трассы, которая соединит Гонконг, Чжухай и Макао, — около 50 км, предполагаемая стоимость — 10 млрд долл. США.

Некоторые проблемы, с которыми столкнулись проектировщики и строители:

- большая глубина;
- разнообразные грунтовые условия;
- продолжительный расчетный срок эксплуатации (120 лет);
- необходимость сооружения искусственных островов на мягких грунтах;
- требование не изменять направление течений при сооружении островов;
- трехполосное движение привело к увеличению ширины пролета тоннелей до 14,55 м;
- необходимость заглубления верхней части тоннельной обделки на 29 м от поверхности морского дна для обеспечения прохода крупнотоннажных танкеров.

После анализа и сравнения различных вариантов было принято решение о строительстве тоннеля из железобетонных секций.

## Сооружение и транспортировка секций

Обычно тоннели выполняются из железобетонных или сталебетонных секций, которые сооружаются в доках или в специально вырытых на берегу котлованах (рис. 6).

В некоторых случаях место производства секций может располагаться на больших расстояниях от района погружения секций. В качестве примера приведем железобетонный завод, базирующийся в 40 км от места расположения тоннеля (рис. 7).

После окончания сооружения торцы секций герметизируются, затем открываются специально смонтированные затворы и котлован заполняется водой. Секции рассчитываются таким образом, чтобы они обладали необходимой плавучестью, поэтому после затопления котлована конструкции всплывают.

Готовые секции буксируются по воде к месту установки. При этом используются либо их плавучесть (рис. 8), либо специальные плоты.

## Подготовка оснований

Наиболее распространенным методом подготовки траншей для подводных тоннелей является использование грейферов и земснарядов (рис. 9). В районах с повышенными экологическими требованиями для уменьшения загрязнений водной среды используются грейферы с герметичными ковшами. Однако при разработке твердых скальных пород может возникнуть необходимость в выполнении буровзрывных работ.

Траншея для тоннеля должна соответствовать расчетному плану и профилю трассы с учетом возможных обвалов ее стен. Работы по углублению дна должны выполняться таким образом, чтобы ширина дна траншеи и профиль сохранились при подготовке основания и опускании секций. Дно траншеи должно быть заполнено грунтом, удовлетворяющим проектным требованиям к материалам основания.

Для выравнивания и формирования дна траншеи разработано специальное оборудование для укладки слоя гравия. Процесс является непрерывным. Оборудование установлено на барже и позволяет формировать дно траншеи с точностью до 25 мм от расчетной отметки, что достигается лазерной системой управления гидравлическими цилиндрами на подающем трубопроводе.

## Установка секций

После прибытия секций к месту установки начинается довольно сложный процесс их погружения в предварительно подготовленные траншеи (рис. 10). Обычно очередная секция опускается на некотором расстоянии от уже установленной и затем медленно перемещается до соприкосновения с последней. После этого производятся монтажные работы по их соединению.

## Обеспечение безопасности

Для предотвращения повреждений тоннельных обделок, которые могут произойти при аварии судов, а также от контакта с якорями, при выполнении обратной засыпки предусматривается защитный слой из твердого грунта (рис. 11).

Для обеспечения герметичности и необходимых относительных смещений между секциями широкое распространение в настоящее время получили соединения с прокладками типа Gina и Omega (рис. 12).

Они без повреждения обеспечивают относительные смещения торцов секций тоннелей, возникающие вследствие осадок, ползучести бетона, изменений температуры, а также при землетрясениях. Гарантийный срок службы таких соединений составляет 100 лет.

## Достоинства и недостатки

Большое количество построенных и эксплуатируемых в мире транспортных переходов, включающих в себя тоннели из опускных секций, свидетельствует о преимуществе



Рис. 7. Вид площадки для одновременной отливки нескольких секций тоннеля (западный берег залива Чинхэ (Jinphae) в Южной Корее)



Рис. 8. Транспортировка железобетонной секции к месту погружения (Нидерланды)



Рис. 9. Многофункциональная баржа с оборудованием для углубления и выравнивания траншей (а) и земснаряд для разработки твердых пород грунта (б)



Рис. 10. Погружение секций со специальной баржи

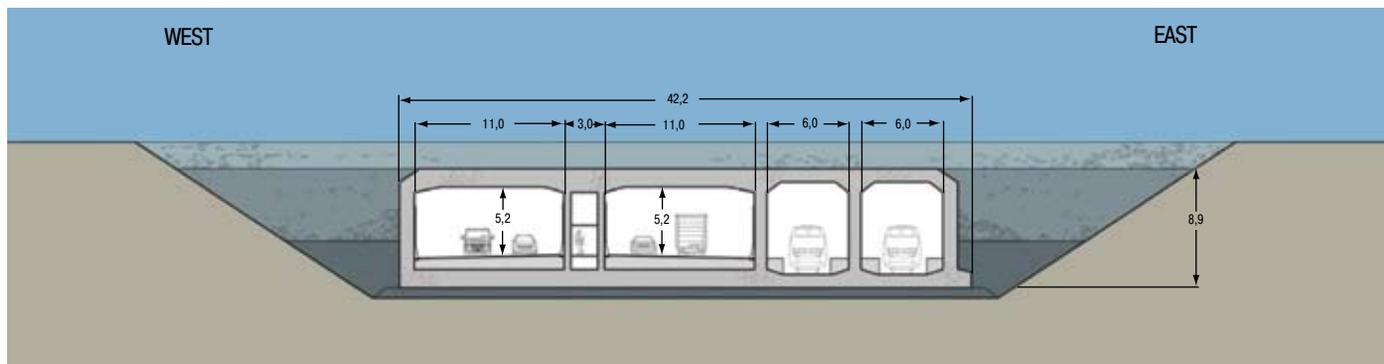


Рис. 11. Пример поперечного сечения тоннеля с указанием обратной засыпки

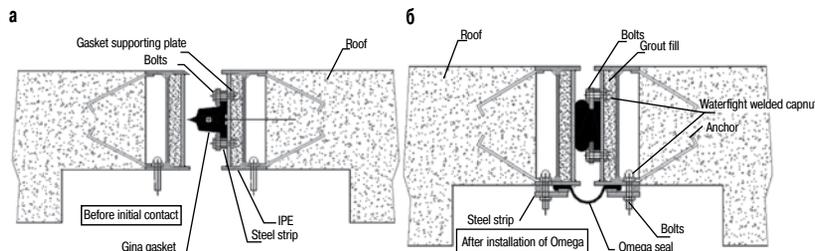


Рис. 12. Соединение между секциями с использованием прокладок типа Gina и Omega: а – Gina в свободном состоянии; б – Gina и Omega в рабочем состоянии.

ществах конструкций, по сравнению с другими типами транспортных переходов. Отметим некоторые из них.

В настоящее время в мире хорошо разработаны все этапы строительства: сооружение и транспортировка секций, способы погружений.

Одновременное производство большого количества секций тоннелей на берегу позволяет существенно ускорить ход строительства, используя при этом все технологии и достижения, которые применяются при производстве железобетонных изделий.

В процессе строительства не оказывается никакого влияния на судоходство.

При эксплуатации транспортных переходов не ограничивается ни высота, ни тоннаж проходящих судов.

Проект комбинированного транспортного перехода, состоящий из мостов и тоннелей из опускных секций, может оказаться более экономичным по сравнению с проектом большепролетного моста и горного тоннеля, построенного щитовым способом.

Следует отметить, что тоннели из опускных секций имеют и недостатки, связанные с воздействием на окружающую среду: они могут оказывать влияние на места обитания рыб, изменять течения и уменьшать прозрачность воды.

Но самый главный недостаток на данный момент — отсутствие как опыта сооружения тоннелей такого типа в России, так и необходимой для этого техники. Тем не менее настало время приступить к их строительству, тем более что в нашей стране существует большое количество водных (морских и речных) преград, которые следует пересекать транспортными переходами, не нарушающими условий судоходства.

## Керченский пролив: возможны варианты

Анализ построенных и проектируемых транспортных переходов, в которых используются тоннели из

опускных секций, показывает, что при выборе варианта пересечения Керченского пролива, проект такого тоннеля может быть наиболее экономичным, надежным и приемлемым с точки зрения затрат, времени строительства и использования современных технологий.

При выборе варианта мостового перехода для обеспечения прохода высокотоннажных судов необходимо строительство большепролетных мостов на высоких опорах. Слабые водонасыщенные грунты, глубокое заложение коренных пород и высокая сейсмичность района создаст серьезные проблемы при сооружении и эксплуатации таких сооружений.

Собственные частоты колебаний большепролетных мостов попадают в область доминирующих частот землетрясений, что может привести к резонансным явлениям и повредить сооружение даже при слабых сейсмических воздействиях. Следует отметить, что в районе Керченского пролива возможны землетрясения силой 9 баллов по шкале МСК-64.

Тоннели в меньшей мере подвержены сейсмическим воздействиям, так как в них, в отличие от наземных сооружений, не возникает резонансных явлений. При прохождении сейсмических волн тоннели деформируются либо так же, как и окружающий их массив грунта (если грунт твердый), либо значительно меньше (если грунт — слабый). Эти деформации обычно малы и не представляют серьезной опасности для тоннельных обделок.

По нашему мнению, для выбора наиболее оптимального транспортного перехода через Керченский пролив необходимо, кроме мостовых переходов, детально разработать варианты с использованием тоннелей из опускных секций и комбинированного перехода «мост — тоннель». В этом случае въезд с моста в тоннель можно запроектировать на естественном или искусственном острове.

Для оценки возможной стоимости проекта следует вернуться к вышеназванному примеру транспортного перехода, который сейчас сооружается между материковым Китаем и Гонконгом. Протяженность перехода (мост, искусственные острова, тоннели из опускных секций) — около 30 км. Длина всей трассы Гонконг — Чжухай — Макао составляет около 50 км, предварительная стоимость — 10 млрд долл. США.

Переход через Керченский пролив значительно короче и проще в инженерно-техническом смысле.

# ВАРИАНТ КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ КЕРЧЕНСКИЙ ПРОЛИВ



*Транспортный переход через Керченский пролив призван решить проблему коммуникаций между Краснодарским краем и Крымским полуостровом посредством обеспечения бесперебойного автомобильного и железнодорожного сообщения.*

А.Н. ВОЛОЖИН,  
заместитель главного  
инженера  
ОАО «УСК МОСТ»

*В журнале «Подземные горизонты» (см. №1) уже поднималась тема строительства транспортного перехода через Керченский пролив. В продолжение темы мы публикуем материал, в котором рассматривается конкретный вариант погружного тоннеля, обладающий целым рядом преимуществ — как по стоимостным показателям, так и с точки зрения безопасности (о тоннелях такого типа читайте также в разделе «Исторические экскурсы»). И хотя за основу уже принят вариант совмещенного автомобильно-железнодорожного моста, который пройдет от Таманского полуострова через косу Тузла в сторону Керчи, данная версия Крымской переправы, думается, не останется без внимания наших читателей.*



Схема расположения  
погружного тоннеля

Условия Керченского пролива достаточно сложные как в части гидрологических и ледовых условий, так и в части геологического строения и сейсмической активности. Глубина воды здесь незначительная (около 7 м), за исключением искусственно поддерживаемого судового хода (15 м).

В весенний период тяжелые льды выносит нагонным течением из Азовского моря в пролив, создавая неблагоприятную для опор моста обстановку. Расчетная сейсмичность площадки — 9 баллов. На дне пролива распространены илистые отложения мощностью до 50 м.

## Критерии

Исходя из вышеперечисленных условий, вариант перехода в виде мостового сооружения должен удовлетворять следующим критериям:

1. Пролетное строение должно обеспечивать пропуск временной нагрузки от четырех полос автомобильного движения класса А14, двухпутной железнодорожной нагрузки класса С14, и (возможно) дополнительных нагрузок от магистральных коммуникаций — высоковольтной линии, газо- и водопроводных сетей, линий связи. Минимальная длина судоходного пролета составит 220 м, подмостовой габарит — не менее 45 м.

2. Опоры моста массивные с ледорезными частями в уровне ледохода, с фундаментами на свайном основании из буровых свай сверхглубокого заложения либо на массивной железобетонной плите на консолидированном естественном основании. Слабые грунты в верхней части геологического разреза и высокая сейсмичность площадки приведут к увеличению веса конструкции опор.

В связи с наличием железнодорожной нагрузки не реализуема конструкция моста с применением висячей и вантовой систем.

Неудивительно, что при таких исходных данных стоимость создания перехода оценивается в 200 и более млрд руб.

Предлагается рассмотреть вариант перехода в виде тоннеля большого сечения, позволяющего разместить все необходимые элементы перехода — автомобильную и железную дороги, коммуникации, сервисные и эвакуационные проходы.

Очевидно, что сооружение тоннеля с таким поперечным сечением методом проходки не представляется возможным. Кроме того, тоннель, сооруженный с применением ТПК, необходимо заглублять ниже илистых грунтов, что значительно увеличит его длину при соблюдении макси-

мальных продольных уклонов и создаст значительное гидростатическое давление при проходке на глубине более 50 м под толщей слабых грунтов. Все эти факторы делают такой тоннельный переход неконкурентоспособным даже по сравнению с вариантом мостового перехода.

В данной ситуации создать переход с требуемым поперечным сечением для размещения всех необходимых элементов позволяет вариант погружного тоннеля. В то же время конструкция перехода позволяет расположить тоннель в уровне залегания слабых грунтов, что позволит получить сопоставимую с мостом общую длину сооружения. При этом затраты на создание такого перехода будут значительно ниже, поскольку отпадет необходимость в сооружении большого количества массивных опор в акватории пролива (для моста) или в глубоком залегании объекта (для тоннельного варианта с применением ТПК). Общая длина сооружения с учетом продольных уклонов железнодорожного пути составит около 6,2 км.

Технология сооружения погружного тоннеля предполагает:

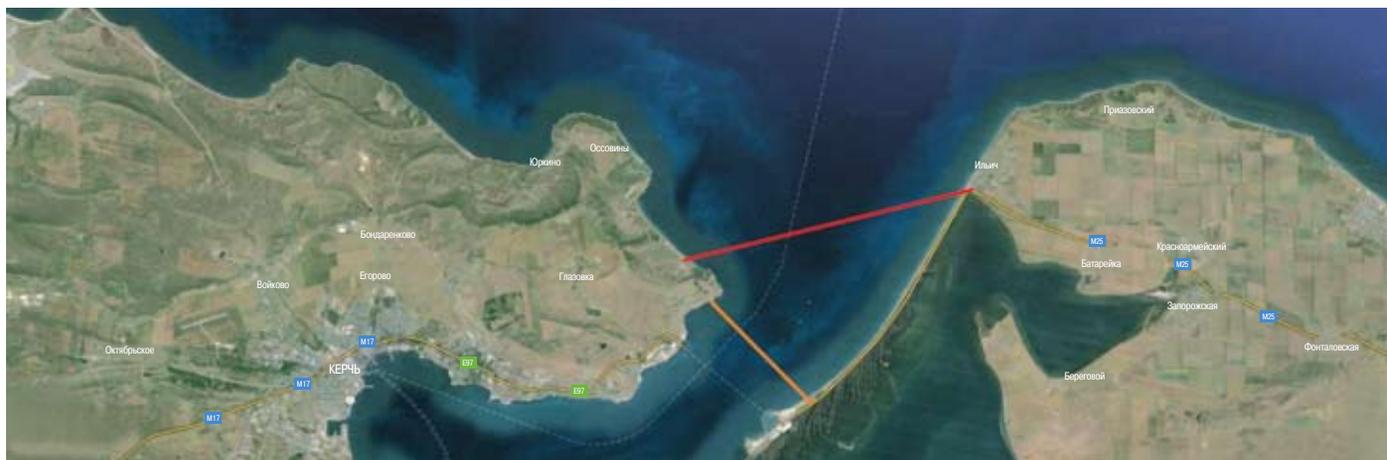
- создание сборных железобетонных секций тоннеля длиной около 150 м в сухом доке;
- сооружение траншеи по дну пролива для размещения тоннеля;
- вывод секций к месту монтажа с использованием положительной плавучести секций;
- установку (затопление) секций на отсыпанную поверхность;
- стыковку и герметизацию стыка;
- откачку воды из стыковой камеры;
- защитную обсыпку тоннеля скальным грунтом;
- устройство проезжей части, верхнего строения пути, эксплуатационных систем и коммуникаций.

В мировой практике известно более 150 таких тоннелей. Их конструкция и технология производства работ обеспечивают конкурентоспособную строительную стоимость, значительное снижение строительных рисков, небольшие, по сравнению с конкурирующими вариантами, эксплуатационные затраты.

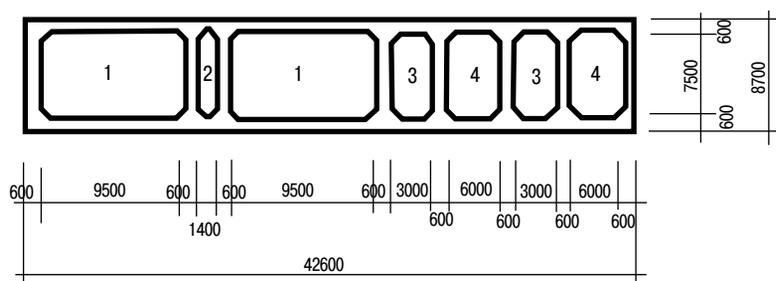
По предварительной оценке, сметная стоимость такого перехода под Керченским проливом составит около 100 млрд руб.

## Технология

Следует выделить пять основных технологических процессов сооружения погружного тоннеля, определяющих



Варианты трассы тоннеля



- 1 – автомобильное движение 2 полосы
- 2 – сервисы и эвакуация
- 3 – коммуникации (газ, водовод, ВЛ)
- 4 – электрифицированная железная дорога и аварийный служебный проход

Секция 150 м – 35 000 тн/13 284 м<sup>3</sup>  
 Осадка на плавучесть – 5860 мм  
 Вес балласта – 2500 тн

щих как сроки, так и структуру строительства. Данные процессы отчасти могут выполняться параллельно, однако в любом случае являются основой графика производства работ:

**Создание траншеи по дну пролива для размещения тоннеля.** Глубина траншеи переменная вдоль оси, максимальная глубина определяется из условий размещения всех элементов сооружения под судовым ходом.

Глубина воды в месте прохождения судов составляет 15 м, высота защитной каменной наброски над тоннелем — 4 м, высота секции тоннеля — 8,7 м, толщина распределяющей отсыпки под секции — 2 м. В итоге полная минимальная глубина траншеи под размещение тоннеля составит около 15 м. При величине продольного уклона железнодорожного пути 12 ‰ общая минимальная длина тоннеля до отметок уреза воды составит 5 км, что равно кратчайшему расстоянию между берегами пролива в Еникальском и Жуковском створах — параллельно трассе паромной переправы.

При выборе другого варианта прохождения трассы ее длина будет составлять порядка 11 км, при этом отпадет необходимость прохождения дороги по косе Чушка. Объем дноуглубительных работ по подготовке траншеи при самом протяженном варианте составляет 8,5 млн. м<sup>3</sup>. В любом другом варианте — 4–4,5 млн. м<sup>3</sup>.

Дноуглубительные работы выполняются специализированными дноуглубительными судами — фрезерными земснарядами и самоходными трюмными землесоса-

**Поперечное сечение секции тоннеля**

ми с вывозом выбранного грунта в подводный отвал. Дноуглубительные операции сопряжены с нанесением значительного ущерба экологической системе, связанного с замутнением воды в месте разработки грунта и в месте подводной свалки. Однако темп этих работ напрямую увязан с темпом сооружения тоннеля и по масштабам современных дноуглубительных судов очень невелик — порядка 200 тыс. м<sup>3</sup> в месяц. Кроме того, ремонтные дноуглубительные работы в Керченском проливе ведутся постоянно в судовых ходах вдоль и поперек пролива.

**Создание основания под тоннель.** В качестве основания используется слой щебня (или гравия) толщиной 2 м. Поскольку у погружного тоннеля в готовом состоянии незначительная отрицательная плавучесть, его давление на основание также незначительно. Именно поэтому никаких серьезных объемов работ по устройству фундамента под тоннель в отличие от мостового перехода не предполагается. Кроме того, при сейсмических колебаниях подвижки дна не будут передаваться на тоннель, поскольку нет жесткого закрепления тоннеля к фундаменту. Объем работ по созданию основания (для варианта тоннеля с максимальной длиной) составит около 2,5 млн. м<sup>3</sup>. Для их выполнения понадобятся специально оборудованные баржи — катмараны с технологическими мостиками, вдоль которых перемещается распределительное устройство для равномерной укладки щебня (или гравия) в основание. Подобные работы выполнялись при создании фундаментов пилоновых опор моста Рион-Антирион в Коринфском заливе (Греция).

**Изготовление секций тоннеля в сухом доке.**

Секции тоннеля будут изготавливаться из монолитного железобетона. Для минимизации трещинообразования от усадки бетона при твердении понадобятся специальные мероприятия. Они могут включать применение безусадочных самоуплотняющихся смесей для бетонирования секций на всю высоту сечения, специальные режимы тепловлажностной обработки бетона, включая искусственное охлаждение (отвод тепла) при твердении бетона, и, естественно, утепление опалубки. Разумеется, создание сухого дока само по себе — достаточно объемная задача, однако с учетом размеров секции такое сооружение вполне осуществимо и после



Транспортировка секции тоннеля

завершения строительства может использоваться для шлюзования или ремонта судов.

#### Вывод секции тоннеля в проектное положение.

Готовая секция оборудуется по торцам стыковыми камерами и герметизируется. Сухой док заполняется водой и секция, имеющая положительную плавучесть, выводится в акваторию, буксируется к месту установки и затопливается в проектное положение. В качестве балласта может быть использован пригруз либо временный водный балласт. После стыковки секции с ранее установленной конструкцией откачивается вода из стыковой камеры, после чего производится окончательное оформление стыка. Временный пригруз, обеспечивающий нахождение секции в проектное положение, может быть удален после укладки в тоннеле монолитного бетона плиты проезда для автомобильной и железнодорожной частей. Для обеспечения необходимого веса балласта достаточно уложить плиту толщиной 20 см.

#### Защитная засыпка тоннеля скальным грунтом.

Обсыпка готового объекта скальным грунтом выполняется до «черных» (природных) отметок дна и служит для стабилизации положения тоннеля и защиты конструкций от ударов при авариях судов или при отдаче судовых якорей. Общий объем засыпки составит около 1,7 млн м<sup>3</sup>.

### Сроки, объемы и стоимость

Продолжительность строительства такого сооружения достаточно велика. Первый этап — сооружение сухого дока и временной инфраструктуры — займет от 8 до 12 месяцев. За этот период необходимо выполнить дноуглубление и отсыпать основание под тоннель.

Далее работы будут выполняться по циклической схеме, включающей бетонирование секции, вывод готовой секции в акваторию, установку в проектное положение на дно, стыковку и герметизацию, защитную засыпку тоннеля. При темпе изготовления секций 2 шт. в месяц общая продолжительность этапа составит 42 месяца с учетом трех неблагоприятных месяцев, когда работы не производятся (штормовые условия, ледоход). Защитная отсыпка производится с отставанием от монтажа секций на 300 м, что увеличит продолжительность этапа еще на 2 месяца.

На заключительном этапе выполняются работы по

устройству проезжей части, укладке железнодорожных путей, прокладке коммуникаций и сервисных обустройств (систем вентиляции, мониторинга, видеонаблюдения, освещения и т.п.). Продолжительность этапа — 6 месяцев.

Таким образом, общая продолжительность строительства составит 58–62 месяца, что при предполагаемых объемах работ представляется достаточно сжатым сроком.

Объемы работ и их стоимость:

Дноуглубительные работы (8,5 млн. м<sup>3</sup>) — 1,7 млрд руб.

Отсыпка гравия (2,5 млн. м<sup>3</sup>) — 3,2 млрд руб.

Монтаж секций тоннеля (1040 тыс. м<sup>3</sup>) — 78 млрд руб.

Отсыпка скальным грунтом (1,7 млн. м<sup>3</sup>) — 2,5 млрд руб.

Временная инфраструктура, включая сухой док — 18 млрд руб.

Стоимость сооружения оценивается приблизительно в 103 млрд руб. (при расположении тоннеля в Южном створе с длиной 6,2 км) или 156 млрд руб. (в широкой части пролива, общая длина — 11,7 км).

К недостаткам варианта перехода в виде погружного тоннеля следует отнести невозможность разделения работ на две очереди (как в случае с мостом), однако с учетом значительной разницы в стоимости весь тоннель будет стоить не больше, чем первая очередь моста с двумя полосами автомобильного движения и одним железнодорожным путем.

В заключение хочется отметить еще одно немаловажное обстоятельство. Задачей на проектирование мостового перехода в Тузлинском створе на стадии ТЭО (исполнитель ОАО «Гипротрансмост») установлен подмостовой габарит в судоходном пролете 35 м на основании письма Федерального агентства морского и речного транспорта. По имеющимся материалам межгосударственного экспертного совета (Россия — Украина), разработавшего несколько лет назад технические условия для проектирования перехода, этот габарит был задан в 60 м!!! Обоснования этого параметра у автора данной статьи, к сожалению, нет, но есть, к примеру, данные о заходе в декабре 2011 года в Мариупольский порт балкера дедвейтом 56 000 т с габаритом 45 м. Вполне вероятно, что Росморречфлот запрашивал характеристики судов, следующих по Керченскому проливу, только у портов РФ и не получал эти данные (да, наверное, и не мог) от соответствующих украинских структур. Если же окажется, что для осуществления судоходства под новым мостом необходимо увеличить габарит прохода хотя бы до 45 м, то думается, что проектировщики столкнутся с серьезной проблемой, связанной с конструкцией фундаментов опор. Дело в том, что сочетание массивной толщи слабых грунтов с высокой сейсмичностью площадки потребует сооружения огромного фундамента даже при 35-метровой высоте опор. А при увеличенном габарите (до 45 м) возникают уже серьезные сомнения в реализации проекта моста, по крайней мере, в соответствии с заявленными Правительством России финансами и сроками. И тогда идея комбинированного перехода в виде тоннеля (под судоходной частью пролива) и низководного моста приобретет актуальность и привлекательность.

# A POSSIBLE STRUCTURAL SOLUTION FOR KERCH STRAIT CROSSING

A.N Volozhin,  
Deputy Chief Engineer  
JSC "USK MOST"

*The "Underground Horizons" has already touched upon the Kerch Strait crossing issue (see №1). As a follow-up, we publish here an article examining a possible solution for the Kerch crossing based on the immersed tunnel technology. The proposed option offers an efficient, cost effective and secure solution (on immersed tunnels see also our "Historical journeys"). Although the decision has been already taken in favour of a combined road and rail bridge passing from the Taman Peninsula through the Tuzla Spit towards Kerch, we believe that the version of Crimean crossing presented here will nevertheless attract our readers' attention.*



**The transport crossing through the Kerch Strait is aimed at resolving the acute transportation problem of underdeveloped communication line between Krasnodar Region and Crimean peninsula by ensuring efficient and smooth road and rail movement of goods and passengers across the Strait.**

**B**uilding conditions of the Kerch Strait area are severe enough, both in terms of hydrology and ice drifts, and also for geological structure and seismic activity. The strait is rather shallow (about 7 meters deep), except for dredged navigable channel (which is 15 m deep).

In springtime wind-induced current brings heavy ice from the Azov Sea in the Strait, thus endangering bridge piers. Estimated seismicity rate of the area reaches 9 points. The strait bottom is covered by 50 m thick mud deposits.

## The criteria

A bridge crossing built in these conditions shall satisfy the following criteria:

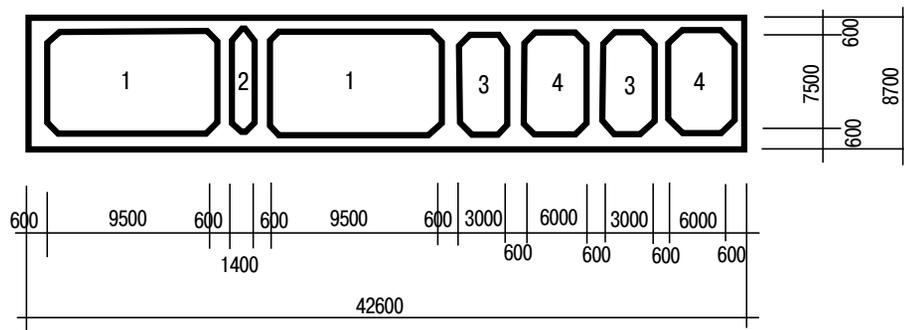
1. Bridge span must ensure temporary loads from four-lane A14 road, from double-track C14 railway, and presumably also additional loads from high-voltage power lines, gas pipelines, water supply networks, and

telecommunication lines. Minimum length of navigable span will reach 220 m, vertical clearance cannot be not less than 45 m.

2. Bridge pillars have to be massive and equipped with ice-cutting mechanisms mounted on the ice-drift level, or otherwise lying upon a massive concrete slab that rests on consolidated ground. The weight of pillars will have to be increased due to weak soils located in the upper part of geological section and high seismicity of the area.

3. Both suspended and cable-stayed bridge solutions are unachievable because of the railway load effect. No wonder that with such input data the cost of crossing raised as high as 200 billion rubles and could raise more.

This article presents a possible option of the Kerch Strait crossing design, and namely, a large section tunnel that can incorporate all necessary elements of the crossing: motor roads and railways, communication lines, service and emergency exit routes.



- 1 – Road traffic 2 lanes
- 2 – Services and evacuation
- 3 – Communications (gas, drainage)
- 4 – Electrified railroad and emergency operating aisle

Section 150 m – 35 000 t/13 284 m<sup>3</sup>  
 Осадка на плаву – 5860 mm  
 Ballast weight – 2500 t

Cross section of the combined Kerch Strait tunnel element



Immersed tunnel section (South Korea, 2008)

It is obvious that to bore a tunnel of these large dimensions is not possible. The more so, a TBM bored tunnel shall lie below the slimy ground, which will significantly increase its length, considering longitudinal gradients. Drilling at a depth of 50 meters under a thick soft soil strata means drilling under significant hydrostatic pressure. All these factors make the bored tunnel option unable to rank even with the bridge solution.

In a given situation, a possible way out could be an immersed tunnel with a cross-section sufficient to accommodate all necessary structural elements. The immersed tunnel can be located at the soft soil level, and this important feature makes total length of the tunnel comparable with that of the alternative bridge structure. In this case, the cost of the crossing will be much lower, as there will be no more need for massive bridge pillars drilled in Kerch Strait waters, and deep and expensive TBM tunneling will not be needed either. Total length of the structure including railway track longitudinal gradient will be about 6.2 km.

The immersed tunnel technology involves:

- manufacturing precast concrete tunnel sections within a dry dock, the length of the sections is about 150 m;
- dredging the trench at the bottom of the Strait to accommodate the tunnel;
- floating out and towing positively buoyant sections to the installation site;
- installation (sinking) of precast sections on a prepared bed;
- coupling of sections and sealing the joints;
- pumping water out of coupling chamber;
- protective backfilling with rocky ground;
- construction of carriageway and track bed structures, installation of tunnel operating systems and communication lines.

### Tunnel alignment options

There are now approximately 150 immersed tunnels that have been built worldwide. The design and technology of immersed tunnels

ensure competitive construction costs, a significant reduction of construction risks and relatively low operating costs as compared with alternative solutions.

According to preliminary estimates, the cost of immersed tunnel for the Kerch Strait crossing will be about 100 billion rubles.

### Technology

There are five basic technological processes underlying the submerged tunnel construction that determine both building timeline and project planning. These processes can be partly executed in parallel, but remain essential for setting up the construction schedule:

1. Dredging a trench in the bottom of the strait to accommodate the tunnel. The trench depth varies along its axis; the maximum depth is determined by the necessity to locate all elements of the tunnel structure under navigable channel.

The water depth of the fairway is 15 meters, the height of protective riprap above the tunnel is 4 m, the tunnel section height is 8.7 m, the thickness of gravel bed to be prepared for placing the tunnel section on it is 2 m. As a result, a total minimum excavation depth of the trench for the tunnel placement will be about 15 m. With railway track longitudinal gradient equal to 12 %, the minimum total length of the tunnel alignment up to the water edge will be 5 km, which is equal to the shortest distance between the two coasts of the Strait in Zhukovsky and Yenikalsky sites, and parallel to the existing ferry crossing line.

An alternative route will be about 11 km long, so that there will be no need to pass along the Chushka spit. The amount of dredging required for seabed intervention along the longest route option is 8.5 million m<sup>3</sup>; in case of any alternative route it will amount to 4–4.5 million m<sup>3</sup>.

Dredging works will be carried out by specialized dredging vessels, that is by cutter-section dredgers and trailing suction hopper dredgers; the excavated ground will be disposed in underwater stockpiles. Dredging operations cause considerable damage to the aquatic and marine environment: in the excavation area and near the stockpile the water becomes cloudy. However, the pace of dredging work is directly linked to the tunnel construction rate, and in view of modern dredging facilities is very small — about 200 thousand cubic meters per month. Furthermore, dredging along and across the Kerch Strait for navigation purposes is performed continuously.

2. The immersed tube foundation prepared on the seabed. The tunnel is based on 2 meters thick broken stone (or gravel) layer. Since

the immersed tunnel in its finished state has a slightly negative buoyancy, the pressure it exerts on the foundation is also negligible. That is why no extensive works on tunnel foundation are suggested, unlike it would happen in the bridge case. Furthermore, in case of seismic vibrations the sea floor shifts will not be transmitted to the tunnel, as the tube is not rigidly anchored to the foundation. The amount of works needed to construct the tunnel foundation (for the longest tunnel option) will be about 2.5 million m<sup>3</sup>. To implement these works a job-dedicated machinery will be needed: specially equipped barges - catamarans with technological bridges; along these bridges moves a dispensing device designed for spreading in uniform layer the crushed stone aggregate (or gravel) on the base. Similar works were performed for the construction of the Rion-Antirion bridge in the Gulf of Corinth (Greece).

3. Prefabrication of tunnel sections in a dry dock. The tunnel sections will be made of in-situ reinforced concrete. To minimize concrete cracking caused by shrinkage during the curing process, some specific measures will be required. These may include the use of non-shrinking self-compacting compounds to cast the sections for the full height along with special thermo-moisture treatment of concrete including artificial cooling (heat transfer) during the concrete hardening, and, naturally, insulated formwork. Of course, dry dock construction is a quite heavy task by itself, but given the size of the tunnel section, the task is entirely feasible, and on completion of works the structure can be used for vessel slipping or repair.

4. Installation of tunnel section into the design position. Finished sections are equipped with coupling chambers located at butt ends and are sealed with watertight immersion joints. The dry dock is then filled with water, and the section having a positive buoyancy is floated to the aquatic area, towed to the installation site and sunk into the design position. Either a kentledge or a temporary water dead weight can be used as ballast.

5. Protective backfilling with rocky soil. The rocky soil envelop shall reach the "black" sea bed level (existing relief elevation). It is needed to stabilize the tunnel and protect the structures against possible damage in case of shipwreck or dropped ship anchors. The total volume of backfill will amount to 1.7 million m<sup>3</sup>.

### Timing, work volumes, costs

Actual construction of immersed tunnels takes much time. The first stage which is the construction of a dry dock and temporary infrastructure, will take 8–12 months. The dock construction shall be performed in



Combined (road and rail) tunnel section in Oresund (Denmark, 1999.)

parallel with the tunnel base dredging and backfilling.

Further works are performed following an operation cycle that consists of casting a tunnel section, floating it to aquatic area, installation it into the design position on the bottom, joining the sections, and sealing the joints. Then the tunnel is backfilled. With the productivity of 2 tunnel section per month, the construction stage will take 42 months, here included the three months of adverse weather conditions when works cannot be carried out (storm surges, ice drifts). Protective backfilling shall be performed at a 300 m distance from the last sections installed; and this will add another 2 months to the construction period.

At the final stage the remaining works are carried out: carriageway construction, platelaying, communications lines and services (ventilation systems, technical and CCTV monitoring, lighting, etc.). The stage duration is about 6 months.

Thus, the total duration of the construction period will be 58–62 months, which, given the scope of work to be performed, is quite a short time.

Work volumes and costs:

- Dredging (8.5 million m<sup>3</sup>) — 1,7 billion rubles.
- Backfilling with gravel (2,5 million m<sup>3</sup>) — 3,2 billion rubles.
- Installation of the tunnel sections (1040 thousand m<sup>3</sup>) — 78 billion rubles.
- Backfilling with rocky soil (1,7 million m<sup>3</sup>) — 2,5 billion rubles.
- Temporary infrastructure, including the dry dock — 18 billion rubles.

The cost of construction is estimated at about 103 billion rubles (when the tunnel is located in the southern alignment and is 6.2 km long), or 156 billion rubles (when the tunnel is located in the widest part of the Strait, and is 11,7 km long).

The disadvantages of the crossing realized using the immersed tunnel technology should include the impossibility to divide the work into two stages (as is the case with the

bridge option), but given the significant cost differential, the cost of the entire tunnel will not exceed the cost of the first stage of a two-lane and one rail bridge.

In conclusion I would like to mention a circumstance of no small importance. In the design assignment for the bridge crossing on Tusla alignment on the feasibility study stage (implementing partner of the project was JSC "Giprotransmost") the underbridge clearance in the navigation span was equal to 35 m as was defined in the instruction of Federal Marine and River Transport Agency. According to available records of Interstate expert council (Russia-Ukraine) involved in the development of the design specification for the crossing project some years ago, the underclearance was set at 60 m!!! Unfortunately, the author is not aware of how this parameter was substantiated, but there are some available data, for instance, on entrance of a dry balk carrier of 56000 tons dead weight and of 45m size in the Mariupol port.

It is very likely that Rosmorrechflot had requested the characteristics of vessels that navigate the Kerch Strait only from Russian ports, and did not receive similar data (perhaps it was not possible) from relevant Ukrainian structures. And if it turns out that for navigation under the new bridge the clearance should be increased at least up to 45 m, then it might happen that the designers will face a serious problem related to the abutment pier foundations structure. The fact is that the combination of a massive column of weak soils with high seismicity of the area would require a huge basement even if the abutment piers will be 35-meter high. With the increased gabarite (up to 45 m) serious doubts arise over the bridge project as such, at least in view of the costs and deadlines set by the Russian government. And then the idea of a combined crossing realized as a tunnel (under the navigable part of the Strait) and a low water bridge over it, will become relevant and attractive.

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

# О ПРОТОТИПАХ КЕРЧЕНСКОГО ТОННЕЛЯ

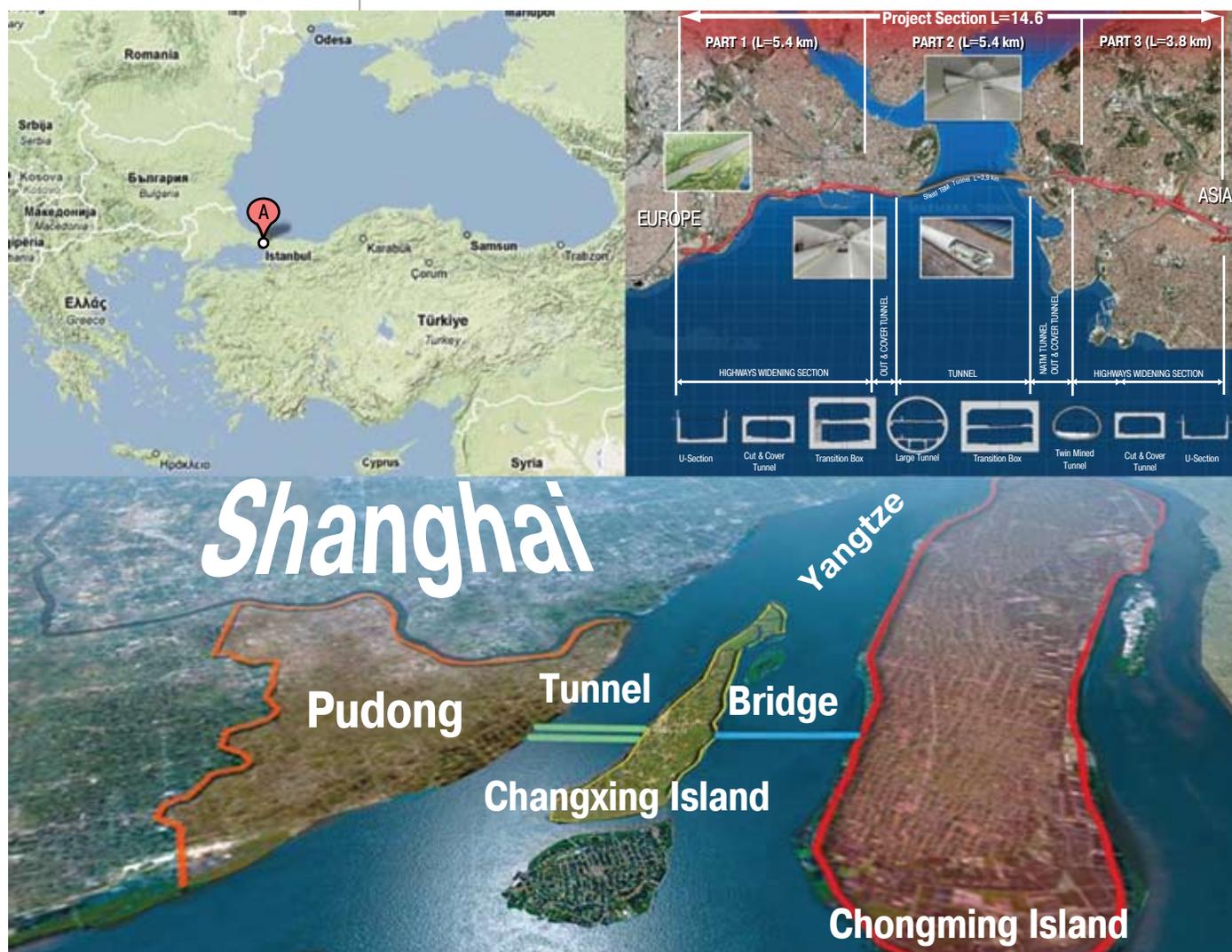


Рис. 1. Местоположение тоннелей (сверху – Евразийский тоннель, снизу – Шанхайский)

« Возьмемся за руки, друзья,  
Чтоб не пропасть поодиночке »

Булат Окуджава

**Жребий брошен, решение принято — Керченский переход для железнодорожного и автодорожного транспорта будет мостовым.**

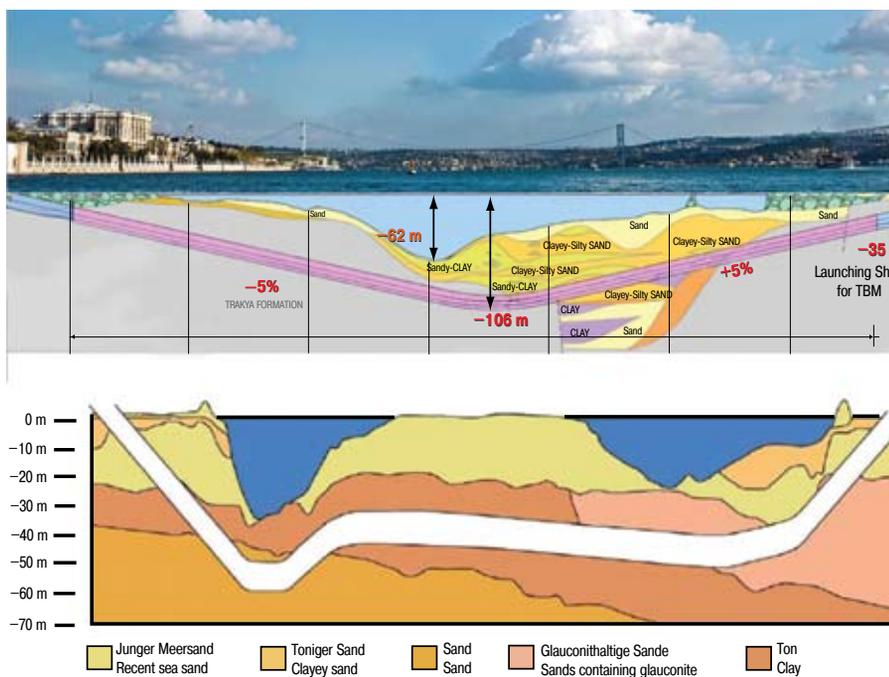
**Р**ешение чисто политическое и принято оно вопреки здравому смыслу, ведь мостовой переход проигрывает тоннельному по всем технико-экономическим критериям, а также в надежности и долговечности в условиях агрессивной среды, по стоимости и срокам строительства. Кроме того, тоннельный вариант по сравнению с мостовым обеспечит лучшую сохранность мест археологических изысканий. Этот вариант не лучший и в плане обеспечения безопасности, в том числе:

- стратегической;
- мореплавания;
- сейсмической;
- строительства в существующих гидрометеорологических (наличие ураганных ветров, ледяных затворов и торосов) и геологических (наличие 40 м толщи иловых отложений, грязевых гейзеров) условиях.

Ну и, наконец, самое главное, в мировой практике уже накоплен значительный опыт строительства и эксплуатации глубоких и протяженных подводных тоннелей, самыми известными из которых являются тоннель Сейкан (53 км), построенный в 1988 году между двумя островами под проливом Цугару в Японии, и 49-километровый Евротоннель под проливом Ла-Манш, введенный в эксплуатацию в 1994 году. Стоит обратить пристальное внимание и на два современных проекта: автодорожного тоннеля под проливом Босфор в Турции, соединяющего Азию и Европу, и тоннельного перехода под рекой Янцзы в Шанхае (КНР). Оба этих сооружения могут представлять собой прототип Керченской переправы по части используемых технологий из-за схожих инженерно-геологических условий. При их сооружении использовались механизированные тоннелепроходческие комплексы большого диаметра.

**Общие сведения об объектах**

Шанхайский автодорожный тоннель, расположенный в южной части дельты реки Янцзы (рис. 1), является одним из важнейших инфраструктурных проектов Китая. Это самый большой в диаметре подводный тоннель в мире. Его протяженность составляет около 9 км, а внешний диаметр каждого из двух тоннелей — 14,2 м (при диаметре тоннелепроходческого комплекса 15,36 м). Наибольшее заглубление тоннеля под рекой составляет около 45 м. Проект задумывался уже в начале 1990-х годов, однако предпроектные исследования начались только в 1999 году и в 2005 году были окончательно одобрены. Выделенные средства составляют 12,6 млрд юаней (в эту сумму, помимо строительства тоннеля, входит прокладка трассы длиной 25,5 км и возведение моста через северный пролив реки Янцзы протяженностью около 10



**Рис. 2. Геологические особенности (сверху — продольный разрез Евразийского тоннеля, снизу — Шанхайского)**

км). Проект финансировался двумя инвесторами — 5 млрд юаней выделили Shanghai Chengtuo Corporation и Shanghai Road Construction Cooperation, из которых 60% принадлежит первой корпорации, 40% — второй и 7,6 млрд юаней вложил консорциум банков (Bank Consortium) Китая. Строительство тоннеля начато в 2004 г. и успешно завершено в июле 2010 г.

Другой не менее интересный подводный автодорожный двухуровневый тоннель, получивший название Евразия, проходит стадию строительства в Турции. Это сооружение под проливом Босфор призвано соединить Азиатский и Европейский континенты, и на сегодняшний день считается самым глубоким подводным тоннелем в мире (наибольшая глубина его залегания составляет 106 м) (рис. 2). Тоннель является частью дороги, протяженностью 14,6 км, длина самого тоннеля — 5,4 км. Подходы к воде строятся открытым способом (европейская часть) и Новоавстрийским методом (азиатская часть). Подводная часть тоннеля, составляющая около 3,6 км, сооружается с использованием тоннелепроходческого комплекса компании Herrenknecht. Внешний диаметр тоннеля — 13,7 м. Проект стоимостью около 1,3 млрд долларов США планируется закончить в течение 55 месяцев. Окончание проекта и ввод тоннеля в эксплуатацию намечены на 15 июня 2015 года. На настоящий момент реализация идет, согласно графику, успешно пройдено около 2 км подводной части тоннеля.

**Геологические особенности**

Оба тоннеля находятся в сейсмически опасных зонах, оцениваемых соответственно в 7 и 9 баллов по шкале Рихтера и в сложнейших геологических условиях, грунты представлены илами, пластичной глиной, обводненными глинистыми песками, супесями и суглинками, которые при механическом воздействии переходят в тиксотропное состояние (рис. 2). В обоих случаях имеются зоны предполагаемого выхода газа (метана), линзы с водой.



Рис. 3. Производство и хранение блоков тоннельной обделки Евразийского тоннеля



Рис. 4. Производство и хранение блоков тоннельной обделки Шанхайского тоннеля

### Конструктивные параметры

Обделка Евразийского тоннеля имеет толщину 0,6 м и выполнена из железобетонных блоков шириной 2 и длиной около 5 м. Внешний диаметр тоннеля составляет 13,7 м. Таким образом кольцо тоннельной обделки состоит из 8 стандартных блоков и одного замкового (рис. 3). Все блоки изготовлены из бетона класса С60, армированы металлическим каркасом, выполненным из арматуры класса А4, также содержат синтетическую фибру, не только снижающую эффект трещинообразования при твердении и наборе прочности бетона, но и повышающую пожаростойкость конструкции. Каждый блок тоннельной обделки снабжен двумя рядами резиновых гasket, обеспечивающих водонепроницаемость стыков. Блоки тоннельной обделки при монтаже соединяются специальными металлическими болтами размером 38хМ39. После монтажа каждого кольца за обделку тоннеля производят нагнетание специального двухкомпонентного органо-минерального состава, который быстро

твердеет и набирает прочность, при этом обеспечивает полный контакт тоннельной обделки с окружающим грунтом и необходимую водонепроницаемость. Внутренняя конструкция тоннеля также выполняется из монолитного бетона класса С60 и представляет собой двухуровневую мостовую конструкцию, связанную с внешней обделкой закладной арматурой (рис. 5). На верхнем и нижнем уровне сооружения расположено по две полосы 2 × 3,5 м для автомобильного транспорта. Тоннель предусматривает проезд только легковых машин и мини-автобусов до 3,5 т, так как высота каждого уровня составляет около 3,4 м в свету. Через каждые 220 м тоннель оборудован эвакуационными (точнее, переходами с одного уровня на другой) на случай возникновения пожара и других нештатных ситуаций.

Обделка тоннеля под рекой Янцзы также выполнена из железобетонных блоков, изготовленных из бетона класса С60, блоки имеют арматурный каркас (рис. 4) и содержат полипропиленовую фибру, которая увеличивает стойкость конструкции при пожаре. В отличие от Евразийского Шанхайский тоннель имеет внешний диаметр 14,1 м, каждое его кольцо состоит из 7 стандартных блоков (сегментов), 2 дополнительных (с разными длинами) и 1 замкового. Ширина блоков (кольца) — 2,0 м, толщина — 0,65 м. Блоки также снабжены двумя рядами гasket, обеспечивающих герметизацию стыков обделки и выполненных из специальной набухающей в воде резины (ЕПДМ). При монтаже блоки (сегменты) также соединяются между собой болтами размером 38хМ30. Шанхайский тоннель, по сути дела, такой же двухуровневый. В отличие от Евразийского на его верхнем уровне предусматривается трехполосное движение. Причем, принимая во внимание высоту верхнего уровня, равную 5,5 м в свету, по тоннелю разрешен проезд практически любых видов автотранспорта. В центральной части нижнего уровня предусмотрена одна железнодорожная линия для прохода электричек или метро (рис. 6). Внутренняя конструкция тоннеля выполнена из сборного и монолитного (товарного) бетона класса С60. Из сборного бетона выполняется центральный короб, предназначенный для проезда поездов. Все остальные элементы конструкции выполняются из монолитного бетона. В тоннеле имеются отсеки для размещения электрических кабелей и труб водоснабжения и водоотведения, а также эвакуационные для перехода людей с уровня на уровень в случае нештатных ситуаций.

### Особенности технологии сооружения

При строительстве как Шанхайского, так и Евразийского тоннелей использовался механизированный тоннелепроходческий комплекс (ТВМ) компании Herrenknecht. В обоих случаях применялись щиты с гидравлическим пригрузом забоя (Slurry/Mixshield machine). Средняя скорость проходки составляла от 8 (на начальном этапе) до 12 м в сутки. Таким образом, за сутки сооружалось от 4 до 6 колец. Внутренняя конструкция обоих тоннелей монтировалась параллельно с проходкой, но с отставанием примерно 1 км. При строительстве Шанхайского тоннеля



Рис. 5. Поперечное сечение и вид Евразийского тоннеля



Рис. 6. Поперечное сечение Шанхайского тоннеля

вначале завозили центральный сборный железобетонный элемент, через который в дальнейшем продолжали подавать блоки (сегменты) тоннельной обделки, одновременно монтировали верхний уровень внутренней конструкции. С отставанием примерно в 500 м монтировали вентиляционный отсек в своде тоннеля. Похожим образом ведут работы по монтажу внутренней конструкции для тоннеля Евразия.

### Механизированные тоннелепроходческие комплексы

Для проходки тоннелей в различных инженерно-геологических условиях немецкая компания Herrenknecht предлагает широкий спектр и размерный ряд механизированных тоннелепроходческих комплексов — МТПК (рис. 7). Среди них наибольший интерес представляют уникальные МТПК с активным пригрузом забоя для проходки тоннелей в обводненных неустойчивых грунтах на большой глубине. Именно такие ком-

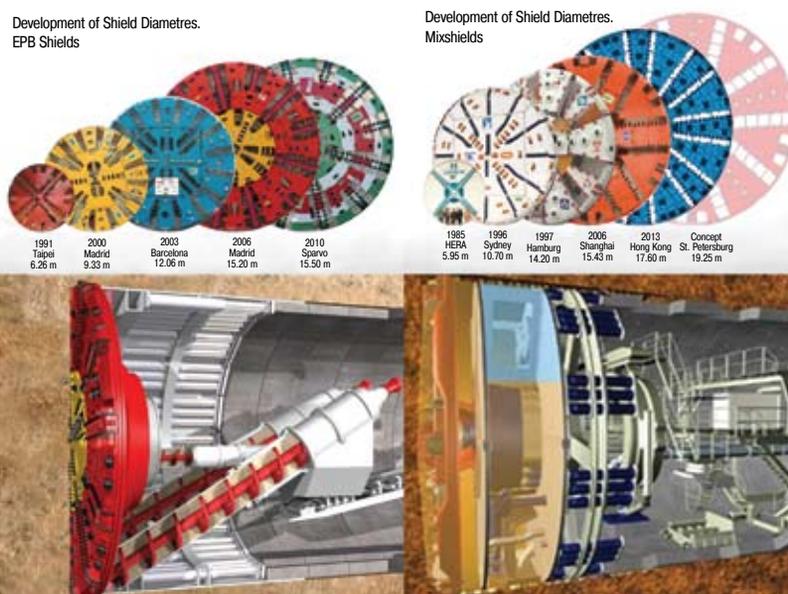


Рис. 7. Производственный ряд щитов с активным пригрузом забоя компании Herrenknecht

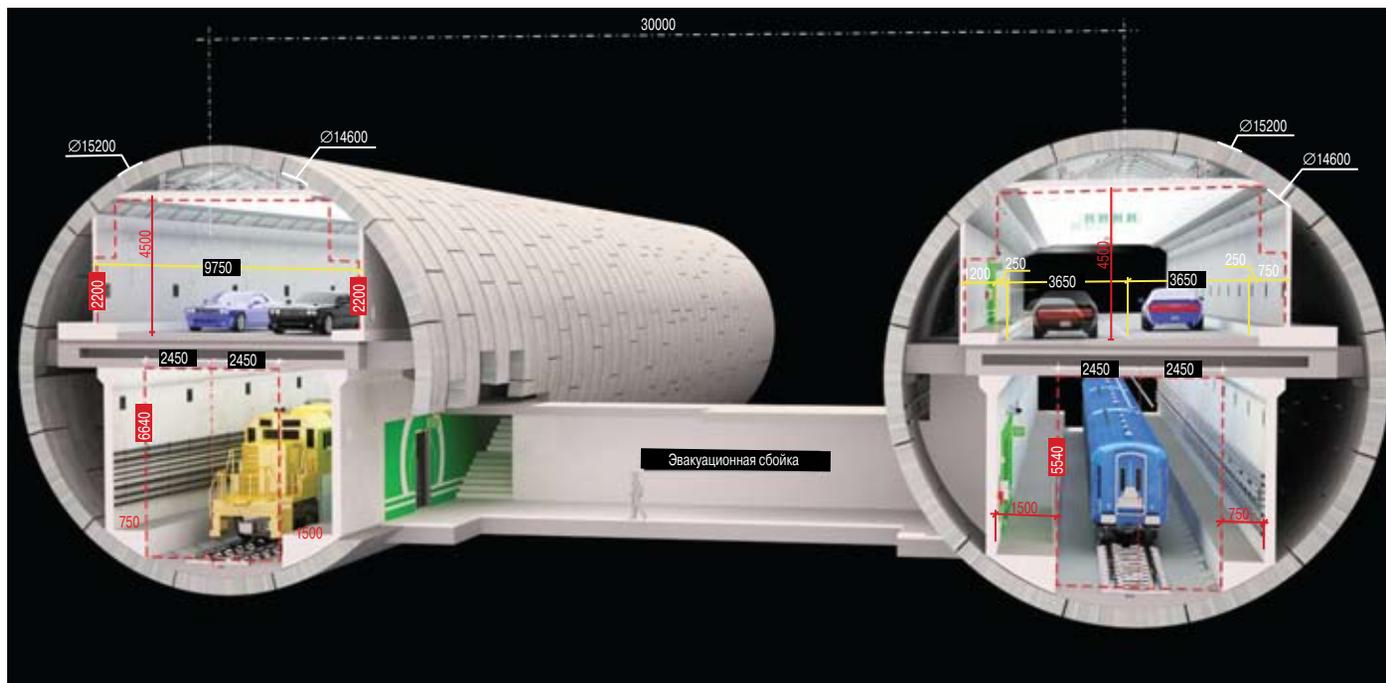


Рис. 8. Вариант строительства Керченского перехода

плексы и могут представлять интерес для сооружения тоннельного перехода под Керченским проливом. В этом спектре имеются МТПК с грунтопригрузом до 15,5 м в диаметре и с гидропригрузом (бentonитовым раствором) диаметром 17,65 м. Следует заметить, что компания Herrenknecht участвовала в качестве партнера в проекте Орловского тоннеля, для которого предложила уникальный по своим размерам и характеристикам МТПК диаметром 19,25 м. Этот запроектированный комплекс не нашел реализации только из-за приостановки проекта в связи с отсутствием финансирования.

Однако опыт проектирования этого комплекса пригодился при реализации проекта Евразийского тоннеля (рис. 8). Хотя последний обладает несколько меньшим диаметром, но находится в схожих инженерно-геологических условиях и расположен на большой глубине, где гидростатическое давление превышает 12 бар. МТПК не только имеет характеристики, позволяющие выдерживать такое давление, но и способен осуществлять замену породорезущего инструмента (дисковых шарошек, резцов) без выхода в кессон, что коренным образом уменьшает риски при работе.

## Выводы и предложения

Имеющийся огромный мировой опыт строительства и эксплуатации подводных автодорожных и железнодорожных тоннелей большой протяженности и большого диаметра в сложнейших инженерно-геологических условиях показывает не только техническую возможность реализации таких проектов, но и их технико-экономическую эффективность, надежность и долговечность в сравнении с мостовыми переходами. Несмотря на значительный мировой опыт сооружения подводных тоннелей методом погружных секций, в сложных инженерно-геологических условиях, в зонах сейсмической активностью на сегодняшний день чаще

отдают предпочтение щитовому методу с использованием высокопроизводительных тоннелепроходческих комплексов, как наиболее безопасному, надежному и эффективному методу. В нашей стране уже накоплен опыт строительства и эксплуатации тоннелей большого диаметра, пройденных щитовым методом (правда, не под водными преградами) и имеется хороший опыт проектирования, в том числе тоннелей под водными преградами, например проект Орловского тоннеля диаметром 19,3 м. Автор возвращает коллег и читателей к своему предложению по реализации Керченского перехода (см. журнал «Подземные горизонты» №1, стр. 48–51) и приводит один из ранее предложенных вариантов (рис. 8).

## Послесловие

В последнее время вновь активизировались выступления коллег в пользу тоннельного перехода через Керченский пролив. Особенно радуют высказывания некоторых мостовиков о преимуществах тоннельного перехода, опубликованных в этом номере журнала. Правда, их взгляд несколько односторонний, по их мнению, конкурентным является лишь тоннельный вариант, сооружаемый методом погружных секций (термин мостовиков: «погружной тоннель»). Это мы уже проходили на примере Орловского тоннеля.

Авторы, с одной стороны, отмечают отсутствие в России опыта сооружения тоннелей таким методом (а он есть, хотя и незначительный, — Канонерский тоннель в Санкт-Петербурге) и необходимого для этого специализированного оборудования, а, с другой стороны, описывают преимущества реализации проекта с применением данной технологии без учета особенностей илистых грунтов, погодных условий, судоходства, экологических требований, археологических изысканий и, наконец, сейсмичности района строительства.

# 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

Генеральный  
информационный  
партнер

АВТОМОБИЛЬНЫЕ  
ДОРОГИ

При поддержке



Генеральный  
информационный  
партнер

Транспорт России

Информационный  
партнер



При поддержке



**27-29 АПРЕЛЯ 2015**

Москва, ВВЦ, Павильон 75

ОРГАНИЗАТОР

**РЕСТЭК•БРУКС**

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





Наталья ЕРЕМЕНКО,  
заместитель  
генерального директора  
ЗАО «Спец СМУ «ЭнергоЛайн»

*Несмотря на последние достижения науки и техники, подземное строительство продолжает оставаться сферой, в определенной степени непредсказуемой и высокорисковой. Даже проведенные самым тщательным образом инженерно-геологические изыскания (что уж тут говорить о допускаемых в ходе проведения таких работ ошибках!) подчас не являются гарантией от неожиданностей — свидетельством тому проблемы, возникшие в этом году с проходкой тоннеля Фрунзенского радиуса Петербургского метрополитена.*



**ЗАО «Спец СМУ «ЭнергоЛайн»**  
198323, г. Санкт-Петербург,  
пос. Горелово,  
Заречная ул., д. 20  
Тел.: (812) 404-94-91  
404-94-90  
E-mail: m776@mail.ru  
energoline@list.ru  
www.energoline-spb.ru

## НАДЕЖНАЯ БРОНЯ ДЛЯ «НАДЕЖДЫ», ИЛИ ЛЕКАРСТВО ОТ ИЗНОСА



Уникальный тоннелепроходческий механизированный комплекс (ТПМК) «Надежда» диаметром 10,3 м попал в зону чрезвычайно сложных грунтов, насыщенную огромными валунами, и резко снизил скорость суточной проходки — с 15 до 6 м. Как оказалось, крупногабаритные гранитные камни вызвали повышенные нагрузки на элементы режущего органа ТПМК, в результате чего последние стали деформироваться и истираться. Один за другим стали выходить из строя резцы, а за ними и резцедержатели — сработал своеобразный «эффект домино». Во избежание более серьезных повреждений «Надежды» в середине июля генподрядчику — ОАО «Метрострой» — пришлось останавливать проходку.

— Мы должны были выбрать вариант быстрого, но эффективного ремонта, — отмечает заместитель начальника ОАО «Метрострой» ПТО Сергей Коновалов. — И среди прочих экстренных мер было решено использовать твердосплавные элементы

TungStuds, которые прежде были известны нам по оборудованию для горизонтально-направленного бурения.

Таким образом, в число участников операции по «реанимации» комплекса вошло петербургское ЗАО «Спец СМУ «ЭнергоЛайн», являющееся официальным дилером производителей TungStuds — немецкой компании BETEK GmbH & Co.

Но прежде чем остановиться на подробностях ремонтных работ, следует сказать несколько слов о самих элементах. Эти «нашлепки» (так их называют в профессиональной среде) имеют сердцевину из твердого сплава (карбид вольфрама и кобальта), благодаря чему надежно защищают рабочие поверхности режущего оборудования от абразивного износа. Уникальность сплава состоит в наиболее эффективном использовании лучших свойств вышеназванных «ингредиентов». Как известно, карбид вольфрама является одним из самых твердых в мире материалов. Достаточно сказать, что

этот сплав в четыре раза тверже титана. Но при этом он обладает одним существенным недостатком — хрупкостью.

Соединение карбида вольфрама (70%) и мягкого кобальта (30%) позволяет приобрести материалу такие важные характеристики, как вязкость и устойчивость к экстремальным ударным нагрузкам. В результате показатель относительной твердости запатентованного сплава по шкале Мооса равна 9, что на один пункт уступает только алмазу. Твердость TungStuds по шкале Роквелла достигает отметки 87, предельное давление на твердый сплав до разрушения ТС — 170 Мпа. По шкале твердости пород Протодяконова материал сохраняет свои свойства до коэффициента 15 (крепкие гранитные породы).

Словом, у Метростроя при выборе защиты для режущего органа ТПКМ были самые веские основания остановиться именно на варианте с TungStuds.

Однако применение инноваций — это всегда риск. Как поведет себя новый материал при установке в непростых подземных условиях, да еще при весьма жестких сроках, отведенных на ремонт?

Рассказывает заместитель генерального директора ЗАО «Спец СМУ «ЭнергоЛайн» Наталья Еременко: «Объем работ был достаточно большим — для усиления ротора проходческого щита на площади 90 кв. м с помощью специального сварочного аппарата было установлено 13 тыс. породоразрушающих элементов TungStuds. Причем в условиях стесненности и предельно сжатых сроков. Однако работа на немецком оборудовании позволяет осуществлять приварку одного элемента всего лишь за 0,8 секунды. Сплав практически моментально садится в ванну из расплавленной легированной стали, в которой при этом не создаются напряжения, поэтому ей не требуется дальнейшая термическая обработка. Наличие высокопрофессиональных кадров позволило нам успешно справиться с поставленной задачей. Таким образом, на щите «Надежда» был создан буфер, значительно уменьшающий



прямой контакт его дорогостоящих износных материалов с породой, теми же огромными валунами, которые прежде оказывали на них столь разрушающее воздействие».

— Специалисты «Спец СМУ «ЭнергоЛайн» выполнили свою работу даже быстрее, чем мы ожидали, — отмечает Сергей Коновалов. — А судя по скорости проходки в сентябре (она достигает 16 м в сутки), установленные элементы вполне достойно выполняют свои защитные функции. Но окончательные выводы об эффективности TungStuds мы сможем сделать после окончания проходки в следующем году.

Впрочем, в «ЭнергоЛайне» практически не сомневаются в окончательном успехе. Специалисты компании обладают немалым опытом работы в сфере защиты различного оборудования от абразивного износа в самых сложных условиях проведения подземных работ. Но прежде чем выносить технологию на «широкий суд публики», компания досконально изучила ее на собственном буровом оборудовании (ЗАО «Спец СМУ «ЭнергоЛайн» активно работает в сфере

горизонтально-направленного бурения). Испытания прошли успешно, что и побудило организовать участок по изготовлению, ремонту и защите бурового инструмента. А защищать есть что — шнеки, ковши экскаваторов, грейферы, коннекторы для буронабивных свай, породоразрушающие гидроразрыватели, расширители и др.

Об эффективности данного «лекарства от износа», практически на порядок продлевающего срок службы дорогостоящих механизмов, говорит тот факт, что предприятия, хотя бы раз воспользовавшиеся услугами компании «Спец СМУ «ЭнергоЛайн» (а в их числе такие, как ООО «БЕСТ», ООО «ГНБ-Лидер», ООО «СК Горизонталь», ООО «Градисс», ООО «Геоизол», ООО «СМУ-22», ООО «Стройкомтехнология», ООО «ВЭСТ», ООО «Петербургская буровая компания», ООО «Росстрой», ООО «Илосос-Сервис»), стали ее постоянными клиентами. И список заказчиков будет непременно пополняться — успешная практика применения твердосплавных элементов TungStuds тому порукой.





Генеральный директор  
ООО «Технопрок» Владимир КАЛИНИН

**В этом году компании «Технопрок» (г. Новочеркасск, Ростовская область) исполнилось 10 лет. За это время небольшой производственный участок превратился в современное высокотехнологичное предприятие по выпуску и ремонту бурового оборудования и инструмента для ГНБ, способное успешно конкурировать с ведущими мировыми производителями.**



**ООО «Технопрок»  
346400, Ростовская область,  
г. Новочеркасск,  
Баклановский пр-т, 119в  
Тел.: 8 (800) 555-45-74  
+7 (938) 120-0184  
E-mail: info@tehnoprok.com  
www.tehnoprok.com**

## ВЫСШИЙ ПИЛОТАЖ ОТ «ТЕХНОПРОКА»



Режущо-уплотняющий расширитель «Компакт» (д.у. 1200 мм, масса 925 кг)

Основатель компании Владимир Калинин прежде заведовал лабораторией бурового инструмента и оборудования Южно-Российского государственного технического университета (ЮРГТУ, ныне ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова), часто бывал в научных командировках по стране и прекрасно разбирался в отраслевых проблемах. Конкретным направлением развития, а именно ГНБ, Владимир Вадимович вместе с соратниками по научной работе занялся уже по просьбе ростовских специалистов из компаний «Донской Алюминий» и «Союз-ДонСтрой». Так все и закрутилось...

— Широкая востребованность нашего инструмента базируется на нескольких причинах, — отмечает Калинин. — Во-первых, многие буровые компании сотрудничают с нами из-за необоснованной дороговизны инструмента, поставляемого из США и Европы. Мы же можем предложить им привлекательные цены, отличное качество и короткие сроки поставки.

«Технопрок» также отличает наличие высококвалифицированного инженерного и рабочего персонала и солидной производственной базы — станков с ЧПУ, прессов, оборудования для плазменной резки металла, защиты инструмента от абразивного износа (по технологии TungStuds) и т. д. Располагая техническими возможностями для нарезки всех видов резьбы, специалисты компании могут изготовить инструмент практически

для любой машины ГНБ. Наибольшей популярностью у потребителей пользуются такие виды продукции, как режущо-уплотняющие расширители (диаметром 160–1800 мм) Compact, Kodiak, «Морковка», «Рино» и «Бочка», лопастные и скальные расширители, встроенные и навесные вертлюги, пилотные штанги с боковой загрузкой зонда, буровые головы и лопастки, установки по смешиванию бентонита от 3 до 15 кубов, стартовые штанги. При этом в компании смело берутся за изготовление нестандартной продукции.

В целом же «Технопрок» позиционирует себя в качестве конструкторско-производственной структуры.

— Наши инженеры-технологи являются истинными профессионалами своего дела, — подчеркивает Станислав Рычков, коммерческий директор компании. — Их работа — это своего рода высший пилотаж. Все свои проекты они реализуют исключительно с помощью таких программ, как «КОМПАС» и AutoCAD, а расчеты документально обосновывают с помощью сотрудников кафедры сопромата ЮРГПУ. Должным образом подготовлен и рабочий персонал, умеющий четко реализовывать все конструкторские задумки. Ни один миллиметр с чертежа не ускользнет от их внимания!

Рассказывая о «Технопроке», нельзя обойти стороной и стабильность кадрового состава компании, наблюдающуюся в течение шести последних лет. А ведь работа здесь, как говорится, далеко «не сахар». Да, сравнительно



Шарошечный скальный расширитель-трансформер



Режуще-уплотняющие расширители «Кодиак» с твердосплавными элементами TungStuds



Буровые головы со сменными режцами



Лопастной режущий расширитель



Смесительная установка

но высокий уровень оплаты труда позволяет тщательно фильтровать список претендентов. Но и спрос — соответствующий. Ведь буровики принадлежат к той категории заказчиков, которым все и всегда требуется «еще вчера». В связи с широкой географией поставок (вся территория России плюс страны СНГ) и, как следствие, разницей в часовых поясах, сотрудники «Технопрока» принимают заказы и консультирует в любое время дня и ночи. Не редкость и работа по выходным дням — здесь прекрасно понимают, к каким последствиям может привести отсутствие того или иного инструмента на объекте ГНБ.

Словом, к срокам поставки продукции в компании относятся чрезвычайно серьезно. И если уже на этапе переговоров становится ясно, что в предлагаемые клиентом временные рамки уложиться невозможно, то сразу же отказываются от заказа, каким бы выгодным он ни был. «Мы не даем нерезальных обещаний», — отмечают в компании. При этом работают предельно оперативно — средний срок выполнения заказа на стандартную продукцию не превышает 3–7 дней.

В целом в «Технопроке» выделяют семь своих преимуществ, которые привлекают клиентов:

1. Огромный потенциал.
2. Оптимальные цены.

3. Большое количество способов оплаты.
4. Широкие технические возможности.
5. 100%-й результат.
6. Выполнение срочных заказов.
7. Изготовление нестандартных изделий.

В компании активно занимаются внедрением передовых технологий, разработкой новых видов продукции. В частности, широким спросом у потребителей пользуются режуще-уплотняющие расширители «Компакт» из наборных колец с тремя спиральными продольными ложбинами для вывода шлама. Наружная поверхность всех колец оснащена системой защиты от абразивного износа TungStuds.

Столь же надежным образом защищены и режуще-уплотняющие расширители «Кодиак» (с ложбинами эвольвентной формы, благодаря чему шлам при вращении запрессовывается в стенки скважины) и «Морковка» (из гнутой листовой стали, заполняется бентонитом).

Лопастные режущие расширители (д.у. 300–1800 мм) предназначены для работы в мягких грунтах. Проблему отклонения от направления скважины расширителями большого диаметра в «Технопроке» решили установкой на периферийной части изделия сегментных центраторов, которые не создают дополнительных нагрузок, обе-

спечивая при этом стабильное движение бурового инструмента.

Следует также отметить сборно-разборный шарошечный скальный расширитель. В комплект входят: вал, три шарошечных диска разного диаметра, центратор заходной части, распорная втулка для работы с одним диском, прижимная втулка, ключ.

Преимущество данной конструкции:

- предлагается один расширитель вместо трех. Это позволяет достичь существенной экономии средств, увеличив тем самым рентабельность прокола;
- ремонтпригодность. Достаточно заменить изношенную «лапу» шарошки, либо шарошечный диск целиком;
- взаимозаменяемость, что позволяет варьировать разные диаметры расширителя на одном валу.

Возможно изготовление расширителя от д.у. 300 до д.у. 1000 на одном валу.

В ассортиментный перечень «Технопрока» также входят встроенные и накидные вертлюги (от 5 до 250 тонн), пилотные штанги с боковой загрузкой зонда, буровые головы со сменными режцами, коннекторы (шпиндели) и т. д.

— Использование инновационных технологий XXI века, постоянное расширение ассортимента — весомые слагаемые успеха, — констатирует Рычков. — С нами все активнее сотрудничают торговые организации, которые прежде занимались реализацией китайской продукции. Теперь им не приходится краснеть из-за низкого качества перед клиентами, которые при этом все чаще отдают предпочтение нашей продукции, нежели, к примеру, американской — она значительно дешевле, да и сроки поставки короче (причем в разы!) — данный фактор порой даже важнее, чем цена. В итоге темпы роста объемов производства «Технопрока» ежегодно составляют около 20%. И на достигнутом останавливаться не собираемся!



# ЮБИЛЕЙНЫЙ ЕЖЕГОДНЫЙ СЕМИНАР ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ИТР В ОБЛАСТИ ГНБ

**2-7 ФЕВРАЛЯ 2015 ГОДА**  
КАЗАНЬ, САНАТОРИЙ "ВАСИЛЬЕВСКИЙ"

- ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ ЗАПАСОВ НЕФТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ ГНБ;
- ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО СТАНДАРТА "ОПЕРАТОР КОМПЛЕКСА ГНБ";
- ПРЕЗЕНТАЦИЯ НОВЕЙШЕЙ ЛОКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ;
- ДЕМОНСТРАЦИЯ ПНЕВМОИНСТРУМЕНТА ДЛЯ РАБОТЫ В СКАЛЬНЫХ ГРУНТАХ.



# РЫНОК ГНБ: ЦЕНЫ, НОРМЫ И... ОПТИМИЗМ

*Прежде чем предоставить слово участникам заочного круглого стола «Российский рынок горизонтального направленного бурения: проблемы и перспективы», необходимо сделать небольшое редакционное пояснение. В процессе подготовки мы получили активную поддержку целого ряда специализированных компаний, выраженную в готовности обсуждать включенные в повестку дня вопросы. И до последнего момента ждали обещанных ответов, однако так и не получили их. Остается только надеяться, что данные «обещалки» хотя бы в своей основной деятельности придерживаются взятых на себя обязательств. При этом отдельные «честь и хвала» тем, кто все же нашел время откликнуться на наше приглашение.*



**Увеличивается ли в последнее время объем заказов на проведение работ по технологии ГНБ? Какие факторы, в первую очередь, влияют на степень востребованности этих услуг?**

#### **А.И. Брейдбурд:**

— В настоящее время для предприятий, работающих в сфере бестраншейного строительства подземных коммуникаций, наступили не самые простые времена.

Прежде всего, сказывается конкуренция на получение заказов во всех сегментах рынка ГНБ, а также ее резкое усиление между предприятиями, эксплуатирующими комплексы ГНБ класса «мини» и «миди». Все это формирует ряд негативных тенденций, характерных для современного этапа функционирования российского рынка ГНБ.

Это происходит на фоне усиления диктата заказчика в ценообразовании наших работ, приводящего к вынужденному демпингу цен на эти работы со стороны предприятий, эксплуатирующих технику ГНБ. Следствием этого является существенное снижение цен и рост количества фактов выполнения работы ниже себестоимости или в районе ее предельно минимальных значений.

В сегменте комплексов ГНБ класса «макси» и «мега» происходит дальнейшая сверхконцентрация заказов на переходы

большой длины и большого диаметра. Это, к сожалению, приводит к формированию узкого, фиксированного круга генеральных подрядчиков строительства линейной части трубопроводов и нефтегазотранспортных систем и, как следствие, еще более узкого круга предприятий-подрядчиков ГНБ.

Таков, в общих чертах, весьма неоднозначный для дальнейшего динамичного развития наших предприятий объективно сложившийся фон, в условиях которого мы в настоящее время работаем.

#### **Л.Р. Усманова:**

— Ситуацию, которая сложилась на сегодняшний день в отрасли ГНБ, нельзя назвать благоприятной, объемы работ уменьшаются. На это влияют общая ситуация на строительном рынке, ценовой демпинг, допуск к подземным работам непрофессионалов (в том числе фирм-однодневок, не являющихся членами СРО) и отсутствие утвержденных строительных расценок.

Однако, в связи с застроенностью городов и развитием их инфраструктуры, прокладка коммуникаций методом ГНБ становится все более актуальной. Не всегда представляется возможным и экономически целесообразным прокладывать коммуникации открытым способом. Технология ГНБ открывает широкие горизонты для подземной прокладки новых коммуникаций, замены существующих и др. Благодаря этим факторам можно говорить о популярности и растущей востребованности данного метода в долгосрочной перспективе.



**А.И. БРЕЙДБУРД,**  
президент Международной ассоциации специалистов горизонтального направленного бурения (МАС ГНБ), генеральный директор ООО «Нефтегазспецстрой»/ГК «ЮНИРУС»



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

Подготовил  
Валерий ЧЕКАЛИН



**С. А. РЫЧКОВ,**  
коммерческий директор  
ООО «Технопрок»



**Л.Р. УСМАНОВА,**  
генеральный директор  
ГК FORWARD



**И.А. ШЕЛКОВ,**  
заместитель генерального  
директора по производству –  
главный инженер  
ООО «СП ВИС-МОС»

#### **И.А. Шелков:**

— Наша компания была первопроходцем по внедрению технологии ГНБ на территории России в 1994 году, поэтому мы можем оценить рынок, так сказать, из первых рук. Для себя мы отмечаем, что объем заказов на проведение работ по данной технологии в последнее время постоянно увеличивается.

Мы в основном специализируемся на строительстве трубопроводных переходов повышенного уровня сложности в нефтегазовом секторе (их доля в нашем портфеле заказов достигает 60%) и видим, что растет спрос на углеводороды во всех отраслях народного хозяйства, что, безусловно, приводит к развитию нефтегазовой отрасли.

Для транспортировки углеводородов необходимо развитие соответствующей инфраструктуры, а самым подходящим видом транспорта является как раз трубопроводный.

Если говорить об использовании технологии ГНБ в нефтегазовом секторе, то, как известно, 70–80-е годы XX века были временем экстенсивного развития нефтегазового хозяйства в СССР, когда было построено большое количество переходов различного назначения, в том числе магистральные нефте- и газопроводы открытым траншейным способом. Они в настоящее время вырабатывают свой ресурс и требуют замены.

#### **А.С. Кириллов:**

— Объем заказов на проведение работ по технологии ГНБ в 2014 году снизился. В отрасли чувствуется кризис, связанный с тем, что в начале года долгое время не менялся порядок проведения тендеров в соответствии с требованиями 44-ФЗ. Несмотря на это, повышается роль факторов, влияющих на востребованность услуг ГНБ. К примеру, в крупных городах запрещена прокладка коммуникаций траншейным способом, растет потребность в реконструкции старых коммуникаций.



**Каковы основные технические проблемы, с которыми сталкиваются компании, занимающиеся ГНБ?**

#### **Л.Р. Усманова:**

— К основным техническим трудностям можно отнести отсутствие геологических изысканий, остатки прежних коммуникаций, не зафиксированных в данных геодезической съемки и плане, а также существующие коммуникации, не отраженные в плане либо указанные неверно.

#### **А.И. Брейдбурд:**

— Прокладка подземных инженерных коммуникаций методом ГНБ связана с рисками возникновения технологических и экологических проблем, непредвиденных и аварийных ситуаций, которые, в свою очередь, могут привести к нежелательным техногенным последствиям, сорвать плановые сроки сдачи объектов, вызвать удорожание строительства или сделать его экономически нерентабельным.

Для снижения этих рисков необходимо первоочередное высокопрофессиональное решение следующих задач (в соответствии с СТО НОСТРОЙ 2.27.17-2011 «Прокладка подземных инженерных коммуникаций методом горизонтального направленного бурения»):

1. Обеспечение наличия достоверной инженерно-геологической и гидрогеологической информации, ее правильный учет.
2. Построение на стадии проектирования оптимальной трассы бурения, включая углы входа и выхода, радиусы изгиба, заглубление, длины участков и др.
3. Применение надежного оборудования и технологии, соответствующей инженерно-геологическим условиям.
4. Использование эффективных буровых растворов в объемах, достаточных для пилотного бурения, расширения скважины и протягивания трубопровода.
5. Использование надежных методов и технических средств контроля при бурении, расширении и протягивании трубопровода.
6. Обеспечение непрерывности технологических этапов между пилотным бурением, последовательным расширением бурового канала и протягиванием трубопровода.
7. Обеспечение допуска к проведению работ только высококвалифицированного персонала, прошедшего специальное обучение.

Неукоснительное выполнение вышеперечисленного минимального набора требований позволит устранить многие технические и технологические проблемы, возникающие в процессе выполнения работ методом ГНБ.

#### **А.С. Кириллов:**

— Главная техническая проблема — отсутствие единой обязательной базы для прокладки подземных коммуникаций (точная глубина залегания). Зачастую несовпадение схем исполнительной документации и реальных схем прохождения приводит к серьезным авариям. В итоге страдают как непосредственные исполнители работ, так и случайные свидетели ЧП.

#### **И.А. Шелков:**

— Любая российская компания, работающая на российском рынке ГНБ, независимо

от своего размера и объема работ, сталкивается с целым рядом проблем как технического, так и технологического плана. Проблемы технического характера, состоящие в наличии качественных ремонтнопригодных буровых комплексов, снизили свою остроту, особенно в последние годы. Российский рынок буровых машин и запчастей получил динамичное развитие, и основной вопрос, с которым приходится сталкиваться нашим специалистам по ремонту оборудования, – сроки поставки ключевых ходовых запчастей. В своей работе мы, в частности, используем импортное немецкое оборудование, срок поставки деталей к нему составляет около месяца, что достаточно долго в условиях непрерывного производственного процесса на буровой.

Если говорить о технологических проблемах, то одной из основных здесь традиционно являются недостаточные объемы предварительных инженерных изысканий для ГНБ. Кроме того, в ряде случаев имеет место низкое качество проектирования. Заказчики используют различную нормативную базу, что, зачастую может существенно увеличивать сроки и стоимость проектирования

#### **С. А. Рычков:**

— Технические проблемы, с которыми в первую очередь сталкиваются компании, работающие в сфере ГНБ, связаны с недостатком достоверной информации о состоянии подземного пространства. На качестве и сроках работ также сказываются техническая неподготовленность (когда на объекте не оказывается в достаточном объеме необходимого инструмента и оборудования), неправильный выбор типа промывочной жидкости и, конечно же, низкая квалификация технического персонала.

Отдельно хочется сказать об инструменте для ГНБ, поставляемом из Китая, США и прибалтийских стран.

Здесь, на наш взгляд, существуют две проблемы.

Первая. Когда низкая цена инструмента соответствует его низкому качеству. И здесь все вроде бы справедливо: сколько заплатил, на столько и получил. Но проблема остается проблемой! Мягкая сталь, некачественные сварочные швы, плохое качество твердого сплава и загрязненность внутренней полости расширителей не соответствуют сложным и ответственным работам ГНБ и зачастую приводят, в лучшем случае, к простоям работы, а в худшем — к серьезным авариям.

Вторая. Когда стоимость инструмента, поставляемого из США, складывается не только из отпускной стоимости производителя, но и из стоимости доставки, налогов, таможенных пошлин и сборов, а также существен-



ной наценки торгующих организаций (от 40 до 100%). Данная цена является обоснованной только в случае отсутствия производства аналогичной продукции в нашей стране. Но при наличии в России заводов по выпуску инструмента, ничем по своему качеству не уступающему импортному, считаем закупки данного инструмента в вышеперечисленных странах не чем иным, как необоснованным выводом за границу денежных средств, наносящим существенный урон российской экономике!

Основным преимуществом сотрудничества с российскими производителями является повышение рентабельности работ в сфере ГНБ, достигаемое за счет снижения затрат на инструмент и оборудование. Наличие у компании качественного инструмента предоставляет возможность браться за более сложные объекты, повышает ее шансы на победу в тендерах.



**Ощутили ли вы в своей работе изменение требований к проведению работ по технологии ГНБ (увеличение количества согласований и разрешений, ужесточение экологических норм и др.)?**

#### **Л.Р. Усанова:**

— В связи с тем, что технология ГНБ становится все более востребованной и популярной, соответственно увеличивается и количество нормативных и ведомственных документов. Структурируется форма подачи

и предоставления нормативной документации, регламентируются разрешительные документы. Все это приводит к повышению качества работ и исключению случайных рисков.

Считаю вышеуказанные изменения действенными и эффективными, направленными на защиту рынка от целого ряда появившихся в последнее время компаний, ставящих под удар имидж отрасли ГНБ в целом. Непрофессиональный подход приводит к многочисленным авариям и, как следствие, негативному отношению к производству строительных работ бестраншейными методами.

При этом негативные моменты проявляются в том, что экологические требования, необходимость согласований и разрешений, ужесточение требований ПДД (перевоз крупногабаритной техники, введение ограничений по весу), массовая застройка в стесненных городских условиях приводят к затягиванию сроков получения допусков на проведение работ, а впоследствии к сжатым срокам строительства, необходимости проведения работ в ночное время.

#### **А.И. Брейдбурд:**

— На современном этапе в бестраншейном строительстве по технологии ГНБ сложились устойчивые требования к проведению этих работ как со стороны контролирующих органов, так и заказчиков. С нашей точки зрения, оптимальное соответствие этим требованиям обеспечивает необходимую технологическую и экологическую безопасность их проведения. Существенного увеличения количества согласований и разрешений на производство работ по



технологии ГНБ в последние годы нами не обнаружено.

**А.С. Кириллов:**

— Каждый год требования к проведению работ ужесточаются, необходимо все больше документов и согласований.

**И.А. Шелков:**

— Да, это заметно. Мы постоянно наблюдаем увеличение нагрузки на подрядчиков ГНБ со стороны всевозможных инспектирующих органов. Если в начале 1990-х годов технология ГНБ страдала от отсутствия нормативной базы, то сейчас все более ощутим пресс ограничительных нормативных документов, вплоть до создания надуманных «опасностей» со стороны технологии ГНБ. Каждый крупный заказчик в нефтегазовой отрасли создает свою нормативную базу, не оглядываясь на остальные компании на рынке.



**Приведите пример реализации наиболее сложного проекта ГНБ с участием вашей компании. С какой основной проблемой пришлось при этом столкнуться?**

**Л.Р. Усманова:**

— В июле 2013 года наша компания приступила к реализации сложного и вместе с тем весьма интересного проекта. Заказчиком работ по реконструкции электрических сетей для объектов зимней Олимпиады-2014 в Сочи выступило ОАО «КубаньЭнерго». Строительство кабельных каналов (футляров) под высоковольтные линии свыше 1000 кВт

(пучок из 6 труб (160, 225 мм) общим диаметром до 700 мм отрезками по 100–300 м) было выполнено в полном объеме и в срок.

Трудности возникли с обустройством пилотных скважин в сложных грунтах 4-й категории, ввиду смешанности различных пород песка, галечника и крупных валунов (до 1500 мм) с пластами аргиллита и мергеля. Серьезной проблемой также стал износ породоразрушающего инструмента, который требовал постоянного ремонта и восстановления.

**А.С. Кириллов:**

— Наиболее сложный проект — прокладка подземных электросетей на остров в Новгородской области одним проколом протяженностью более 700 м. Сложность — недобросовестность заказчика, пришлось получить деньги через суд.

**И.А. Шелков:**

— В истории нашей компании можно найти огромное количество успешно выполненных сложнейших и ответственных переходов, многие из которых не имеют аналогов ни в России, ни в мире («Голубой поток», «Северный поток», газопровод «Джубга — Лазаревское — Сочи», переходы за Полярным кругом, в рамках освоения Ванкорского нефтегазового месторождения и др.). Каждый переход неповторим и имеет уникальный набор сопутствующих трудностей.

Например, при строительстве газопровода на о. Русский под дном пролива Босфор Восточный в рамках проекта «Сахалин — Хабаровск — Владивосток» (2010–2011), а также при строительстве подводного перехода нефтепровода через р. Таз в рамках проекта «Заполярье — Пур-Пе» (2013–2014) одна из основных проблем была связана

с логистикой. Если на Дальнем Востоке присутствовала элементарная удаленность от европейской части России (что вызвало большие сложности с доставкой как персонала, так и бурового оборудования и запчастей), то для реки Таз эти же проблемы усугублялись суровыми климатическими условиями Заполярья. Например, в условиях Крайнего Севера и неразвитости инфраструктуры, завоз бурового оборудования летом мог осуществляться только по воде, а зимой — только с использованием зимников.

Надо отметить, что именно для технологии ГНБ, в силу непрерывности ее технологических процессов, характерно сверхоперативное разрешение всех возникающих технических вопросов. Соответственно, вышеназванные логистические проблемы приводили не только к удорожанию проекта, но и к огромным сложностям при организации оперативных поставок в случае необходимости дополнительных технических ресурсов.

**А.И. Брейдбурд:**

— В бестраншейном строительстве подземных коммуникаций по технологии ГНБ простых объектов не бывает.

Каждый переход по-своему уникален и, требует полной самоотдачи всех участников процесса строительства: от оператора комплекса ГНБ до генерального директора.

Основных же проблем, общих для всех объектов ГНБ, всего три:

1. Отсутствие федеральной системы ценообразования.
2. Отсутствие нормативно-технической документации федерального уровня, обязательной для применения.
3. Низкий уровень проектирования сложных и уникальных объектов ГНБ.



**Как часто вам приходится сталкиваться с недобросовестной конкуренцией? В какой мере некачественная работа фирм-однодневок сказывается на общем имидже отраслевого рынка?**

**И.А. Шелков:**

— Безусловно, на рынке сейчас существует проблема демпинга и недобросовестной конкуренции со стороны фирм-однодневок, но касается это в основном маленьких переходов небольшого диаметра. Для таких тяжеловесов, как наша компания, работающих в сегменте переходов повышенного уровня сложности, это не всегда является актуальным. Но и мы время от времени сталкиваемся с такими «горе-фирмами», которые, не имея соответствующего опыта, привлекают заказчика небольшой стоимостью услуг и рьяно берутся за выполнение сложных переходов, зачастую надеясь на авось. Часто потом их самонадеянность, неподкрепленная наличием соответствующей технической базы и высококлассных специалистов, выливается в то, что они «заваливают» переход, и заказчик в панике начинает срочно искать нового подрядчика. На протяжении своей 20-летней истории наша компания неоднократно переделывала, а зачастую просто заново строила такие переходы.

В целом можно сказать, что вмешательство фирм-однодневок в серьезный процесс взаимоотношений участников рынка ГНБ необоснованно сбивает цену, дезориентирует заказчика и в итоге приводит к дополнительным расходам с его стороны.

И что особенно важно — такие фирмы подрывают сам имидж метода ГНБ.

**Л.Р. Усманова:**

— Действительно, в последнее время появилось множество организаций, которые сбивают цены, нанимают дешевую рабочую силу, но в силу своей неопытности не выполняют работу. Приходится переделывать за них объекты, имидж ГНБ подрывается, заказчики в дальнейшем отказываются от использования этого метода.

Причины неудач могут быть разными, но в большинстве случаев они связаны с человеческим фактором. На первом месте стоит халатность, на втором — непрофессионализм.

**А.И. Брейдбурд:**

— Сталкиваться с недобросовестной конкуренцией нам приходится ежедневно. Современный российский рынок ГНБ, к нашему глубокому сожалению, характеризуется острой, зачастую нецивилизованной конкуренцией предприятий при получении того или иного заказа.

По мнению специалистов-практиков в области ГНБ, основной причиной этого является легкодоступность процесса вхождения в рынок его новых участников, отсутствие федеральной системы ценообразования данных работ и единых требований к профессиональной квалификации компаний.

**А.С. Кириллов:**

— Недобросовестная конкуренция — не самая острая проблема в этом бизнесе. Самая большая — это множество компаний-посредников, которые получают все «сливки» от тендеров и снижающие их «откаты».



**По мнению экспертов, одной из основных проблем сферы ГНБ в России является дефицит профессиональных кадров. Поделитесь опытом решения этой проблемы.**

**А.И. Брейдбурд:**

— Российский рынок ГНБ характеризуется большим количеством высококвалифицированных команд, работающих как в специализированных фирмах, так и в подразделениях, эксплуатирующих технику ГНБ в рамках крупных производственно-строительных компаний. Профессионализм определяется не формой организации направления ГНБ и не видом компаний, а профессиональной подготовкой сотрудников на всех уровнях, а также качеством применяемой техники.

В нашей ассоциации разработана система подготовки и повышения квалификации специалистов всех уровней, осуществляющих эксплуатацию техники и технологии ГНБ. За годы работы в учебном центре МАС ГНБ прошли обучение и повышение квалификации более 3,5 тыс. операторов комплексов ГНБ и специалистов инженерно-технического персонала.

Очередной цикл учебных мероприятий по традиции пройдет в феврале 2015 года в санатории «Васильевский», расположенном в 20 км от города Казани.

Ежегодный учебный семинар операторов комплексов ГНБ состоится 2–7 февраля, а ежегодный семинар повышения квалификации ИТР в области ГНБ — с 9 по 14 февраля 2015 года. Учебный центр МАС ГНБ приглашает всех желающих принять в них участие.

**Л.Р. Усманова:**

— У нас профессиональная команда, есть костяк, на котором все держится. Высказывание «кадры решают все» — это о нашем предприятии. Только высокий профессионализм и преданность своему делу позволяют в самых сложных ситуациях находить оптимальные решения. С радостью принимаем в свой коллектив новых людей, обучаем их, к счастью, у нас все для этого есть.

**И.А. Шелков:**

— Если говорить о рынке профессиональных кадров ГНБ, то он конечно, в отличие от западных стран, еще находится в зачаточном состоянии. Практически нет учебных заведений, которые выпускали бы готовых специалистов в данной области, каждая крупная фирма по-своему выходит из ситуации. Поэтому еще 20 лет назад, когда в России вообще мало кто слышал о ГНБ, мы решили проблемы с персоналом для нашей компании следующим образом. Привлекаем для работы молодых людей, часто даже в период получения ими среднего специального или высшего образования, сразу же отправляем в командировки на буровые объекты, где они в качестве учеников и стажеров постепенно осваивают все тонкости профессии. У нас есть опытные инструкторы-наставники, работающие в компании с момента основания. Так постепенно и сформировался профессиональный костяк коллектива. Более того, все высшие руководители компании начинали свою карьеру исключительно с работы на буровых, многие перспективные рабочие и мастера за несколько лет превратились в опытных начальников буровых комплексов.

Тем не менее, мы стараемся, если предоставляется такая возможность, направлять своих работников на различные обучающие программы, в том числе и в Казань. В этой связи хочется поблагодарить руководство МАС ГНБ за прикладываемые огромные усилия по развитию профессионального обучения в сфере бестраншейных технологий.



**В какой мере соответствует современным реалиям нормативно-техническая база ГНБ?**

**А.И. Брейдбурд:**

— На сегодняшний день отсутствует нормативно-техническая база бестраншейного строительства подземных коммуникаций по технологии ГНБ обязательного применения.

С нашим участием разработан и введен в практику Стандарт национального объединения строителей СТО НОСТРОЙ 2.27.17-2011 «Прокладка подземных инженерных коммуникаций методом горизонтального направленного бурения». Продолжается разработка на его основе Межгосударственного свода правил (МСП) «Подземные инженерные коммуникации. Прокладка горизонтальным направленным бурением».

**Л.Р. Усманова:**

— Единой нормативно-технической документации в области подземного строительства нет. Существующие документы носят рекомендательный характер, а у всех заказчиков услуг ГНБ разные требования. Наиболее проработанные нормативно-технические требования есть у естественных монополий (РЖД, Газпром, Роснефть и др.).

**И.А. Шелков:**

С проблемой отсутствия единой нормативно-технической базы ГНБ сталкиваются все подрядчики по ГНБ. А что касается заказчиков, то, как правило, у самых крупных из них существует собственная нормативная база. В частности, ОАО «АК «Транснефть» обладает одной из самых развитых и плодотворных нормативных баз, хотя и она постоянно дорабатывается»



**Требуется ли изменений, на ваш взгляд, сложившаяся в нашей стране система ценообразования на услуги ГНБ?**

**Л.Р. Усманова:**

— Существующие на сегодняшний день методики ценообразования не полностью учитывают состав работ и затраты при использовании метода бестраншейной прокладки коммуникаций. Расценки не учитывают необходимое количество материалов (ввиду многообразия производителей), а также расход, стоимость, мощность оборудования, дополнительное оборудование, применяемое при ГНБ (поливомоечные машины для транспортировки воды, илососы для откачки бурового шлама, краны для раскручивания/закручивания штанг). В данной ситуации на помощь приходят ведомственные расценки, возможность их применения существенно помогает расценить работу.

**А.И. Брейдбурд:**

— Как мы уже отмечали выше, к нашему глубокому сожалению, единая федеральная система ценообразования бестраншейного

строительства по технологии ГНБ отсутствует.

Наша ассоциация совместно с коллегами из других профессиональных союзов и ассоциаций, объединяющих профессионалов подземного строительства, в течение последних 4–5 лет проводит постоянную целенаправленную работу по решению этих сложных задач, во многом определяющих будущую динамику развития нашей подотрасли строительного комплекса. С сожалением приходится констатировать тот факт, что, несмотря на проделанную колоссальную работу, кардинальных улучшений достигнуть не удалось, в дальнейшем предстоит еще много работы в этом направлении. Задача оказалась намного сложнее, чем нам казалось на начальном этапе, но, продолжая двигаться вперед, мы уверены в ее успешном решении в обозримой перспективе.

**И.А. Шелков:**

Мы постоянно сталкиваемся в своей работе с проблемой различных ценовых баз и расценок заказчиков. Если говорить о применяемом нами бестраншейном методе прессо-шнекового бурения, то часто расценки на него напоминают XIX век, когда при строительстве траншей в России использовали только лопаты и ничего не слышали о бестраншейных методах. Такую ситуацию надо менять



**В целом ряде мегаполисов мира запрещена прокладка коммуникаций траншейным способом. Насколько реально (целесообразно), с вашей точки зрения, введение подобного запрета (либо жестких ограничений) в Москве и Санкт-Петербурге?**

**Л.Р. Усманова:**

— В Европе до 95% работ по прокладке городских коммуникаций законодательство обязует проводить с использованием технологии ГНБ. В России эта технология применяется в 50–60% случаях.

Было бы правильным привести нормы градостроительства Российской Федерации в соответствие с требованиями международных стандартов. Введение ограничений при прокладке сетей и коммуникаций в городской среде в плане защиты ландшафта и сохранности зданий было бы полезным, причем я бы вела речь не только о Москве и Санкт-Петербурге. В России множество

прекрасных старинных городов с уникальной историей и архитектурой. Но, повторюсь, ограничений, но не запретов, так как не все работы можно выполнить методом ГНБ.

**А.И. Брейдбурд:**

— С нашей точки зрения, запрет на проведение работ по строительству подземных коммуникаций различного назначения на территории крупных городов по традиционным технологиям с внешней экскавацией грунта является чрезвычайно актуальным и целесообразным, особенно в исторической части этих территориальных образований. Однако в силу действия комплекса факторов субъективного характера его практическая реализация является, на наш взгляд, весьма проблематичной, во всяком случае в ближайшей перспективе.

**И.А. Шелков:**

— Любой общий запрет, в том числе и на прокладку коммуникаций открытым траншейным способом, явно вводится с большим запасом.

Есть обстоятельства, при которых данный вариант будет наиболее оптимальным. Другое дело, если мы говорим о том, что при проектировании в качестве приоритетного должен рассматриваться бестраншейный способ. И только если в силу тех или иных причин он проигрывает, в повестку дня должен включаться вопрос об использовании траншейного метода.



**Ваша оценка перспектив развития сферы ГНБ в нашей стране.**

**Л.Р. Усманова:**

— Несмотря на проблемы, отрасль ГНБ продолжает оставаться привлекательной. При общей, на первый взгляд, насыщенности предоставляемых услуг по ГНБ, мы понимаем, насколько огромны наши перспективы. В связи с развитием инфраструктуры необходимость бестраншейной прокладки будет только увеличиваться.

**И.А. Шелков:**

Мы уверены в хороших долгосрочных перспективах развития метода ГНБ в нашей стране и хотим пожелать нашим коллегам активно развивать рынок и выступать на нем достойными профессионалами.

**А.И. Брейдбурд:**

— Горизонтальное направленное бурение является хотя и важной, но всего лишь одной из множества компонент современного строительного комплекса. В связи с этим перспективы нашего развития находятся в сильной системной корреляции как с темпами и динамикой развития российского строительного комплекса в целом, так и с поступательным развитием основных отраслей заказчиков наших работ (транспорта нефти, газа и продуктов их переработки, электроэнергетики, связи, ЖКХ, промышленного и гражданского строительства).

Подземные строители — оптимисты, поэтому мы надеемся на дальнейшее динамичное развитие нашей сферы деятельности.

**FORWARD**  
ГРУППА КОМПАНИЙ



- Производство и продажа бурового оборудования FORWARD HDD
- Строительство инженерных сетей методом ГНБ
- Сервисное обслуживание, ремонт, диагностика установок ГНБ
- Обучение и консультирование

РФ, г. Казань, пр. Альберта Камалеева, д. 26/12  
(843) 590-25-25

[www.forward-hdd.ru](http://www.forward-hdd.ru)

# XI

## ЕЖЕГОДНЫЙ УЧЕБНЫЙ СЕМИНАР ОПЕРАТОРОВ КОМПЛЕКСОВ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО НАПРАВЛЕННОГО БУРЕНИЯ

**9-14 ФЕВРАЛЯ 2015 ГОДА**  
**КАЗАНЬ, САНАТОРИЙ "ВАСИЛЬЕВСКИЙ"**

- КУРС ОБУЧЕНИЯ НАЧИНАЮЩИХ ОПЕРАТОРОВ ГНБ С ИЗУЧЕНИЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ;
- ТЕОРИЯ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ЛОКАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ;
- ТЕОРИЯ ПРИМЕНЕНИЯ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ В ГНБ;
- ПРАКТИЧЕСКАЯ ДЕМОНСТРАЦИЯ БЕСТРАНШЕЙНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ТРУБОПРОВОДОВ МЕТОДОМ ГНБ С ПРИМЕНЕНИЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ РАБОТЫ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ.





Соорганизатор

Министерство транспорта  
Российской Федерации  
Минтранс России



## VIII Международный форум и выставка

4–6 декабря 2014 года  
Москва, Россия, Комплекс «Гостиный двор»



Генеральный партнер



ОАО «РЖД»

Генеральный банк



Генеральный спонсор



Генеральный спонсор



Совкомфлот

Спонсор



Спонсор



При поддержке



При поддержке



При поддержке



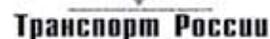
При поддержке



Генеральные информационные партнеры



Официальная газета



Организатор



реклама

+7 (495) 988-18-00

info@transweek.ru

www.transweek.ru

www.bd-event.ru

# ИНЖИНИРИНГОВАЯ КОМПАНИЯ МОСИНЖПРОЕКТ

Инженерное обеспечение  
инвестиционно-строительных проектов

Управляющая компания  
по строительству

**162 км путей** и  
**79 станций**  
московского метрополитена

Управляющая компания  
по строительству

**48 транспортно-  
пересадочных  
узлов** в системе  
московского метрополитена

Генеральный проектировщик  
реконструкции

**12 вылетных  
магистралей**  
Москвы

Управляющая компания  
реконструкции главной  
площадки чемпионата мира  
по футболу-2018 –

**стадиона  
«Лужники»**



Сверчков пер., д. 4/1, Москва, 101990,  
тел: (495) 225-19-40