Подземные горизонты

Underground Horizons

Сентябрь

№10

2016

www.techinform-press.ru

GEOIZOL
group of companies

SAINT-PETERSBURG PARKING PROJECTS

GEOIZOL underground parking project portfolio includes more than 10 technically and economically feasible projects.

12, Bolshaya Posadskaya St., St.Petersburg, Russia,
197046, Krümmelhaus Business Centre

www.geoizol.ru
+7 (812) 337-53-13

Уважаемые читатели!

Зададимся вопросом немного пафосным и даже чуть-чуть риторическим: «С чем выходит на Всемирную конференцию ACUUS Россия и, в частности, Северная столица?»

В Советском Союзе, претендовавшем на роль ведущей мировой державы, не прогнозировалась «повальная автомобилизация населения» с необходимостью адекватной, в том числе подземной, инфраструктуры (личный транспорт в «социалистические ценности» вообще не входил), однако при полном государственном финансировании достойно развивалось метростроение. На перспективу начали прорабатываться и концепции более комплексного освоения подземного пространства — например, в Ленинграде.

Как плановая экономика затрещала по швам и развалилась, даже толком не опробовав вроде бы логичный «третий» (по примеру Китая) путь, — это тема другого формата.

Четверть века свободного рынка — не такой уж большой срок, чтобы, начав с нуля, добиться выдающихся результатов, однако при современных темпах технологического развития, если за ними не успевать, за такое время легко оказаться далеко позади.

Сейчас можно вести речь о возрождении российского метростроения. Комплексное же освоение подземного пространства мегаполисов по-прежнему остается темой на грани фантастики. Есть идеи, есть специалисты, есть техника и технологии, но хронически нет денег и — что, возможно, еще важнее — нет административного ресурса с пониманием, что делать это необходимо.

В общеэкономическом контексте напрашивается вопрос и о неравномерности развития современной России. В чем-то были и остаемся (или снова стали) в числе мировых лидеров, а в чем-то отставание может казаться уже настолько серьезным, что чуть ли не плетемся в хвосте. Однако, как бы там ни было, огромный потенциал России отрицать или игнорировать — это неадекватно. «Наши могут».

Несмотря на сложную политическую конъюнктуру, проведение XV Всемирной конференции Объединения исследовательских центров подземного пространства мегаполисов (ACUUS) в Санкт-Петербурге и адекватно, и актуально. «Россия — страна возможностей». Также вспоминается старая русская поговорка: «Готовь сани летом». Нам, если начинает приходить понимание, пора изучать мировой опыт реальных полезных дел, а его носителям — делиться им и ради освоения нового рынка, и, в конце концов, ради общечеловеческого устойчивого развития.

С пожеланием перспектив и свершений,
Сергей Зубарев,
главный редактор журнала «Подземные горизонты»

Журнал «ПОДЗЕМНЫЕ ГОРИЗОНТЫ»

Официальный информационный партнер:

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

№10 сентябрь/2016

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

Учредитель **Регина Фомина**

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

Генеральный директор
Регина Фомина (info@techinform-press.ru)

Заместитель генерального директора
Ирина Дворниченко (pr@techinform-press.ru)

РЕДАКЦИЯ:

Главный редактор
Сергей Зубарев (redactor@techinform-press.ru)

Дизайнер, бильд-редактор
Лидия Шундалова (art@techinform-press.ru)

Руководитель службы информации
Илья Безручко (bezruchko@techinform-press.ru)

Перевод **Тамары Невлевой**

Корректор **Мила Дмитриева**

Руководитель отдела стратегических проектов
Людмила Алексеева (editor@techinform-press.ru)

Руководитель службы рекламы, маркетинга и выставочной деятельности
Нелля Кокина (roads@techinform-press.ru)

Руководитель отдела подписки и распространения
Нина Бочкова (public@techinform-press.ru)

Отдел маркетинга:

Наталья Гунина (mail@techinform-press.ru)

Ирина Голоухова (market@techinform-press.ru)

Полина Богданова (post@techinform-press.ru)

ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ:

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

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

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

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

С.В. Кидяев, генеральный директор АО «Объединение «ИНГЕОКОМ»»

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

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

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

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: 1921007, Санкт-Петербург,
ул. Тамбовская, д. 8, лит. Б, оф. 35
Тел./факс: (812) 490-47-65; (812) 905-94-36
office@techinform-press.ru
www.techinform-press.ru

Установочный тираж 8 тыс. экз. Цена свободная.
Подписано в печать: 06.09.2016
Заказ №

Отпечатано в типографии «Премиум-Пресс», ул. Оптиков, д. 4

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

Информационное сотрудничество: Интернет-портал undergroundexpert.info

Подписку на журнал можно оформить по телефону

(812) 490-47-65 и на сайте: www.techinform-press.ru

Содержание / Contents

Стр. 4–6
Р. 7–9

Стр. 10–11

Стр. 12–16

Стр. 18–19

Стр. 20–21

Экспертное мнение / Expert Opinion

4 Сергей Алпатов о состоянии подземного строительства в Петербурге

7 Sergey Alpatov tells about the state of underground construction in St. Petersburg

10 Владимир Григорьев о приоритетах и новой отраслевой схеме
Vladimir Grigorjev about the priorities and new branch scheme

12 Николай Бобылев: «Речь о комплексном развитии территорий»
Nikolay Bobylev: “We are talking about integrated development of territories”

18 *А. П. Ледяев, Д. М. Голицынский.* О подготовке кадров для освоения подземного пространства
A.P. Ledyaev, D.M. Golitsynsky. On preparation of human resources for development of underground

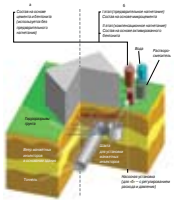
С места событий / Field Coverage

20 Метростроители в союзе со спортом
Metrotunnelers are in alliance with sports

22 Подземные перспективы арктической зоны
Underground perspectives of arctic zone

Стр. 25

Стр. 26–28



Стр. 29–31

Стр. 32–34

25 Фундаментостроители продвигают инновации
The foundation contractors promote innovations guests

Исследования / Research works

26 *А. Н. Исаев.* Рентабельность выбора строительной техники
A.N. Isaev. The cost-effectiveness of construction equipment choice

29 *И. Я. Харченко, М. Г. Зерцалов, А. Н. Симутин, А. И. Харченко.* Расчетно-технологические основы управления напряженно-деформируемым состоянием грунта при компенсационном нагнетании
I.Ya. Kharchenko, M.G. Zertsalov, A.N. Simutin, A.I. Kharchenko. Calculation and technological bases to control the stress-strain state of soils using compensation grouting

Строительный практикум / Workshop for building

32 *Н. В. Черношей.* Забивная свая получила достойную альтернативу (ОАО «Буровая компания «Дельта»)
N.V. Chernoshey. Driven pile obtained worthy alternative (Delta Drilling Company)

Стр. 35–39

Стр. 40–42

Стр. 44–47
Р. 48–51

Стр. 52–57

Стр. 58–60

Стр. 62–67

35 *В. И. Анищенко.* Горизонтальные скважины с наклонным устьем: преодоление сложностей
V.I. Anishchenko. Horizontal boreholes with inclined collar: overcoming of complications

Мировой опыт / International Practices

40 *Б. Терон, Н. Колодкин, В. Анищенко.* Наиболее рентабельная альтернатива (ЦСМ «Бессак»)
B. Theron, N. Kolodkine, V. Anishchenko. The Most Lucrative Alternative (CSM Bessac)

44 *П. Лунарди.* Управление деформацией экструзии лба забоя как средство стабилизации тоннельной выработки

48 *P. Lunardi.* Extrusion control of the ground core at the tunnel excavation face as a stabilisation instrument for the cavity

Тоннели / Tunnels

52 *И. В. Гореликов.* Особенности сооружения транспортных переходов в условиях вечной мерзлоты и сейсмических нагрузок
I.V. Gorelikov. Peculiarities of Building of Transport Crossings in Conditions of Permafrost and Seismic Loadings

Метрополитены / Subway

58 Академия художеств — метрополитену
The Academy of Arts — for the subway

62 *В. А. Гарбер, Н. Н. Симонов, Е. В. Щекудов.* Научное обеспечение проектирования, строительства и эксплуатации Московского метрополитена
V.A. Garber, N.N. Simonov, E.V. Shchekudov. Scientific support of designing, construction and operation of the Moscow subway

Стр. 68–70
Р. 71–73

Стр. 74–77

Стр. 78-79
Р. 80–81

Стр. 82–84

Стр. 86–87

Стр. 89–91

68 Ленметрогипротранс: проекты для главных подземных строек страны

71 Lenmetrogiprotrans: main underground construction projects of the country

74 Алексей Старков о новых возможностях и трудовых победах Метростроя
Alexei Starkov tells about new opportunities and labor achievement of Metrostroy

78 «Управление-15»: преодолевая сложности, побеждая стихию

80 Construction Enterprise-15: overcoming difficulties, combating powers of nature

82 *В. И. Кутаев, Д. В. Кутаев.* Модернизация вентиляторов для тоннелей (АО «Артемовский машзавод «Вентпром»)
V.I. Kutaev, D.V. Kutaev. Modernization of ventilators for tunnels (Artyomovsky Machine Engineering Plant Ventprom Joint Stock Company)

Бестраншейные технологии / Trenchless Technologies

86 *А. В. Плавин.* Эффективная комплексная защита при подземной прокладке трубопроводов (ООО «БТ СВАП»)
A.V. Plavin. Innovation protection of corrosion-resistant coat during laying of pipelines (BT SVAP LLC)

89 *Д. Б. Еременко.* Техническое регулирование в России и развитие бестраншейных технологий
D.B. Eryomenko. Technical regulation in Russia and development of trenchless technologies

СЕРГЕЙ АЛПАТОВ
О СОСТОЯНИИ ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В ПЕТЕРБУРГЕ

Оказаться в озаренном дневным светом подземном саду, где цветут деревья и шумят фонтаны — фантастика? Нет. Сегодняшние технологии позволяют строить под землей целые города с самой современной инфраструктурой. И примеров тому масса, но не у нас в стране. Что мешает российским подземным строителям решать подобные задачи, в ходе интервью рассказал генеральный директор Объединения подземных строителей и проектировщиков Сергей Алпатов.

Беседовала
Регина ФОМИНА

— Сергей Николаевич, тренд сегодняшнего дня в мировой практике строительства — комплексное освоение подземного пространства городов. Как обстоят дела в этой сфере в нашей стране?

— Каких-то достижений с точки зрения градостроительного планирования и строительства конкретных объектов я, к сожалению, не вижу. Единственное, что можно отметить, это работы в области метростроения, и те технологии, которые сегодня применяют наши метростроители. В первую очередь, речь идет о петербургском Метрострое, который всегда внедряет новации. Это и строительство наклонных ходов, и, конечно же, двухпутный тоннель, для проходки которого был специально заказан тоннелепроходческий комплекс в фирме «Херренкнехт».

Вооруженные современными технологиями метростроители сегодня могут в сложных инженерно-геологических условиях Санкт-Петербурга строить то, что раньше было попросту невозможно. Для работы в слабых и водонасыщенных грунтах в наши дни применяются такие технологии, как стена в грунте, струйная цементация и другие. Благодаря этим методам, стало возможно сооружать объекты на любой глубине. Строительство станций метро неглубокого заложения обходится дешевле и в перспективе даст возможность помещать их на более коротких расстояниях друг от друга, так как в этом случае сокращается длина наклонного хода. Пример этому — Париж, где станции расположены через каждые 500 м.

Но в Петербурге есть и другие компании, которыми может гордиться Северная столица. В их числе —

ООО «ГЕОИЗОЛ», ЗАО «Геострой», ООО «ПИ Георекон-струкция», оснащенные самой передовой техникой и самым современным оборудованием. Специалисты этих организаций овладели всеми технологиями выполнения работ на небольших глубинах и являются абсолютно конкурентоспособными по отношению к любым зарубежным компаниям.

— Тогда почему не используется потенциал этих компаний для строительства объектов подземной инфраструктуры, прежде всего мелкого заложения?

— Во-первых, вопрос упирается в долгосрочное планирование в сфере развития подземного пространства — на сегодняшний день оно практически отсутствует. Почему мы проводим конференцию ACUUS в Петербурге и привлекаем большое количество специалистов? Да потому, что нам очень хотелось бы познакомить властные структуры с опытом наших зарубежных коллег и партнеров — что делается в области освоения подземного пространства в мире и как взаимодействуют разные структуры — заказчики, подрядчики и прочие задействованные в этом службы. И мы надеемся, что конференция даст пусть небольшой, но толчок комплексному освоению подземного пространства российских городов.

Во-вторых, за рубежом не боятся вести строительство в непосредственной близости к историческим зданиям и другим объектам культурного наследия (в считаных метрах!). А у нас зачастую даже там, где строительные риски минимальные, говорят: «Нет, строить нельзя — здания могут обрушиться». Да, центр Петербурга охраняется ЮНЕСКО, но мы же должны создать комфортные условия для наших жителей — а это возможно.

— Какие основные задачи решает ваше Объединение?

— Как саморегулируемая организация мы осуществляем деятельность по выдаче разрешений на допуск к выполнению определенных видов работ, проверяем наличие необходимых документов. Важно, что, по большому счету, только такие специализированные СРО, как наше, в состоянии полноценно контролировать выполнение работ своими членами. Это и понятно, ведь строительный спектр чрезвычайно широк, и специалистов, которые могли бы проверять все направления, просто не существует. Технический заказчик в лице проверяющего не может быть одинаково компетентен в вопросах и метростроения, и жилищного строительства, и мостостроения... Именно поэтому определенная специализация среди СРО должна быть сохранена, это позволит обеспечивать высокий уровень контроля.

— Для выполнения таких задач нужны профессиональные кадры. Как вы решаете кадровый вопрос?

— Кадрам мы придаем большое значение, так как в Совете СРО, который принимает решение о выдаче допуска на те или иные виды работ, должны быть специалисты. Мы можем с полной уверенностью сказать, что члены Совета нашего Партнерства компетентны в различных областях подземного строительства, включая метростроение и бестраншейные технологии. Мы привлекаем специалистов и из эксплуатирующих организаций, компаний, которые ведут отделочные работы в подземных условиях, фирм, занимающихся электромонтажными работами, организаций, которые монтируют оборудование, осуществляют путеукладочные работы в метрополитене и т.д. В этой связи с полной уверенностью мы можем сказать, что члены нашего Совета СРО вполне компетентны.

Губернатор Санкт-Петербурга Георгий Полтавченко (в центре) на открытии 2-го выхода станции метро «Спортивная» 27 мая 2015 года

Не секрет, что с введением Федерального закона №372-ФЗ выдача свидетельств к отдельным видам работ упраздняется, однако сохраняется требование членства в СРО (с определенными условиями), поэтому, с одной стороны, это положительный момент, с другой — спорный вопрос. Посмотрим, что будет через год...

> Без поддержки государства мы, к сожалению, ничего добиться не сможем, а нам нужно решать вопрос долгосрочного планирования, подготовки правовых и нормативных актов, технической документации.
>
> **С.Н. Алпатов**

На сегодняшний день для строительных компаний в обязательном порядке должен соблюдаться принцип региональности. Это означает, что всем строительным организациям, зарегистрированным в Санкт-Петербурге, предписано состоять только в петербургских СРО. Упразднены филиалы. В этой связи мы, к сожалению, вынуждены были ликвидировать наш казанский филиал по бестраншейным технологиям, который проводил очень большую работу и в области разработки нормативно-технической документации, и в плане профессиональных стандартов — и по ГНБ, и по микротоннелированию. Несмотря на это мы продолжаем вести разработку стандартов для ИТР и в области метростроения, и в проектировании подземных сооружений. Но если раньше в свои ряды мы могли привлекать

В Санкт-Петербурге 27–29 июня 2012 года состоялся международный форум «Комплексное освоение подземного пространства мегаполисов»

организации, расположенные на всей территории РФ, и это позволяло нам пополнять ряды новыми высокопрофессиональными специалистами, то сейчас вынуждены ограничиваться только теми, которые зарегистрированы и работают в Петербурге.

— Как известно, основная кузница инженерных кадров — это вузы. Налажено ли у вас сотрудничество с отраслевыми учебными центрами?

— Мы поддерживаем постоянные контакты с вузами. По нашей инициативе был создан Комитет по освоению подземного пространства НОСТРОЙ. На последнем

> Мы можем с полной уверенностью сказать, что члены Совета нашего Партнерства компетентны в различных областях подземного строительства, включая метростроение и бестраншейные технологии.
>
> **С.Н. Алпатов**

его заседании, проходившем в Санкт-Петербургском научном центре Российской академии наук, одной из обсуждаемых тем был вопрос создания при Санкт-Петербургском государственном университете новой магистратуры, деятельность которой будет посвящена вопросам планирования и экологической безопасности подземного строительства, чего не было ранее. Специалисты, которых готовят петербургские вузы — ПГУПС, ГАСУ, Горный институт — это инженеры-строители, технические специалисты, а сегодня есть потребность в специалистах несколько другого направления и более широкого профиля. Для того чтобы развивать подземное строительство, нужно готовить кадры, которые будут иметь представление об общих принципах планирования развития подземного пространства мегаполисов, знать основы инженерии, инженерной геологии, проектирования, экологии, законодательства. Таких специалистов готовят на Западе. Это тоже очень важное направление, которое и наше Объединение, и Комитет активно поддерживают.

— Деятельность Объединения подземных строителей и проектировщиков не ограничивается только российскими интересами. Расскажите о вашем опыте международного сотрудничества.

— У нас сложились хорошие контакты с Международной тоннельной ассоциацией (ITA). Вопросами комплексного освоения подземного пространства она, по существу, никогда не занималась, но некоторое время назад создала комитет ITACUS, который как раз и призван решать эти вопросы. Возглавляет его Хаан Адмирал, мы с ним очень дружны. Между нами подписано соглашение о сотрудничестве. В 2012 году в Петербурге мы проводили международный форум «Комплексное освоение подземного пространства мегаполисов», где исполнительный директор ITA Оливье Вион выступил с докладом.

В настоящее время мы, как известно, готовимся к проведению в Санкт-Петербурге XV Всемирной конференции ACUUS «Подземная урбанизация как необходимое условие устойчивого развития городов». Отмечаем живой интерес к мероприятию со стороны регионов. Очень благодарны администрации города за поддержку. Меня радует, что профильные комитеты власти отнеслись к этому неформально, оказывают содействие в организации мероприятия, помогают с рассылкой информации, с социальной рекламой. Надеемся, что это даст определенный результат.

— Какие шаги необходимо предпринимать уже сегодня, чтобы в будущем наш город имел развитую подземную инфраструктуру?

— Прежде всего, необходимо победить инертность чиновников. Без поддержки государства мы, к сожалению, ничего добиться не сможем, а нам нужно решать вопрос долгосрочного планирования, подготовки правовых и нормативных актов, технической документации.

Первое, с чего надо начинать, — включить в генплан Петербурга раздел по подземному строительству, ведь площади под него необходимо резервировать заранее. То, что сегодня городское подземное пространство используется хаотично, и там, где в будущем могли бы пройти транспортные тоннели, бьются свайные поля и строятся подземные парковки, — это ограничивает возможности проектировщиков и строителей, создает для города большие проблемы.

Подземные парковки нужно строить с учетом будущих транспортных магистралей. Уже сегодня надо проводить изыскания, готовить проекты, ведь даже, для того чтобы в ускоренном темпе подготовить всю документацию, пройти согласования, потребуется несколько лет.

Если не хватает собственных знаний, надо обращаться за консультациями к зарубежным специалистам, это не стоит огромных денег. Мы почему-то вообще не используем знания, накопленные за рубежом, а только закупаем импортное оборудование и материалы — таким образом, поддерживая иностранные производство и науку, а не развивая их у себя. ■

SERGEY ALPATOV TELLS ABOUT THE STATE OF UNDERGROUND CONSTRUCTION IN ST. PETERSBURG

Does it seem fantastic to be in the underground garden with blooming trees and fountains illumined by daylight? No, it is not. Today's technologies allow us to construct cities with the most modern underground infrastructure. Moreover, there is a plethora of such examples, but not in our country. In the course of an interview with Sergey Alpatov, Director General of the Association of the underground builders and designers, we knew what prevented Russian underground builders from solving such problems.

Interviewed by Regina FOMINA

— Sergei Nikolaevich, an integrated development of urban underground space is the today's trend of the world construction. What is the situation in this field in our country?

— Unfortunately, if to talk about achievements in terms of urban planning and construction of specific objects, I do not see any. The only thing that can be noted is the work in the field of the subway construction, and those technologies that subway tunnelers use today. First of all, we are talking about Metrostroy in St. Petersburg that always introduces innovations. They include construction of inclined tunnels, and, of course, two-lane tunnels, for the tunneling of which a tunnel-boring complex was specially commissioned from Herrenknecht company.

Nowadays, the subway tunnelers equipped with state-of-the-art technologies can build those things in difficult engineering-geological conditions of St. Petersburg the construction of which have been impossible previously. Such technologies as diaphragm wall, jet grouting and others are applied to work in soft and saturated soils. With the help of these methods, it has become possible to construct projects at any depth. The construction of the short bored underground stations is cheaper and, in the long term, it will be possible to place them at shorter distances from each other, since it reduces the length of the inclined tunnel. A case in point is Paris, where stations are located at every 500 meters.

However, there are other companies in St. Petersburg, which the Northern capital can be proud of. They are LLC "Geoizol", Geostroy , PI Georeconstruction LLC, equipped with the most advanced technology and the most modern equipment. Specialists of these organizations possess all the technology of work in the shallow depth of soil and are able to meet competition with any foreign companies.

— Then why do not anyone use the potential of these companies for the construction of underground infrastructure, especially in the shallow depth?

— Firstly, the matter depends on the long-term planning in the field of the development of underground space – today there is no practically such a development. Why do we hold ACUUS conference in St. Petersburg and attract a large number of specialists? That is because we would like to introduce the power structure to the experience of our foreign colleagues and partners – what is being done in the field of the development of underground space in the world and how different structures interact – customers, contractors and others involved in this service. Moreover, we hope that the conference will provide though a small one, but an incentive to the comprehensive development of underground space of the Russian cities.

Secondly, foreign constructors are not afraid to carry out construction in the immediate vicinity of the historic buildings and other cultural heritage sites (in just

The Committee for the development of underground space NOSTROY meeting. Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,St. Petersburg, July 6, 2016

some few meters away!). But in our country, even when the construction risks are minimal they say, "No, the construction is forbidden – buildings may fall down". I agree that UNESCO protects the center of St. Petersburg, but we also need to create comfortable conditions for our citizens – and this is possible.

— What are the main objects of your Association?

— Being a self-regulatory organization we are engaged in the activities to issue permits for the access to perform certain types of work, we check the availability of the necessary documents. Generally speaking, it is important that only such specialized SROs, as ours, are able to control the execution of works by their members in full. This is understandable, because the spectrum of the construction works is extremely wide, and there are no professionals, who can verify all the directions. A technical customer represented by an inspector can not be have a competent knowledge of subway construction, as well as of housing construction and bridge construction ... This is why a certain specialization among SROs should be maintained, that will provide a high level of control.

— There is a need for the professional staff that can complete such tasks. How do you deal with the personnel issue?

> We can say for sure that the Council members of our Partnership have a competent knowledge of various areas of civil engineering, including the subway construction and trenchless technology
>
> **S. Alpatov**

— We place great importance on the personnel, since the SRO Council, which decides on the granting of admission to certain types of work, shall have experts. We can say for sure that the Council members of our Partnership have a competent knowledge of various areas of civil engineering, including the subway construction and trenchless technology. We involve experts from operating organizations, companies that perform finishing works in the underground conditions, from businesses engaged in electrical work, organizations that assemble equipment, carry out track laying works in the subway, etc. In this context, we can say for sure that our Council members are quite competent.

There is no secret that with the introduction of Federal Law No.372-FZ the issue of the certificates to certain types of works has been abolished, but there is still a requirement to be a member in any SRO (under certain conditions), that's why, on the one hand, it is a positive thing, on the other hand, it is a point at issue. Let us see what will happen in a year…

To date, construction companies should mandatorily commit themselves to the regionality principle. This means that all construction companies registered in St. Petersburg are ordered to be the members only of St. Petersburg SROs. The branches have been eliminated. In this regard, we, unfortunately, had to liquidate our Kazan branch for trenchless technology, which carried out a lot of work in the field of the development of normative and technical documentation, and in the terms of professional standards, both for horizontal directional drilling and microtunnelling. Despite this, we continue to carry out the development of standards for the technical engineering personnel, and both for the subway construction and design of underground structures. However, previously we could engage organizations located throughout Russia, and it allowed us to recruit new high performers; however, now we are obliged to be limited to those registered and working in St. Petersburg only.

— It is commonly known that, universities are the main cadre training unit of engineering staff. Do you have any established cooperation with industrial training centers?

— We are in permanent contact with universities. Upon our initiative, NOSTROY, Committee on the development of underground space, was established. At its last meeting, held in St. Petersburg Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, one of the topics discussed was the issue on the creation of a new Master's degree program as a part of the St. Petersburg State University; main issues of the program will focus on planning and environmental safety of underground construction, which has not existed previously. Specialists trained by St. Petersburg universities – PSTU, Mining Institute – include civil engineers, technical experts, and today there is a need for specialists of in a way of a different field and wider profile. To develop underground construction, it is necessary to train personnel who will have an idea of

the general principles of planning of the development of underground space of cities, know the fundamentals of engineering, geological engineering, design, ecology, legislation. Such specialists are trained in the Western countries. It is also a very important tendency, and our Association and the Committee support it actively.

— The activities of the Association of underground builders and designers is not limited to the Russian interests only. Tell us please about your experience in the international cooperation.

— We cooperate with the International Tunnelling and Underground Space Association (ITA). In fact, it has never been involved in the matters of the integrated development of underground space, but some time ago, it created ITACUS Committee, which is precisely aimed at dealing with these matters. It is headed by Han Admiraal, we are very good friends with him. We have signed a cooperation agreement. In 2012, in St. Petersburg, we held an international forum "Integrated Development of Underground Space of Megacities", where Olivier Vion, ITA's Executive Director, made a report.

Now we are, as you know, preparing for the XV World Conference ACUUS "Underground urbanization as a prerequisite for the sustainable development" in St. Petersburg. We should note the keen interest of the regions to the event. We are very grateful for the support of the city administration. I am pleased that the relevant committees have shown much friendliness, assist in the organizing of the event, help with information distribution, social advertising. We hope that this will give a certain result.

— What steps are need to be taken today in order our city can have a developed underground infrastructure in the future?

— First of all, we need to overcome the inactivity of the officials. Having no governmental support, we, unfortunately, can not achieve anything, and we need to address the issue of long-term planning, preparation of legal and regulatory acts, technical documentation.

The first thing we should start with is to include a section of the underground construction in the master plan of St. Petersburg, because it is necessary to reserve area for it in advance. The fact that nowadays the urban underground space is used randomly and the territory where transport tunnels might pass in the future, pile field are placed and underground parkings are build, limits the potential of designers and builders, as well as creates a big problem for the city.

Underground parking should be built with due regard to the future transportation routes. Even today, it is necessary to conduct research, prepare projects, because it will take several years to prepare all the documentation, to receive approval even at a rapid pace.

If you are short of your own knowledge, it is necessary to consult foreign experts, and it does not cost an arm and a leg. For some reason we do not use the knowledge gained abroad and only buy imported equipment and materials – thus, supporting foreign production and science, rather than developing them at home. ■

Sergey Alpatov and Soren Eskessen, a former president of the International Tunnelling Association (ITA). St. Petersburg May 25, 2014

> Having no governmental support, we, unfortunately, can not achieve anything, and we need to address the issue of long-term planning, preparation of legal and regulatory acts, technical documentation.
>
> **S. Alpatov**

ВЛАДИМИР ГРИГОРЬЕВ
О ПРИОРИТЕТАХ И НОВОЙ ОТРАСЛЕВОЙ СХЕМЕ

Многое, по крайней мере в части зарождения идей, может начинаться именно в его кабинете. Председатель Комитета по градостроительству и архитектуре — главный архитектор Санкт-Петербурга Владимир Григорьев в интервью нашему журналу напомнил историю освоения подземного пространства города на Неве, обозначил сегодняшние приоритеты и возможные перспективы.

"Complex development of underground space of metropolitan city from the chief architect point of view". Many things, mainly concerning the generation of ideas, can concieve in his office. Vladimir Grigorjev, chairman of the Committee of Architecture and Urban Development and chief architect of St. Petersburg, reminded the history of the development of underground space of the city on the Neva river and set out today's priorities and possible perspectives in the interview for our magazine.

Интервью подготовлено при содействии пресс-службы КГА СПб

— Владимир Анатольевич, какие направления освоения подземного пространства в Петербурге исторически получили наибольшее развитие?

— Согласно исторической ретроспективе, началом освоения подземного пространства Санкт-Петербурга можно считать 1820 год, когда Александру I был предложен первый проект устройства тоннеля под Невой. Таких предложений по строительству тоннелей, созданию первой линии метро, сквозного железнодорожного сообщения было несколько, однако они не получали дальнейшего развития.

В 1935 году в Генеральном плане развития Ленинграда была признана необходимость сооружения метро. Напомню, что в настоящий момент Петербургский метрополитен включает в себя 5 линий протяженностью 113,6 км и 67 станций. Темпы развития города всегда опережали темпы метростроения, однако на сегодняшний день отставание от потребности оценивается в 25–30 лет, в 60 км линий и 70 станций. Правительством Санкт-Петербурга утверждена Отраслевая схема развития метрополитена, которая ждет своей реализации.

Кроме того, в генеральных планах города, начиная с 1955 года, всегда предусматривались решения по строительству тоннельных коллекторов, являющихся важным элементом освоения подземного пространства. На данный момент в Санкт-Петербурге благодаря сооружению системы перехватывающих канализационных коллекторов на 98% предотвращен сброс неочищенных сточных вод в водотоки с отведением на очистные сооружения. В ближайшие годы планируется завершить строительство Охтинского тоннельного коллектора, что обеспечит достижение показателя в 100%.

Третьим массивным блоком освоения подземного пространства являются подземные пешеходные переходы. На сегодняшний день в городе существует 31 такое сооружение, выполнена проектная документация еще на 14. Общая же потребность в строительстве новых подземных переходов оценивается в 120 объектов.

Отдельное внимание уделяется строительству дорожных и железнодорожных тоннелей. На территории Санкт-Петербурга существуют 12 автотранспортных тоннелей, а также тоннель под судоходным фарватером Комплекса защитных сооружений от наводнений. Выполнены проектные работы по сооружению тоннелей на пересечениях южной стороны набережной Обводного канала со Старо-Петергофским, Московским и Лиговским проспектами. Наиболее значимым объектом, планируемым к реализации, является Орловский тоннель, на сооружение которого разработана проектная документация.

Кроме этого, прорабатывались предложения по сооружению тоннелей вдоль набережных реки Нева и тоннеля под Финским заливом для обеспечения транспортных связей так называемых заостренных территорий южного и северного побережий.

— Строительство подземных парковок можно считать одним из перспективных приоритетов?

— Да, резко возросшее число автотранспортных средств требует решения вопросов обеспечения парковочными местами, что не представляется возможным без подземных паркингов, особенно в центральной части города. Их создание (встроенных, пристроенных, отдельно стоящих, полностью подземных или полузаглубленных) в Петербурге в основном связано с объектами капитального строительства жилого и общественно-делового назначения.

Начиная с 2007 года, Комитетом было выдано более 800 градостроительных планов земельного участка на проектирование объектов капитального строительства, по 296 объектам получены градостроительные согласования КГА. За этот период 507 участков уже застроены, а 445 определены с учетом освоения подземного пространства для хранения автотранспорта в составе объектов капитального строительства.

Тем не менее, дефицит организованных парковочных мест составляет 170 тыс. машиномест, в том числе в центральной части города — 60 тыс. Комитетом прорабатывался вопрос организации отдельно стоящих подземных паркингов под территориями общего пользования. В рамках реализации первой очереди проекта в исторической части города был определен перечень адресов, в том числе на Смольном проспекте у Администрации Санкт-Петербурга, площади Искусств, Конюшенной, Греческой, Владимирской и Сенной площадях.

— Прорабатывается ли концепция комплексного развития подземного пространства Санкт-Петербурга?

— Схемы и концепции освоения подземного пространства начали разрабатывать еще около 40 лет назад. Особенно остро потребность в этом проявилась в последние 20 лет, в связи с увеличением плотности городской застройки и резко возросшей численностью автотранспортных средств. Назрела необходимость разработки новой Отраслевой схемы освоения подземного пространства, и в настоящее время перед городом стоит такая задача. Помимо развития метрополитена, представляется целесообразным проработать градостроительные решения по сооружению подземных пешеходных переходов с применением современных технологий, автодорожных тоннелей, отдельно стоящих подземных паркингов, по размещению под землей других новых объектов инженерно-транспортной инфраструктуры (электрических и насосных подстанций, депо метрополитена, автобусных вокзалов и автостанций, траволаторов и т. п.).

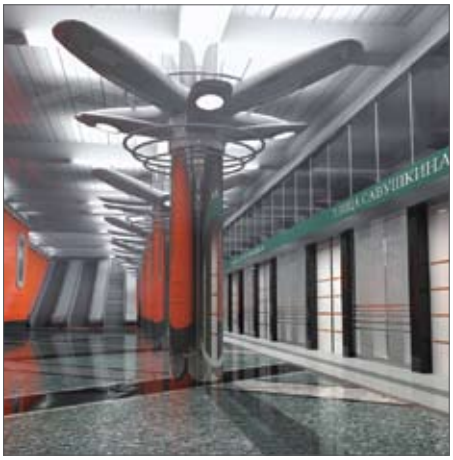
> Одним из важнейших принципов освоения подземного пространства Санкт-Петербурга должна стать комплексность, то есть в перспективе необходимо исключить создание изолированных объектов, не связанных с инфраструктурой как на земле, так и под землей.
>
> **В.А. Григорьев**

— Помимо финансовых проблем, какие еще факторы влияют на освоение подземного пространства города?

— В Отраслевой схеме освоения подземного пространства необходимо учесть сложные инженерно-геологические условия Санкт-Петербурга: залегание на поверхности слабых водонасыщенных четвертичных песчано-глинистых грунтов с изменчивыми физико-механическими свойствами; значительную глубину залегания кровли основных несущих слоев грунта (лужской и московской морены, кембрийских и котлинских глин и др.); близость к поверхности залегания грунтовых вод, что осложняет устройство фундаментов, прокладку коммуникаций, строительство подземных сооружений; наличие на территории города напорных подземных водоносных горизонтов и участков прямой гидравлической связи напорных и грунтовых вод.

Эти петербургские особенности напрямую влияют на глубину заложения линий метрополитена и, следовательно, на возможность совмещения станций и вестибюлей с другими подземными сооружениями, в том числе коммерческого характера.

Если же говорить о комплексном развитии подземного пространства в России вообще, то серьезно влияет существующая правовая база. Строительство сооружения на глубину более 6 м регламентируется



Законом РФ от 21.02.1992 №2395-1 «О недрах», что требует получения соответствующих лицензий. Представляется необходимым внесение изменений в законодательную базу в части придания подземному пространству города или какой-то его части статуса городской территории. К примеру, земельный участок здания на площади Сергельсторг в центре Стокгольма юридически включает в себя всю подземную часть и право на ее использование. Следует изучить правовой механизм, работающий в Швеции, и обсудить возможность подобных изменений в нашем законодательстве.

Для успешного подземного строительства также очень важно выбирать компетентные строительные компании. У нас это, например, ОАО «Метрострой» и ЗАО «Спецтоннельстрой».

В завершение отмечу, что одним из важнейших принципов освоения подземного пространства Санкт-Петербурга, конечно, должна стать комплексность, то есть в перспективе необходимо исключить создание изолированных объектов, не связанных с инфраструктурой как на земле, так и под землей. ■

Справка

***БОБЫЛЕВ** Николай Геннадьевич — к. т. н., доцент, зав. кафедрой экологической безопасности и устойчивого развития регионов Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета; ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского научно-исследовательского центра экологической безопасности РАН; эксперт Комитета по жилищному хозяйству и землепользованию Европейской экономической комиссии ООН; редактор международного научного журнала Tunnelling and Underground Space Technology (Elsevier).*

НИКОЛАЙ БОБЫЛЕВ: «РЕЧЬ О КОМПЛЕКСНОМ РАЗВИТИИ ТЕРРИТОРИЙ»

Если в комплексном освоении подземного пространства Россия отстает от наиболее развитых стран, это еще не значит, что у нас нет соответствующих специалистов мирового уровня — и практиков, способных строить сложнейшие современные сооружения, и теоретиков, чьи знания и идеи востребованы даже в «продвинутой» Западной Европе. Так, заведующий кафедрой экологической безопасности и устойчивого развития регионов Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета Николай Бобылев имеет довольно-таки богатый опыт работы за рубежом. В преддверии XV Всемирной конференции Объединения исследовательских центров подземного пространства мегаполисов (ACUUS 2016) «Подземная урбанизация как необходимое условие устойчивого развития городов», которая пройдет в Санкт-Петербурге, мы обратились к эксперту с просьбой рассказать о мировых тенденциях и прокомментировать российскую ситуацию.

Nikolay Bobylev, Associated professor of Ecological Safety and Sustainable Development of Regions Department of Institute of Earth Science of St. Petersburg State University, has great experience of working abroad. Prior to the XV World Conference of Associated research Centers for the Urban Underground Space (ACUUS 2016) "Underground Urbanization as a Prerequisite for Sustainable Development", which will take place in St. Petersburg, the magazine applied to the expert with the request to tell about world tendencies y comment on the situation in Russia.

Беседовал
Сергей ЗУБАРЕВ

— Николай Геннадьевич, что сейчас в мире понимается под комплексным освоением подземного пространства, каковы передовые тенденции?

— Речь идет о комплексном развитии территорий. Противопоставление наземного и подземного строительства немного устарело. Ставится вопрос о развитии городской инфраструктуры сразу на нескольких уровнях, как наземных, так и подземных. В ведущих городах мира такие стратегии сейчас присутствуют во всех проектах редевелопмента, а зачастую и девелопмента. Если же при этом говорить об инновационных решениях, то, например, в Голландии построено уже два «наземных» тоннеля — когда трасса проходит по уровню земли, но делается закрытой, с насыпями по бокам, что позволяет уменьшить шум от движения и разместить ближе к автомагистрали жилую застройку. Еще один пример — швейцарский Университет Лозанны, где поверху создана пешеходная зона, а под ней расположена парковка с помещениями для ряда других хозяйственных функций — на уровне земли, но в то же время фактически это подземное сооружение.

Рассматривая историческую ретроспективу, мы видим три этапа. Сначала было просто освоение подземного пространства, когда создавали какой-то объект под землей. Под Темзой в Лондоне в первой половине XIX века впервые проложили тоннель механизированным способом, при помощи проходческого щита.

Строительство отдельных объектов продолжалось до 70-80-х годов прошлого века, пока не появилась идея создания комплексной инфраструктуры. Например, небезызвестный подземный город в Монреале, многофункциональный и при этом имеющий разных собственников. Фактически это подвалы зданий и соединяющие их улицы под землей.

На современном этапе понятие комплексного освоения подземного пространства начало рассматриваться в контексте перехода к городскому и даже региональному планированию освоения подземного пространства. При этом мы уже осознаем, что под землей есть не только место для размещения какого-либо объекта, но и геотермальная энергия, грунтовые воды, геоматериалы. Плюс само пространство — вот четыре ресурса.

Соответственно, на сегодня речь идет, с одной стороны, о комплексном развитии территорий без противопоставления наземных и подземных проектов, а с другой стороны, если все-таки рассматривать освоение подземного пространства отдельно, комплексный подход теперь подразумевает планирование рационального использования подземных ресурсов. Этим уже очень серьезно занимаются, например в Швейцарии. В позапрошлом году была разработана целая программа по планированию использования подземного пространства кантона Вауд.

— А в России многие продолжают считать, что подземные проекты — это слишком дорого и неэффективно…

— Насколько мне известно, во многих странах мира возможная разница в затратах подземного и наземного размещения объектов не считается критичной. Я лично расчетами не занимался, тем более в масштабе всего жизненного цикла объекта, но уверен, что для знаковых проектов, таких как, например, создание инфраструктуры для Олимпиады в Лондоне, система менеджмента просчитывала все финансовые аспекты досконально.

> Противопоставление наземного и подземного строительства устарело. Ставится вопрос о развитии городской инфраструктуры сразу на нескольких уровнях.
>
> **Н.Г. Бобылев**

В общем же концептуально получается, что строительство подземных сооружений может быть даже дешевле, и принято считать, что за свой жизненный цикл они выигрывают по сравнению с наземными. Но это, конечно, зависит от их типа, функций и т. п. Некоторые подземные объекты существуют еще со времен Христа, и с ними все в порядке, а некоторые приходится переделывать уже через несколько десятилетий. Тут вопрос комплексный, связанный с оценкой риска. Это зависит и от климатических, и от инженерно-геологических условий, и от многих других факторов. Я думаю, общие рекомендации, которые подошли бы всем, профессионалы давать не рискнут, все зависит от конкретного объекта. Но есть общий принцип, что надо инвестировать в инфраструктуру. При этом подземные сооружения обычно надежны и долговечны, а когда мы инвестируем в надежную инфраструктуру, это создает каркас города на многие годы.

Например, в Берлине еще в первой половине XIX века Хобрехт разработал комплексный план канализационной

> Подземные сооружения обычно надежны и долговечны, а когда мы инвестируем в надежную инфраструктуру, это создает каркас города на многие годы.
>
> **Н.Г. Бобылев**

системы, и уже в соответствии с ним пошла последующая городская застройка. Даже когда столица Германии оказалась сильно разрушена во время войны, система подземных сооружений сохранилась, и в привязке к ней легче было отстраивать город заново.

Инфраструктура создает костяк городского развития. Поэтому очень важно, чтобы она была хорошо продумана. Это обеспечит город надежным фундаментом, в широком смысле, на десятилетия и столетия перспективного развития. Соответственно, я считаю, что если в бюджете есть деньги, то продуманные инвестиции в инфраструктуру — это самое разумное, что можно сделать.

— Метростроение, конечно, не утрачивает роли одного из приоритетов?

— В Санкт-Петербурге, например, метро очень сильно отстает от общегородского развития. Плотность станций метрополитена даже в центре города с точки зрения пешеходной доступности совсем недостаточна. Ни для пятимиллионного мегаполиса вообще, ни, тем более, для Петербурга с его экономической и культурной ролью в России и мире. Метро получается недоразвитым. Соответственно, транспортные проблемы отражаются и на состоянии исторического центра, и на общем социально-экономическом развитии города.

Другой пример — двадцатимиллионная агломерация Мумбаи в Индии. В рамках российской программы сотрудничества со странами БРИКС мы принимаем участие в обосновании проекта строительства Мумбайского метрополитена. Мы удивились: «Неужели в одном из крупнейших городов мира до сих пор нет метро?» Индийские коллеги ответили: «Да, еще недавно не было, но вот уже строим»... Это в бедных странах, а в развитых, напротив, можно привести пример швейцарской Лозанны — город с населением меньше 150 тыс. имеет метрополитен, причем две линии.

Вообще же надо отметить, что сейчас в мире по метростроению лидирует Китай — строительство идет просто сумасшедшими темпами. Это происходит во многих крупных городах, и если время от времени смотреть на карту, обнаруживаешь, что за год могут добавлять 20 станций, за два — 40... Вся инфраструктура вообще развивается неслыханными темпами.

Что касается развития Петербургского метрополитена, то мне хотелось бы заострить внимание на социально-экономических аспектах. Они для метро очень важны. На мой взгляд, следует более четко определиться с приоритетами, на что тратить деньги. В городе много густонаселенных районов, где в пешеходной доступности нет метро. Строительство инфраструктуры к Чемпионату мира по футболу — это, разумеется, хорошо, но важнейший ли это приоритет для города? Здесь опять же проблема комплексная — оптимального размещения и стадиона, и станций метро с учетом развития города после ЧМ-2018.

Известно, что при развитии инфраструктуры можно управлять общим социально-экономическим развитием города. При составлении перспективных планов все это желательно анализировать. Да, в России есть государственная экспертиза, но на Западе есть несколько инструментов оценки подобных проектов, в том числе так называемая оценка социальных эффектов и воздействий. На развитие метрополитена тратятся огромные государственные деньги, а какие группы населения получают наибольшие блага — подобные вопросы у нас как бы ускользают, будто бы их и нет... Международный стадион — это, конечно, очень важно, но для подобных крупных инфраструктурных проектов нужно рассматривать и альтернативные решения, в связке с инфраструктурными объектами.

— Еще одна «комплексная» тема — совмещение станций метрополитена с коммерческими подземными объектами. Насколько это распространено на Западе?

— Это можно считать нормой. Я думаю, все технические и планировочные вопросы в данном смысле там давно решены. Под силу решить их и российским специалистам, однако сделать это не позволяют вопросы

экономические, законодательные, да и стратегического развития вообще. Метрополитен, как известно, у нас считается объектом государственным, и выделяемые на него деньги можно тратить только на обеспечение перевозки пассажиров, а не на какие-либо коммерческие функции и необходимые для них помещения. Насколько мне известно, в разных городах проектировщики пытались делать подобные проекты комплексного освоения подземного пространства, но, столкнувшись с рядом проблем, в итоге отказывались от такой идеи и проектировали обычные станции метро. Мол, пусть потом строят, что хотят, на поверхности, но не под землей, — а это в корне неправильно.

— Какие можно предложить решения?

— Тут мы возвращаемся к теме государственно-частного партнерства, которое, по всей очевидности, абсолютно необходимо для комплексных городских проектов. В конце концов, речь идет об упущенной выгоде. Если мы строим станцию метро отдельно за счет госбюджета, в итоге город и страна теряют деньги, например, от последующего роста цен на недвижимость в этом районе и т. д.

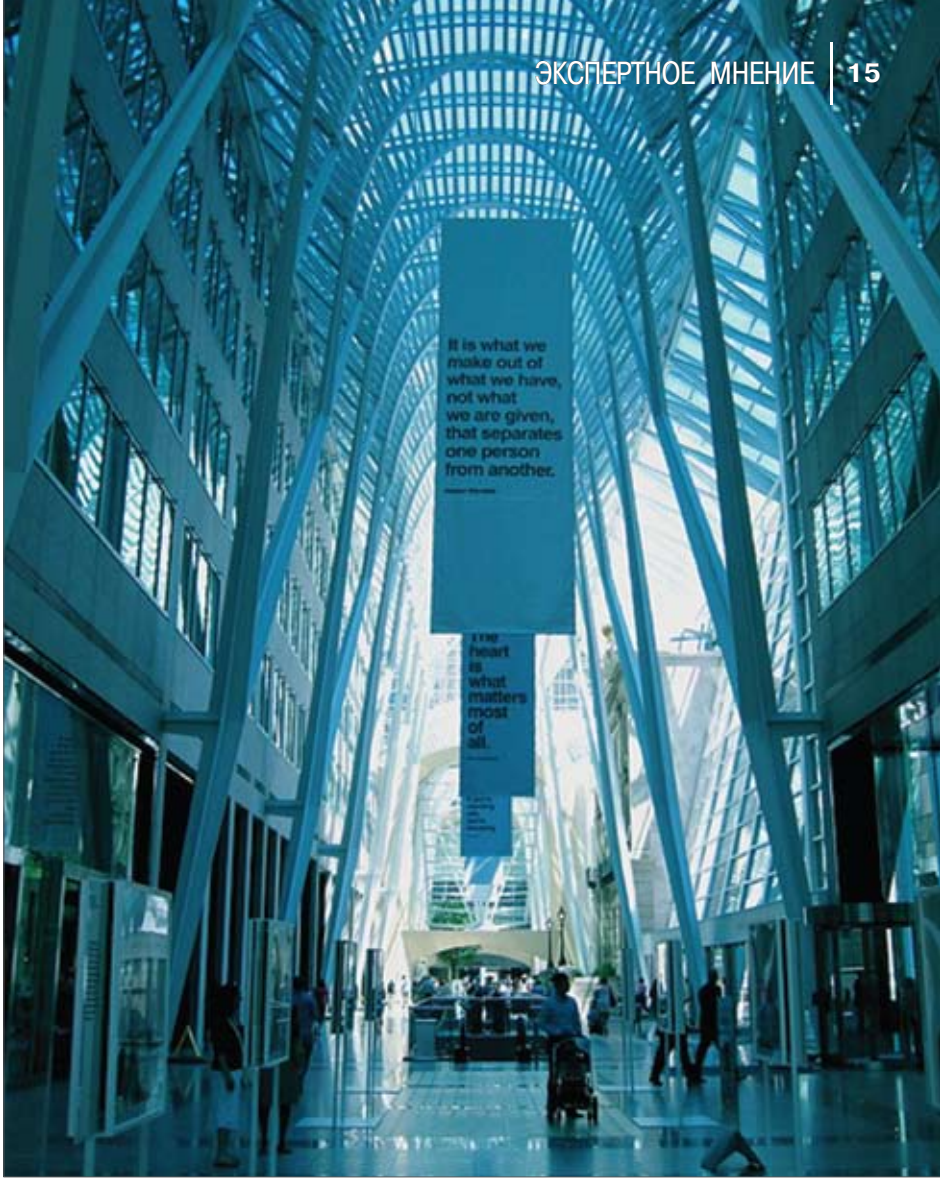
Этот вопрос при реализации новых инфраструктурных проектов довольно-таки проработан. Есть рекомендации Всемирного банка, например, как организовать сеть общественного транспорта и развитие прилегающих территорий, как договориться с владельцами земли и инвесторами. Бизнес все равно получит выгоду, когда объект начнет функционировать, — вопрос в том, больше или меньше. Будь то метро или, скажем, скоростной трамвай. Надо сразу же обсуждать землепользование, зону влияния, коммерческие интересы разных сторон, причем в комплексе, совместно со всеми возможными участниками проекта. И тогда уже можно говорить о софинансировании, о каких-то договоренностях по использованию территории и объектов на 10, 20, 30 лет — в зависимости от того, кто, за что и сколько платит, кто что строит. Таким образом, получается не только комплексное освоение подземного пространства, но и комплексное городское развитие.

В Европе обычно так и делается, потому что стопроцентного бюджетного финансирования, как правило, нет. Обычно привлекается бизнес, который получит преимущества от реализации инфраструктурных проектов.

— Почему же мы не слышим о комплексных подземных ГЧП-проектах в России?

— Создается впечатление, что у нас продвижение подобного механизма завязло в бюрократической трясине, воровстве и коррупции. Тут, по-видимому, необходима серьезная работа с законодательством. На мой взгляд, не должен муниципальный или федеральный бюджет стопроцентно оплачивать инфраструктурные проекты, при этом экономя по максимуму и делая их по минимуму, — а потом какую-то часть прибыли все равно получают коммерческие структуры, которым повезло, или знакомые чиновники подсказали, где надо было купить землю...

Нужна более продуманная схема государственно-



частного партнерства с решением, опять же, ряда законодательных вопросов. Если на федеральном уровне это очень сложно и долго делать, передайте больше полномочий на региональный уровень — чтобы каждый регион разрабатывал свою схему, а в итоге можно было сравнить, у кого получается лучше.

— К чему возвращаемся — дорого строить под землей или на самом деле не очень? У государства все равно не хватает денег на современную городскую инфраструктуру, но привлечение частных инвестиций для комплексного освоения подземного пространства тормозится нерешенностью юридических вопросов…

— Да, это абсолютно верно. По поводу финансов можно добавить, что российский менталитет, по меньшей мере относительно крупных инфраструктурных проектов, во многом остается «советским» — мол, деньги откуда-то берутся сами. Скажем, мы добываем нефть — и есть бюджет... А в Нидерландах, например, таких легких денег вообще не было и нет. Когда придет понимание, что их надо зарабатывать, тогда и придут перемены. Вот, допустим, у нас в Петербурге только начинают устраивать платные парковки. Существуют различные схемы сбора денег с тех людей, у которых они есть и которые легко заплатят за комфорт, за какие-

то действительно полезные новые услуги. И мы будем не только писать письма в Москву, прося денег, но и сами сможем предложить их часть, в том числе привлекая коммерческие структуры. Тогда, возможно, станет легче получить и федеральное финансирование.

Что касается редевелопмента в общем, то хотелось бы напомнить об одном старом петербургском проекте. Еще в приложении к генеральному плану Санкт-Петербурга 2007 года генерал армии, академик, энтузиаст освоения подземного пространства Николай Павлович Ваучский разработал концепцию комплексного освоения подземного пространства Санкт-Петербурга, в рамках которой, в частности, предполагалось соединение Финляндского и Московского вокзалов. Мне кажется, что в современных условиях это может быть даже коммерчески выгодным проектом. Строить придется относительно мало, но это могло бы, во-первых, высвободить много территорий в районе двух вокзалов в центре города. Во-вторых, позволило бы наладить движение городских электричек, чтобы фактически открылась дополнительная линия метро. В целом, мне кажется, реализация такого проекта может быть привлекательна для нескольких заинтересованных сторон, в том числе непосредственно для РЖД. Кстати, если посмотреть на европейские столицы и крупные города, повсеместно мы видим именно проездные вокзалы. Так, в Берлине несколько линий пересекаются на нескольких уровнях. Подобные примеры — и в Брюсселе, и в Париже. В Санкт-Петербурге все вокзалы тупиковые. Тут, мне кажется, есть очень большая возможность для развития инфраструктуры, а это — драйвер всего редевелопмента.

— Как вы считаете, Всемирная конференция ACUUS 2016 в Северной столице может дать россиянам действительно мощный импульс, хотя бы просветительского плана?

— Абсолютно точно — это будет мощный импульс. У нас проходит Петербургский международный экономический форум, на него тратится много денег, и это дает свой результат и для города, и для страны. ACUUS 2016, межотраслевое событие мирового масштаба, конечно, активизирует дискуссию и задаст, я надеюсь, правильное направление развитию подземного пространства как Санкт-Петербурга, так и России в целом. Всемирная конференция проходит в нашей стране впервые. Есть две мировые организации, занимающиеся освоением подземного пространства, и если ITA, Международная тоннельная ассоциация, больше занимается техническими вопросами, то ACUUS занимается вопросами концептуальными, планировочными, связанными с комплексным городским развитием, что для нас как раз особенно актуально. Я уверен, что мощный импульс будет получен во всех направлениях — и в бизнесе, и в науке, и в подготовке кадров. Надеюсь, что это очень важное событие мирового масштаба мы примем на достойном уровне, и Петербургу можно будет гордиться, что он проводил такую конференцию, а Объединение исследовательских центров подземного пространства мегаполисов будет гордиться, что проводило ее именно в Петербурге. ■

> Нужна более продуманная схема государственно-частного партнерства с решением целого ряда законодательных вопросов.
>
> **Н.Г. Бобылев**

13A-0070

Бентонит Кургана
Bentonite

ПОЗДРАВЛЯЕМ
С ДНЕМ СТРОИТЕЛЯ

В соответствии с ТУ 39-0147001-105-93 ООО «Бентонит Кургана» выпускает **Бентопорошки для буровых растворов марок ПБМА, ПБМБ, ПБМВ** на основе собственного сырья, характеризующегося высоким содержанием монтмориллонита (не менее 77%), а буровые растворы на их основе имеют низкую водоотдачу (менее 15 см³) и высокие реологические свойства, обеспечивающие эффективную промывку ствола скважины:

Марка	Выход раствора, м³/тн, не менее	Массовая доля влаги, %, не более
ПБМА	20	12
ПБМБ	16	12
ПБМВ	12	12

Бентопорошки имеют все необходимые сертификаты и полностью совместимы с компонентами глинистых буровых растворов. ООО «Бентонит Кургана» первое и единственное в России предприятие, прошедшее сертификацию бентонитовой продукции в Американском Нефтяном Институте (API), подтвердившее соответствие системе менеджмента качества **API Spec Q1** (лицензия № 13A-0070). Передовые технологии производства и переработки сырья позволяют производить высококачественный бентонит, отвечающий требованиям спецификации **API 13A OCMA GRADE Bentonite.**

Показатели	Свойства суспензии	
	Требования спецификации API	Значение показателя
Показания шкалы вискозиметра при скорости 600 об/мин	Минимум 30	32-35
Отношение предела текучести к пластической вязкости	Максимум 6,0	5,6-6,0
Объем фильтрата, мл	Максимум 16,0	13,2- 15,0
Остаток частиц диаметром свыше 75 μм, %	Максимум 2,5%	1,5- 2,0

Специалисты ООО «Бентонит Кургана» оказывают профессиональную консультацию при выборе бентонитовой продукции, наиболее удовлетворяющей требованиям заказчика, а также осуществляют информационную поддержку на стадии применения продукции у потребителя.

www.bentonit.su

Тел/факс +7(3522) 436-315
e-mail: info@bentonitkgn.ru
+7(3522) 436-301

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

Д.М. ГОЛИЦЫНСКИЙ,
д.т.н., профессор
(ПГУПС)

О ПОДГОТОВКЕ КАДРОВ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА

В наиболее развитых странах проявляется повышенный интерес к освоению подземного пространства мегаполисов, что обусловлено, в первую очередь, прогрессирующим ростом городского населения, транспортными проблемами и ухудшением экологической обстановки. Под землей возможно размещение объектов различного назначения, в том числе опасных производств, а также, благодаря наиболее благоприятным условиям для аккумуляции тепла и холода, сооружение хранилищ для сельскохозяйственных продуктов непосредственно в городах. Продолжающийся рост автомобилизации и промышленных предприятий приводит к ухудшению не только экологии, но и качества городской жизни вообще. Решение этих проблем определяет необходимость комплексного подхода к освоению подземного пространства.

In the most developed countries an increased interest to development of underground in megacities is observed, first of all, due to progressive growth of urban population, transportation problems, and environmental degradation. Training of tunnel building specialists is a complicated and responsible task, as underground construction has a high risk category.

Возникло новое направление в градостроительстве — подземная урбанистика. В ряде крупных городов мира (Париж, Лондон, Прага, Стокгольм, Москва и другие) разработаны комплексные программы освоения подземного пространства. Считается, что развитие этого направления является одним из показателей улучшения условий жизнедеятельности населения мегаполисов, их качественного роста. Рекомендуется, чтобы доля подземных сооружений составляла порядка 20–25% от общей площади строительных объектов. К сожалению, в городах нашей страны этот показатель значительно меньше — 5–8%.

В конечном итоге освоение подземного пространства должно обеспечить наиболее благоприятные и комфортные условия для жизни городского населения. Соответственно, комплексное решение этой проблемы является актуальным и жизненно необходимым. Несмотря на то что строительство под землей обычно стоит дороже, будущее наших городов невозможно представить без сооружения различных подземных объектов, тоннелей и, в первую очередь, новых линий метрополитена.

Предполагается, что в ближайшие годы, по мировым стандартам, под землей будут располагаться около 70% гаражей, 80% складов, 30% учреждений культурно-бытового назначения, 40% промышленных, 50% коммунальных и 30% административных предприятий. Это позволит высвободить большую дополнительную площадь городской территории.

В нашей стране, однако, до настоящего времени возможности подземного пространства используются слабо и не соответствуют современным требованиям экономического развития.

Создание мощной эффективной проходческой техники (механизированные щиты с активным пригрузом, тоннелепроходческие комплексы, позволяющие сооружать тоннели диаметром до 19 м, автоматизированные микрощиты для прокладки инженерных коммуникаций, самоходные буровые установки), автоматизированные агрегаты для бетонирования и заводы по изготовлению высокоточных сборных тоннельных обделок, а также использование высоких технологий («стена в грунте», струйная цементация грунтов, новоавстрийский тоннельный метод) — все это в настоящее время позволяет строить различные подземные сооружения в условиях плотной городской застройки, в самых сложных инженерно-гидрогеологических условиях.

С другой стороны, такие объекты, как протяженные транспортные тоннели и станции метрополитена, даже при наличии современной горнопроходческой техники, невозможно построить без высокопрофессиональных кадров. Подготовка специалистов-тоннельщиков — сложная и ответственная задача, связанная с тем, что подземное строительство является «зоной повышенного риска». По опубликованным данным, количество несчастных случаев в результате аварий в тоннелестроении в 1,5–2 раза больше, чем в наземном строительстве.

В нашей стране подготовку специалистов-

тоннельщиков осуществляют в основном крупнейшие строительные, транспортные и горные вузы (Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск), в составе которых имеются специализированные кафедры.

Первой из них в России стала кафедра «Тоннели и метрополитены» Петербургского государственного университета путей сообщения, организованная в 1930 году в связи с необходимостью подготовки инженерных кадров по тоннельной специальности и началом строительства Московского метрополитена. Заведующим кафедрой был назначен известный строитель и ученый профессор, д. т. н. Александр Николаевич Пассек (1886–1951), который одновременно являлся также экспертом и консультантом строительства первых очередей Московского метрополитена.

В последующем аналогичные кафедры были созданы в Москве (МИИТ) и Новосибирске (НИИЖТ).

Этими тремя вузами подготовлен большой отряд высококвалифицированных инженеров-тоннельщиков, работающих не только в городах нашей страны, но и за рубежом, которые способны решать на современном уровне самые сложные технические вопросы.

На сегодняшний день, несмотря на отдельные успехи, общая ситуация в стране с подготовкой кадров в области тоннеле- и метростроения является достаточно сложной.

В перспективе ожидается увеличение объемов подземного строительства, в основном за счет метрополитенов, однако выпуск специалистов-тоннельщиков сокращается, не хватает опытных преподавателей, особенно высшего звена (профессоров). Приток молодых талантливых специалистов минимален из-за низкой оплаты труда, продолжается «утечка мозгов» лучших выпускников за границу.

Безусловно, совершенствование системы образования в нашей стране — процесс сложный, длительный, достаточно болезненный. При этом он затрагивает интересы всего общества, и ответы на вопросы, как, кого и чему учить, следовало бы получать не от чиновников от образования, а в процессе широкого обсуждения преподавателями и научной общественностью с учетом мнений заказчиков — работодателей.

Следует признать, что качество подготовки российских специалистов для инновационной деятельности не соответствует современным требованиям. В России в настоящее время используется только 8–10% инноваций, в то же время в США — 62%, а в Японии — 95%. Сегодня, как никогда, остро встает вопрос о подготовке специалистов высокой квалификации и актуален лозунг «кадры решают все».

В перспективе ожидается увеличение объемов подземного строительства, в основном за счет метрополитенов, однако выпуск специалистов-тоннельщиков сокращается, не хватает опытных преподавателей, особенно высшего звена (профессоров). Приток молодых специалистов минимален из-за низкой оплаты труда, продолжается «утечка мозгов» лучших выпускников за границу.

Главной задачей развития российского инженерного образования становится не только подготовка специалистов, но и преобразование инженерного вуза в научно-образовательный технологический производственный комплекс. Однако нельзя забывать, что основной задачей высшего учебного заведения является не превращение в предпринимательскую структуру, составляющую часть рыночного механизма, который ориентирован на прибыль, а получение качественного профессионального образования.

Необходимо уделить особое внимание техническим вузам, обеспечив им материальную поддержку и, в том числе, достойную оплату профессорско-преподавательскому составу. Ведь, как отметил вице-премьер Аркадий Дворкович на Петербургском международном экономическом форуме в 2014 году, важной составляющей образования является «профессиональное управление вузом и блестящая профессура».

«Профессор отличается от ученого вообще тем, что он передает науку слушателям, что он лично излагает перед ними свои исследования и убеждения и руководит их живым словом и примером», — такую оценку дает Ф. И. Буслаев в своей книге «Мои досуги». Речь о том, насколько важно живое общение учителя с учениками, а не «слепое», бездушное отношение к получению знаний с использованием только современных технических средств и дистанционных методов обучения, когда роль преподавателя является второстепенной.

Качество обучения необходимо повышать также путем увеличения сроков производственной практики на наиболее крупных подземных стройках, находящихся не только в нашей стране, но и за рубежом. После второго курса целесообразно ввести профессиональную практику на базе средних учебных заведений (колледжей) для получения студентами-тоннельщиками рабочей специальности (проходчик, бетонщик, изолировщик и т. д.). Перед защитой дипломных проектов следует предусмотреть длительную производственную практику (не менее трех месяцев) со сдачей экзамена и оценкой со стороны руководителя производства.

В конечном итоге, однако, можно много рассуждать о новых методиках преподавания, о совершенствовании чтения лекций, о трудовой дисциплине, о качестве воспитательной работы и т. п., но дело не сдвинется с «мертвой точки», пока, наконец, не решится вопрос о достойной оплате преподавательского труда, о его престиже и привлекательности. В противном случае в нашей стране сложно рассчитывать на успех как реформы высшего образования вообще, так и непосредственно подготовки, на перспективу увеличения объемов подземного строительства, необходимого количества квалифицированных специалистов-тоннельщиков современного мирового уровня. ■

МЕТРОСТРОИТЕЛИ

В СОЮЗЕ СО СПОРТОМ

После масштабной реконструкции 9 августа открылся спортивный комплекс петербургского ОАО «Метрострой». Работы выполнялись постепенно и поэтапно в течение четырех лет, а завершающим торжественным аккордом стала официальная церемония сдачи в эксплуатацию основной спортплощадки — нового стадиона. Причем очень вовремя, в тему: кроме того, что страна в эти дни болела за своих спортсменов на Олимпиаде в Рио-де-Жанейро, событие было приурочено к юбилейному Дню строителя. «Сохраняя традиции. Развивая технологии», — свой лозунг петербургские метростроевцы очередной раз подтвердили делом, фактически освоив новое направление: строительство спортивных объектов. Открывшийся комплекс выглядит современно, стильно, а стадион для хоккея на траве, по словам специалистов, соответствует мировым стандартам.

Sports complex of Metrostroy OJSC in St. Petersburg was open after large-scale reconstruction. The slogan "Keeping the traditions alive. Developing technologies" once again was confirmed by metrotunnelers, who in fact had learned new direction of sports objects building. According to the words of specialists, the stadium for grass hockey complies with the world standards.

Сергей ЗУБАРЕВ

Собственный спортивный комплекс на Левашовском проспекте, 11/7 появился у ленинградских метростроителей еще в 1959 году, а в последующем он развивался и расширялся. Предыдущая реконструкция была осуществлена около 25 лет назад. Здесь имелась возможность проводить тренировки и соревнования по волейболу, баскетболу, футболу, настольному теннису, легкой атлетике и т. д. При этом Метрострой, благодаря политике своего руководства, не стал одной из многих компаний, которые в новых экономических реалиях поспешили избавиться от социально-значимых «непрофильных активов».

К капитальной реконструкции комплекса, с его модернизацией и расширением функций, метростроевцы приступили в 2012 году. В частности, построили семиэтажное здание, в котором разместились спортзалы, бассейн и гостиница для спортсменов, а под территорией поля появилась парковка — то есть собственно подземное строительство, к тому же в одном из своих актуальных и перспективных направлений, не было забыто и на этом проекте.

В итоге Санкт-Петербург получил новый спортивный комплекс с профессиональным, соответствующим международным стандартам полем для хоккея на траве, что позволяет проводить в городе даже чемпионаты мирового уровня. Метростроевский стадион сразу же внесли в соответствующий российский реестр, а после сертификации он должен появиться и в реестре международном.

Помимо генерального директора ОАО «Метрострой» Вадима Александрова, на торжественной церемонии открытия выступили председатель Законодательного собрания Санкт-Петербурга Вячеслав Макаров и вице-губернатор Игорь Албин, курирующий строительный сектор. Спикер ЗакСа подчеркнул, что это событие имеет особое значение для всего города, и очень важно, что заниматься на стадионе могут не только взрослые, но и дети.

Игорь Албин сказал:

— Символично то, что город получает подарок в дни проведения Олимпийских игр в Рио-де-Жанейро и накануне нашего самого важного профессионального праздника — Дня строителя... И мне кажется, что очень скоро стадион, на котором будут играть в хоккей на траве, дополнится еще и другими спортивными объектами, которые будут созданы или завершены работниками Метростроя.

Вадим Александров, со своей стороны, отметил:

— Это наши традиции: хорошо трудиться и хорошо заниматься спортом. Я думаю, теперь, когда мы открыли этот стадион, спорт займет еще большее место в жизни нашего коллектива.

...А далее эстафету праздника приняли самые юные его участники, опробовав беговую дорожку в гонке на самокатах. Затем состоялся финал отраслевой Спартакиады «За труд и долголетие», традиционно проводимой петербургским Союзом строительных объединений и организаций, а также дебютный для стадиона международный матч по хоккею на траве между командами «Метрострой» (Санкт-Петербург) и «Ритм» (Гродно, Беларусь), который закончился со счетом 2:2 — победила дружба. ■

В ТЕМУ

Также 9 августа в петербургском Комитете по строительству состоялась процедура вскрытия конвертов с заявками «на участие в запросе предложений на выполнение работ по завершению строительства футбольного стадиона в западной части Крестовского острова и по завершению приспособления для современного использования объекта культурного наследия регионального значения «Приморский парк Победы» (комплексное благоустройство западной части Крестовского острова с включением зоны первичного контроля для объекта)», сообщает пресс-служба Правительства СПб. Оба объекта решено доверить Метрострою. «Буквально вчера мы открывали свой стадион на Левашовском проспекте, и вот сегодня стали победителями в конкурсе на достройку стадиона «Зенит-Арена». Работы у нас, конечно, сильно прибавится, но мы сделаем все возможное, чтобы не подвести город и самих себя», — прокомментировал Вадим Александров итоги конкурсных процедур, официально утвержденные 10 августа.

Building of Northern Latitudinal Railway presupposes realization of complicated underground projects. The issue was discussed at First International Scientific and Practical Conference on the Peculiarities of Building of Transport Crossings in Conditions of Permafrost, Seismic Loadings and Shipping Traffic through Ob River in the region of Salekhard city and Lena River in the region of Yakutsk city.

ПОДЗЕМНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Создание Арктического транспортного коридора далеко не первое десятилетие волнует умы российских экономистов, хозяйственников, строителей, поднимается вопрос и на уровне первых лиц государства. При этом строительство железнодорожного Северного широтного хода на сегодняшний день предполагает, в том числе, реализацию сложных подземных проектов. Тема подробно обсуждалась на первой международной научно-практической конференции «Особенности сооружения транспортных переходов в условиях вечной мерзлоты, сейсмических нагрузок и судоходства через реки Обь в районе г. Салехарда и Лена в районе г. Якутска», которую 25 мая провел Международный конгресс промышленников и предпринимателей совместно с Российским союзом промышленников и предпринимателей, Ассоциацией строителей России, Российско-Китайским аналитическим центром, Координационным центром «Экономический пояс Шелкового пути».

Сергей ЗУБАРЕВ
Использованы материалы Ассоциации «Строительный комплекс МКПП»

Участниками мероприятия стали руководители федеральных и региональных органов исполнительной власти, государственных институтов развития, представители строительного комплекса и общественных организаций, ведущие отраслевые ученые. В работе конференции приняла участие представительная китайская делегация.

Президент Международного конгресса промышленников и предпринимателей Виктор Глухих во вступительном слове отметил, что превращение ресурсного потенциала Арктической зоны России в материальную базу решения актуальных проблем социально-экономического развития страны является основой государственной политики РФ в Арктике. При этом основой транспортной инфраструктуры макрорегиона является Северный морской путь, в прямой зависимости от стабильности функционирования которого зависит реализация важнейших национальных интересов.

«Сегодня мы проводим конференцию, посвященную актуальным проблемам транспортного строительства, имеющим ключевое общероссийское и международное значение», — заявил Виктор Глухих.

ПТОС с китайским уклоном?

Президент Ассоциации строителей России Николай Кошман начал свое выступление с напоминания о том, что многим специалистам, присутствующим на конференции, хорошо известны особенности вечной мерзлоты и сейсмических нагрузок еще по опыту строительства БАМа, когда «те трудности, с которыми столкнулись транспортные строители и военные железнодорожники, были успешно преодолены». Сейчас решение подобных задач облегчается более прогрессивными материалами и технологиями, абсолютно новой техникой.

Глава АСР также напомнил, что проектирование и строительство Северного широтного хода является частью Федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы России (2010–2020 годы)», реализация которой в настоящее время частично приостановлена. Предполагалось уже построить и мост через реку Обь, соединяющий города Салехард и Лабытнанги. По планам на сегодняшний день, приступить к реализации проекта намечено в 2017 году. При этом, с одной стороны, предыдущая динамика переносов начала строительства (2008 — 2010 — 2012 — 2013 гг.) дает мало поводов для оптимизма, с другой стороны, «ситуация несколько изменилась в пользу населения Ямало-Ненецкого автономного округа», поскольку «Россия и Китай уверенно развивают взаимовыгодные отношения стратегического партнерства». Николай Кошман возлагает надежды на участие в проекте коллег из КНР, на сегодня активно сотрудничающих с АСР: «Китайские компании строят сложнейшие объекты во всем мире, пользуясь мощной финансовой поддержкой государственных банков Китая».

С основным докладом «Особенности сооружения транспортных переходов в условиях вечной мерзлоты и сейсмических нагрузок» на конференции выступил заслуженный строитель России Игорь Гореликов, вынеся на обсуждение такие варианты, как сооружение тоннеля щитовым методом с использованием тоннелепроходческого комплекса (ТПК) или сооружение погружного тоннеля из опускных секций.

Практическим опытом поделился глава представительства Китайской гражданской инженерно-строительной корпорации в РФ Пэн Минькуань, предположив, что технология и технические возможности сооружения погружного тоннеля из опускных секций (ПТОС) могут быть использованы и в России. Успешно реализованы аналогичные проекты, в частности, при строительстве тибетских высокогорных железных дорог в вечной мерзлоте. Преимущества ПТОС, на взгляд из Китая, в нашем случае заключаются в следующем: во-первых, это «идеальное решение климатических и географических проблем северной части России», позволяющее нейтрализовать и «самый острый вызов — ледоход»; во-вторых, сокращение стоимости и срока строительства перехода и его эксплуатации; в-третьих, повышение научного и производственного уровня отрасли с освоением инновационной технологии. «Опыт ПТОС накопился и накапливается почти 100 лет, но для конкретной местности и климатических условий — это новая техническая задача», — отметил Пэн Минькуань.

Стратегия и тактика

В числе докладчиков по теме строительства Северного широтного хода были представители профильных структур власти Ямало-Ненецкого автономного округа и Республики Саха (Якутия), МГУПС (МИИТ), АО «УСК Мост», Института мерзлотоведения СО РАН, Сибирского отделения Тоннельной ассоциации России, Союза инженеров-сметчиков и т. д. В частности, с докладом «Особенности проекта Арктического транспортного коридора для Ямало-Ненецкого автономного округа» выступил директор Департамента транспорта и дорожного хозяйства ЯНАО Альберт Султанов.

«Правительством автономного округа проводится государственная политика, направленная, в первую очередь, на создание Арктического транспортного коридора, — отметил глава профильного ведом-

Северный широтный ход

Технология сооружения погружного тоннеля из опускных секций (ПТОС) может быть использована и на российском Севере.

ства региона. — В настоящее время на территории Ямала идет реализация нескольких крупных — даже в мировом масштабе — инфраструктурных проектов. Это строительство морского порта Сабетта, железнодорожного Северного широтного хода «Обская — Салехард — Надым — Пангоды — Новый Уренгой — Коротчаево» и железнодорожной линии «Бованенково — Сабетта»... Их реализация позволит создать условия для развития и функционирования крупнейшего логистического центра страны, который загрузит Северный морской путь и кратно активизирует его работу».

При этом, по словам докладчика, главная и решающая роль в полноценном развитии наземной транспортной инфраструктуры в округе принадлежит проекту строительства Северного широтного хода. «По сути, это недостающее звено протяженностью 707 км железнодорожного полотна, которые свяжут Ямал с Уралом и Северо-Западом и в перспективе обеспечат через порт Сабетта вывод транспортной системы России к Северному морскому пути», — сказал Альберт Султанов.

Для решения этой задачи, в частности, была разработана проектная документация на строительство мостового перехода через реку Обь, однако на сегодня остается нерешенным вопрос предоставления предполагаемых 61 млрд рублей в рамках Федеральной целевой программы «Развитие транспортной системы России (2010–2020 гг.)».

«Учитывая, что Северный широтный ход является частью Арктической транспортной системы, крайне необходимой не только для социально-экономического развития страны, но и для решения задач национальной безопасности в Арктической зоне, считаем необходимым восстановить обязательства государства по финансированию строительства моста через реку Обь в районе города Салехард в ранее обозначенные сроки», — подчеркнул Альберт Султанов.

Подводя итоги выступлений и обсуждений, участники конференции отметили необходимость привлечения научных, проектных, строительных организаций для оценки, оптимизации и принятия решения по выбору вариантов транспортных переходов, а также обозначили необходимость проведения физико-математического моделирования их работы в условиях сейсмических и гидрометеорологических нагрузок. При этом, учитывая предполагаемую экономическую эффективность применения погружного тоннеля из опускных секций, видится целесообразным рассмотреть данную технологию при проработке вариантов транспортных переходов через Обь у Салехарда и Лену у Якутска.

Участники конференции также сошлись во мнении, что вопросы реализации до 2022 года этих двух инфраструктурных проектов необходимо оценивать как одну из приоритетных национальных государственных задач, обеспечивающих эффективное функционирование и динамичное развитие Арктической территории России.

В заключение вице-президент Международного конгресса промышленников и предпринимателей Юрий Виноградов сказал: «На международном уровне необходима активизация научного сотрудничества стран в исследовательских программах и проектах, касающихся создания новых технологий по сооружению транспортных переходов в условиях вечной мерзлоты и сейсмических нагрузок. Конструктивным может стать развитие международного сотрудничества в рамках консорциума с участием федеральных и региональных органов власти, ОАО «РЖД», строительных и финансовых структур КНР, строительных организаций России».

В резолюции конференции были сформулированы рекомендации Правительству РФ. В частности, особо подчеркнута возможность привлечения финансовых средств КНР для проектирования и строительства транспортного перехода через Обь у Салехарда.■

ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛИ ПРОДВИГАЮТ ИННОВАЦИИ

Одним из важных мероприятий в рамках деловой программы выставки «СТТ–2016» стала III международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии фундаментостроения» (Москва, МВЦ «Крокус Экспо», 2–3 июня). Организаторами выступили Международная ассоциация фундаментостроителей и Центр инновационных технологий в строительстве ИДПО ГАСИС НИУ ВШЭ, а спонсором — фирма «Балтий», специализирующаяся на усилении фундаментов. Конференция собрала порядка 80 специалистов строительных компаний, проектных и научных институтов, архитектурных центров, а также производителей профильного оборудования и спецтехники.

The III International Scientific and Practical Conference "Innovation Technologies of Foundation Construction" (Moscow, Crocus-Expo International Exhibition Centre, July 2-3) became one of the important events within the exhibition "Construction Equipment and Technologies-2016" business program. International Association of Foundation Contractors and Centre of Innovation Technologies in Construction of the Institute of Supplementary Vocational Education, State Academy of Investment Field, National Research University, Higher School of Economics.

По материалам Международной ассоциации фундаментостроителей

В число участников мероприятия вошли представители Центра инновационных технологий в строительстве Института ДПО ГАСИС НИУ ВШЭ, НИИЖБ им. А. А. Гвоздева и НИИОСП им. Н. М. Герсеванова (АО «НИЦ «Строительство»), компаний «Геоизол», «Фундаментпроект», «Либхерр-Русланд», «БентИзол»и др.

В своих выступлениях эксперты особое внимание уделили: инновациям в проектировании, строительстве, усилении и защите оснований зданий и сооружений; возведению свайных фундаментов; технологиям поверхностного и глубинного уплотнения грунтов; новинкам строительной специальной техники. Всего прозвучало 15 научно-практических докладов.

В частности, об особенностях изготовления и применения напрягающего бетона в рамках работ по обустройству оснований зданий («Бесшовные конструкции большой протяженности для фундаментных плит») рассказал Михаил Титов, к. т. н., заместитель заведующего лабораторией самонапряженных конструкций и напрягающих бетонов НИИЖБ им. А. А. Гвоздева. Андрей Шапошников, заместитель генерального директора ООО «Балтий», представил аудитории новые технологии усиления фундаментов и грунтов оснований в существующих зданиях, а также дал оценку экономической эффективности при выборе того или иного способа.

Особенностям эксплуатации и применения разного типа свай был посвящен второй и самый объемный блок конференции. Так, Владимир Бабаев, старший инженер НИИОСП им. Н. М. Герсеванова выступил с темой «Применение свай из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом». Прозвучали также доклады «Опыт применения буроинъекционных свай и анкерных систем Geoizol-MP для усиления фундаментов существующих зданий», «Фундамент на сваях с камуфлетным уширением», «Инновационная технология устройства железобетонных свай, изготавливаемых в грунте. НСВ — набивная свая вдавливания», «Анкерные системы и технология АтлантJET».

Новейшим технологиям еще одного сегмента фундаментостроения посвятил свое выступление заведующий центром технологии строительства НИИЖБ им. А. А. Гвоздева Максим Якобсон. В докладе «Технологические особенности производства и контроля качества при строительстве оснований из грунтов, укрепленных цементом», он рассказал про такие методы технологии, как Jet Grouting, глубинное смешивание DSM и его разновидность Wet Speed Mixing, а также о специфике их применения.

Наконец, в завершающем разделе конференции про необходимость учета рентабельности выбора строительной техники при возведении объектов широкого профиля рассказал начальник отдела главного механика ОАО «Фундаментпроект» Андрей Исаев, а ООО «Либхерр-Русланд», с практической стороны, представило новинки.

Участники конференции высоко оценили содержательность ее программы и практическую значимость докладов. ■

А. Н. ИСАЕВ,
начальник отдела главного
механика ОАО «Фундаментпроект»

РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ ВЫБОРА **СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

Ideally each one would like to buy multi-operated, very cheap upon purchase and exploitation, reliable and easy-to-use equipment, i.e to get "All for next to nothing". However, in fact each parameter has its own peculiarities. Let's consider all the possible solutions on the optimal choice of construction equipment, which are able to reduce purchase and exploitation costs and as the result the cost of construction.

В идеале каждому хотелось бы приобрести технику максимально универсальную, крайне дешевую и при покупке, и в эксплуатации, сверхнадежную и сверхпростую в управлении — получить «все и сразу, причем за бесценок». Однако в реальности каждый такой параметр имеет свои особенности. Рассмотрим возможные решения по оптимальному выбору строительной техники, способные существенно снизить затраты на ее приобретение и эксплуатацию, а в конечном счете — и стоимость строительства.

Если обратиться к новейшей истории России в свете рассматриваемого вопроса, то вспоминается ситуация 20-летней давности, когда приходилось делать выбор между техникой, выпускаемой разваливающимися отечественными предприятиями и, по сути, контрабандной покупкой импортной продукции, которая зачастую не имела в нашей стране даже официального представительства производителя, не говоря уже о сервисной поддержке. Появление первых официальных сервисных центров датируется концом 90-х годов, и тогда же к нам в страну «хлынули бурным потоком» механизмы иностранных фирм, реализуемые вновь образованными дилерами.

В это же время среди отечественных производителей наметилась тенденция замещения малонадежных узлов и комплектующих техники на импортные компоненты, что, в свою очередь, позволило кратно повысить ресурс и надежность выпускаемых машин и механизмов.

В начале нового века достаточно грамотную и агрессивную политику по завоеванию российского рынка стали проводить корейские производители. Учтя опыт 90-х годов, кроме собственно продаж, в обязательном порядке у этих компаний присутствовала и достаточно разветвленная сеть сервиса.

Ориентировочно с 2005 года в России начала появляться техника китайских производителей. Поначалу в основном это были копии машин известных западных брендов, продаваемые по цене гораздо ниже оригинала. В конце 90-х можно было наблюдать одну и ту же картину на многочисленных выставках: группа китайских инженеров с рулетками, штангенциркулями и другими мерительными инструментами буквально сантиметр за сантиметром, даже стоя на коленях, обследует образцы техники европейских и американских компаний... Однако на сегодняшний момент следует признать, что продукция предприятий из Китая уже на порядок более надежна и качественна, чем это было раньше.

Всю номенклатуру представленной на российском рынке техники можно условно разделить на следующие группы:

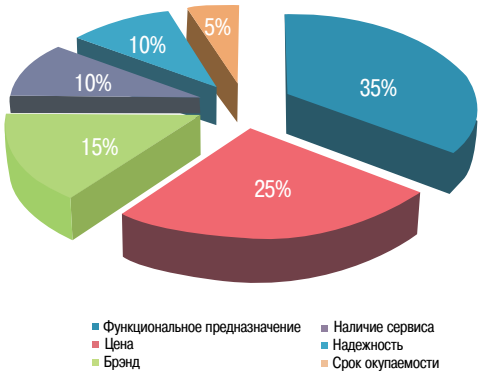


Рис. 1. Весомость факторов

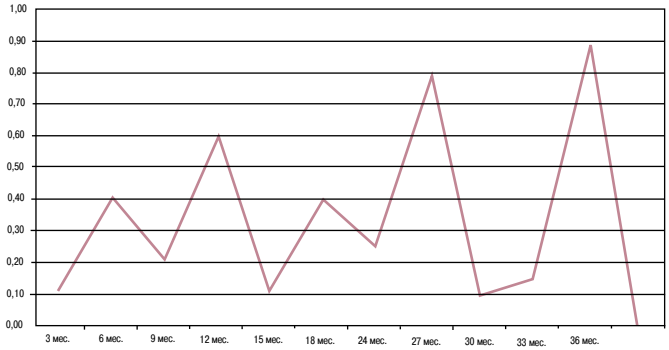


Рис. 2. Расходы на ТО

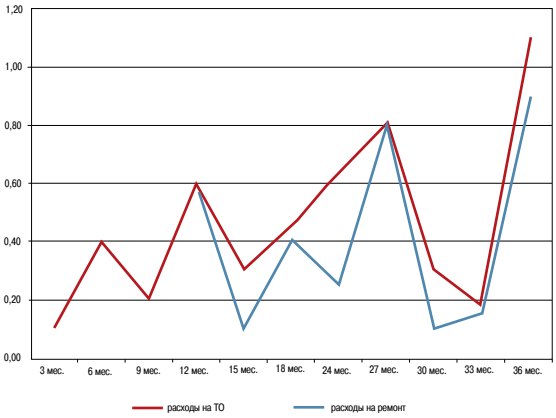


Рис. 3. Увеличение расходов с течением времени

- продукция отечественного машиностроения;
- продукция известных европейских, американских и японских брендов;
- продукция южнокорейских производителей;
- продукция китайских производителей.

Еще одной особенностью сегодняшней ситуации можно считать то, что в рамках одного бренда выпускается достаточно широкая номенклатурная линейка, тогда как еще 15 лет назад отдельные производители четко старались специализироваться на ограниченном круге машин и механизмов и даже не предпринимали попыток универсализации.

Итак, как же в огромном разнообразии представленных на нашем рынке образцов выбрать именно то, что необходимо конкретному заказчику, и какие критерии могут быть полезными в этом выборе?

В идеале, конечно, каждому хотелось бы приобрести технику максимально универсальную, крайне дешевую, имеющую очень низкую эксплуатационную стоимость, сверхнадежную и сверхпростую в управлении и эксплуатации. Иными словами, получить «все и сразу и, что самое главное, по минимальной цене». Рассмотрим каждый критерий и фактор в отдельности.

1. Функциональное предназначение — тот комплекс задач, который предполагается решить с помощью приобретаемой техники. Здесь велик соблазн попытаться найти максимально универсальную машину или механизм, что не всегда полноценно реализуемо на практике.

2. Цена — как ни странно с профессиональной точки зрения, зачастую именно этот фактор является чуть ли не решающим при выборе, причем расходы на последующую эксплуатацию в таком случае не учитываются.

3. Бренд производителя — фактор, который включает в себя множество гораздо более мелких, но очень важных компонентов, таких как удобство эксплуатации, эргономика, дополнительное оснащение и, в конце концов, просто эстетика.

4. Наличие сервисного обслуживания и склада запасных частей — фактор один из важнейших, но недостаточно оцененный в настоящий момент: для нормальной эксплуатации машины и механизмы должны периодически обслуживаться квалифицированным персоналом, а при необходимости ремонтироваться в кратчайшие сроки. При анализе результатов эксплуатации техники в районах Крайнего Севера за последние три года очевидно, что отсутствие сервиса в районе эксплуатации приводит в большинстве случаев к длительным простоям и соответствующим неоправданным расходам.

5. Срок окупаемости — последний из рассматриваемых факторов, который в комментариях не нуждается и может быть достаточно легко получен.

Весомость всех вышеперечисленных факторов представлена на рис. 1.

Итак, после покупки в течение гарантийного периода эксплуатации мы вынуждены нести затраты лишь на периодическое техническое (сервисное) обслуживание, расходы на которое вполне прогнозируемы и относительно невелики (рис. 2).

После окончания гарантийного срока наступает период, когда к затратам на собственно периодическое сервисное обслуживание добавляются ремонтные затраты, массовая доля которых только увеличивается с течением времени (рис. 3).

Сложив две составляющие, мы получаем кривую, наиболее полно характеризующую общие расходы на эксплуатацию техники. Как видно, с течением времени она приобретает ярко выраженный характер роста.

Теперь перейдем к прибыли, которую приносит приобретенная техника.

В течение гарантийного срока — это достаточно постоянная величина. В дальнейшем, ввиду роста числа отказов техники, ремонтов и, как следствие, количества вынужденных простоев, линия прибыли, если представить ее на графике, имеет тенденцию неуклонного снижения, и в определенной временной точке она обязательно пересечется с линией затрат.

Именно эта точка и имеет ключевое значение. Далее экономическая целесообразность продолжения эксплуатации техники становится зачастую отрицательной и наступает период принятия решения: либо продолжать эксплуатацию, но уже с гораздо меньшей долей прибыли, а в даль-

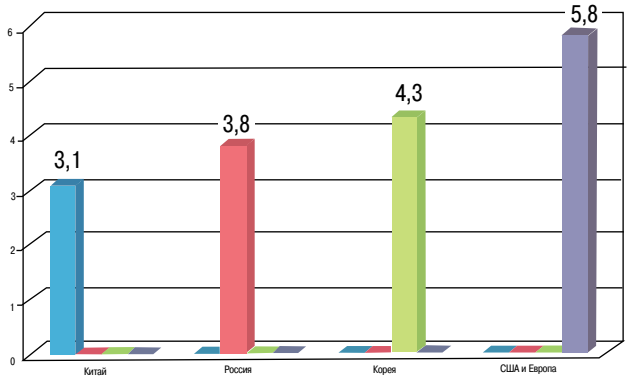


Рис. 4. Опыт расчета критерия (коэффициента) рентабельности

нейшем и с убытками, либо обновить парк машин и механизмов.

Именно этот фактор, при профессиональном подходе, может стать ключевым при принятии решения о покупке той или иной модели или марки.

Еще на начальной стадии реализации проекта, принимая во внимание рентабельность эксплуатации техники, мы можем наиболее эффективно прогнозировать затраты на машины и механизмы, что, в свою очередь, позволит сократить расходы на строительство в целом.

В данном контексте представляется крайне полезным оперирование критерием, который условно можно назвать «фактор рентабельности», или «коэффициент целесообразности дальнейшей эксплуатации». На основании моего многолетнего опыта работы с различными видами техники на сегодняшний день

Рис. 5. Весомость факторов – 2

этот показатель можно представить в следующем числовом выражении: см. рис. 4.

Данные расчеты не претендуют на абсолютную точность, однако принятие их к сведению позволит сделать более верный выбор при приобретении машин и механизмов, в соответствии с задачами и перспективами использования.

В заключение хотелось бы попытаться заглянуть в недалекое будущее. Наметилась достаточно устойчивая тенденция сближения полюсов диаграммы — причем, что характерно, обоюдная: растет рентабельность техники из России и Китая за счет неуклонного улучшения качества продукции, но наметилось снижение числового значения этого фактора у производителей из Европы и США. Неужели получается, что уже не выгодно делать дорогую технику, которая служила бы долго и надежно?

Однако вернемся к основной теме. С учетом важности так называемого коэффициента целесообразности дальнейшей эксплуатации диаграмма весомости факторов принимает другой вид (рис. 5).

Например, если у вас имеется краткосрочный строительный контракт (1–2 года) и в дальнейшем вы больше не планируете связывать свою коммерческую деятельность со строительством, то вполне разумно обратить внимание на продукцию китайского и отечественного машиностроения. Если же вы являетесь владельцем бизнеса, связанного с арендой техники и механизмов, с их долгосрочной эксплуатацией, тогда лучше остановить выбор на продукции из Западной Европы, Японии и США.

Учет фактора рентабельности на стадии принятия решения о покупке позволяет существенно оптимизировать расходы, исключить финансовые потери как в краткосрочной, так и, что особенно важно, в долгосрочной перспективе.■

И. Я. ХАРЧЕНКО,
д. т. н., профессор, зам. начальника
НИЦ ОПП АО «Мосинжпроект»;
М. Г. ЗЕРЦАЛОВ,
д. т. н., профессор, ген. директор
ООО «НИЦ Тоннельной Ассоциации»;
А. Н. СИМУТИН,
инженер,
НИЦ ОПП АО «Мосинжпроект»;
А. И. ХАРЧЕНКО,
к. т. н., ген. директор
ООО «ГорГеоСтрой»

РАСЧЕТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМЫМ СОСТОЯНИЕМ ГРУНТА ПРИ КОМПЕНСАЦИОННОМ НАГНЕТАНИИ

Интенсивность подземного строительства в городах при плотной застройке приводит к необходимости обеспечения сохранности зданий и сооружений. В случае сверхнормативных дополнительных деформаций основания фундаментов сложные инженерные и геологические условия зачастую не позволяют с высокой точностью оценить влияние нового строительства на существующую застройку. Это приводит к необходимости использования различных методов защиты зданий и сооружений с учетом существенных коэффициентов надежности. В основном для защиты зданий и сооружений применяется усиление их конструкций, фундаментов или оснований (цементация, химическое укрепление или термическое закрепление грунтов).

The paper deals with the basic technological principles of the application of compensation grouting technology with soil fracture and compaction. There are given the basic provisions of the numerical analysis of geotechnical processes at compensating grouting without soil fracturing.

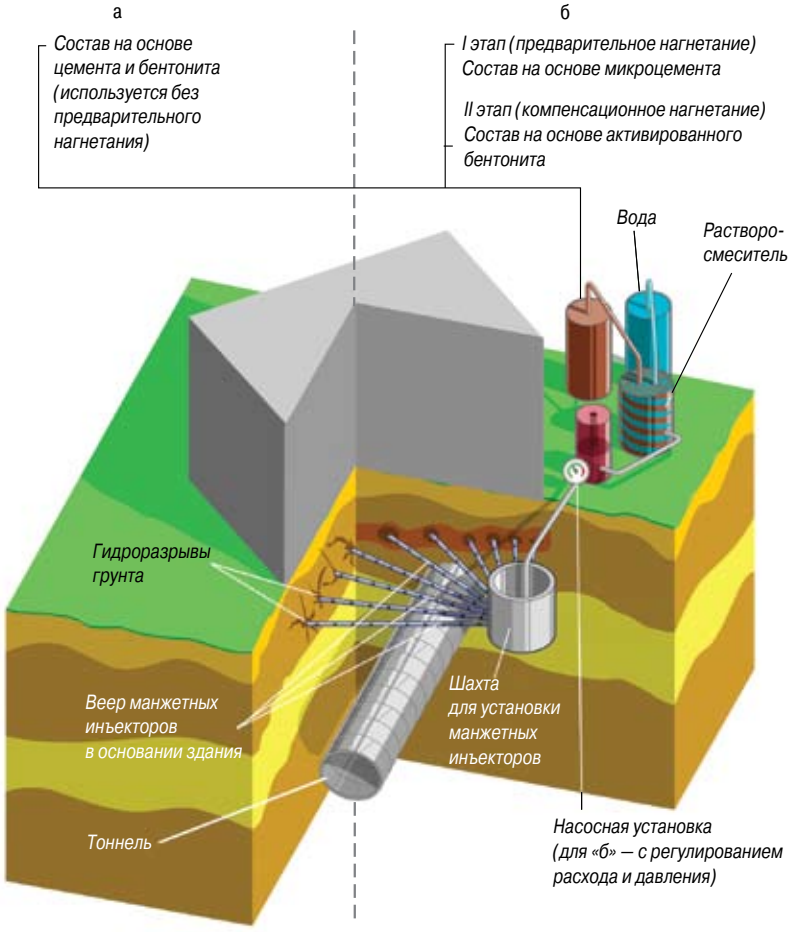


Рис. 1. Принципиальная схема применения метода компенсационного нагнетания при проходке тоннелей: а — нагнетание растворов с гидроразрывом грунта; б — нагнетание растворов без гидроразрыва

Одним из возможных методов недопущения развития сверхнормативных деформаций оснований фундаментов является технология компенсационного нагнетания. Суть технологии заключается в нагнетании инъекционных растворов в основание фундаментов с целью получения строительного подъема. Применение данной технологии позволяет компенсировать почти любые дополнительные осадочные деформации, возникающие в результате влияния какого-либо строительства или геологических процессов (например, карстово-суффозионных), за счет инъекции раствора. Высокая эффективность этой технологии, как по техническим, так и по экономическим показателям,

неоднократно подтверждалась зарубежной и отечественной практикой.

В отечественной практике применение компенсационного нагнетания представляется ограниченным, частично из-за необходимости расчетного обоснования принимаемых технологических параметров на стадии разработки проектной документации, таких, как разовый и суммарный объемы нагнетания, последовательность инъекционных работ, расход и давление нагнетания и др.

Применение технологии компенсационного нагнетания можно разделить на два основных направления в части ведения инъекционных работ: нагнетание растворов с гидроразрывом грунта (рис. 1а); нагнетание растворов выполняется без гидроразрыва, объем раствора занимает компактную область (рис. 1 б).

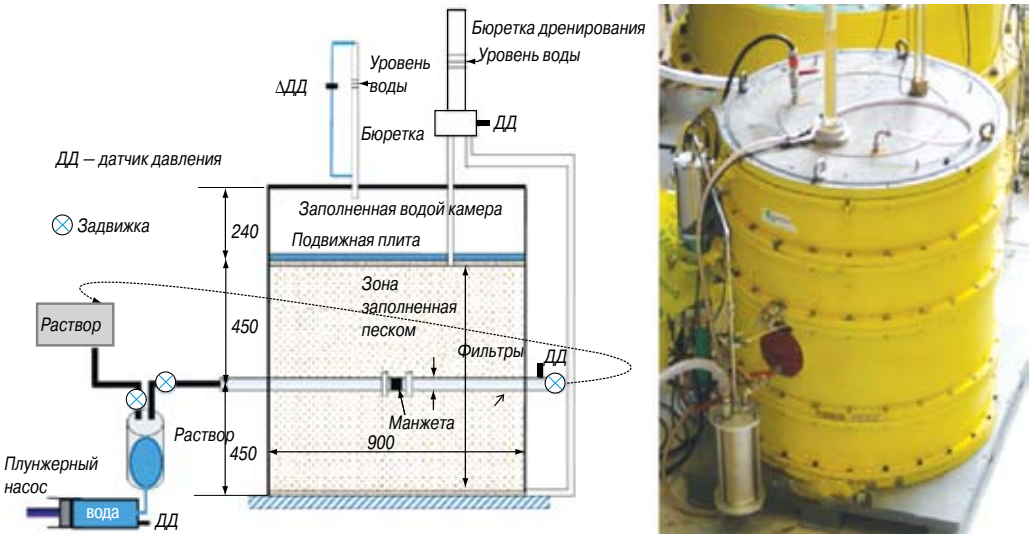


Рис. 2. Схема и фото лабораторной установки

Рис. 3. Результаты лабораторных экспериментов: а – раствор В/Ц=20, нагнетание при расходе q=10 л/м; б – В/Ц=5, q=10 л/м; в – раствор В/Ц=1, нагнетание при расходе q=2 л/м

В первом случае, когда нагнетание производится с гидроразрывами, могут использоваться почти любые растворы на цементной основе, с использованием насосного оборудования без регулирования расхода и давления нагнетания. Поскольку распределение нарушений сплошности в области, занимаемой раствором, имеет хаотичный характер, а их распространение не прогнозируемо, процесс компенсационного нагнетания в виде гидроразрыва является неуправляемым, и, соответственно, смоделировать его, аналитически или численно, крайне сложно. Также сложным является анализ механических характеристик получившегося геокомпозитного материала в основаниях зданий и сооружений, по завершению инъекционных работ.

Для компенсационного нагнетания без гидроразрывов, при котором закачанный объем занимает компактную область, необходимо применение специальных растворов и техники, с выполнением нагнетания в два этапа. На первом этапе выполняется предварительное нагнетание: используя высокопроницаемые растворы с целью обеспечения изотропных свойств грунтового массива и тем самым снижая риск возникновения гидроразрыва. Второй этап — в структуру предварительно подготовленного массива в расчетные зоны нагнетается, с регулированием расхода и давления, специальный раствор повышенной вязкости и заданной кинетики набора прочности, для возможности проведения повторных инъекций.

Описанные выше предпосылки подтверждаются данными лабораторных экспериментов, суть которых заключалась в модельных исследованиях процессов, происходящих при компенсационном нагнетании в песок растворов, характеризуемых различными технологическими параметрами. Лабораторная модель (рис. 2) представляла собой стальную бочку, в центре которой установлен, в горизонтальном положении, манжетный инъектор (с одной манжетой в центральной части). Стальная бочка была разделена на два отсека, нижний (основной) отсек заполнялся послойным уплотнением песка, выше находилась камера, заполненная водой для создания равномерного и постоянного давления, моделирующего нагрузку от здания. Камеры с водой и песком отделялись плитой, имеющей по контуру резиновую прокладку , которая обеспечивала герметичность и подвижность одновременно.

Анализ результатов 4-х серий лабораторных исследований показал, что, от вязкости нагнетаемого раствора и режима инъекционных работ, процесс компенсационного нагнетания в песок характеризуется принципиально различными проявлениями. При низкой вязкости раствора и высоких расходах нагнетания процесс характеризуется проявлением гидроразрывов окружающего манжетный инъектор грунта (рис. 3 а, б). При высокой вязкости раствора и низком расходе процесс нагнетания характеризуется образованием компактных объемов в форме эллипсоида (рис. 3 в).

В случае компенсационного нагнетания, с использованием специальных раствора повышенной вязкости и режима нагнетания, можно добиться компактных инъекционных объемов без образования гидроразрывов и считать этот процесс управляемым (в отношении его воздействия на напряженно-деформированное состояние окружающего грунтового массива) и, соответственно, имеющим возможность моделирования как аналитически, так и численно.

Наиболее эффективными для расчета такой сложной геотехнической задачи, как компенсационное нагнетание, являются программные комплексы (Z-Soil, Flac, Plaxis и др.), использующие метод конечных элементов (МКЭ). Численное решение на

основе МКЭ позволяет учесть положение зон нагнетания, последовательность инъектирования и его объемы, оценивая на всех этапах эффективность компенсационного нагнетания.

Для доказательства адекватности численного решения геотехнических процессов компенсационного нагнетания без гидроразрывов на основе МКЭ выполнялось моделирование лабораторного эксперимента на базе современной компьютерной программы геотехнических расчетов Z-Soil 14.10 (рис. 4).

Поведение грунтов моделировалось нелинейной моделью упрочняющегося грунта (Hardening Soil). Выбор данной модели сделан потому, что она более полно описывает поведение грунта, по сравнению с другими нелинейными моделями (Мора-Кулона, Друкера-Прагера и т. п.). Главным достоинством выбранной модели поведения грунта, при расчетах компенсационного нагнетания, является учет изменения модуля деформации при изменении меньшего главного нормального напряжения. Это крайне важно, так как при нагнетании происходит обжатие грунта и, соответственно, увеличение модуля деформации.

Для учета возможности развития сдвиговых деформаций на контакте грунта со стенками испытательной камеры, возникающих при компенсационном нагнетании, использовался контактный элемент.

Компенсационное нагнетание моделируется увеличением объемов конечных элементов, расположенных вокруг инъектора, на заданный объем нагнетания.

Чтобы оптимизировать разбиение сетки конечных элементов, функцией объемной деформации наделяются только те из них, которые моделируют область, соответствующую предполагаемому объему нагнетания. Для моделирования компенсационного нагнетания выбранным конечным элементам присваиваются функция изменения коэффициента дополнительной объемной деформации, который фиксирует их увеличение на заданный объем. Для анализа изменения напряженно-деформированного состояния грунтового массива на нескольких шагах компенсационного нагнетания объем инъектирования задается пошагово (суммарный объем разбивается на несколько десятков шагов).

При выполнении численного моделирования распределение объема компенсационного нагнетания (изменение формы конечных элементов) зависит от упругих характеристик и напряженного состояния окружающих конечных элементов. При этом объем нагнетания всегда соответствует заданному значению коэффициента дополнительной объемной деформации для рассматриваемого шага.

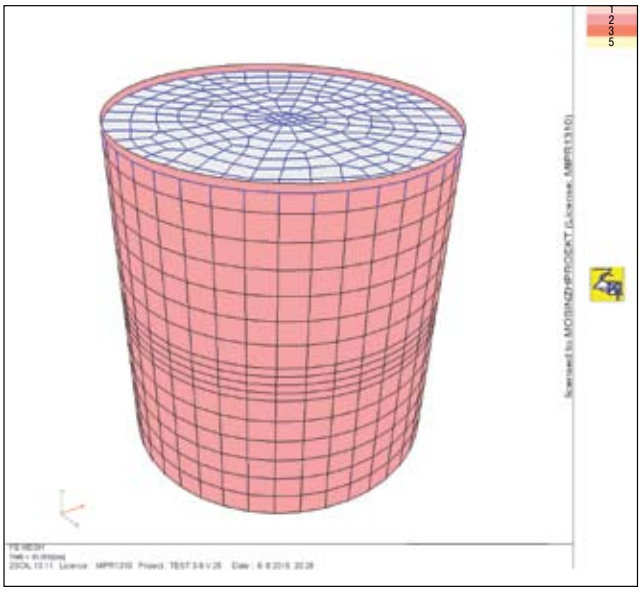


Рис. 4. Расчетная схема лабора-торной установки в ПВК Z-Soil

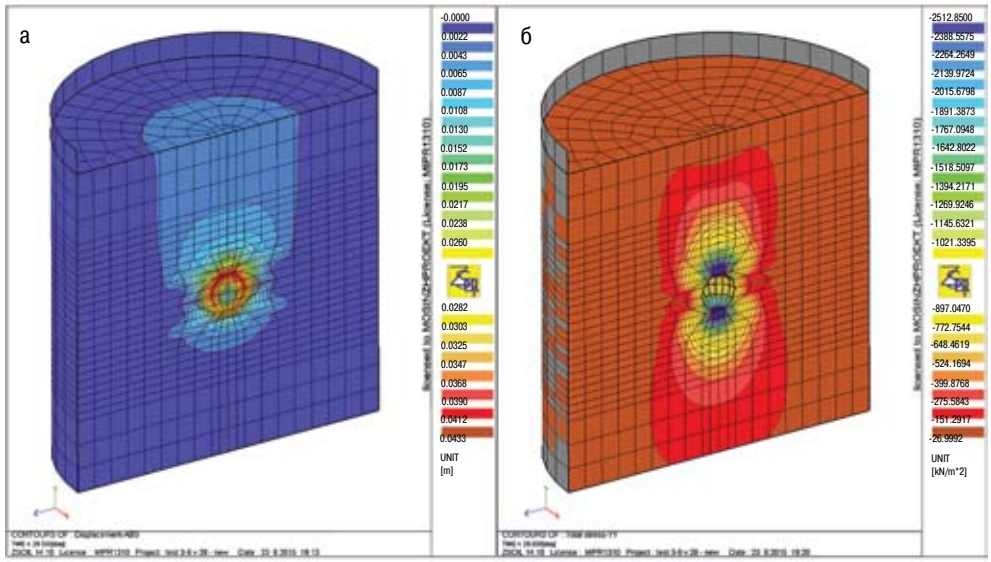


Рис. 5. Результаты численного эксперимента (поперечный разрез по лабораторной модели) а – изополя абсолютных перемещений; б – изополя вертикальных нормальных напряжений, возникающих от компенсационного нагнетания

Анализ развития зоны нагнетания показывает, что в процессе инъектирования компенсационного раствора наибольшая область перемещений точек грунта формируется над инъектором, увеличиваясь с возрастанием объемов нагнетания. Увеличение этого объема приводит к постепенному подъему точек поверхности грунта.

Основные результаты численного моделирования и лабораторного эксперимента показали высокую степень сходимости, порядка 95% для основных показателей: объем нагнетания, значение подъема (рис. 5а), давление нагнетания (рис. 5б).

Выводы

Использование метода конечных элементов (МКЭ) позволяет с высокой степенью достоверности рассчитывать геотехнические процессы, протекающие при компенсационном нагнетании, для любого конкретного случая, когда не допускаются гидроразрывы. Результаты расчета численного моделирования позволяют определять подъем и крен фундамента на всех этапах подъема в зависимости от заданной последовательности и объемов выбранных зон нагнетания, а также анализировать влияние компенсационного нагнетания на изменение НДС как грунтового массива, так и конструкций здания или сооружения. ■

Н. В. ЧЕРНОШЕЙ,
генеральный директор
ОАО «Буровая компания «Дельта»

ЗАБИВНАЯ СВАЯ ПОЛУЧИЛА ДОСТОЙНУЮ АЛЬТЕРНАТИВУ

After analyzing foreign and domestic experience of auger piles installation, specialists of Delta Drilling Company worked out know how. Technical and economic practicability of new high-technology way of foundations constructions on piles is evident, because of significant bearing capacity increase, reduction of time for works performance and material economy.

В настоящее время проектируется большое количество мостов, эстакад, зданий на забивных сваях. Их использование считается дешевым способом строительства фундаментов, однако сопровождается большим количеством проблем. Специалисты ОАО «Буровая компания «Дельта», проанализировав зарубежный и отечественный опыт устройства буронабивных свай, разработали ноу-хау. Техническая и экономическая целесообразность нового высокотехнологичного способа строительства фундаментов на сваях с уширенной пятой несомненна — вследствие значительного увеличения их несущей способности, сокращения времени производства работ и экономии материала.

Основные недостатки забивных свай:

- низкая несущая способность по телу сваи (60–100 т);
- ограниченная длина;
- ограниченная возможность устройства в городской черте;
- забивные сваи часто трескаются или разрушаются при их устройстве;
- при отсутствии заводов, производящих забивные сваи в регионе строительства, транспортные расходы существенно увеличивают общую стоимость работ.

Для создания альтернативы забивным сваям специалистами ОАО «Буровая компания «Дельта» был проанализирован зарубежный и отечественный опыт устройства буронабивных свай (БНС). Основным направлением стала разработка собственной технологии устройства свай с уширенной пятой в расчете на их массовое применение в сложных геологических условиях (слабых глинистых или песчаных грунтах, в том числе водонасыщенных).

Технический результат заключается в создании высокотехнологичного способа сооружения свай с уширением, обеспечивающего как значительную несущую способность в грунте, так и экономический эффект (заявка на патент № 201600052). Уширение в основании увеличивает несущую способность, а относительно небольшой диаметр тела сваи (375, 475 и 600 мм) значительно экономит бетон.

В мировой практике известны различные способы устройства подобных свай. Например, разбуривание специальным уширителем или создание уширения взрывом (камуфлетное уширение). Однако массового распространения такие сваи не получили ввиду отсутствия действительно эффективной технологии и возможности контроля качества получаемого уширения.

Суть технологии

Разработанную буровой компанией «Дельта» технологию условно можно разделить на 2 этапа (рис. 1).

1. Устройство сваи вибрационным погружением обсадной трубы (рис. 1, п. 1):

— обсадная труба с теряемым наконечником погружается в грунт за счет вибраци-

БУРОВАЯ КОМПАНИЯ ДЕЛЬТА

+7 (967) 282-70-79
E-mail: info@bkdelta.ru
www.bkdelta.ru

онного воздействия, создаваемого вибропогружателем, жестко закрепленным на верхнем торце обсадной трубы-поршня;

— визуальная проверка герметичности полости трубы на отсутствие в ней грунтовых вод и установка арматурного каркаса-цилиндра в трубу;

— заполнение обсадной трубы бетоном через верхний торец с помощью бадьи, бетононасоса или с использованием, при необходимости, бетонолитной трубы.

2. Устройство уширения с использованием поршня-цилиндра:

— создание необходимой величины уширения за счет перемещения вверх-вниз обсадной трубы-поршня вдоль арматурного каркаса-цилиндра; вдавливаемый (впрессовываемый) бетон заполняет пространство вокруг цилиндра; процесс происходит до появления отказа, что контролируется показаниями бортового компьютера; при уплотнении бетона долив в скважину осуществляется через мерную емкость, устроенную в верхней части обсадной трубы, для создания требуемого объема уширения (рис. 1, п. 2–4);

— вибрационное извлечение обсадной трубы-поршня с одновременным уплотнением бетонной смеси в стволе сваи, формирование оголовка сваи (рис.1, п. 5).

При вибропогружении происходит уплотнение грунта за счет вытеснения его в стороны в объеме БНС, что в итоге приводит к повышению ее несущей способности. Зона смещения частиц грунта в слабовлажных грунтах составляет 2,5–3 радиуса буронабивной сваи, а в водонасыщенных — 4–5.

При формировании уширения происходит дополнительное уплотнение грунта за счет воздействия пары «поршень — цилиндр», с увеличением площади опоры сваи на грунт (диаметр сваи увеличивается в 1,8–3 раза) и, следовательно, увеличением лобового сопротивления, что в итоге приводит к значительному повышению несущей способности.

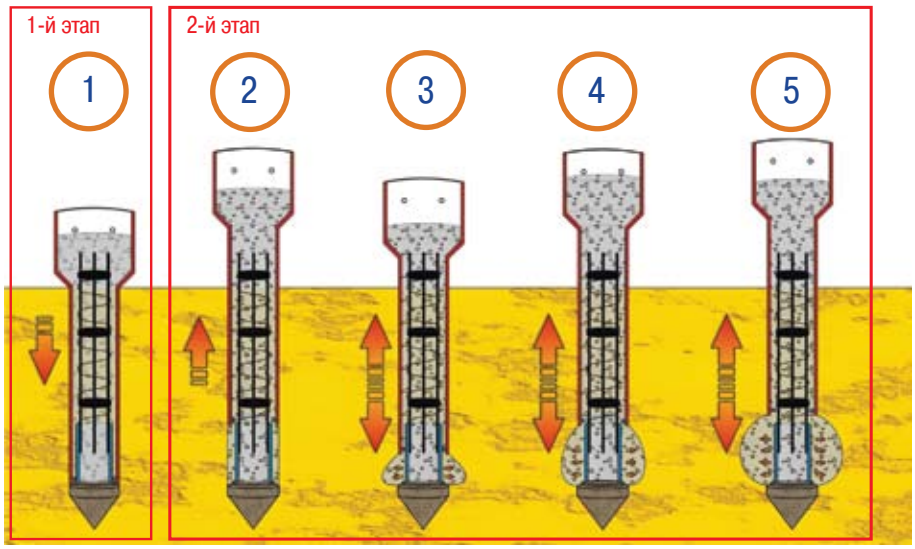


Рис. 1. Технология устройства свай с уширением

Результаты статических испытаний вдавливающей нагрузкой

Наименование связи	БНС №1 (Буронабивная свая с уширенной пятой)	ЗС №2 (СП 120.30.10у По ГОСТ 19804-91)
Грунт под пятой сваи	Песок мелкий ИГЭ-4	
Глубина сваи	12 м	
Диаметр сваи	350 мм (по телу сваи)	300 × 300 мм
Время изготовления	25 мин	30 мин
Испытательная нагрузка (до осадки 40 мм)	2800 кН	1400 кН

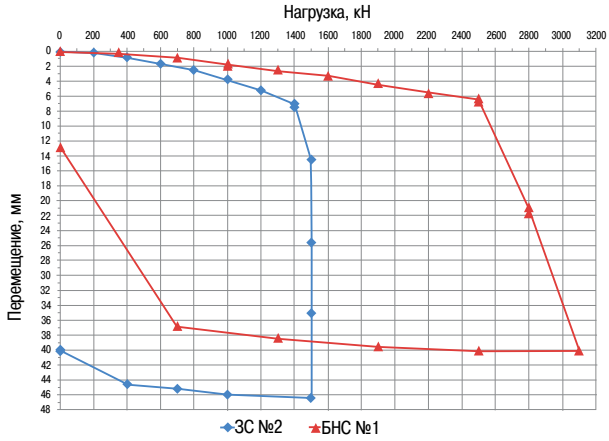


Рис. 2. График зависимости осадки свай от нагрузки

При использовании бетонной смеси в скважине осуществляется через мерную емкость, устроенную в верхней части обсадной трубы, для создания требуемого объема уширения (рис. 1, п. 2–4);

Основные преимущества

После проведения десятков испытаний можно выделить основные сравнительные преимущества БНС с уширением.

Преимущества перед забивными сваями:

1) увеличенная несущая способность; подтверждено результатами полевых испытаний грунтов вдавливающей статической нагрузкой: для буронабивных свай с уширением несущая способность F_{d1} = 280 тс; для забивной сваи F_{d2} = 140 тс;

2) увеличенная скорость производства работ за счет сокращения количества свай при сохранении проектной несущей способности;

3) возможность устройства свай глубиной до 30 м (без стыковок, с высокой гарантией качества заполнения бетоном и возможностью проверки на сплошность);

4) отсутствие зависимости от заводов ЖБИ, отдаленность которых ведет к удорожанию стоимости работ за счет дополнительных транспортных расходов;

5) контроль качества сплошности и измерение уширения на этапе производства работ;

6) расчетный экономический эффект при замене забивных свай на буронабивные варьируется от 30 до 50%.

Как видно из результатов испытаний (рис. 2), при одинаковых геологических условиях, а также длинах свай, БНС с уширением обладает повышенной несущей способностью, которая (как по «телу», так и по грунту) может достигать 600 т, что позволяет заменять до шести забивных свай.

Преимущества перед буронабивными сваями больших размеров. При использова-

Рис. 3. Буронабивные сваи с уширением после раскопки

Рис. 4. Прибор термометрического контроля TIP

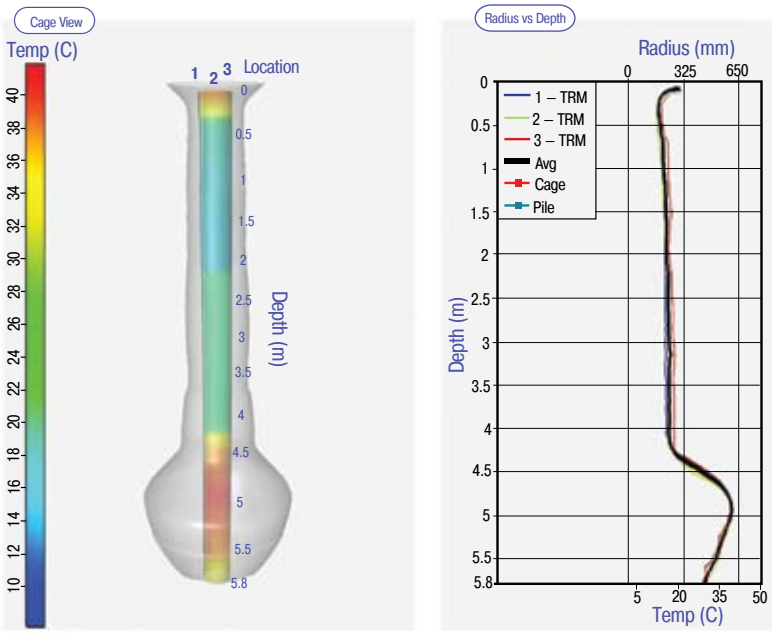


Рис. 5. Графики, полученные с помощью прибора TIP

нии свай с уширением вместо свай больших диаметров, сооружаемых под защитой обсадной трубы, достигается аналогичная несущая способность, но существенно экономится бетон и сокращаются сроки производства работ.

Контроль качества

Процесс формирования сваи с уширением постоянно контролируется путем замера подаваемого объема бетона в обсадную трубу через мерную емкость.

Раскопка сваи с последующим замером (рис. 3) указывает на прямую зависимость расхода бетона на объем созданного уширения.

Таким образом, данная технология предлагает высокотехнологичный способ сооружения БНС с уширением как в горизонтальном направлении, так и в вертикальном, обеспечивающий значительную устойчивость свай в грунте за счет использования определенных конструктивных приспособлений, а также позволяющий контролировать время производства работ и расход свайного материала.

Буровая компания «Дельта» совместно с американской компанией Pile Dynamics, Inc. адаптировала и внедрила прибор термометрического контроля TIP (Thermal Integrity Profiler) (рис. 4). Принцип работы данного оборудования основан на термометрическом методе: замера температуры при твердении (схватывании) бетона — энергии гидратации.

В сваи заранее на всю длину закладывают металлические трубки определенного диаметра для перемещения в них термозонда с инфракрасными датчиками. Глубинный датчик, соединенный с прибором TIP, отслеживает положение зонда во время опускания его на полную длину каждой трубки. Данные по температурам и глубинам, как правило, собираются через 12–48 часов после бетонирования в зависимости от состава бетонной смеси и диаметра скважины (рис. 5).

Измерения в полевых условиях позволяют в режиме реального времени увидеть предварительный график (профиль) кривой температуры, характеризующий общую форму скважины. На этом уровне данные, полученные при замерах в одной или нескольких трубках, а также в определенные периоды времени, собираются для дальнейшего анализа обученными специалистами. Программное обеспечение, разработанное компанией PDI Pile Dynamics Inc., позволяет получить точную двухмерную и трехмерную модель исследуемой сваи.

С подробным отчетом о буронабивных сваях с уширением можно ознакомиться на сайте www.bkdelta.ru. ■

В. И. АНИЩЕНКО,
руководитель комитета
по добыче высоковязкой
нефти МАС ГНБ,
исполнительный директор
ООО «Спецмодульпроект»

ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ СКВАЖИНЫ С НАКЛОННЫМ УСТЬЕМ: ПРЕОДОЛЕНИЕ СЛОЖНОСТЕЙ

Drilling of horizontal boreholes with inclined collar for oil and gas extraction has essential differences from traditional drilling works and even from horizontal directional drilling (HDD). The article deals with the main problems, which occurred at the stage of practical implementation of first oil and gas projects with application of this technology. Such a technology has recently occurred in Russia and the author suggests 9 original solutions for complications overcoming.

Бурение горизонтальных скважин с наклонным устьем для добычи нефти и газа имеет существенные отличия от традиционных буровых работ и даже от ГНБ. Статья раскрывает основные проблемы, которые возникали на этапе практического осуществления первых нефтегазовых проектов с применением данной технологии, впервые опробованной в России сравнительно недавно, при этом автор предлагает 9 оригинальных решений для преодоления сложностей.

После того, как в 1971 году Мартин Черингтон применил горизонтальное направленное бурение для укладки трубопровода под рекой в качестве альтернативы траншейному методу, возникло самостоятельное направление, которое отделилось от традиционной буровой индустрии.

В новой отрасли — ГНБ — появились собственные подрядчики, свои технологии бурения, навигации, расширения скважин и протаскивания трубопроводов под естественными и искусственными преградами с берега на берег и даже с плавучих платформ и льда. Поскольку каждая из отраслей развивалась самобытно и независимо от другой, спектр технологических решений для ГНБ перестал быть похожим на стандартные практики, применяемые в вертикальном бурении.

Наклонные буровые установки реечного типа, управляемые буровые насосы высокого давления с широкой диаграммой расхода-давления, радио— и гироскопические локационные системы, расширители диаметром до 2 м, применение надувных пакеров, разгрузочных коллекторов и специфические реологические свойства буровых растворов, позволяющих удерживать огромные по диаметру и длине горизонтальные скважины, полностью проходящие в водоносных горизонтах и аллювиальных грунтах, — все это с годами стало типично для отрасли ГНБ.

В 1990-х годах XX века в Канаде, в районе Эдмонтона, под эгидой Института тяжелой нефти провинции Альберта несколько буровых подрядчиков начали эксперименты по бурению наклонных направленных скважин для парогравитационного способа добычи природных битумов. Технология подразумевает бурение пар скважин — нагнетательной и добывающей, на относительно небольшой глубине. В верхнюю подается пар, который разогревает битумный пласт, битум при нагревании стекает в нижнюю скважину и насосом подается на поверхность.

В 2006 году данную технологию впервые опробовали в России. Скважины были вертикальными и бурились с применением стандартных установок типа БУ. Но бурение с выходом в горизонт на глубине от 80 до 250 м при помощи старых станков с тальблоками и канатами оказалось проблематичным. Кривить скважину от вертикали на такой глубине — это означает радиус изгиба обсадных труб (диаметром 245 мм) менее 70 м, а в некоторых случаях и менее 50 м. Стало ясно, что для выхода в горизонт на малой глубине необходимо наклонить устье.

При этом параллельно с проблемой добычи природных битумов в Австралии и России возникла проблема добычи угольного метана.

Сложность №1. Вход долота в грунт

Специалистам вертикального бурения для входа в грунт и регулирования нагрузки на долото на станках талевого типа, работающих под углом, пришлось применять наддолотные вибромодули и УБТ. При этом проблема решилась не полностью. Так, УБТ под углом 45° практически не работает, не было и полноценного контроля над нагрузкой на долото при начале бурения.

Рис. 1. Долото для бурения в скальных грунтах

Рис. 2. Долото для бурения в несвязных грунтах

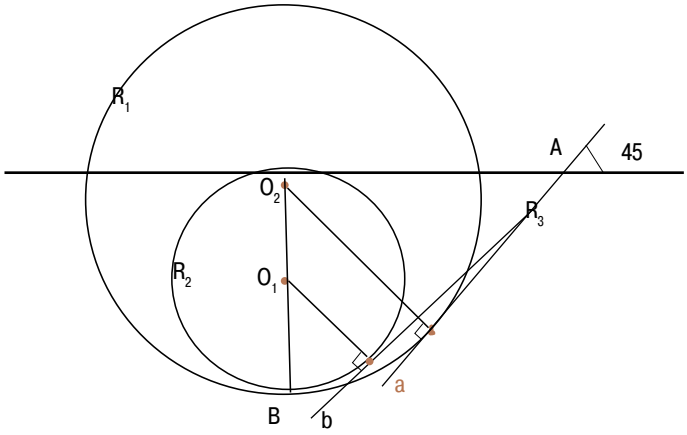


Рис. 3. Выход в горизонт

При ГНБ забуривание проходит под гораздо меньшими углами, а подобная проблема решается с помощью реечных буровых станков, которые, помимо всего прочего, дешевле и проще в обслуживании. Их применение вместе с лебедками или кранами для удержания долота от ухода вправо дало решение и для горизонтальных скважин с наклонным устьем.

Мы при этом уверены, что, помимо всего прочего, для удобства подрядчика бурение «под кондуктор», если его диаметр более 300 мм, следует производить двухступенчатыми долотами, у которых центральная часть имеет меньший диаметр, чем у забоя, и выступает вперед. Это позволит стабилизировать долото при забуривании. (См. рис. 1, для скальных грунтов, и рис. 2, для несвязных грунтов.) При некоторых грунтах достаточно организовать узкую траншею для направления долота. Аргумент прост: чем больше диаметр долота, тем больше его линейное перемещение вправо за один оборот вращения и тем сложнее его стабилизировать. В отличие от ГНБ, первый диаметр бурения в любом случае максимальный, поскольку скважина предназначена под спуск кондуктора. При начале процесса очень важно соблюсти и проконтролировать совмещение осей скважины и центрального вала бурового станка. Если на это не обратить внимания, буровой подрядчик обеспечит себе проблемы с установкой обсадных труб.

Сложность №2. Траектория бурения

При проектировании скважин с наклонным устьем в России применяются стандартные программы для расчета траектории бурения вертикальной скважины. При ее выводе в горизонт буровой подрядчик начинает отклонение с небольшой интенсивностью, а при приближении к горизонту интенсивность набора угла растет.

Поскольку наклонное направленное бурение находится на стыке ГНБ и вертикального нефтяного бурения, подрядчик имеет возможность из двух технологий взять все самое лучшее. Наклон при забуривании дает нам возможность соблюдать максимальный радиус изгиба обсадной трубы в соответствии со СТО НОСТРОЙ 2.27.17-2011 «Освоение подземного пространства». Прокладка подземных инженерных коммуникаций методом горизонтального направленного бурения.
П. 7.3.6.1».

Законы физики, объясняющие допустимые концентрации напряжений в стальных трубах, одинаковы во всех странах и городах. Минимально допустимые радиусы изгиба криволинейных участков трассы для прокладки стальных трубопроводов определяются в зависимости от характеристик труб (см. п. 7.6) и должны составлять, как правило, не менее 1200 d, где d — наружный диаметр трубы, м.

Обсадные трубы — это также трубы из стали. Иногда превышение вышеуказанного норматива — неизбежность, нужно идти на риск в ущерб качеству скважины, но если можно избежать укладки трубопровода без остаточных напряжений в трубе — настоятельно рекомендуется найти способ это сделать. Качество скважины, где нет остаточных напряжений обсадной колонны, безусловно выше, чем там, где изгиб колонны максимально приближен к зоне пластических деформаций. Есть еще один важный аргумент: цементирование идет оптимально при максимально возможном радиусе. Выход в горизонт по постоянному радиусу с постоянной интенсивностью всегда предусматривает максимальный диаметр укладки обсадных труб.

При выходе в горизонт из угла наклона 45° максимальным будет всегда неизменный радиус. Рассмотрим схему на рис. 3.

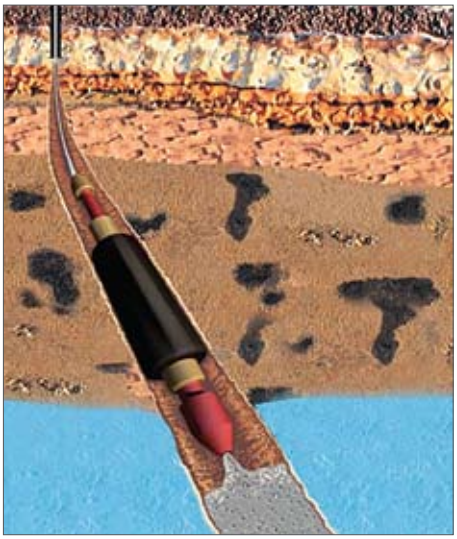


Рис. 4. Подача цементного раствора в скважину при контролируемом давлении

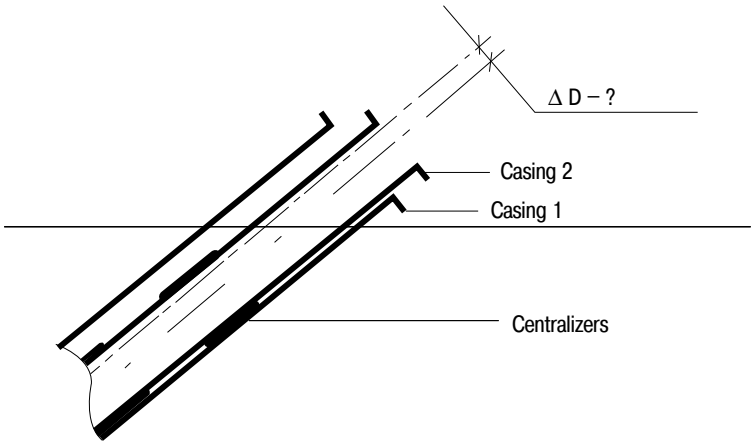


Рис. 5. Центровка обсадной трубы относительно центра скважины под наклоном

Прямая a является касательной к окружности радиусом R1, прямая b после прохождения изгиба по большему радиусу неизменно станет касательной к окружности радиусом R2. Центры обоих окружностей будут лежать на одной прямой, если B — заданная проектом точка выхода в горизонт, а A — заданная проектом точка забуривания. Это значит, что бурение с изменяемой интенсивностью неизменно создает необходимость наличия в скважине радиуса меньше оптимального, коим является радиус R1. Отсюда вывод: выход в горизонт с неизменным радиусом при наличии такой возможности — всегда оптимальное решение.

Сложность №3. Стабильность скважины и борьба с поглощениями

В одной из предыдущих статей я писал о проблеме поглощений в трещиноватом грунте при помощи полиакриламидных и цементных пробок, применяемых на участке скважины, ограниченном надувными пакерами.

Большинство подрядчиков на Юге России, не имея финансовой возможности использовать качественные буровые растворы, перешли на техническую воду. Это допустимо, но отсутствие разумной реологии не улучшает стабильность скважины и не помогает бороться с водопоглощением. При сложностях с водоснабжением на месторождениях поглощение воды тоже может быть проблемой, снижающей эффективность работ. Могут создаваться дополнительные сложности с цементацией обсадных колонн.

Буровые подрядчики начинают применять полиакриламидные компоненты для снижения поглощения, но их эффективность без опрессовки ограничена. На малых глубинах без насосов и пакеров нет возможности создавать равномерно распределенное давление на стены скважины, в результате чего тампонажный раствор под действием силы тяжести уходит вниз, а верхний свод продолжает оставаться причиной поглощения. В случае применения легких полимерных растворов проблема остается, но проявляется зеркально.

Цементация при контролируемом давлении и использование надувных гидравлических пакеров производится по следующему производственному циклу:

- при полном прекращении циркуляции следует, используя химреагенты для предотвращения поглощения и оптимизированные реологические свойства раствора, продолжить бурение, чтобы убедиться, что долото прошло зону разлома, и после этого поднять колонну;
- надувной гидравлический пакер необходимой конструкции устанавливается впереди колонны и проводится до проблемного участка;
- пакер следует расположить так, чтобы цемент не мог пройти мимо его корпуса; проникновение цемента за юбку пакера называется «суицидальное цементирование», это может закончиться полной непригодностью скважины;
- установку пакера, его проводку по стволу скважины и расширение следует проводить в четком соответствии с рекомендациями проектной организации и производителя;
- часто для проводки пакера по стволу скважины и предохранения резиновых деталей допускается установка центраторов, но не калибраторов.

Этапность производства работ будет зависеть от геологических условий, но в большинстве случаев должна выглядеть следующим образом:

- смешивание и закачка цемента или полиакриламидного раствора «налету» до достижения необходимого давления;
- закачка цемента небольшими порциями в грунт до достижения заданного давления;
- промывка пакера и колонны с правильным расчетом веса промывочной жидкости (вниз — жидкость легче цемента, вверх — тяжелее);
- проверка цементации по прохождении времени застывания с использованием максимального давления цементного насоса (требуется особая осторожность, чтобы не «порвать пласт»);
- извлечение пакера после опрессовки из скважины в соответствии с рекомендациями производителя.

На рис. 4 показано, как цементный раствор подается в скважину при контролируемом давлении, что позволяет произвести ее цементацию на необходимую глубину, таким образом, подготовившись к следующему за пилотной проходкой этапу расширения. Надо подчеркнуть, что работы с надувными пакерами следует проводить с большой осторожностью. На одном из проектов ГНБ с применением этой технологии на этапе пилотного бурения процедуру пришлось повторить 9 раз.

Сложность №4. Несоосность установки с наклонной осью скважины

С началом применения реечных буровых станков подрядчикам удалось преодолеть большое количество проблем, но одна из них осталась. Это проблема с жесткостью

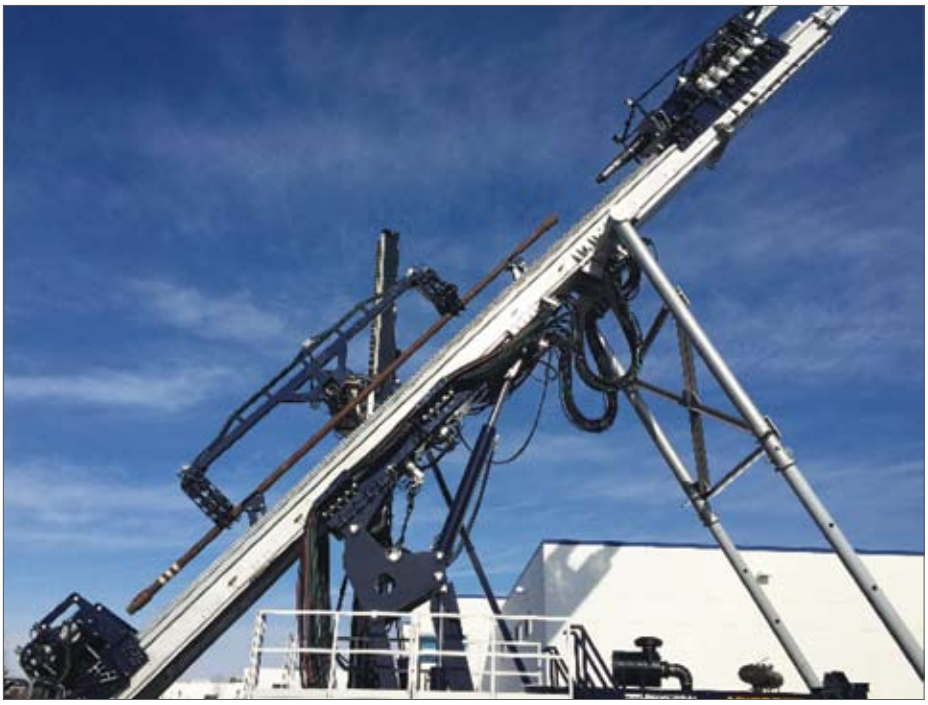


Рис. 6. Станок типа ADI 360 VS в процессе работы

системы «вал станка — переводник — обсадная — спайдер — устье». При работе в вертикальном положении центровка обсадной трубы относительно центра скважины происходит естественным способом «по отвесу». Под наклоном ситуация иная (см. рис. 5). Обсадная труба меньшего диаметра ложится в желоб обсадной большего диаметра, а установка уже приварена к анкерам.

У этой проблемы два решения: новое поколение станков типа ADI или гибкий переводник, запатентованный нашими специалистами.

Станок типа ADI 360 VS имеет возможность переносить ось, не изменяя угол наклона мачты, без демонтажа анкерной системы (рис. 6).

Гибкий переводник имеет возможность компенсировать несоосность в процессе вращения и позволяет накручивать и вращать обсадные трубы даже при несовпадении оси вала и скважины (рис. 7).

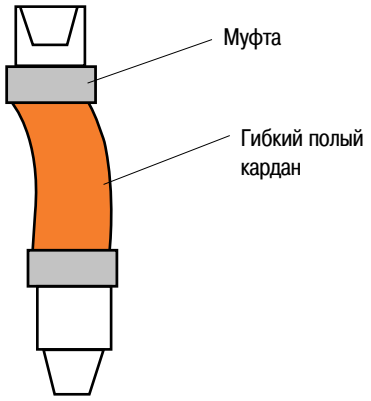


Рис. 7. Гибкий переводник

Сложность №5. Настройка, обслуживание и выбор буровых насосов

Буровые насосы, которые применяют подрядчики ГНБ, должны обязательно иметь возможность тонкой настройки потока и давления. Это обусловлено тем, что диаметр пилотной скважины на больших проектах может составлять от 9 до 12 дюймов, а диаметр скважины после расширения — 70–80 дюймов. Приспособить установки ГНБ под бурение скважин для добычи природных битумов можно, однако к выбору насоса и забойного двигателя при этом следует подходить внимательно, чтобы один подходил к другому. Если насос уже куплен, проще выбрать подходящий забойный двигатель. Если же не учесть эту особенность, может получиться так, что установка будет работать на 10–15% от своей максимальной производительности, а насос будет нагружен более чем на 90%. Следовательно, он может намного раньше станка выйти из строя. Напомню также, что выполнение стандартного требования заказчика о двух буровых насосах на одну установку значительно снижает время простоя во время их ремонта и обслуживания.

Сложность №6. Контроль и запись параметров

Рассмотрим ситуацию на буровой площадке, когда оператор при установке обсадной колонны применил усилие 20 т. На данном участке колонна должна была опускаться в скважину под собственным весом. Оператор никого об этом не проинформировал, а для контроля работы ночной смены необходимо распечатать и расшифровать несколько сотен страниц данных. Это заняло бы огромное количество времени, которого ни у кого не нашлось. Скважину пришлось ликвидировать. Причина — образование дюн из песка на границе зоны поглощения и превышение предельно допустимого отклонения ствола скважины.

Наши специалисты разработали решение, которое позволяет проверить превышение предельно допустимых отклонений по основным параметрам в течение 10 минут. Система автоматического ведения бурового журнала машины ADI 360 VS дает возможность дублировать данные на несколько компьютеров, но самое главное — это то, что для изучения пиковых значений определенных показателей нет необходимости распечатывать или изучать сотни страниц и графиков, которые похожие системы генерируют каждый день. Достаточно выбрать необходимый период и ряд параметров, которые следует изучить. Система распечатывает данные на одной странице А4 или в одной таблице с заданным интервалом измерений (от 0,2 секунды до нескольких месяцев). После изучения пиковых значений можно распечатать каждое из них отдельно. Таким образом, для определения проблемы достаточно обработать 2–3 страницы документов вместо десятков или сотен.

Сложность № 7. Точность систем навигации

Погрешность гидроимпульсных и электромагнитных систем, которые используются в вертикальном бурении, не позволяет говорить о максимальном отклонении в 0,5 м на 1,5 км, а расстояние между добывающей и нагнетательной скважинами — основной фактор при формировании паровой камеры в пласте. Использование систем с намагниченными бурильными трубами значительно дороже, но позволяет добиться необходимой точности.

При бурении в угольных пластах для добычи метана их электропроводность не

Рис. 8. Телеметрическая система на основе оптического гироскопа швейцарского производства

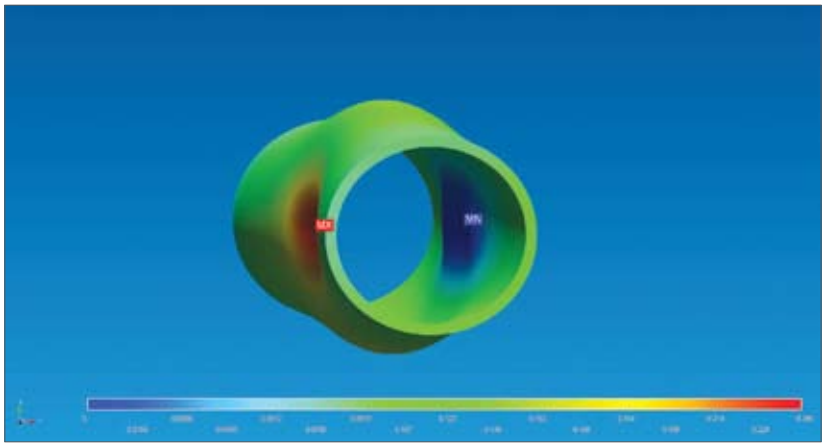


Рис. 10. Результаты расчета на поперечное сжатие фильтра трубы

Рис. 9. Клиновой захват на мачте бурового станка, работающий вертикально и в наклонном положении

позволит использовать стандартные электромагнитные системы телеметрии. В Европе для решения этой проблемы используются высокоточные гироскопические навигационные системы (см. рис. 8), которые устанавливаются непосредственно в стальные буровые трубы диаметром от 3 $^1/_2$ до 6 $^5/_8$ дюйма.

Помимо новых систем телеметрии, в решении проблемы может помочь системный подход к проектированию. Применение математических функций упростит расчет для системы навигации и позволит определять необходимое положение долота не только в конце и начале каждой трубы, а на каждом сантиметре бурения. Если комбинировать эту методику с применением роторных управляемых компоновок, задача будет решена на «отлично».

Сложность №8. Удержание колонны от соскальзывания в скважину

При работе на стандартных установках ГНБ удержания колонны не требуется, а при работе на вертикальных буровых станках эту функцию выполняет клиновой захват, установленный на роторном столе. Клинья поднимаются вручную или при помощи гидравлического домкрата. Их применение под наклоном, однако, представляет проблему: они закрываются неравномерно, верхние раньше нижних. При адаптации старой техники ГНБ для бурения на битум перед станком выкапывался котлован и в него устанавливался захват, что также создавало определенные проблемы.

Клиновой захват целесообразнее располагать на мачте и избегать наличия верхних клиньев, которые будут входить в непосредственный контакт с колонной даже после их открытия (см. рис. 9).

Сложность №9. Контроль усилий при работе с колонной

На рис. 10 приведен расчет фильтра трубы на поперечное сжатие методом конечных элементов. Диаметр трубы составляет 168 мм.

Пластическая деформация трубы наступает при боковой нагрузке порядка 4 т. Тиски современного комплекса ГНБ при работе с трубами такого диаметра могут сообщать боковое усилие более 100 т.

Современные буровые комплексы позволяют ограничивать усилие цилиндров в необходимых пределах. Буровой мастер должен обязательно понимать предельно допустимые нагрузки и способы их ограничения во избежание аварийных ситуаций. Все буровые процессы следует рассчитывать с максимальной точностью на этапе подготовке проекта.

Новые технологии расширяют возможности буровых подрядчиков и нефтегазовых компаний, однако вместе с тем ставят новые задачи и определяют новые сложности, которые необходимо преодолевать. Если раньше при бурении пилотной скважины в ГНБ требовалось «попасть в яблочко» на противоположном берегу, то теперь приходится делать это на каждом метре скважины и параллельно решать широкий спектр новых задач. ■

Бернард ТЕРОН,
Николай КОЛОДКИН,
Василий АНИЩЕНКО
(ЦСМ «Бессак»)

НАИБОЛЕЕ РЕНТАБЕЛЬНАЯ **АЛЬТЕРНАТИВА**

The article gives insight into possibilities of new generation tunnel boring machines for Metro tunnels, traffic tunneling and microtunneling, equipment for replacement of segmental lining and tunnel cleaning machinery for sewage collectors. The practical part of the paper discloses the most complicated tunneling projects and world records accomplished by tunneling department of CSM Bessac. These projects proved the possibility to step beyond commonly recognizable limits of tunneling technology not only in theory, but also at the stage of project implementation. The article takes the vail off innovative equipment for replacement of old segmental lining and tunnel cleaning.

Щит для строительства метрополитена в Минске

Статья раскрывает возможности оборудования для строительства тоннелей метрополитена, транспортных тоннелей, микротоннелей, для очистки канализационных коллекторов, для замены обделки тоннелей. Приведены примеры наиболее сложных проектов и мировых рекордов, реализованных непосредственно подрядным подразделением компании «Бессак», которые и доказали возможность выхода за общепризнанные пределы технологии не только в теории, но и на этапе практического осуществления проектов. Также рассказывается об инновационном оборудовании для замены старой тоннельной обделки и механизированной очистки коллекторов.

ЦСМ «БЕССАК»
ЗИ де ля Пойнте, Шемин де Касселэвр, 31790 Сэн-Жори, Франция
Тел. +33 (5)61-37-63-63
http://www.bessac.com

Как правило, ведущие мировые тоннельные подрядчики не рискуют открывать собственные заводы по производству щитового и проходческого оборудования. Ведь строительные риски, связанные с его техническим состоянием, в таком случае полностью ложатся на компанию, и она должна быть полностью уверена в своей продукции, ошибок быть не может. При этом содержание большого завода, полностью обеспечивающего нужды крупного тоннельного подрядчика, вообще возможно только в том случае, если предприятие постоянно ведет проходку и стабильно загружено заказами.

Успешное исключение из правила составляет французский концерн CSM Bessac (ЦСМ «Бессак»). Содержание собственного завода дает ему ряд преимуществ, главным из которых можно назвать оперативность обратной реакции, от проходчиков до производителей техники, внутри единой компании, что создает условия для появления новых технологий и скорейшего их внедрения.

В мире строительных компаний «Бессак» отличается своей способностью вести параллельно два разных вида деятельности, которые, однако, в данном случае могут дополнять друг друга. Один из них — проектирование и конструирование оборудования, другой — выполнение тоннелепроходческих работ. На российском рынке концерн работает как поставщик оборудования и технологий, готовый разделить ответственность за качество и скорость проходки со своими клиентами в той степени, в которой им это необходимо.

По обоим направлениям деятельности бригады ЦСМ «Бессак» направляются на строительные объекты по всему миру, от Лос-Анджелеса до Гонконга (США, Мексика, Колумбия, Алжир, Беларусь, Сингапур и т. д.). Широкое присутствие на международном уровне выражается в соответствующей доле оборота капитала, от 60 до 75% в разные годы. (В 2015 году общий оборот компании приблизился к 80 млн евро.)

Наши подземные сооружения в разных странах — это канализационные коллекторы, технические галереи, транспортные тоннели различного назначения, включая метрополитен.

«Бессак» не только располагает бригадами высококвалифицированных специалистов любого необходимого профиля — инженеров, машинистов, механиков, — но имеет и другое важное преимущество — огромный парк проходческих комплексов и микрощитов, один из крупнейших в мире (более 40 машин). Наряду с производством и поставкой новой тоннелепроходческой техники, компания также предлагает к продаже большое количество оборудования после санации.

При освоении подземного пространства в крупных городах применяются две различные технологии, которым соответствует два вида разного оборудования: проходческие комплексы для метро и транспортных тоннелей, предназначенные для строительства сооружений диаметром больше 2,5 м, и микрощиты — для диаметров меньше 3 м. Такие машины рассчитаны для работы в любых геологических горизонтах, а способ проходки выбирается в зависимости от типа грунта.

Знаковые проекты и рекорды

На примере опыта проходческого подразделения компании можно изучать практические возможности тоннелепроходческих комплексов. Около трех десятков знаковых проектов разнообразной спецификации, реализованных в рамках освоения подземного пространства в нескольких странах и в разных условиях, дают полноценное понимание возможностей предлагаемых современных технологий.

Например, один из тоннелей с высокоточной сегментной обделкой во Франции — Дюнкерк LNG (EDF), длина — 5,2 км, диаметр — 3 м. Проект стал знаковым не только для компании «Бессак», но и для тоннельной отрасли в целом. Более 5 км под дном залива удалось пройти в течение года. В тоннель были установлены трубы теплообменника, который, с одной стороны, охлаждал атомную электростанцию, а с другой стороны, нагревал газ в приемном терминале для закачки в трубопровод Европейской газотранспортной системы. В данном случае речь идет о мировом рекорде для тоннеля столь малого диаметра, построенного в столь сжатые сроки. Бесценный опыт этой проходки в последующем отразился в конструкции машин с грунтопригрузом, которые производит компания.

Реализация некоторых проектов позволила разработать новые технологии. Например, галерея сброса с электростанции EPR (EDF) во Фламанвиле (Франция). Тоннельное сооружение длиной 800 м и диаметром 5 м криволинейной формы в гранитном грунте с пределом прочности на сжатие 450 МПа и плотностью, равной 5 (железная руда), было построено в океанических условиях проходческим щитом с гидропригрузом. Проект доказал, что проходка в сверхтвердом грунте возможна в сжатые сроки. Такую же технологию, кстати, можно было бы применить при прокладке трубопроводов под рекой Лена в России, что, по нашим расчетам, позволило бы значительно сэкономить время и средства подрядчика по сравнению с буровзрывным методом, стандартно применяемым в похожих случаях.

Рекордные показатели производительности «Бессак» также продемонстрировал в Боготе (Колумбия). 800 м коллектора диаметром 3,75 м удалось пройти за месяц. Общая длина сооружения — 10 км. Использовались железобетонные блоки и проходческий щит с давлением глинистого раствора EPB. Профессиональные тоннельщики понимают, что чем меньше диаметр проходческого щита, тем сложнее организовать логистику в тоннеле, а это сильно замедляет темпы проходки. Отметим, что в российских условиях принятия проектных решений ее скорость имеет огромное значение. Компания «Бессак» готова поделиться своим опытом относительно специальных мер, которые применялись для достижения высоких темпов работы на данном проекте.

Щит с гидропригрузом

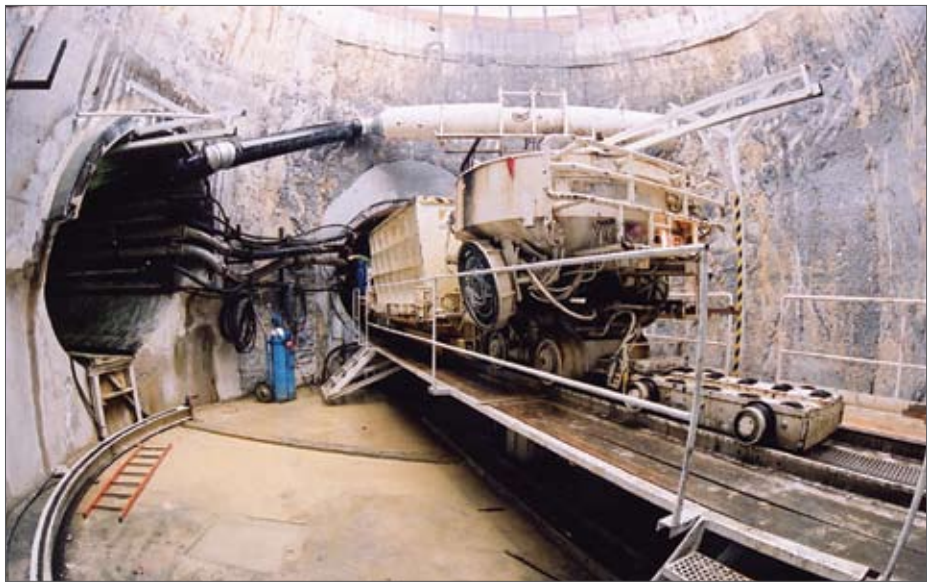
Следует упомянуть и еще один рекорд — в Боготе была осуществлена самая длинная проходка на американском континенте. Длина тоннеля — 1,3 км, диаметр — 2,2 м, использовался проходческий щит с гидропригрузом.

Проектирование и конструирование оборудования в компании направлено в основном на проходческую технику. Первые, сконструированные в конце 70-х годов прошлого века, машины были щитами с точечной разработкой грунта. Именно на базе этой концепции Мишель Бессак, создатель компании, стал развивать конструкторскую деятельность. Сегодня производятся все виды проходческих щитов и оборудование, которое с ними связано: прицепные составы, составы по удалению грунта и т. д.

Новое используемое оборудование

Среди новинок компании — проходческий щит с грунтопригрузом для строительства метро в Минске диаметром 6,3 м, предназначенный для возведения обделки внешним диаметром 6 м и внутренним — 5,4 м. При-

Машина для чистки канализационных коллекторов



Поворотный стол для строительства тоннелей под острым углом

мечательно, что проходка ведется на глубине менее 3 м под полотном железной дороги, опорами железнодорожного моста и путепровода в историческом центре города. Ранее такое считалось невозможным.

Появился также проходческий щит с давлением сжатого воздуха для строительства коллектора в Брюсселе (диаметр — 5,3 м), а проект создания проходческого щита с гидропригрузом для строительства канализационного коллектора в Парижском регионе (диаметр — 5,9 м) находится в стадии реализации.

Инновационный потенциал компании активно используется для развития сегмента специфического оборудования и особых опытных образцов, не существующих на рынке. Большое количество техники было произведено для целей, связанных со специальными отдельными проектами. Например, машина для чистки канализационных коллекторов.

Требовалось предложить техническое решение, которое позволило бы очищать канализационные системы с высокой производительностью и с наилучшими условиями безопасности для операторов. В итоге эта машина обеспечила очистку канализационного коллектора от шлама диаметром 3,5 м в длину 6 км за 2 месяца в регионе Иль-де-Франс. Оператор находился в герметичной кабине, изолированной от вредной среды канализации.

Бурильная машина для строительства отсеков для хранения ядерных отходов была разработана в рамках договора с Национальным агентством Франции по обращению с радиоактивными отходами (ANDRA). Эта техника позволяет производить бурение скважин диаметром 0,7 м с соблюдением допусков строгой траектории в протяженности, достигающей 80 м.

Демонтаж тоннельной обделки

Машина для демонтажа обделки тоннеля была использована в Гонгконге для расширения линии метрополитена Island Line. Кроме строительства 4 тоннелей диаметром 5,3 м, проект включал в себя демонтаж бокового тоннеля за станцией, к которому должен присоединиться новый тоннель, построенный при помощи проходческого щита с гидропригрузом. Старый тоннель необходимо было освободить от блоков из железобетона и чугуна и заполнить слабым (неармированным) бетоном, что требовалось произвести на протяжении приблизительно 130 м.

Операция усложнялась как плотной застройкой небоскребами над тоннелем, так и, особенно, геологией — аллювиальными наносами под давлением воды около 30 м. Кроме того, технике предстояло попасть в тоннель через шахту очень малых размеров.

Машина была смонтирована в специальном тоннеле. Она позволяла создать требуемое давление воздуха в демонтажной камере, изолированной от сохраняемой части посредством защитного экрана. При помощи рабочего органа производились вырезка и демонтаж блоков, затем он помещал их в шлюз для удаления в заднюю незамкнутую часть. Торкрет-установка автоматически заменяла демонтированную конструкцию слоем бетона. Затем тоннель заполнялся бетоном по мере проведения работ по демонтажу.

Аналогов этому оборудованию в мире не было и нет. Однако перед компанией были поставлены задачи, которые следовало решить, а «Бессак» работает по принципу: «Для нас не существует невыполнимых задач». Это и привело к созданию специфического и уникального оборудования.

Мы надеемся, что наш опыт поможет российским тоннельным подрядчикам ускорить и удешевить осуществление их проектов. Компания всегда готова поделиться своими техническими достижениями и предоставить несколько альтернативных решений, как традиционных, так и инновационных. В этом заключается миссия концерна «Бессак» в России. ■

БОЛОНЬЯ, ИТАЛИЯ
19-21 ОКТЯБРЯ
2016 ГОДА

МЕЖДУНАРОДНАЯ ПЛОЩАДКА ДЛЯ ВСТРЕЧИ ПРОФЕССИОНАЛОВ В ОБЛАСТИ ТОННЕЛЕСТРОЕНИЯ ИЗ 32 СТРАН

Bologna Fiere

SAIE building & construction

Conference Service srl
+39 051 4298311
info@expotunnel.it

EXPO Tunnel

ЭКСПОТОННЕЛЬ, III ВЫСТАВКА ТЕХНОЛОГИЙ ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

WWW.EXPOTUNNEL.IT

Пьетро ЛУНАРДИ,
профессор

Памяти сэра Алана Муира Вуда

УПРАВЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЕЙ ЭКСТРУЗИИ ЛБА ЗАБОЯ КАК СРЕДСТВО СТАБИЛИЗАЦИИ ТОННЕЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ

Продолжение. Начало в №6, 8

Закрепления ядра забоя стекловолоконными трубками (тоннель «Сан Витале»)

Продолжение следует

Из ряда объектов я бы хотел выделить два наиболее интересных: тоннель «Сан Витале» на железнодорожной линии Казерта-Фоджа и тоннель «Васто» на железнодорожной линии Анкона-Бари.

Опыт строительства тоннеля «Сан Витале» (1990)

Проходка тоннеля «Сан Витале» (рис. 7) длиной 4200 м и диаметром 12 м началась в 1986 году на основе проекта, использующего технологию НАТМ. Для преодоления трудностей проходки в сильно тектонизированных пестроцветных чешуйчатых глинах ($c' = 0{,}01$ МПа = $= 0{,}1$ кг/см^2, $\varphi' = 8 \div 18°$) выработка породы производилась по частям сечения с радиальным анкерным закреплением.

Как только проходка дошла до пестроцветных глин, стала наблюдаться заметная экструзия ядра забоя, радиальная конвергенция достигла 1,5 м, в результате чего работы пришлось прекратить. В 1991 году проект передали мне, и я решил прибегнуть к другим критериям проходки, соответствующим новому принципу проектирования, приняв во внимание новое инженерно-геологическое исследование. Оно подтверждало возможность управления деформацией выработки путем выполнения в зоне ядра забоя защитных и усиливающих мероприятий. В этом проекте впервые проведено испытание на экструзию в трехосной ячейке, результаты которого были использованы для определения объемов и интенсивности операции закрепления ядра забоя стекловолоконными трубками, необходимыми для сохранения его устойчивости и удержания экструзии на приемлемом уровне. В очень кратком изложении проект предусматривал следующие моменты:

- постоянную проходку полным сечением 1) после предварительного закрепления зоны «ядро-лоб» кольцом грунта, усиленного стекловолоконными инжектируемыми трубками, и 2) после усиления ядра забоя стекловолоконными трубками, установленными внутри него;
- временную обделку из стальных ребер с торкретированием и усилением фиброй;
- постоянное бетонирование обратного свода и банкеток на расстоянии, не превышающем половину диаметра;
- устройство постоянной обделки на расстоянии, не превышающем 3 м от лба забоя.

Для проверки правильности проектных предположений и чтобы откалибровать параметры проходки проводился постоянный мониторинг развития деформации. Это дало возможность в процессе работы оптимально распределить выполняемые операции по стабилизации между зоной лба забоя и выработкой. Здесь впервые проводились систематические и одновременные измерения экструзии ядра забоя и конвергенции выработки. Они, безусловно, подтвердили тот факт, что конвергенцией пройденной выработки можно управлять путем надлежащего закрепления ядра проходки.

Действительно, по мере того как вследствие продвижения забоя уменьшалась глубина ядра, закрепленного стекловолоконными трубками, постоянно увеличивались

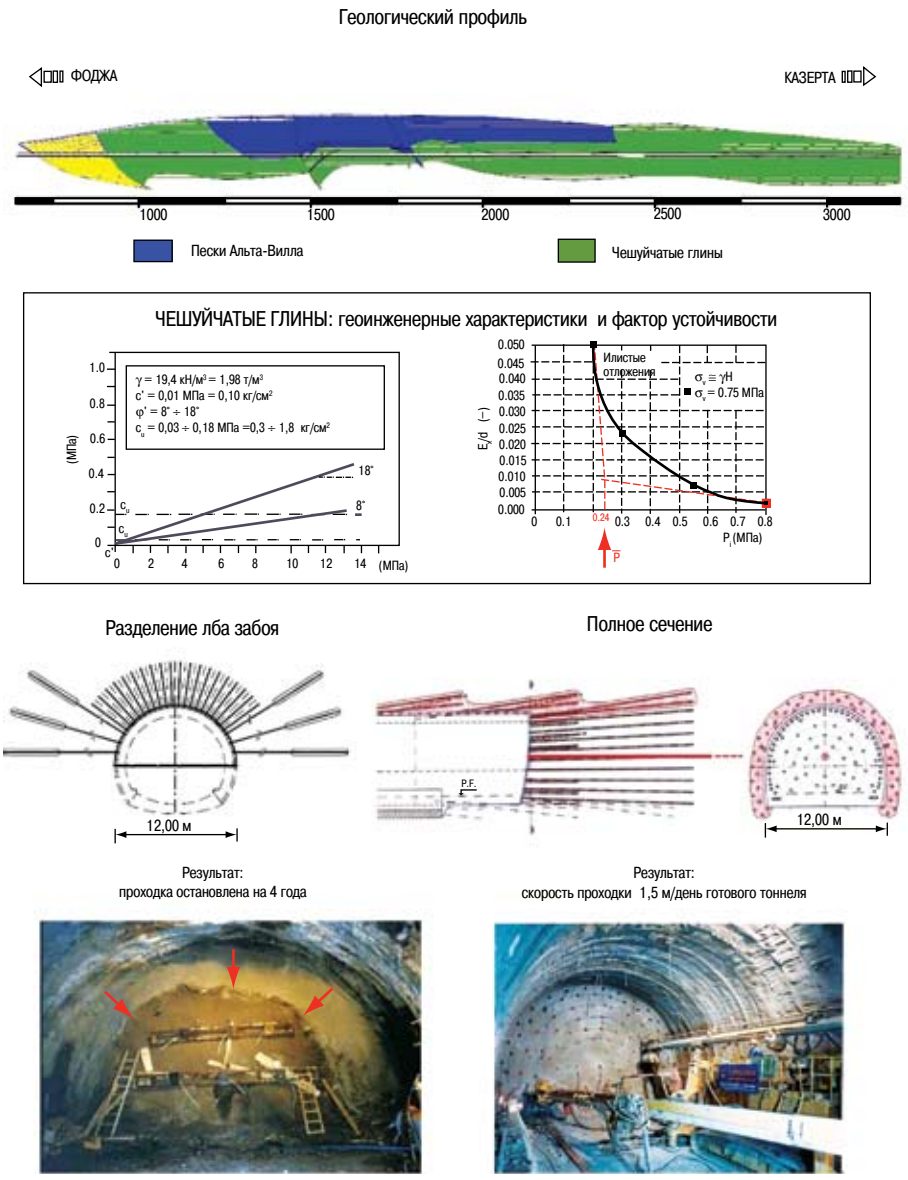


Рис. 7. Опыт строительства тоннеля «Сан Витале»

экструзия зоны «ядро-лоб» и конвергенция выработки. Устойчивый подъем кривых экструзии и конвергенции свидетельствовал о постепенном увеличении деформации. Начиная с этого проекта, совместные измерения экструзии и конвергенции (при строительстве тоннелей в сложных условиях) служили определению того момента, когда нужно остановить проходку и продолжить операции усиления, восстановив тем самым необходимую глубину закрепления ядра забоя. Таким образом, экструзия и, следовательно, конвергенция, остаются в пределах, установленных проектом.

Проходка продолжалась по этой новой технологии, и проект был закончен при средней производительности порядка 50 м/месяц, что является выдающимся результатом — особенно, если учесть ритмичность проходки для подобного типа грунтов.

Особенно важно отметить, что измерения напряженности постоянной обделки тоннеля «Сан Витале» продолжаются до сегодняшнего дня и показывают

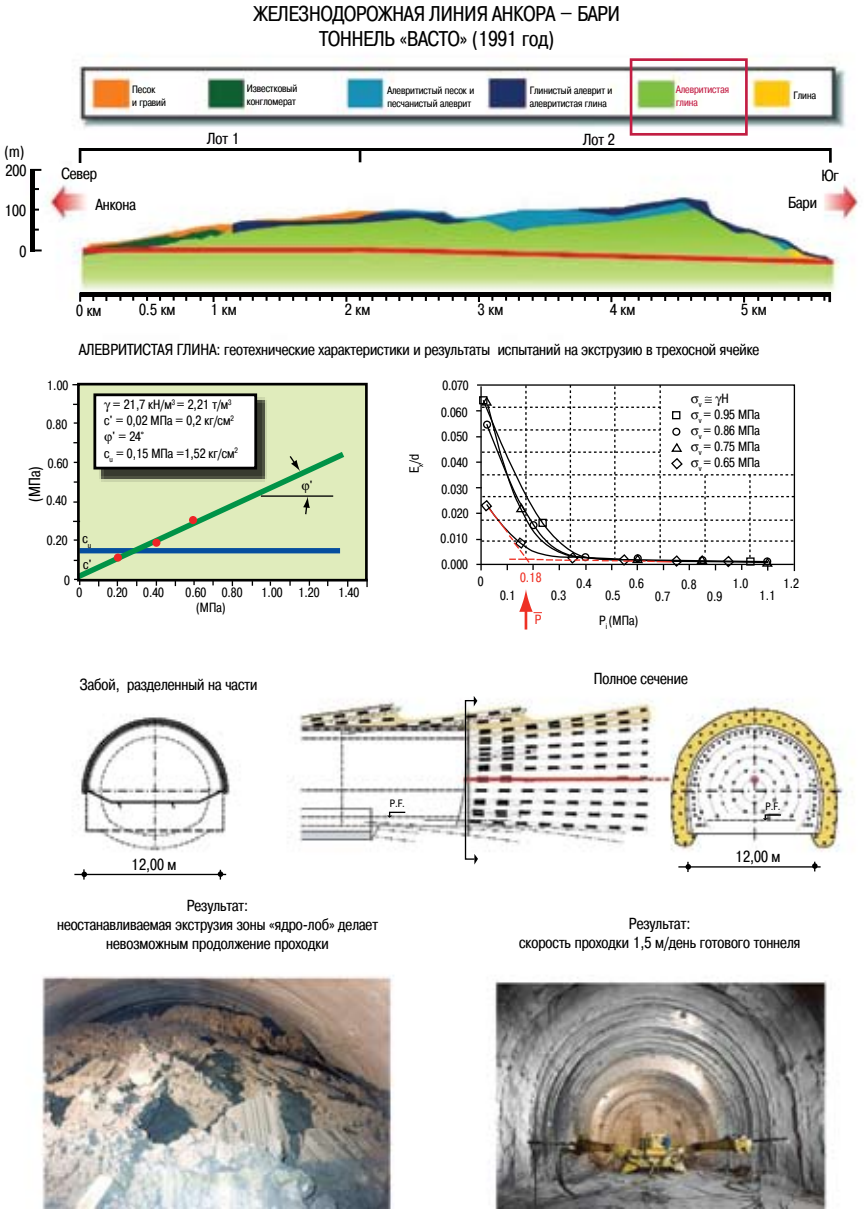


Рис. 8. Опыт строительства тоннеля «Васто»

очень низкие значения (от 4 до 8 МПа = 40 ÷ 80 кг/см²), поэтому можно с уверенностью утверждать, что удерживание конвергенции (осуществляемое путем увеличения жесткости зоны «ядро-лоб») продолжается в течение длительного времени, что особенно видно по нагрузке на постоянную обделку.

Опыт строительства тоннеля «Васто» (1991)

Тоннель «Васто» (рис. 8) имеет диаметр 12 м и глубину заложения от 0 до 150 м. Следовало пройти порядка 6200 м под землей в районе города Васто (Пескара). Грунт представлял собой преимущественно алевритистую глину (c′ = 0,02 МПа = 0,2 кг/см², φ′ = 24°). На глубине проходки грунт водонасыщен и крайне чувствителен к контакту с воздухом. Проходка началась в 1984 году с северной стороны и продвигалась половинным сечением при частичном закреплении стальными ребрами, набрызгбетоном и электросварной сеткой. Постоянная железобетонная обделка толщиной 1 м устанавливалась на половинном сечении, затем для опирания устраивались боковые стены. В конце цикла происходило бетонирование обратного свода на расстоянии нескольких диаметров от лба забоя.

Работа продолжалась таким образом (перемежаясь некоторыми обрушениями) до апреля 1990 года, когда на пикете 38 + 075, при глубине заложения 38 м, произошла катастрофическая потеря устойчивости в зоне лба забоя, за которой последовала сильная деформация, приведшая к обрушению 40 м выработки с уже установленной постоянной обделкой на половинном сечении. Ввиду значительности разрушений работы пришлось остановить.

И в этом случае меня опять призвали на помощь, чтобы спасти тоннель и закончить проходку. Я применил новый способ проектирования с использованием данных, полученных в процессе исследований. Вся система была пересмотрена: предложено идти полным сечением с предварительной защитой и закреплением зоны «ядро-лоб».

С учетом вариативности пересекаемого грунта были предложены три типовых сечения, отличающиеся друг от друга только видом операций, которые необходимо выполнить для защиты зоны «ядро-лоб» (либо горизонтальный джет-граутинг, либо механическая зарубка, либо кольцо грунта, закрепленного стекловолоконными трубками с клапанами и нагнетаемой в них смесью под высоким давлением). Однако во всех трех сечениях применялось закрепление зоны «ядро-лоб» стекловолоконными трубками. Во всех случаях использовалась временная крепь из стальных ребер и набрызг-бетона и немедленное устройство обратного свода вблизи лба забоя с последующим бетонированием постоянной обделки.

Проходка возобновилась по новым правилам, и производительность быстро достигла среднего уровня 50 м/месяц. Это очень сильно отличалось от скорости в несколько метров в месяц, с которой проходка продвигалась по первоначальному проекту.

Совместные измерения экструзии зоны «ядро-лоб» и конвергенции выработки подтвердили то, что уже было ясно из опыта тоннеля «Сан Витале»: конвергенция возрастает по мере ослабления закрепления зоны «ядро-лоб». Было так же очевидно, что скорость проходки оказывает сильное влияние на значение конвергенции (при высокой скорости оно значительно ниже).

Так же, как и в случае тоннеля «Сан Витале», измерения напряжений, испытываемых постоянной обделкой, показывают весьма низкие значения и на сегодняшний день (максимально 7,9 МПа = 79 кг/см²), подтверждая тем самым тот факт, что закрепление зоны «ядро-лоб» может сдерживать конвергенцию в тоннеле в течение длительного времени.

Выводы, полученные в результате исследования

Анализ результатов трех этапов исследования привел к следующим выводам:

- уровень конвергенции уменьшился, так как она является последней фазой деформационного ответа, возникающего впереди (в еще не пройденной части забоя) под действием проходки и начинающегося с

экструзии поверхности зоны «ядро-лоб», и затем развивающегося до состояния «предконвергенции», которая может увеличить и расширить конвергенцию выработки в уже пройденной части;

■ существует четкая корреляция между экструзионной картиной (экструзионным поведением) зоны «ядро-лоб» в тоннеле и теми явлениями, которые происходят в пройденной выработке;

■ экструзионное поведение зоны «ядро-лоб» всегда и неизбежно влияет на процессы, происходящие в выработке;

■ управлять экструзионным поведением зоны «ядро-лоб» означает управлять также и деформационными процессами выработки;

В зависимости от различных напряженно-деформируемых условий поведение массива впереди лба забоя (снижение до нуля наименьшего главного напряжения σ_3) можно свести к трем различным вариантам: устойчивая зона «ядро-лоб» (упругий диапазон), зона «ядро-лоб», устойчивая в краткосрочной перспективе (упруго-пластичный диапазон), неустойчивая зона «ядро-лоб» (диапазон обрушения); в упрощенной форме можно классифицировать эти три ситуации как различные категории поведения: A, B и C (рис. 9);

Эти категории (A, B и C) можно увидеть и спрогнозировать на этапе проектирования, основываясь на геологических, гидрогеологических, геотехнических и геомеханических характеристиках грунтового массива. Их можно уточнить по результатам испытаний на экструзию в трехосной ячейке, а также путем современного способа 3D-моделирования;

На этом этапе задача проектировщика состоит в том, чтобы предсказать и предотвратить развитие неустойчивости выработки путем предложения специальных мер воздействия на зону «ядро-лоб», позволяющих снизить экструзию до минимума и удерживать ее в пределах упругого диапазона. Иными словами, проектировщик должен сделать так, чтобы прогнозируемая экструзия типов B и C вернулась в категорию A. Для этого он должен правильно обращаться со сдвиговой прочностью зоны «ядро-лоб», чтобы сделать ее эффективным инструментом управления устойчивостью выработки:

■ путем применения операций по усилению и/или защите зоны «ядро-лоб» впереди забоя;

■ путем применения операций, выполняемых в пройденной части выработки, таких, как постоянное бетонирование обратного свода на небольшом расстоянии от лба забоя с целью уменьшения до минимума «поверхности экструзии» и обеспечения постоянного удерживания лба забоя ($\sigma_3 > 0$), как это делает ТБМ. Говоря о щитовой проходке, хочется задать такой вопрос:

«В чем состоит секрет постоянного возрастания популярности механизированной проходки (ТБМ) при строительстве тоннелей в разнообразных грунтах?» Я думаю, что ответ здесь очевиден: это происходит вследствие действия удерживания (σ_3), которое проходческий комплекс постоянно прикладывает к зоне «ядро-лоб» в процессе проходки. Это действие поддерживает исходное трехмерное взаимодействие сил внутри массива, не давая ему достичь предельных значений основных параметров, до тех пор, пока в выработке не будет установлена постоянная обделка.

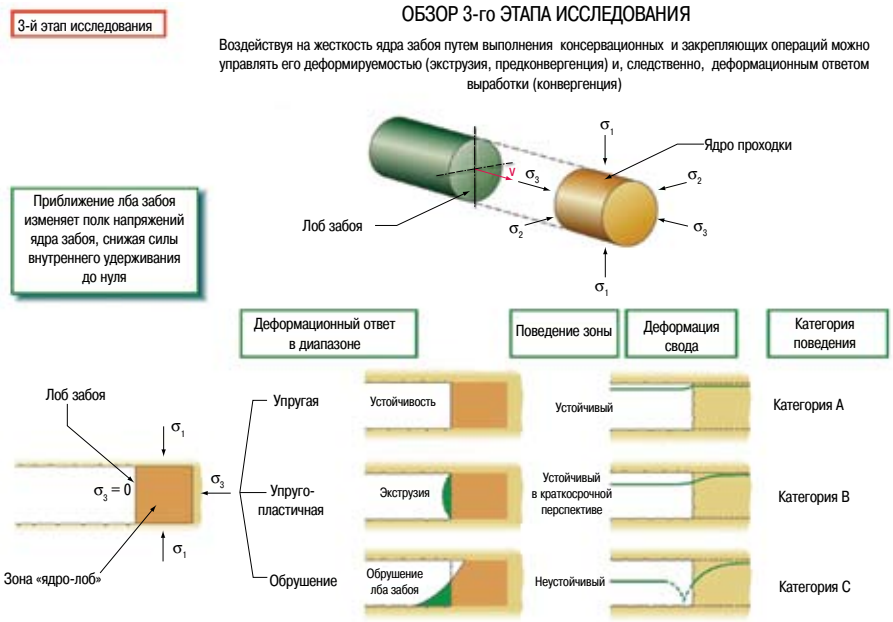


Рис.9. Обзор третьего этапа исследования

Принимая во внимание эти факты, можно утверждать, что чем сложнее напряженно-деформированные условия, тем более настоятельным становится требование осуществлять проходку полным сечением.

Окончательный вывод состоит в том, что если напряженно-деформированное состояние тоннеля зависит от зоны «ядро-лоб» и с помощью определенных операций, выполненных в этой зоне, можно управлять процессами, происходящими в выработке, то это означает, что поведение зоны «ядро-лоб» можно сделать отправной точкой проектирования и строительства тоннелей. Развивая эту концепцию, более 25 лет тому назад был разработан метод АДЕКО РС — Анализ контролируемых деформаций в скальных и в неустойчивых грунтах (Analysis of COntrolled DEformation in Rocks and Soils — (A.DE.CO.-R.S.). При этом подходе тоннель рассматривается как трехмерная структура (принимается во внимание не только сечение проходки, как это практиковалось раньше), и впервые проводится четкое различие между этапом проектирования и этапом строительства. Типовые продольные и поперечные сечения тоннеля (спроектированные с использованием зоны «ядро-лоб» в качестве стабилизирующего инструмента) могут теперь использоваться на этапе строительства без изменения операций, предусмотренных проектом в этой зоне, за исключением небольших вариаций, уже просчитанных и учтенных на этапе проектирования (по проекту они должны выполняться в случае, если параметры деформационного ответа или экструзионного поведения достигнут определенных значений, измерение которых происходит в процессе строительства).

Данный подход позволяет с достаточной точностью определять параметры проекта, включая время и стоимость строительства для любых грунтов и напряженно-деформируемых состояний. Кроме того, он обеспечивает необходимый уровень безопасности проведения работ в тоннеле, который не был достижим ранее при других технологиях проходки. ■

Prof . Ing. Pietro Lunardi

Muir Wood Lecture

EXTRUSION CONTROL OF THE GROUND CORE AT THE TUNNEL EXCAVATION FACE AS A STABILISATION INSTRUMENT FOR THE CAVITY

Previous chapter see in "Underground Horizons" #6,8

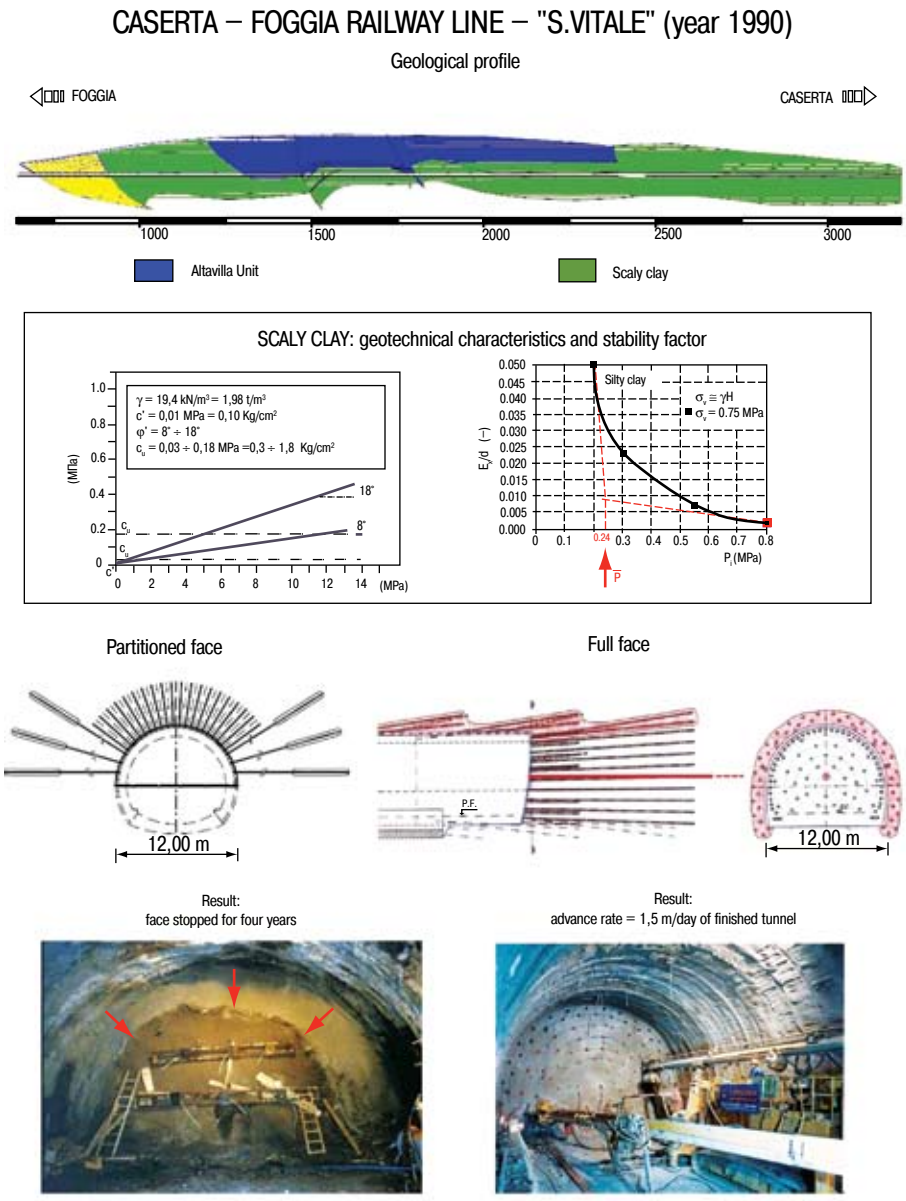


Fig. 5: The experience of the "San Vitale" tunnel

To be continued

Amongst these, I would like to briefly describe two significant sample tunnels: the “San Vitale” tunnel, on the Caserta-Foggia railway line; and the “Vasto” tunnel, on the Ancona-Bari railway line.

3.1. The experience of the “San Vitale” tunnel (1990)

Excavation of the "San Vitale" tunnel (fig. 5) – 4,200 m in length and 12 m in diameter — began in 1986 on the basis of a NATM (New Austrian Tunnelling Method) based design. To overcome the difficulties of tunnel advancement in a heavily tectonised formation of varicoloured scaly clays ($c' = 0.01$ Mpa = 0.1 Kg/cm^2, $\varphi' = 8 \div 18°$) under a overburden which was variable up to around 150 m, it required partitioned-face excavation in class Vb and radial bolting downstream the face.

As soon as excavation reached the varicoloured clays, the advance core experienced evident extrusion phenomena and radial convergences up to 1.5 m, which forced excavation to a halt. In 1991, a few years later, the design was given to me and I decided to follow a different advance criterion in accordance with a new project approach taking into account the results of a new geotechnical campaign. Said results confirmed the possibility of controlling the deformation phenomena of the cavity by acting on the advance core with actions of protection and reinforcement. In this occasion, the project used for the first time the previously described “extrusion tests in triaxial cell”, the results of which were used to evaluate the reinforcement intensity of the fibreglass tubes which needed to be applied to the core-face in order to keep it stable and to limit extrusion to acceptable levels. Very briefly, the design called for the following:

- constant advancement in full face 1) having previously protected the core-face with a ring of ground which had been reinforced with fibre-glass tubes capable of high-pressure recompression injections, and 2) having reinforced the core-face with fibre-glass tubes inserted into the face;
- 1st phase lining with steel ribs and fibre-reinforced shotcrete;
- systematically casting the final invert and kickers within half diameter from the face;
- casting the final concrete lining at no more than three diameters from the face.

In order to verify that the predictions made and the design itself were correct and to calibrate the advance system, the deformation phenomena were constantly being monitored, thus balancing the stabilization operation between the face and the cavity while work was underway. For the first time systematic and contemporary measurements of core-face extrusion and cavity convergence were used (fig. 6). These measurements confirmed without a doubt how the convergence of the cavity downstream the excavation face

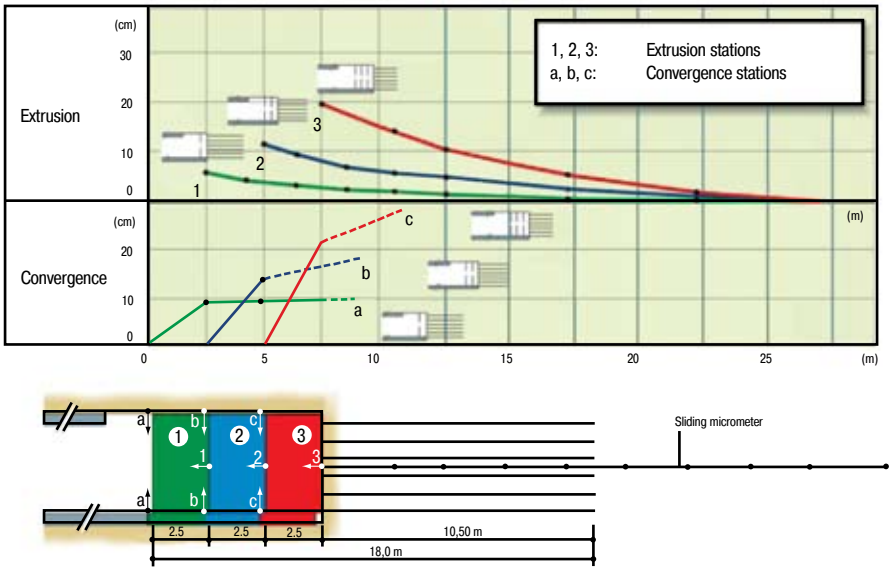


Fig. 6: “San Vitale” tunnel (1991) – Combined extrusion and convergence measurements

could be kept under control by correctly hardening the core-face of the tunnel. Indeed, a reduction due to the face advancement of the depth of the core-face reinforced with fibre-glass tubes caused a systematic increase of the core-face’s extrusion and cavity’s convergence. The progressive rise of extrusion and convergence curves revealed the increasing difficulties for the deformation phenomena to exhaust themselves. The combined extrusion and convergence measures have since then become essential in establishing (when constructing a tunnel in difficult conditions) the moment in which advancement should cease in order to newly reinforce the core-face and restore the necessary depth for the reinforced core-face, thus maintaining the extrusion and therefore the convergence of the cavity within the limits permitted and established by the design.

Proceeding in accordance with these new criteria, the work was completed with average productions of around 50 m/month, which is outstanding and exceptionally regular when considering the type of ground in play.

It is particularly important to remember that the stress measurements of the “San Vitale” tunnel final lining is being measured to this day, and show very low levels (from 4 to 8 Mpa = $40 \div 80$ kg/cm^2). It is therefore safe to say that containment of convergence (obtained by hardening the core-face) lasts over time especially in terms of long-term loads on the linings.

3.2. The experience of the “Vasto” tunnel (1991)

The “Vasto” tunnel (fig. 7), is 12 m in diameter and its overburden varies between 0 and 150 m. It needed to be excavated for around 6,200 m underground the hilltop town of Vasto (Pescara). The terrains were mostly silty clayey ($c' = 0.02$ Mpa = 0.2 Kg/cm^2, $\varphi' = 24°$). At the depth of the cavity, the ground was saturated with water and extremely sensitive to contact with air. Advance work had begun in 1984

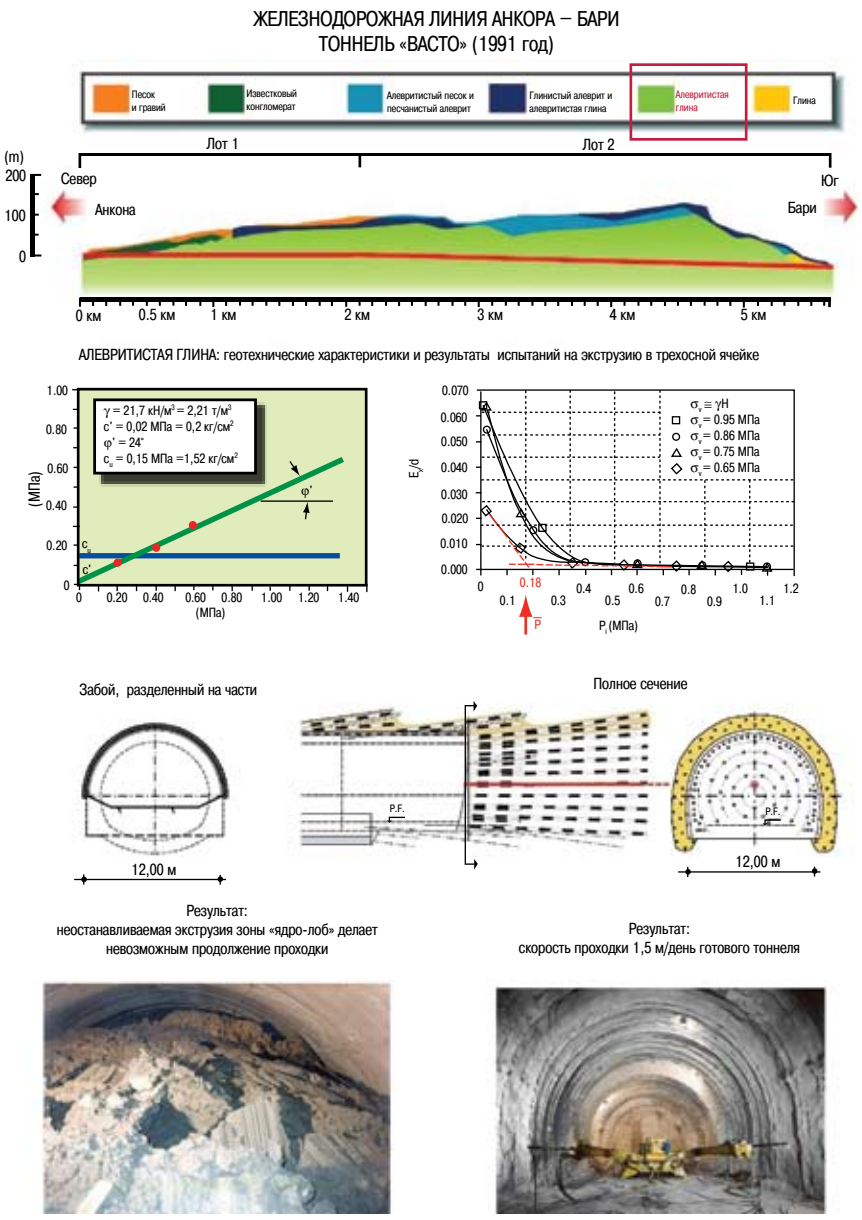


Fig. 7: The experience of the "Vasto" tunnel

on the northern side and had been in half-face, temporarily protected by a lining of ribs, shotcrete and electro-welded mesh. The final lining in reinforced concrete was one metre thick and was cast in half face at the excavation face, while the tunnel sidewalls were then cast for underpinning. Finally, the invert was cast at a several diameters from the excavation face.

The work had proceeded in this manner (while severe collapses continued to occur) until April 1990, when at ch. Km 38 + 075, under 38 m of overburden, a disastrous instability event took place at the excavation face, followed by enormous deformations which, for over 40 m downstream, brought the cavity (which had already been lined in half face) to finally collapse (fig. 7). The entity of the situation was such that work was forced to a halt.

I was therefore called in this situation as well, in order to save the tunnel and to finish excavation. I put a new design into action, which by taking advantage of the knowledge acquired during the Research, turned the original project on its head: proposing full-face advancement with previous protection and reinforcement of the core-face.

Taking into consideration the variability of the grounds in question, three different section types were designed, which differed exclusively for the type of treatment that needed to be executed in order to protect the core-face (either horizontal jet-grouting, or mechanical pre-cutting, or a ring of ground reinforced by means of valved fibreglass tubes injected at high-pressure). However, common to all three section types was core-face reinforcement by means of fiberglass tubes operated at the face. In every case a first-phase lining of ribs and shotcrete was planned, immediately closed with a final invert at the face and the subsequent casting of the final lining of concrete.

By following these new criteria for advancement, excavation recommenced and production quickly reached an average level of 50 m/month of finished tunnel. A far cry from the few metres/month recorded while using the original design.

A combination of face-core extrusion measurements and cavity convergence measurements confirmed what had already become clear while working on the "San Vitale" tunnel: the convergence would increase as the strengthening of the core-face decreased. It was also clear that the advancement velocity heavily influenced the measured convergence values, with significantly lower values at higher velocities.

As is the case of the "San Vitale" tunnel, the stress measurements of the final lining are very small to this day (7.9 Mpa = 79 kg/cm^2 max), thus proving that hardening the core-face can contain convergence in the tunnel over time and also in terms of loads on the linings

3.3. Conclusions drawn from the Research

Analysing the results in the three phases of Research has brought the following results:

1. the role of convergence was reduced as the last stage of Deformation Response under excavation action, which begins upstream the excavation face from the extrusive behaviour of the core-face, and then evolves into "pre-convergence", which can increase and amplifiy the convergence downstream the core-face itself;

2. there is a strict correlation between the extrusive behaviour of the tunnel's core-face and what occurs downstream the same, in the cavity;

3. the extrusive behaviour of the core-face always and inevitably influences the behaviour of the cavity;

4. controlling the extrusive behaviour of the core-face also controls the deformation behaviour of the cavity;

5. in function of the different possible stress-strain

situations, the behaviour of the ground upstream the excavation face (reducing to zero the minor principal stress σ_3 following the advancement of the face) can be indicatively traced back to three different situations: stable core-face (elastic field), stable core-face in the short term (elastic-plastic field), unstable core-face (failure field) which, in simplified terms, can be associated with three main behaviour categories: A, B and C (fig. 8);

6. these categories (A, B and C) are foreseeable in the design phase, according to the geological, hydro-geological, geotechnical and geo-mechanical traits of the grounds. They can be ascertained by means of extrusion tests in triaxial cell and modern 3D numerical modelling;

7. at this point, the designer's main task is to foresee and prevent the instability of the core-face by preparing stability measures on the core-face itself able to reduce to a minimum the extrusive phenomena beyond the elastic threshold. In other words, the designer must return foreseeable category B and C extrusive behaviours to the levels of category A. To achieve this, he must correctly operate on the core-face's shear-tensile strength so as to make it an effective instrument for stability of the cavity (fig. 14):

- with operations of reinforcement and/or protection of the core-face upstream the core-face;

- with operations downstream the excavation face: such as the systematic casting of the final invert at the excavation face to minimise the "extrusion surface" and constant confinement of the face ($\sigma_3 > 0$) exerted by means of a TBM. Speaking of TBMs, have we ever asked ourselves the secret to the increasing success of TBMs or mechanization of excavation for most types of grounds encountered when tunnelling? Well, the answer is clearly due to the confinement action (σ_3) which the machine constantly applies to the core-face during advancement. This action maintains the original tri-axial coaction in the ground mass within finite values, until the cavity can be confined during work by means of pre-lining or prefabricated segment lining.

For these reasons, the more difficult the stress-strain situation is, the more imperative advancing in full face becomes.

Definitively, if the stress-strain behaviour of a tunnel depends on that of the core-face and operations on said core-face are capable of controlling the cavity's behaviour, the result is that core-face behaviour can be used as a reference for tunnel design and construction. Following this consideration, more than 25 years ago the Analysis of COntrolled DEformation in Rocks and Soils – (A.DE. CO.-R.S.) was developed. This approach studies tunnels as a three-dimensional problem (no longer only in the cross section as before) and, for the first time, clearly separates the design and construction stages. Tunnel longitudinal and cross section types (designed using the core-face itself as a stabilisation instrument) can therefore be applied in the construction phase without having to change the operations at the face during construction, except for small variations

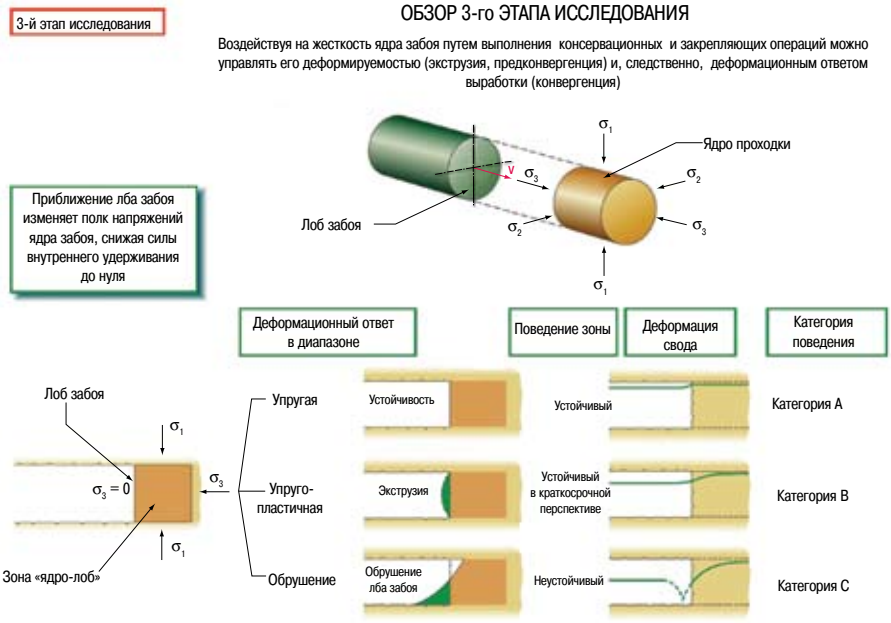


Fig. 8: Overview of the Third Phase of Research

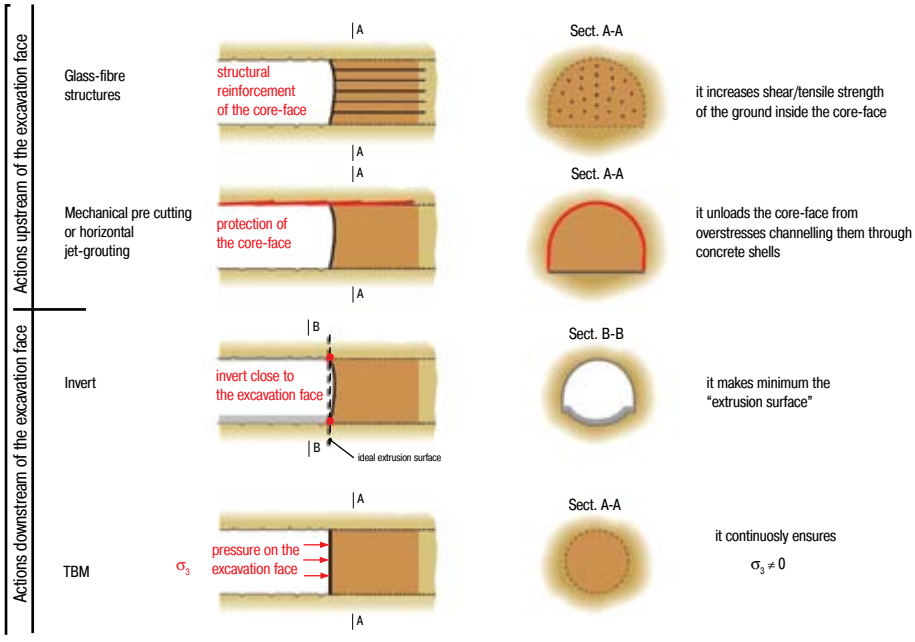


Fig. 9: Operations which turn the core-face into an effective instrument for stabilisation.

which have previously been quantified and designed in the design stage, in function of the expected deformation response or extrusive behaviour which is then effectively measured on site.

This assures reliable design predictions, also in terms of times and construction costs, and linear site production despite the type of terrain and stress-strain conditions. It further assures worker safety levels never reached with other approaches, especially those which require partitioning of the excavation face for excavating in difficult stress-strain conditions. ■

И. В. ГОРЕЛИКОВ,
заслуженный строитель России

ОСОБЕННОСТИ СООРУЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕХОДОВ В УСЛОВИЯХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ И СЕЙСМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Fulfillment of strategic tasks of Russian Federation arctic zone and its transportation system development, should have integrated character and requires consideration of knowledge, scientists and specialists' scientific research results as well as practical experience of project designers and builders. Holding of the Conference on Peculiarities of Building of Transport Crossings in Conditions of Permafrost…. became a significant step in this direction. In particular, the variants of bridge crossing with building of submersible tunnel were submitted for discussion.

Решение стратегических задач развития Арктической зоны РФ, в том числе ее транспортной системы, должно иметь комплексный характер и требует учета знаний, результатов научных исследований специалистов, ученых, а также практического опыта проектировщиков и строителей. Проведение первой международной научно-практической конференции на тему «Особенности сооружения транспортных переходов в условиях вечной мерзлоты, сейсмических воздействий и судоходства через реки Обь в районе г. Салехарда и Лену в районе г. Якутска» стало значимым шагом в данном направлении. В частности, на обсуждение вынесены варианты транспортных переходов со строительством погружного тоннеля.

Практической целью конференции являлось сравнение и обсуждение эффективности и экономической целесообразности альтернативных вариантов сооружения транспортных переходов через р. Обь и Лену.

Строительство мостового перехода через Обь у Салехарда, в свою очередь, позволит достроить железнодорожную магистраль Обская — Салехард — Надым — Пангоды — Новый Уренгой — Коротчаево в единой транспортной системе всей арктической территории, а мостовой переход через Лену позволит завершить развитие базовой транспортной инфраструктуры Республики Саха (Якутия). В связи со сложностью микросейсморайонирования, инженерно-геологических и инженерно-гидрометеорологических факторов, а также в связи с отсутствием необходимых финансовых средств реализация проектов по строительству транспортных переходов откладывается уже более 30 лет.

Рассматривая достаточно непростую ситуацию по сооружению переходов, целесообразно опираться не только на российский и мировой опыт мостостроителей, но и учитывать инженерно-гидрометеорологическую обстановку в этом достаточно сложном районе, а также использовать имеющиеся проектные материалы по транспортному переходу через р. Лену у г. Якутска. Аналогов подобных транспортных переходов в Российской Федерации — единицы, и они, несомненно, имеют специфические строительные особенности и эксплуатационные показатели. Для заказчика-застройщика во главу угла ставятся одни и те же вопросы: во сколько обойдется строительство и в какие сроки будет реализован проект.

Проблемы мостового перехода

Отечественный опыт сооружения транспортных переходов через крупнейшие реки (Волга, Иртыш, Лена, Обь, Енисей, Амур) говорит о том, что в России выбор традиционно делался в пользу мостов. Вместе с тем в рамках затрагиваемой проблемы транспортных переходов при технико-экономической целесообразности строительства в условиях сейсмических воздействий и вечной мерзлоты требуется рассмотрение и сравнение альтернативных вариантов. Оптимизация одного или двух из них, в свою очередь, позволит выбрать наиболее правильное решение.

Проектная документация по строительству мостового перехода в районе Салехарда (рис. 1), прошедшая государственную экспертизу, позволяет сделать выводы о проработке конструктивных решений и технологии строительства с учетом всех факторов микросейсморайонирования, инженерно-геологических, инженерно-гидрометеорологических и экологических изысканий.

Для достижения цели по обеспечению надежных эксплуатационных качеств сооружения в регионе с вечной мерзлотой и устойчивым ледовым режимом обращает на себя внимание ряд факторов, существенно влияющих на стоимость и срок строительства мостового перехода. В частности, специалистами отмечается, что в проекте недостаточно проработаны величины пролетов моста с применением апробированных, широко распространенных в практике мостостроения и хорошо зарекомендовавших себя в северной климатической зоне конструкций, обеспечивающих предотвращение катастрофических заторообразований. С учетом того, что средняя продолжительность ледостава на р. Обь составляет 211 дней, а высота навалов и нагромождений льда достигает 8–10 м (что является опаснейшим гидрологическим явлением), основным критерием безопасности моста необходимо считать параметр, определяющий беззаторный пропуск льда. Соответственно, лимитирующее значение здесь имеет отношение величины пролетов к ширине опор.

Рис.1. Мостовой переход через р. Обь в районе Салехарда, визуализация проекта

Для сравнения: оценка МЧС России по Республике Саха (Якутия) заторных явлений на р. Лене подтверждает опасения, что на проектируемом мостовом переходе в районе Якутска высота навалов и нагромождений льда может достигнуть катастрофических размеров (до 20 м). Толщина льда здесь нередко превышает 2 м, а размер льдин — 500 м^2.

Представленная в проекте конструктивная схема моста ($4 \times (2 \times 110) + 7 \times 220$) и существующий гидрологический режим р. Обь позволяют предполагать, что при весеннем ледоходе беззаторный пропуск льда через мостовой переход обеспечен не будет. Промежуточные русловые опоры, ширина которых, с учетом временных вспомогательных сооружений (СВСиУ), может доходить до 30 м, при этом станут причиной непрогнозируемых заторных явлений. Сохранение естественных условий ледохода в створе моста обеспечивается при значениях отношения величины пролета к ширине опоры существенно больше 30 м, однако имеющиеся варианты по увеличению длины пролетов могут привести к значительному удорожанию строительства. Соответственно, выбор оптимальной конструктивной схемы мостового перехода обязан обеспечить предъявляемые требования к заторообразованию, стоимости объекта и будущим эксплуатационным расходам.

Проработка возможности по увеличению длины пролетов до 308 м, без изменения отверстия, позволит сократить количество сооружаемых опор, существенно понизить уровень подъема воды, а также уменьшить стоимость и срок строительства объекта, однако опасность заторообразования останется. С этой точки зрения, безопасность гарантируют величины пролетных строений не менее 600 м. Однако разработка проекта совмещенного мостового перехода под железнодорожную и автодорожную нагрузки с обеспечением данного параметра является, вследствие значительной металлоемкости и стоимости, весьма сложной зада-

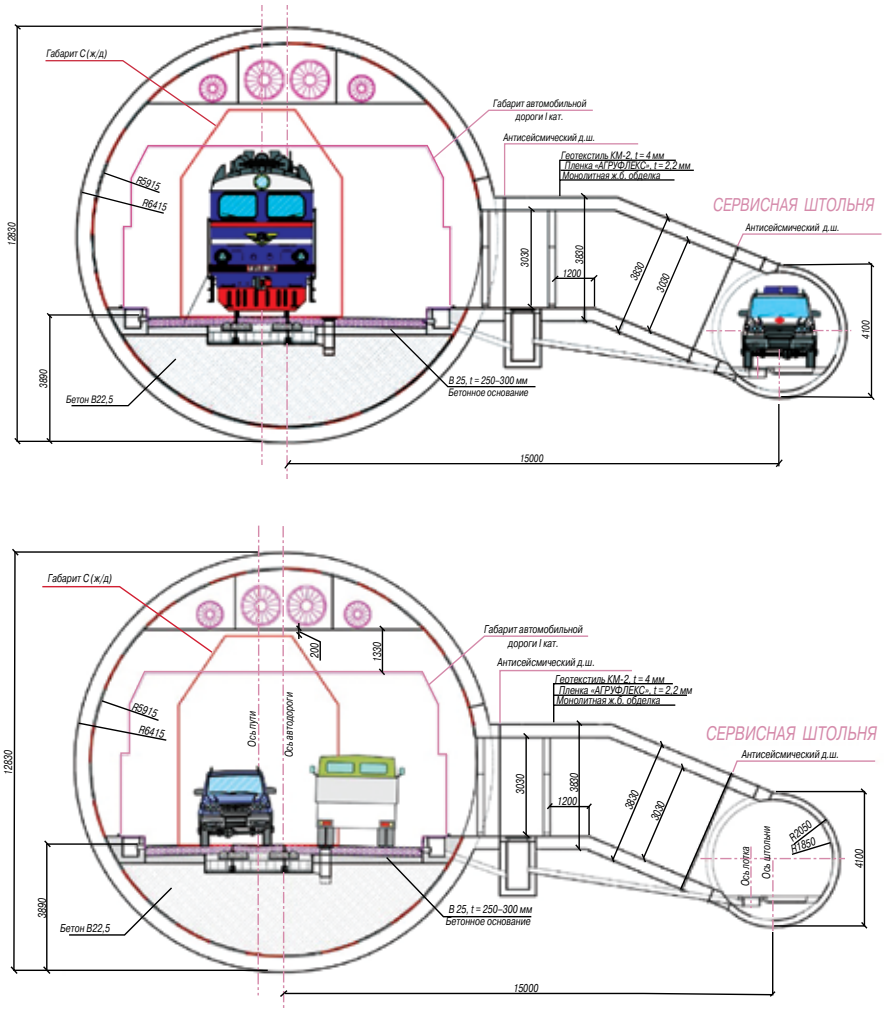


Рис. 2. Совмещенный тоннель под автомобильную и железнодорожную нагрузку

чей, а использование железнодорожной нагрузки при конструкциях вантовой или висячей системы вообще практически не представляется возможным.

Учитывая сложность проекта, складывается впечатление, что технико-экономическое обоснование (ТЭО) вариантов строительства транспортного перехода через р. Обь у Салехарда проводилось не более чем формально.

Согласно утверждениям проектировщиков, основным показателем, которым пришлось руководствоваться при выборе варианта мостового перехода, стало снижение стоимости строительства. Проблемы заторообразований, подъема уровня воды и, соответственно, требующегося расселения прилегающей жилой застройки и переноса транспортной инфраструктуры, миграция животных, воздействие на экологию и т. д. в период сооружения и эксплуатации мостового перехода — все это в расчет не принималось. Отсутствие в Федеральной службе по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды материалов по изучению механизма заторообразования и его моделированию на реках Обь у Салехарда и Лена у Якутска не позволило эффективно провести ТЭО вариантов транспортных переходов через Обь, что и создало предпосылки к формальному принятию решения в пользу моста.

Вместе с тем эксплуатационные расходы по содержанию мостового перехода в существующих условиях возрастут многократно. Возникает риторический вопрос: кто выиграет от таких решений? При сохранении прежнего подхода к технико-экономическому обоснованию и выбору вариантов транспортного перехода без учета вышеперечисленных проблем, вероятность близка к 100%, что проиграют все — заказчик, население, эксплуатационные службы, природа региона, власти ЯНАО и, в конечном счете, государство.

В настоящее время при всем многообразии инженерных технологий и решений по сооружению транспортных переходов целесообразно рассматривать несколько вариантов под железнодорожные и автодорожные нагрузки:

- мостовой переход (мост под совмещенную нагрузку, автодорожный вантовый или висячий мост);
- сооружение тоннеля щитовым методом с использованием тоннелепроходческого комплекса (ТПК);
- сооружение погружного тоннеля из опускных секций.

В связи с тем, что вариант совмещенного мостового перехода отражен в проектной документации, рассмотрим сооружение тоннеля щитовым методом с использованием ТПК.

Сооружение тоннеля щитовым методом

С учетом отечественного опыта применения ТПК в условиях Севера, проблема по сохранению мерзлого состояния грунтов технологически решается строителями успешно. Щитовой метод гарантирует сохранение жесткости обделки и целостности вечной мерзлоты. Современная техника позволяет вести проходку с одновременным применением морозозащитных систем и установкой тюбингов тоннельной обделки, на обратную сторону которых нанесен изоляционный материал.

Мировой опыт подтверждает, что проблемы сохранения вечной мерзлоты при строительстве и эксплуатации транспортных сооружений вполне решаемы. На Шпицбергене, Аляске и в Гренландии были использованы материалы, изолирующие мерзлые породы, и отработаны технологии, позволяющие поддерживать мерзлое состояние грунтов во время проходки и эксплуатации. Аналогичный опыт есть и у отечественных строителей. Это, прежде всего, сооружение Кадарского и Нагорного тоннелей, Северо-Муйского тоннеля, каменно-набросной плотины и подземного здания Колымской ГЭС и т. д.

Не менее важно то, что строительство тоннеля не зависит от низких температур и капризов рек. Основные работы ведутся на большой глубине (20–30 м от границы вечной мерзлоты), где отсутствует ограничения по температурным условиям (рис. 2). Сборные элементы тоннельных обделок изготавливаются на заводе.

Открытые участки тоннеля и рамповые участки находятся вне зоны ледоставов и ледоходов (рис. 3, 4).

Основные преимущества тоннеля, сооружаемого с использованием ТПК, по сравнению с мостовым переходом:

- существенно снижается угроза заторообразований и, соответственно, затопления местности в период весеннего и осеннего ледоходов из-за отсутствия искусственных сооружений и СВСиУ в пойме реки, особенно в период строительства;
- технология производства работ позволяет строить круглогодично, даже в условиях низких температур, что существенно сокращает сроки строительства по сравнению с мостовым переходом;
- сводится к минимуму нагрузка на экологию;
- создаются условия для поддержания высокого темпа сооружения тоннеля отработанной технологией ТПК;
- более комфортна последующая эксплуатация, по сравнению с мостовым переходом.

Однако при множестве преимуществ сооружения тоннеля перед мостом в подобных условиях добиться существенного сокращения стоимости непосредственно строительства не всегда удается.

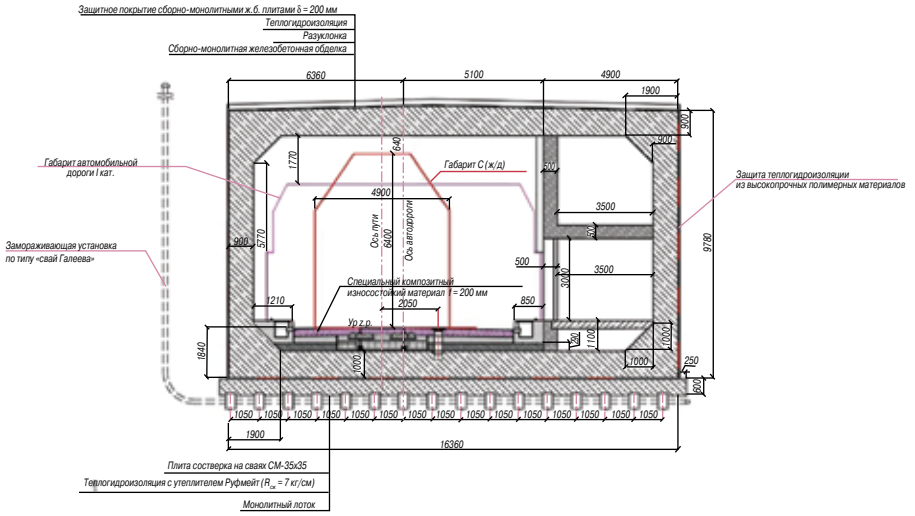


Рис. 3. Открытый участок тоннеля

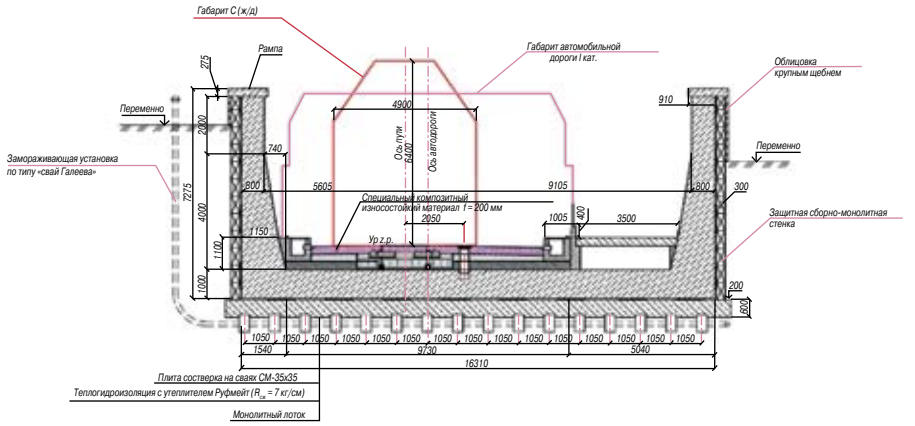


Рис. 4. Рамповый участок тоннеля

Погружные тоннели из опускных секций

Сооружение погружных тоннелей так называемых тоннелей из опускных секций (рис. 5) в российской строительной практике широко не представлено.

Единственным примером может служить тоннель, который связал в 1983 году центральную часть Ленинграда (Санкт-Петербурга) с Канонерским островом. При общей длине тоннельного перехода в 946,7 м 375 из них выполнено методом погружения готовых секций (5 секций по 75 м). В настоящее время примеров проектируемых или строящихся по данной технологии объектов транспортной инфраструктуры в Российской Федерации не имеется, хотя есть опыт проектирования и строительства тоннеля из железобетонных секций для отводного канала АЭС (АО ЦКБ «Монолит», проекты для Индии и Турции).

Вместе с тем подобные транспортные сооружения не редкость в тоннелестроении многих стран Европы и Азии. Для переходов значительной протяженности, влияющих на обеспечение условий судоходства, наиболее целесообразным считаются комбинированные решения «мост-тоннель». Такие сооружения состоят из протяженных эстакад, которые пересекают сравнительно узкие и неглубокие водные преграды и заканчиваются на искусственно созданных «островках», где трасса входит в тоннели, расположенные под судоходными частями рек и проливов. В мире эксплуатируется значительное количество тоннелей (около 150), построенных по данной технологии, как автодорожных, так и железнодорожных. Например, через залив Чезапик в штате Вирджиния, США (открыт в 1964 г.), через пролив Эресунн между Данией и Швецией (1999), между городом Пусан и островом Кодже, Южная Корея (2010), под проливом Босфор (2014) и т. д. Завершается строительство комбинированного транспортного перехода между Макао, Чжухаем и Гонконгом протяженностью 60 км с погружным тоннелем из опускных секций в 6,75 км. Ввод объекта планируется в 2016 году.

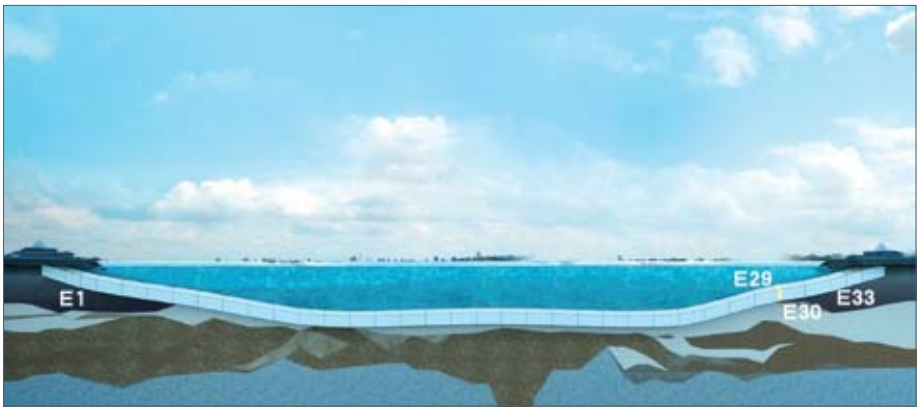


Рис. 5. Погружной тоннель из опускных секций

Данная технология достаточно подробно рассмотрена и описана в статьях Ричарда Луннисса и Джонатан Бабера, российских ученых и строителей — М. Е. Рыжевского, Е. Н. Курбацкого, А. Н. Воложина и других. Специалистами группы компании «СК Мост» основательно прорабатывался вариант использования погружного тоннеля через Керченский пролив.

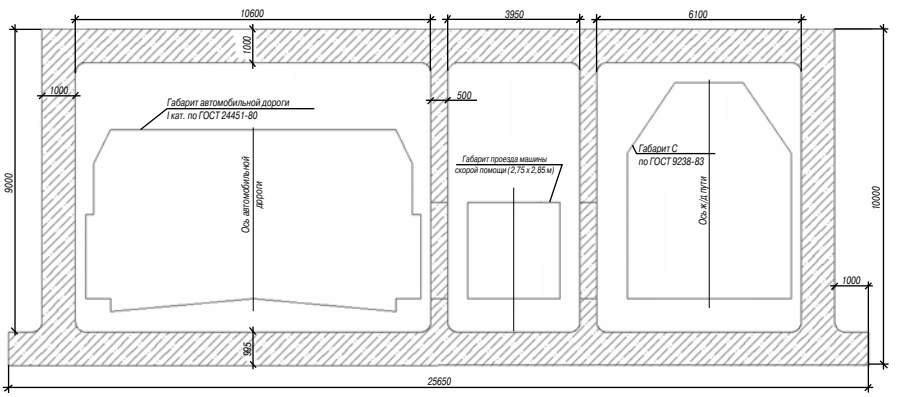


Рис. 6. Опускная секция, русловой участок

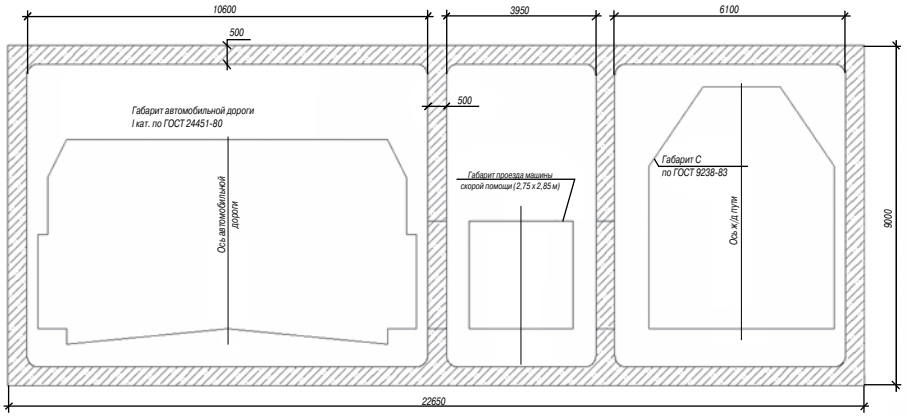


Рис. 7. Цельносекционная обделка, открытый пойменный участок

Кроме того, оптимизация этой технологии («надвижка» секций на «плаву», сборка секций на льду с последующим опусканием в искусственно поддерживаемой «майне» на дно) позволит значительно сократить трудоемкость, себестоимость работ и сроки их проведения. Темп строительства погружного тоннеля (на примере комбинированного транспортного перехода между Макао, Чжухаем и Гонконгом) составляет 18 пог. м в сутки, что в 2 раза выше, чем при сооружении тоннелей традиционным способом. Существенным фактором, увеличивающим временные затраты, в данном случае может быть подготовка основания под водой для установки опускных секций, однако при использовании специализированных дноуглубительных судов обеспечивается необходимый темп производства работ.

При всем многообразии примеров на Западе и Востоке, определяющим для строительства и эксплуатации погружного тоннеля на российском Севере является опыт работы в условиях вечной мерзлоты, сейсмических воздействий и наличия судоходства. Прямых аналогов рассматриваемого проекта в мировой практике тоннелестроения, в том числе и в России, не существует. Наряду с этим зарубежный опыт строительства и эксплуатации транспортных тоннелей в условиях вечной мерзлоты подтверждает возможность их сооружения с учетом обеспечения стабильности вечномерзлого грунта. Так, в докладе главного научного сотрудника научно-исследовательской организации SINTEF, профессора Университета науки и техники Тронхейма, президента Норвежской тоннельной ассоциации Эдвина Грева детально освещены достижения инженерного искусства, среди которых транспортный тоннель «Свеа» и хранилище семян в Свальбарде на Шпицбергене, Ослофиордский тоннель под водной преградой, рудник «Блэк-Ангел» в Гренландии, тоннель в районе Фокс в городе Фэрбенкс на Аляске, железная дорога Цинхай — Тибет и другие.

Наличие факторов, влияющих на надежность и безопасность погружного тоннеля, таких как сейсмические воздействия и вечная мерзлота, не будет критическим. В связи с отсутствием жесткого закрепления к фундаменту сейсмические колебания (резонансные явления) подвижки русла дна не будут в полной мере передаваться на конструкцию погружного тоннеля, а предусмотренные между секциями «компенсаторы» (прокладки типа Gina и Omega) минимизируют их. Достаточно серьезно тема сейсмических воздействий на погружной тоннель освещена в диссертации кандидата технических наук Нгуен Ван Хунга и научных работах профессора кафедры «Мосты и тоннели» МГУПС (МИИТ) Е. Н. Курбацкого.

Отсутствие залегания мерзлых пород под руслом реки Обь исключает необходимость применения морозоизоляционного материала для опускных секций тоннеля, а выполнение работ по устройству морозозащитных систем позволят обеспечить надежность секций на открытых и рамповых участках.

Проведение физико-математического моделирования работы погружного тоннеля в условиях сейсмических и гидрометеорологических нагрузок на стадии разработки проекта предоставит возможность обеспечить надежность и безопасность объекта, а использование структурированной системы мониторинга и управления инженерными системами сооружения (СМИС) в процессе эксплуатации будет способствовать качественному мониторингу его состояния.

Преимущества погружных тоннелей из опускных секций:

- значительное (в 2 раза) уменьшение длины тоннеля по сравнению с мостовым переходом и тоннелем, сооруженным ТПК;
- возможность сооружения элементов тоннеля под любые транспортные нагрузки с практически любым необходимым поперечным сечением;
- конструкцию тоннеля можно располагать на различных грунтах;
- низкая подверженность сейсмическим воздействиям;
- обеспечение условий судоходства;
- минимизация угрозы заторообразований и, соответственно, затопления местности в период весеннего и осеннего ледоходов;
- технология производства работ позволяет строить круглогодично, даже в условиях низких температур, что существенно сокращает сроки строительства (по сравнению с мостовым переходом);
- создаются условия поддержания высокого темпа сооружения погружного тоннеля из опускных секций (до 18 пог. м в сутки);

- низкая стоимость строительства;
- значительное сокращение сроков строительства.

Проведенное технико-экономическое сравнение вариантов транспортных переходов через р. Обь в зонах вечной мерзлоты и сейсмических нагрузок показало экономическую целесообразность и эффективность применения технологии сооружения погружного тоннеля из опускных секций, по сравнению с мостовым переходом и тоннелем, сооружаемым щитовым методом с использованием ТПК.

Изучение Сибирским государственным университетом путей сообщения инженерно-геологических материалов позволило проработать 6 вариантов использования тоннелей в створе транспортного перехода через р. Обь. Установлено, что целесообразно рассмотреть сооружение погружного тоннеля из опускных секций длиной 7350 м, в том числе 2250 м — опускные секции в русловой части и 4000 м + 1100 м — открытые цельносекционные участки на пойменных частях реки (рис. 6, 7).

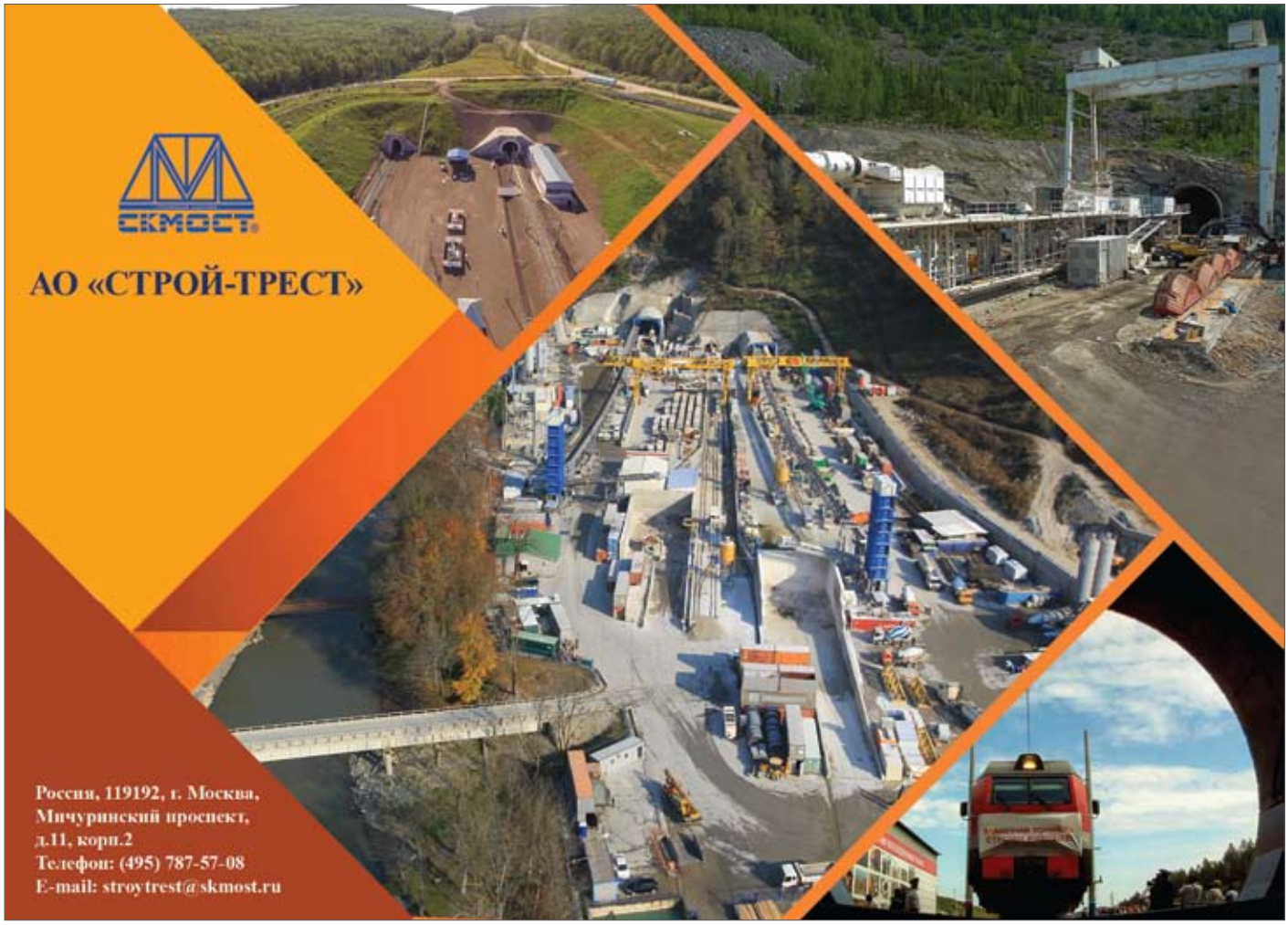
Выводы

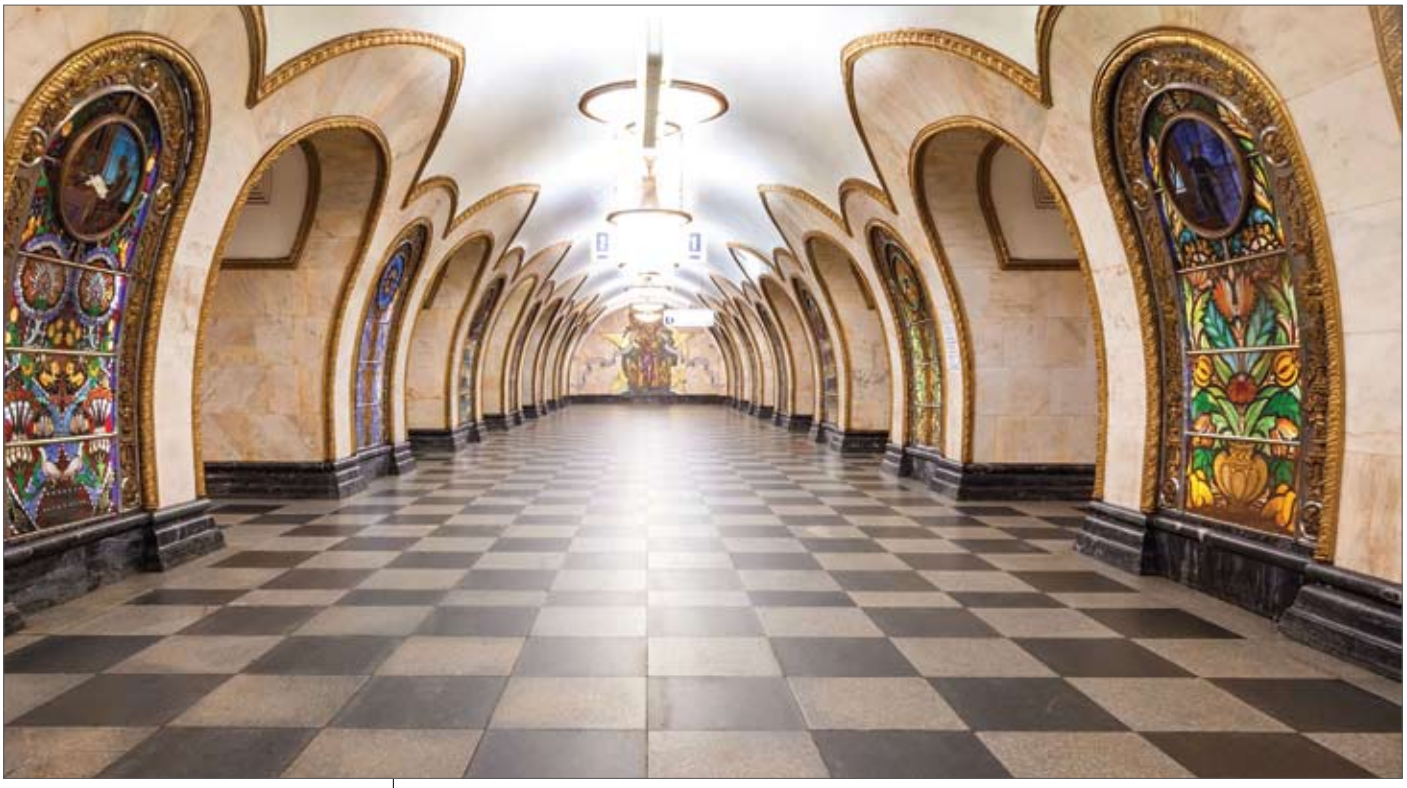
Сооружение погружных тоннелей из опускных секций не только выгодно с экономической точки зрения, но и целесообразно как новое инженерное решение с возможностью использования различных вариантов технологии строительства в условиях вечной мерзлоты, сейсмических воздействий и судоходства.

Оптимизация представленных разновидностей транспортных переходов через р. Обь у Салехарда позволяет рассмотреть несколько вариантов реализации инфраструктурного проекта, в том числе:

- строительство погружного тоннеля из опускных секций под железнодорожную и автодорожную нагрузки;
- строительство вантового автодорожного моста и погружного тоннеля из опускных секций под железнодорожную нагрузку.

Экспертная оценка любого из вышеуказанных вариантов по технико-экономическим параметрам (заторообразование, сейсмичность, вечная мерзлота, экология, стоимость и срок строительства транспортного перехода) позволят обеспечить не только создание уникального и технически сложного искусственного сооружения, но и существенно снизят эксплуатационные расходы на содержание как самого объекта, так и существующей социальной и транспортных инфраструктур ЯНАО и Якутии (Республика Саха) в будущем. ■





Станция «Новослободская» – работа архитектора А. Душкина. Станцию украшают 32 витража, выполненные по рисункам П. Корина

АКАДЕМИЯ ХУДОЖЕСТВ – **МЕТРОПОЛИТЕНУ**

История Московского метрополитена и Российской академии художеств связана неразрывно. Лучшие творческие силы Академии художеств СССР трудились над созданием тех самых подземных дворцов, которые по сей день вызывают восхищение во всем мире как поистине беспрецедентное чудо. С самого начала строительства метрополитена в нашей стране его станции рассматривались не только как необходимые конструктивные сооружения, но и как произведения архитектуры, воплощающие определенный идейно-художественный замысел. В разное время к проектированию привлекались многие известные мастера, имена выдающихся советских зодчих и художников вписаны в летопись строительства метрополитена.
В оформлении станций метро продолжают участвовать лучшие архитекторы, живописцы и скульпторы России.

The history of the Moscow subway and of the Russian Academy of Arts is integrally related… The best creative resources of the USSR Academy of Arts labored over creation of these underground palaces that to this day enjoy worldwide admiration as a truly unprecedented wonder. Best Russian architects, painters and sculptors continue to participate in the design of underground stations.

Станция «Площадь Революции» открыта в 1939 году. На территории станции установлены 76 бронзовых скульптур работы скульптора и академика М. Манизера

Злата ЗЛАТИНА,
консультант
Отделения
архитектуры РАХ

Московский метрополитен открылся 15 мая 1935 года. Первая очередь, включающая в себя 13 станций, шла от «Сокольников» до «Парка культуры» с ответвлением на «Смоленскую». Отсюда и взяла свое начало вторая очередь, станции которой, открытые в 1937—1938 гг., отличались не только темпами строительства, но и архитектурным разнообразием. Так, на станции «Киевская» проявились национальные мотивы Украины, «Аэропорт» за счет односводчатой конструкции оставляет впечатление просторного воздушного пространства. Но главной удачей стала «Маяковская», спроектированная архитектором Алексеем Душкиным, которая получила Гран-при на Всемирной выставке в Нью-Йорке. Станция выполнена в стиле «сталинская неоклассика» с элементами авангардных конструкций. Немалую художественную роль играют мозаики, расположенные глубоко в куполах. Тема — «Сутки советского неба», автор — известный русский художник Александр Дейнека. Также в 1939 году, в один год с «Маяковской», появилась станция «Площадь Революции». На ее территории установлены 76 бронзовых скульптур работы академика Матвея Манизера.

До начала Второй мировой войны открылась Горьковско-Замоскворецкая линия — от станции «Сокол» до станции «Площадь Свердлова» (с 1992 года «Театральная»). Особенностью оформления станции «Театральная» являются скульптурные вставки, выполненные из глазурованного фарфора. Как следует из названия, главной темой декора выступило театральное искусство народов СССР. Скульптуры изображают людей, одетых в национальные костюмы, танцующих или играющих на музыкальных инструментах. «Театральная» — последний проект архитектора и академика Ивана Фомина. Работу заканчивал его ученик Леонид Поляков.

После войны началось строительство четвертой очереди — Кольцевой линии, которая стала главной в развитии Московского метрополитена. Ее станции особенно примечательны своей архитектурой, которая достигла апогея так называемого сталинского ампира.

Станцию «Новослободская» называют «каменным цветком» или «подземной сказкой» — благодаря тому, что ее украшают 32 витража, выполненные по рисункам Павла Корина. Каждый витраж вставлен в рамку из отчеканенной позолоченной латуни. Аналогичные латунные пояса располагаются над арочными проходами на перроны. В верхней части каждого витража находится медальон. На шести витражах изображены представители интеллигентных профессий — агроном, музыкант, художник, энергетик, географ и архитектор. Все остальные витражи изображают различные геометрические орнаменты. «Новослободская» стала последней работой архитектора Алексея Душкина, который принимал активное участие в строительстве Московского метрополитена.

Схема строительства у «Новослободской» такая же, как у «Добрынинской». Ее отличительная особенность — чередование больших и малых арочных пролетов. Разница заключается только в том, что образованные в теле пилонов ниши было решено закрыть витражами, за которыми установили светильники. Этот прием позволил «дематериализовать» тяжелые несущие конструкции и создать ощущение легкости и невесомости.

Вестибюль станции «Маяковская» спроектирован архитектором и академиком Н. Шумаковым, введен в эксплуатацию в 2005 году

Станция «Киевская», естественно, посвящена Украине. Авторами типового проекта являются Г. Голубев, Е. Катонин и В. Скугарев. Художественным оформлением станции занимались художники А. Мизин и А. Иванов

В 1950 году открылась станция «Таганская». Тема оформления посвящена Советской армии. Пилоны украшены барельефами, изображающими воинов: моряки, летчики, пехотинцы, партизаны и кавалеристы. Скульптуры и название станции выполнены с использованием майолики, ее голубой цвет и светлый мрамор делает тяжелую пилонную конструкцию станции легкой и светлой. Важно знать то, что во время строительства «Таганской» чуть не взорвали церковь Николая Чудотворца, которая мешала работе. Но все же инженеры сделали так, что

Станция «Сретенский бульвар» открыта в 2008 году. Автором по декоративно-художественному оформлению является художник и академик И. Лубенников

Метро продолжает обновляться, что напрямую зависит от плодотворного взаимодействия инженерной мысли, архитектурного замысла и художественного решения.

Станция «Трубная». Витраж «Москва», автор — президент Российской академии художеств З. Церетели

храм удалось сохранить.

Самой же знаменитой с художественной точки зрения, пожалуй, является станция «Комсомольская» работы архитектора Алексея Щусева. Тема оформления — «Борьба российского народа за свободу». На панно из ценных камней и смальты, расположенных на своде станции, изображены русские герои-освободители: Александр Невский, Дмитрий Донской, Кузьма Минин и Дмитрий Пожарский, Александр Суворов, Михаил Кутузов. В торце зала, расположенного рядом с большим эскалатором, находится мозаика ордена Победы на фоне красных знамен. Барельефы скульптора и академика Георгия Мотовилова украшают северный вестибюль станции.

Середина 50-х годов стала временем «борьбы с излишествами», что внесло свои коррективы в уже существующие проекты, некоторые станции были лишены части художественных изображений. Однако во второй половине 1960-х от такой жесткой экономии средств решили отказаться. Главной изюминкой новых станций стало изменение архитектуры от утилитарной обратно к художественной. Вернулись и украшения: мрамор на путевых стенах, мозаики в вестибюлях. Особенно удачными оказались станции «Кузнецкий мост» и «Пушкинская». Последняя, со своей тематикой романтики первой половины XIX века, окончательно завершила эпоху функциональной архитектуры Москвы.

В последующие годы в оформлении метро широко использовались декорации — например, гербы древнерусских городов на станции «Свиблово» или стены с флорентийской мозаикой на тему древней истории Москвы на «Нагатинской», работы художников и академиков Элеоноры Жареновой и Владимира Васильцова при участии архитектора и академика Николая Шумакова.

В конце 1970-х годов удлинялись радиусы метрополитена, что было особенно важно, так как город продолжал расти — жилые массивы начали появляться и за пределами МКАД. В постсоветский период, к середине 1990-х, начали появляться проекты альтернативных видов скоростного транспорта: легкое метро, мини-метро и монорельс. В арсенал традиционных видов и техник искусства тоже включились новые технологии. История многоцветных мозаик, благородного мрамора и выразительной бронзы первых станций Московского метрополитена получает развитие в современных художественных поисках. Это хорошо видно на примере «Сретенского бульвара» и «Славянского бульвара», открытых в 2008 году. Хотя обеими станциями занимался художник и академик Иван Лубенников, они существенно отличаются по стилистике и декоративно-художественному оформлению. На станции «Сретенский бульвар» размещены 24 плоских панно-аппликаций, где изображены простые горожане, деревья, виды Бульварного кольца. На станции «Славянский бульвар» платформу украшают металлические деревья, на вершинах которых установлены фонари, и три скамьи, выполненные в виде ладьи. Эти детали придают вестибюлю сходство с настоящим бульваром.

Метро продолжает обновляться, что напрямую зависит от плодотворного взаимодействия инженерной мысли, архитектурного замысла и художественного решения. Так, в декоративном оформлении станций участвовал президент Российской академии художеств Зураб Церетели — автор мозаик и эмалей для станции «Парк Победы», витражей для станций «Трубная» и «Дубровка».

В начале 2010-х годов, с приходом на пост мэра Москвы Сергея Собянина, было принято необходимое для города решение — ускорить темпы метростроения, в связи с чем появится много новых станций. Российская академия художеств продолжает активно участвовать в формировании современного облика столичной подземки, предлагая, в свою очередь, новые архитектурно-художественные решения с учетом возможностей передовых технологий. ■

ACUUS 2016

15th World Conference. Saint Petersburg

12–15 сентября 2016 года

Россия | Санкт-Петербург

15-я Всемирная конференция

Объединения исследовательских центров подземного пространства мегаполисов

Ключевая тема конференции:

Подземная урбанизация как необходимое условие устойчивого развития городов

От имени:

Associated research Centers for the Urban Underground Space
Association des Centres de recherche sur l'Utilisation Urbaine du Sous-sol

Объединение исследовательских центров подземного пространства мегаполисов

Организатор:

ОБЪЕДИНЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ СТРОИТЕЛЕЙ

НП «Объединение подземных строителей»
Тел.: +7 (812) 325 05 65

Оператор:

primexpo ITE

Компания «ПРИМЭКСПО», в составе Группы компаний ITE
Тел.: +7 (812) 380 60 05/00

Генеральный информационный отраслевой партнер:

Подземные горизонты
Underground Horizons

0+

info@acuus2016.com
acuus2016.com

В. А. ГАРБЕР,
д. т. н., главный научный сотрудник;
Н. Н. СИМОНОВ,
к. т. н., зав лабораторией;
Е. В. ЩЕКУДОВ,
к. т. н., директор филиала
(АО ЦНИИС «НИЦ «Тоннели
и метрополитены»)

Despite all the complications related to insufficient funding, sectoral research in Russia successfully contributes to improvement of the process of construction and operation of the Moscow subway. For the recent period, Central Scientific Research Institute of Construction "Research-and-Development Center "Tunnels and subways"" has published a number of publications, reflecting a wide range of scientific and research, as well as design and experimental developments.

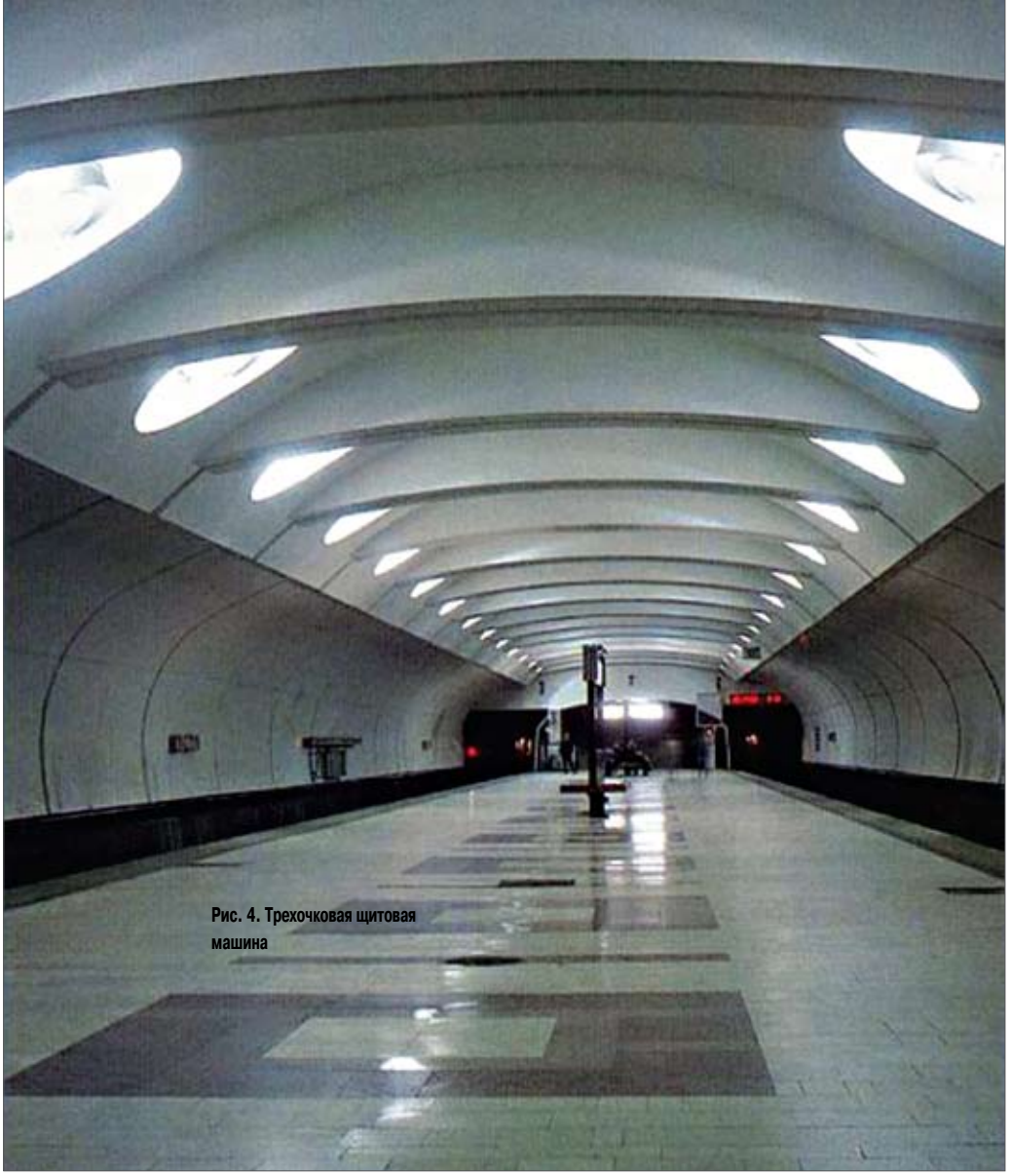


Рис. 4. Трехочковая щитовая машина

НАУЧНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

Несмотря на все сложности, связанные с недостатком финансирования, отраслевая наука успешно развивается, обеспечивая, в частности, поступательное движение в совершенствовании процесса строительства и эксплуатации Московского метрополитена. За последний период ЦНИИС «НИЦ «Тоннели и метрополитены» выпустил ряд трудов, отражающих широкий спектр научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ коллектива.

Назовем некоторые из этих публикаций:

- «Научные основы проектирования тоннельных конструкций с учетом технологии их сооружения»;
- «Метрополитен. Долговечность тоннельных конструкций в условиях эксплуатации и городского строительства»;
- «Методика комплексного обследования состояния строительных конструкций сооружений метрополитена, попадающих в зону влияния строительства городских объектов»;
- «Правила использования территорий технических и охранных зон метрополитена в городе Москве»;
- «Тоннели и метрополитены. Наука, проектирование, строительство, эксплуатация»;
- «Как сократить сроки и стоимость строительства метрополитенов в России»;
- «Как оптимизировать процесс проектирования новых линий метрополитенов»;
- «Вертикальные и наклонные тоннели в транспортном строительстве»;
- «Современный уровень знаний в области проектирования, строительства и эксплуатации транспортных тоннелей и метрополитенов».

Ниже приведено краткое описание основного содержания этих работ.

Проектирование

Основная тематика научного обеспечения проектирования характеризовалась следующими направлениями:

- разработка системы автоматизированного проектирования метрополитенов (САПР-Метро);
- создание универсальной модели процесса загружения подземных конструкций;
- разработка технических условий на проектирование метрополитенов в зонах карстово-суффозионной опасности;
- рекомендации по проектированию метрополитенов в агрессивных средах;
- математическое моделирование влияния конструктивных и технологических факторов на напряженно-деформированное состояние (НДС) станций метрополитена колонного типа закрытого и открытого способа работ.

САПР-Метро включает в себя функциональные (проектирующие) и обеспечивающие подсистемы. К функциональным относятся:

- проектирование трассы метрополитена;
- проектирование инженерно-геологических изысканий;
- проектирование конструкций;
- проектирование организации и механизации работ;
- проектирование энергоснабжения;
- проектирование автоматики, телемеханики и связи;
- проектирование теплосантехнических устройств метрополитена;
- расчет стоимостных показателей.

К обеспечивающим относятся подсистемы общего назначения (информационная, программная, организационно-методическая, техническая) и функционально-обеспечивающие: планово-производственная, труда и зарплаты, финансово-бухгалтерской деятельности, материально-технического снабжения, кадров).

Основные требования, предъявляемые к САПР-Метро:

- «человеко-машинный» принцип;
- принцип системности;
- принцип эволюционности;
- принцип независимости от технических средств;
- принцип модульности.

Внедрение САПР-Метро в полном объеме должно обеспечить следующие технико-экономические показатели:

- снижение трудозатрат в проектировании на 20%;
- сокращение сроков проектирования более чем на 40%;
- повышение качества проектирования;
- снижение сметной стоимости строительства на 20%.

Модель процесса загружения подземных конструкций

Универсальная математическая модель реализует следующие возможности:

- расчет конструкций произвольного односвязного и многосвязного очертания на произвольно заданный вид нагружения;
- расчет монолитных и сборных конструкций (в общую модель включена математическая модель стыка элементов сборной конструкции);
- расчет многослойных конструкций из различных материалов;
- учет следующих видов нелинейности свойств системы «обделка — порода»:

а) нелинейность зависимости между напряжениями и деформациями материала;

б) нелинейность деформативных свойств горной породы — изменение значения коэффициента упругого отпора в зависимости от величины контактного давления;

в) конструктивная нелинейность — изменение типа расчетной схемы в процессе ее загружения (например, введение пластических шарниров);

г) физическая нелинейность расчетной схемы — изменение протяженности безотпорного участка подземной конструкции в процессе ее нагружения и изменение физико-механических характеристик расчетных сечений при частичном разрушении материала в них;

д) геометрическая нелинейность расчетной схемы — изменение координат расчетных сечений на каждом этапе загружения из-за перемещения центра тяжести неразрушенного материала в сечении при очередных разрушениях в нем, а также из-за общих деформаций конструкций;

е) автоматизация расчета до достижения конструкцией одного из предельных состояний;

ж) получение в ходе расчета полной количественной и качественной информации о процессе разрушения конструкции и о структурных изменениях в ней.

При моделировании осуществляется учет наследственности:

- деформированного состояния контактного слоя между обделкой и породой;
- расчетных сечений и конструкции в целом.

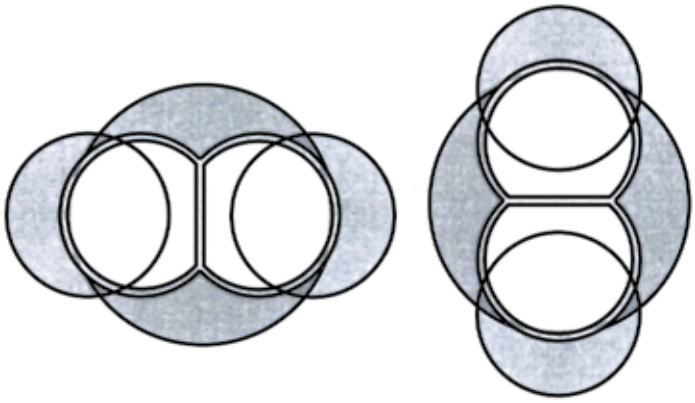


Рис. 1. Выход зон разработки грунта при проходке тоннелей круглого сечения за пределы зоны двухочкового тоннеля (в сечении): а) при применении двухочковой щитовой машины горизонтальной ориентации; б) то же, вертикальной

Данная модель была внедрена в проектирование метрополитенов Москвы, Екатеринбурга, Алма-Аты, а также железнодорожных тоннелей Байкало-Амурской магистрали, кавказских горных тоннелей.

Использование этого метода в практике строительства позволяет обеспечить существенную экономию строительных материалов.

В области метростроения достигнуты следующие показатели экономии арматурной стали:

- монолитные конструкции открытого и закрытого способа работ — 30–40%;
- унифицированная семиблочная обделка закрытого способа работ — 18–26%;
- сборная прямоугольная обделка открытого способа работ — до 20%.

Например, при сооружении станции «Алтуфьевская» Серпуховско-Тимирязевской линии Московского метрополитена реализация проекта облегченного армирования, выполненного с использованием указанного нелинейного метода расчета, позволила обеспечить общую экономию арматурной стали весом около 315 т.

Проектирование в зонах карстово-суффозионной опасности

Развитие карстово-суффозионных процессов существенно осложняет условия эксплуатации тоннелей, вызывая дополнительные нагрузки на несущие конструкции в виде неравномерного горного и гидростатического давления, сосредоточенную фильтрацию подземных вод, нарушение устойчивости окружающего массива.

При необходимости проходки тоннеля непосредственно в закарстованной толще следует ориентировать его трассу в соответствии с параметрами карстовых форм, избегая пересечения крупных пещер, заполненных водой и наносными отложениями, или переносить трассу за пределы карстоопасных участков. В тех случаях, когда невозможно избежать пересечения карстовых полостей, трассу тоннеля надлежит прокладывать по наиболее безопасным участкам или пересекать их по кратчайшим направлениям.

Конструктивные решения подземных сооружений в закарстованных грунтах должны иметь свои особенности, обусловленные характером проявления карстово-суффозионных процессов. В связи с этим предъявляются особые требования по прочности, жесткости и водонепроницаемости. В большинстве случаев необходимо создание усиленных конструкций, способных выдерживать повышенные нагрузки, возникающие в связи с проявлением карстовых деформаций и обрушений.

При строительстве тоннелей горным способом чаще всего применяют массивные обделки сводчатого очертания из монолитного бетона и железобетона.

Обделки повышенной несущей способности могут быть выполнены из водонепроницаемого бетона и железобетона.

При строительстве тоннелей в закарстованных грунтах щитовым способом целесообразно применять металлические и железобетонные обделки с постоянными связями растяжения, обладающие повышенной несущей способностью и жесткостью.

При строительстве тоннелей открытым способом в зонах карстопроявлений наиболее целесообразны рамные конструкции из монолитного железобетона, а также крупногабаритные цельносекционные обделки полной заводской готовности.

При расположении подземных сооружений в закарстованных грунтах с низкой несущей способностью, когда конструкцию нельзя опереть на естественное основание, производят предварительное искусственное закрепление грунта или устраивают свайные фундаменты.

При строительстве подземных сооружений мелкого заложения, в основании которых залегают закарстованные грунты, наряду с тампонажем карстовых полостей и искусственным закреплением грунтов применяют свайные фундаменты. Их устраивают в заранее раскрытых котлованах в виде буронабивных свай-столбов или корневидных свай, опирающихся на ненарушенные карстами слои грунта.

В ряде случаев целесообразно устройство глубоких траншейных стен из монолитного или сборного железобетона, возводимых по технологии «стена в грунте». При этом стены не только передают нагрузки на нижележащие слои грунта, но и служат в качестве противофильтрационной завесы, предотвращая или ограничивая приток подземных вод к сооружению.

Особого вида подземные конструкции устраивают при пересечении тоннелем крупных карстовых полостей.

В некоторых случаях, помимо мостовых, требуется возведение различных опорных и поддерживающих конструкций: фундаментных блоков и плит, перекрытий, подпорных стенок и контрфорсов и др., которые закрепляют карстовые полости в месте расположения тоннелей.

Расчет конструкций тоннелей в закарстованных грунтах заключается в определении дополнительных внутренних усилий и прогибов, вызванных наличием карстовых полостей в непосредственной близости от подземного сооружения. Методы расчета противокарстовых конструкций должны учитывать механизм появления карстовых деформаций и стохастический характер их основных параметров аналогично тому, как это принято при расчете антисейсмических конструкций.

Наиболее универсальным и эффективным следует считать метод конечных элементов, позволяющий определять напряженно-деформированное состояние

массива закарстованных грунтов до строительства, а также на стадии эксплуатации. При этом имеется возможность оценить прочность и устойчивость грунтового массива и конструкции подземного сооружения с учетом различных противокарстовых мероприятий.

Для обеспечения надежной и безаварийной эксплуатации тоннелей на закарстованных территориях, а также для защиты зданий и инженерных коммуникаций, принимают различные меры, включающие в себя постоянный контроль за развитием карстово-суффозионных процессов и состоянием наземных и подземных сооружений, а также меры, направленные на уменьшение вредного влияния хозяйственной деятельности человека на карстовые процессы.

Контроль за развитием карстово-суффозионных процессов заключается в фиксировании их параметров в массиве горных пород и деформаций земной поверхности, зданий и сооружений, предусматривая:

- устройство глубинных грунтовых марок в покровной толще пород;
- установку площадной и линейной сигнализации;
- создание сети наблюдательных гидрогеологических скважин;
- проведение инструментального контроля за оседаниями земной поверхности;
- автоматический контроль за деформациями конструктивных элементов сооружений с применением сигнальных устройств;
- визуальное наблюдение за состоянием несущих и вспомогательных конструкций;
- установку маяков на трещинах в конструкциях.

На ряде карстоопасных участков железных дорог и автомагистралей эксплуатируется линейная электрорелейная оповестительная сигнализация, автоматически регистрирующая повреждение дорожной конструкции при образовании карстового провала и передающая запрещающий сигнал на светофоры.

Проектирование метрополитенов в агрессивных средах

При проектировании рассматривается воздействие агрессивных сред на следующие сооружения, конструкции и устройства метрополитена:

- конструкции подземных сооружений (чугунные, железобетонные тоннельные обделки и внутренние стальные оболочки);
- рельсы и рельсовые скрепления;
- кабели (силовые, связи и сигнально-блокировочные);
- стальные и чугунные трубопроводы.

Рассматриваются следующие виды агрессивного воздействия:

- биологическое;
- тяжелых металлов;
- химическое атмосферное;
- вынос в тоннели нефтепродуктов и промышленных стоков.

Основным показателем экономической эффективности проекта зашиты от агрессивного воздействия является ожидаемый годовой экономический эффект, представляющий собой суммарную экономию всех производственных ресурсов (живого труда, материалов, капитальных вложений), которую получает народное хозяйство в результате повышения надежности и долговечности подземных сооружений.

Рис. 2. Двухочковый щит горизонтальной ориентации

Проект защиты от влияния агрессивных сред должен разрабатываться, как правило, в составе комплексного проекта строительства или реконструкции линии (участка), а для действующих метрополитенов в случае необходимости — отдельным проектом.

Инновации в строительстве тоннелей и метрополитенов

В соответствии с Постановлением Правительства №514-ПП от 26 сентября 2012 года, в Москве до конца 2020 года должно быть построено и введено в эксплуатацию около 150 км линий метрополитена, в том числе 67 станций, 15 электродепо и 4 дополнительных выхода на действующих станциях. Для сравнения: ранее даже в самые благоприятные для отечественного метростроения периоды в столице сдавалось в эксплуатацию не более 5 км линий за 5 лет.

Одним из основных факторов, благодаря которым можно резко увеличить темпы, является усовершенствование технологии строительства линий глубокого заложения за счет использования высокопроизводительной автоматизированной техники и инновационных конструкций станционных и перегонных тоннелей.

Такую принципиальную возможность дает совершенно новая для России горнопроходческая техника, изготавливаемая и широко применяемая в Японии. Для осуществления грандиозных планов по строительству Московского метрополитена наибольший интерес представляют двухочковые и многоочковые щитовые машины.

Главным назначением двухочковых щитовых машин является обеспечение возможности сооружения за один

Рис. 3. Опытный образец двухочковой щитовой вертикальной ориентации

проход одного тоннеля площадью сечения, эквивалентной сумме площадей сечения двух отдельно сооружаемых тоннелей, и существенно меньшей площадью по сравнению с одиночным тоннелем (рис. 1).

На рис. 2 и 3 показаны примеры двухочковых машин горизонтальной и вертикальной ориентации, примененных на строительстве японских метрополитенов.

С помощью многоочковых щитовых машин прокладываются тоннельные сооружения, наружная поверхность которых в сечении имеет вид трех и более окружностей, частично перекрывающих друг друга.

На рис. 4 показана трехочковая щитовая машина, примененная на строительстве одной из станций метрополитена в Японии.

Эксплуатация действующих сооружений метрополитена

Научное обеспечение эксплуатации метрополитена в последние 15–20 лет охватывало в основном вопросы технической безопасности. Это было связано с возросшими объемами строительства новых объектов городской инфраструктуры (подземных и наземных) в зоне расположения действующих сооружений метрополитена.

Основным практическим результатом научно-исследовательских работ в этом направлении стали разработка и согласование в установленном порядке двух документов:

- «Правила использования территорий технических зон метрополитена в городе Москве», утвержденные Москомархитектурой;
- «Методика комплексного обследования состояния строительных конструкций сооружений метрополитена, попадающих в зону влияния строительства городских объектов», согласованная Московским метрополитеном.

В этих документах объединены в единую логическую схему все факторы, влияющие, в конечном счете, на обеспечение эксплуатационной надежности действующих объектов метрополитена. Конечным звеном в этой логической схеме являются понятия «техническая зона» и «охранная зона».

Техническая зона метрополитена для строительства — городская территория, отводимая для последующего строительства участков линии метрополитена, для размещения электродепо и других наземных сооружений при строительстве объектов метрополитена.

Техническая зона метрополитена для эксплуатации — участок городской территории, непосредственно примыкающий к объекту метрополитена и используемый для обеспечения нормального функционирования объекта (входа и выхода пассажиров, подъезда и размещения специализированных машин, оборудования и материалов в период ремонтных работ метрополитена, предотвращение вибродинамического воздействия при строительных и реконструктивных работах в городе).

Охранная зона метрополитена — часть городской территории, расположенная над (под) действующими сооружениями метрополитена, строящимися и проектируемыми линиями метрополитена, а также в непосредственной близости от них. Устанавливается в целях предотвращения воздействия неблагоприятных внешних факторов на объекты метрополитена и объектов метрополитена на прилегающие к ним территории.

Неблагоприятные факторы воздействия — факторы экологического, природно-техногенного, технического характера, в результате воздействия которых возможно возникновение угрозы безопасности и здоровью людей, а также сохранности объектов метрополитена. К неблагоприятным факторам относятся:

- вибродинамические и механические нагрузки при проведении инженерно-геологических, буровых, горнопроходческих и строительных работ;
- химическая и биологическая агрессия, вынос нефтепродуктов и промышленных стоков, агрессия тяжелых металлов, обводненность грунтового массива;
- карстово-суффозионные явления и процессы.

Обеспечение эксплуатационной безопасности (надежности) сооружений метрополитена также тесно связано с наличием или отсутствием строительных дефектов.

Дефекты и их систематизация

Под дефектом в данном случае подразумевается отклонение качества, форм или фактических размеров элементов и конструкций от требований нормативно-технической или проектной документации при проектировании, изготовлении, транспортировке, монтаже и эксплуатации.

Дефекты подразделяются в зависимости от их значимости.

Критический дефект — дефект, наличие которого значительно снижает надежность и долговечность конструктивных элементов или сооружения в целом, ставит под угрозу безопасность движения поездов и прохода пассажиров. Эксплуатация сооружений при наличии такого дефекта практически невозможна.

Значительный дефект — дефект, который оказывает существенное влияние на надежность сооружения, но, при выполнении мероприятий неотложного характера,

можно осуществлять его эксплуатацию в период проведения восстановительных работ, обеспечивая при этом безопасность движения и прохода пассажиров.

Малозначительный дефект — дефект, который не оказывает существенного влияния на надежность и долговечность сооружений, безопасность движения поездов и прохода пассажиров.

Многолетний опыт эксплуатации метрополитенов позволяет считать, что одной из наиболее значимых причин снижения эксплуатационной надежности и долговечности подземных сооружений является воздействие на них агрессивных сред различного вида и характера. Их источником являются грунтовый массив, грунтовые воды заобделочного пространства и тоннельная атмосфера.

Результатом воздействия агрессивных сред на конструкции сооружений могут стать:

- потеря несущей способности обделки;
- преждевременный выход из строя рельсов, рельсовых скреплений, кабелей и других обустройств;
- ухудшение параметров микроклимата в метрополитене.

Проблема обеспечения эксплуатационной надежности действующих тоннелей метрополитена должна решаться на трех уровнях.

1-й уровень. Изучение возможных причин снижения эксплуатационной надежности.

2-й уровень. Определение путей повышения эксплуатационной надежности тоннелей метрополитена, находящихся в зоне влияния агрессивной среды или возводимых в текущий период объектов городской инфраструктуры.

3-й уровень. Профилактика обеспечения эксплуатационной надежности метрополитена при перспективном планировании строительства объектов городской инфраструктуры в зоне расположения тоннелей.

Исходя из практики эксплуатации сооружений Московского метрополитена в последнее десятилетие, выработана следующая наиболее целесообразная этапность определения фактической надежности тоннельных конструкций:

- установление теоретического запаса прочности конструкции;
- натурное обследование технического состояния тоннельных конструкций и заобделочного пространства;
- определение фактического запаса прочности расчетным путем, на основе результатов натурного обследования конструкций и породного массива.

Сравнение фактического и теоретического запасов прочности конструкции позволяет выработать мероприятия по обеспечению эксплуатационной надежности рассматриваемого тоннеля.

Основными показателями безопасности эксплуатируемых тоннелей действующего метрополитена являются:

- прочность конструкции;
- отсутствие деформаций конструкции;
- надежность и долговечность гидроизоляции сооружений;
- надежность работы систем СЦБ, связи и автоматизации;
- надежность работы систем шахтного водоотлива и тоннельной вентиляции.

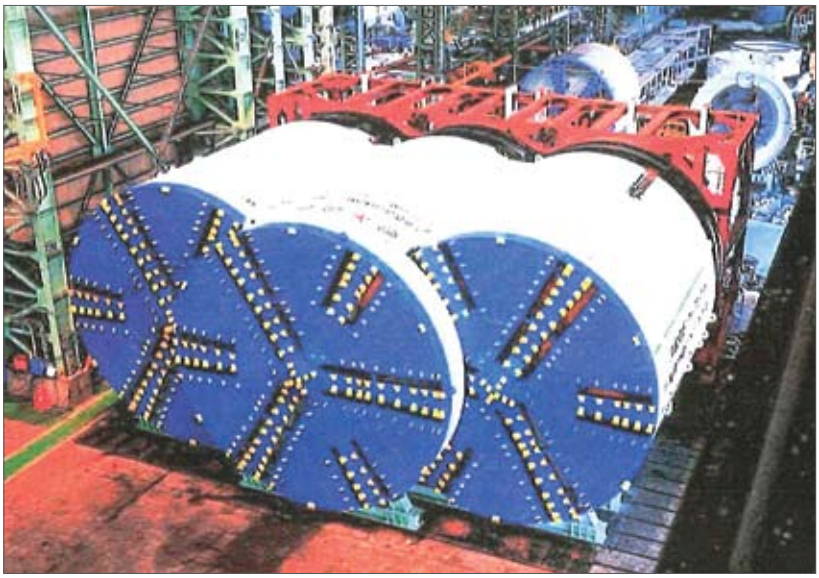


Рис. 4. Трехочковая щитовая машина

При этом особое внимание должно быть обращено на следующие факторы:

- степень возможной негабаритности тоннелей главных путей метрополитена в результате деформаций конструкции;
- изменение профиля и плана путей метрополитена в результате пространственных перемещений участков тоннелей при сооружении новых городских объектов.

Необходимо осуществлять мониторинг технического состояния эксплуатируемых объектов метрополитена в ходе строительства иных объектов, расположенных в зоне его влияния, с принятием оперативных решений по предотвращению нештатных (аварийных и предаварийных) ситуаций.

Расположение городских новостроек в непосредственной близости от действующих сооружений метрополитена привело к интенсификации процессов обследования и мониторинга, а следовательно, к увеличению объема соответствующих бумажных документов. Поэтому в НИЦ ТМ с участием ГУП «Московский метрополитен» в настоящее время проводится работа по созданию соответствующей электронной базы данных (БД) и разработке информационной системы на ее основе.

Содержание БД формально состоит из двух частей: постоянная информация, содержащая данные о форме и материале обделки, о грунтах, о глубине заложения, способе производства работ, о пикетаже и др., и переменная информация, содержащая данные о дефектах или их проявлении, фотографии, схемы расположения дефектов и т. д.

Учитывая сложную технологию наполнения базы данных, были разработаны интерактивная модель схемы метро, алгоритмы и программы ввода и редактирования информации. После запуска программы ввода на экране отображается схема метро и предлагается выбор: вводить (редактировать) данные по отрезкам или дефектам. После ввода нового объекта его расположение добавляется на схеме к существующим. В БД вводятся также схемы расположения дефектов.

Из заполненной таким образом базы данных можно получить любую хранящуюся там информацию с помощью запросов на языке SQL.■

ЛЕНМЕТРОГИПРОТРАНС: ПРОЕКТЫ ДЛЯ ГЛАВНЫХ ПОДЗЕМНЫХ СТРОЕК СТРАНЫ

70-летняя история Ленметрогипротранса связана главным образом с выполнением функций генерального проектировщика Петербургского (Ленинградского) метрополитена. Как бы ни складывалась судьба метростроения в городе и стране последнюю четверть века, специалисты проектного института находили свою нишу в условиях рынка, не утрачивая профессиональных компетенций. Напротив, освоены новые направления и предлагаются самые передовые, даже уникальные, технологические решения. И что мы видим? На сегодняшний день одна из главных задач в государственном масштабе — подготовка транспортной инфраструктуры к ЧМ–2018. Петербургскими объектами метрополитена в рамках соответствующей программы занимается Ленметрогипротранс. Возродилось полномасштабное строительство метро в Москве — тоже не обошлось без института из Санкт-Петербурга. Расширяется легендарный БАМ — на железнодорожных тоннелях также задействованы петербургские проектировщики. Все это — в числе главных транспортных строек страны. Подробности — в нашей беседе с заместителем генерального директора ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс» по проектированию метрополитенов Владимиром Марковым.

Беседовал
Сергей ЗУБАРЕВ

— Владимир Андреевич, назовите основные достижения Ленметрогипротранса за последнее время, 2015–2016 годы?

— Первое — это, конечно, объекты Петербургского метрополитена по Невско-Василеостровской линии в рамках программы подготовки транспортной инфраструктуры к Чемпионату мира по футболу 2018 года. Времени и нам, и метростроителям дали очень мало, при этом потребовалось разработать проект не только быстро, но и именно такой, который можно осуществить за крайне сжатый срок. Второе важнейшее достижение тоже связано с подготовкой к чемпионату, но уже непосредственно с точки зрения технологий. Для этих объектов мы применили абсолютно новые решения, которые раньше не применяли нигде, и каждое из них можно назвать уникальным. Если конкретизировать, разработку проекта двухпутного метрополитена можно считать одним из главных наших достижений, которое на сегодняшний день уже воплощается в жизнь, осуществляется на практике.

Кроме того, за эти годы мы приняли участие в разработке проекта по расширению БАМа. Занимались вторым Байкальским тоннелем, который тоже уже строится. Плюс работа по тоннелям в Сочи, где и после Олимпиады продолжается модернизация железной дороги. Один из этих проектов сейчас находится на экспертизе, и это тоже уникальное сооружение.

Мы также начали полномасштабно работать в Москве. Известно, что это единственный город страны, где метро сейчас строится действительно в больших, даже огромных объемах. Мы пришли туда не на второразрядную роль, а со своей концепцией строительства метрополитена, со своими

решениями, и работаем там над проектами, что называется, с нуля и под ключ. Для Москвы тоже предлагаем совершенно нетипичные решения, это новая концепция, и, судя по всему, мы со своим делом справляемся.

— Можно подробнее о проектных решениях для инфраструктуры Чемпионата мира по футболу–2018?

— Кроме того, что было заказано построить метро очень быстро, его предстояло построить под акваторией Финского залива. В зоне строительства этой линии также находится тот самый «размыв», который привел к небезызвестной аварии в районе станции «Площадь Мужества». Эти три фактора сложились в то, что пришлось спроектировать совершенно нестандартное для российского метрополитена решение — так называемую двухпутную линию. Нормы требуют, чтобы между тоннелями были сбойки через определенное количество метров, но под акваторией Финского залива делать это опасно, если вообще осуществимо. Мы разработали концепцию, где нет таких соединений. То есть тоннель один, и нет никаких боковых примыканий на всем его протяжении, кроме станций. В этом и состоит основная идея концепции, которую мы реализовали. Строятся только две станции, и больше никаких дополнительных сооружений.

Особенно важно, что под нашу идею для Санкт-Петербурга была приобретена уникальнейшая, современнейшая машина — ТПМК фирмы «Херренкнехт». Она может передвигаться, как подводная лодка, и в любых геологических условиях прокладывать тоннель, причем с очень высокой скоростью — 300–350 м в месяц. Инновация в проектировании плюс инновационная техника — вот залог того, что можно успеть построить необходимый к Чемпионату мира участок метро.

— На объектах Фрунзенского радиуса метростроевцы не раз заявляли о применении новаторских решений. К чему в этом смысле был причастен Ленметрогипротранс?

— Кстати, прежде чем широко применить новое решение с ТПМК, мы его «обкатали» именно на Фрунзенском радиусе. Там есть участок, пройденный этой же машиной, но концепция была более близка к классической, с наличием притоннельных сооружений. Впоследствии мы нашли способ от них отказаться, поскольку под заливом не имелось возможности их построить.
В целом Фрунзенский радиус, собственно говоря, стал полигоном апробирования решений, затем примененных на объектах программы подготовки инфраструктуры чемпионата. Там мы впервые попробовали запроектировать строительство так называемым методом Top-Down, когда этажи станции возводятся не из сразу вырытого глубокого котлована вверх, а сверху вниз послойно с извлечением грунта, то есть нет промежуточной фазы сооружения «большой ямы», она как таковая отсутствует. При этом быстро появляется первое перекрытие станции, которое теоретически даже можно засыпать и восстановить по нему движение.

Сейчас на объектах Фрунзенского радиуса полностью завершены горнопроходческие работы, осталось выполнить внутренние конструкции тоннелей, отделку и «начинку» станций. В случае нехватки финансирования, однако, это может занять много времени. Другая проблема в том, что практически накладываются сроки сдачи объектов по трем линиям, одновременно оборудовать 5–6 станций будет очень сложно. При этом мы, как проектировщики, уже выдали всю необходимую документацию для завершения работ, осталось только воплотить ее в жизнь.

— Предполагается, что станция «Театральная» на продолжении Лахтинско-Правобережной линии может стать одним из самых сложных объектов за всю историю метростроения в центре Петербурга. Как вы прокомментируете эту информацию?

— Проектирование «Театральной» сложно, прежде всего, с той точки зрения, что до сегодняшнего дня не определено место ее вестибюля. Можно сказать так: «Мы строим станцию, не зная, где будет вход на эту станцию». «Театральная» располагается рядом с архитектурными памятниками федерального значения. Поскольку строить в условиях Санкт-Петербурга без осадок невозможно, добавляются также проблемы по сохранению этих исторических зданий, тем более что новые законы ужесточили соответствующие требования. Мы предложили новый метод строительства станций, спо-

> Мы максимально открыты инновациям. Технологически у нас сегодня есть то, чего не было никогда. Более того, мы для Москвы разработали модульную схему метрополитена, некое новое типовое решение, позволяющее экономить миллиарды. И эта концепция уже реализуется.
>
> **В.А. Марков**

собный уменьшить так называемое влияние на дневную поверхность. Плюс разработаны специальные мероприятия по поддержанию зданий в безаварийном состоянии в процессе строительных работ. Больше ничего уникального там нет. Это классическое глубокое заложение, станция пилонного типа. Она сейчас строится из расчета, что может некоторое время не эксплуатироваться, поскольку власти пока не решили, где все-таки будет вестибюль.

Есть два варианта. Первый — подземный вестибюль на перекрестке улиц Декабристов и Глинки. Это тяжелый для города вариант. Он предполагает не только строительство подземного вестибюля между двумя памятниками архитектуры федерального значения, но и закрытие на большой срок проезда по двум важным для дорожного движения улицам. Второй вариант — более щадящий для города, но связан с изъятием частной собственности на месте строительства наземного вестибюля. Как инженер я могу сказать, что с технической стороны это самое простое, оптимальное решение. И оно было бы повторением того, что мы уже сделали на станции «Адмиралтейская». Здесь даже проще: надо только снести один дом, не являющийся памятником архитектуры. В конце концов, всему этому месту можно потом вернуть старый облик... Но сначала нужно решить юридические вопросы.

— А как продвигаются работы на Красносельско-Калининской линии? Для Петербургского метрополитена это единственная полностью новая ветка. Есть ли конкретные наработки?

— Сейчас только начинается финансирование реализации проекта. По сегодняшней ситуации с бюджетом, однако, предполагается, что она будет строиться по остаточному принципу. То есть в первую очередь будут профинансированы новые объекты уже существующих трех линий, о которых мы говорили, а остаток денег пойдет на начало работ по Красносельско-Калининской линии. Соответственно, что-либо конкретное по этому направлению пока сказать невозможно. Однако ее тоже надо строить, причем в ближайшей перспективе, потому что иначе проект потеряет свою актуальность — и тогда получится мертвое вложение денег. Красносельско-Калининская линия — это проект на долгие годы. Я думаю, что строительство первого пускового участка, в лучшем случае, завершится примерно через 7 лет.

— С какими проблемами приходится сталкиваться при строительстве Московского метрополитена?

— Проблема в том, что в Москве ведется, по сегодняшним меркам, немыслимое по объему строительство, но до того была потеряна компетенция генподрядчика и генпроектировщика метрополитена. На рынок пришлось пустить массу компаний, далеко не всегда имеющих соответствующий опыт, профессионализм, необходимую технику и т. п. В частности, функции генпроектировщика переданы новой организации, которая с таким объемом работ просто не может справиться объективно, и она тоже ищет себе помощников... В итоге может получиться совершенная разносортица в идеях, материалах, способах строительства. Например, на том участке, который мы проектируем, задействованы минимум семь подрядных организаций, совершенно не зависимых друг от друга и плохо скоординированных, с разными знаниями и умениями. И под каждого приходится подстраиваться...

Я считаю, в сегодняшней ситуации совершенно правильно, что в Санкт-Петербурге Метрострой пока остается естественным монополистом, а справедливее сказать — единственным профессиональным генподрядчиком. В нашем деле пускать на рынок дилетантов слишком опасно, причем в общегородском масштабе.

С технической стороны проблема еще и в том, что Московский метрополитен, как известно, самый старый в стране — со всеми вытекающими последствиями. Чем моложе метро, тем оно современнее. С инженерной точки зрения сегодня в России наиболее современен Казанский метрополитен, в проектировании которого также участвовал Ленметрогипротранс.

— Насколько, судя по опыту Ленметрогипротранса, востребованы инновации в проектировании метрополитенов в России?

— К сожалению, сейчас метрополитены в России, кроме Москвы и Петербурга, практически не только не строятся, но и не проектируются. Мы же, со своей стороны, максимально открыты инновациям. Технологически у нас сегодня есть то, чего не было никогда. Более того, мы для Москвы разработали модульную схему метрополитена, некое новое типовое решение, позволяющее экономить миллиарды. И эта концепция уже реализуется. Некоторые ее элементы мы используем и для Санкт-Петербурга.

— С какими проектами на сегодняшний день связываете свои главные перспективы?

— Честно говоря, в метростроении мы предпочли бы оставаться в пределах Санкт-Петербурга, если бы у нас здесь был достаточный объем работ. Проектировать метро в чужом городе все-таки тяжело, возникает много новых проблем. Что касается перспектив по смежному профилю, то возможно продолжение проектирования железнодорожных тоннелей. И, опять же, не умирает надежда, что наш родной город снова начнет развивать метрополитен масштабно и регулярно. Необходимость в этом давно назрела. ■

LENMETROGIPROTRANS: MAIN UNDERGROUND CONSTRUCTION PROJECTS OF THE COUNTRY

The 70-year history of Lenmetrogiprotrans is mainly related to the functions of the general design engineer of St. Petersburg (Leningrad) underground. Whatever the fate of the metrology structure in the city and in the country during the last quarter of the century has been, the design institute specialists have found their niche in the market conditions, without losing the professional competencies. On the contrary, new directions have been acquired and the most advanced, even unique, technological solutions are suggested. And what do we see? Nowadays, one of the main problems at the state level is preparing of the transport infrastructure for the 2018 FIFA World Cup. Lenmetrogiprotrans is engaged in work with St. Petersburg underground facilities under the applicable program involved. The full-scale construction of the underground in Moscow has been renewed, also not without the Institute of St. Petersburg. The legendary Baikal-Amur Mainline is being expanded – St. Petersburg designers are also involved in the construction of railway tunnels. All these are among the major transport construction projects of the country. The details are given in our interview with Vladimir Markov, the Underground Engineering Deputy Director General of OAO NIPII Lenmetrogiprotrans.

Interviewer
Sergei ZUBAREV

— Vladimir Andreevich, may you name please main achievements of Lenmetrogiprotrance in recent times, 2015-2016 years?

— First – this are, of course, the facilities of the St. Petersburg underground along the Nevsko-Vasileostrovskaya line as part of the preparing of the transport infrastructure to the 2018 World Cup. Both subway builders and we were given very little time, while we had to develop a project not only fast, but to develop such a project that can be implemented within a very short period of time. The second major achievement is also associated with the preparation for the championship, but actually in terms of technology. We have used completely new solutions for these objects that have not previously been used anywhere, and each of them can be called unique. If to specify, subway project development can be considered as one of our main achievements, which is now being put into practice.

In addition, over the years we have participated in the development of the project on expansion of BAM. We were involved in the development of Baikal second tunnel, which is also being built. Work on tunnels in Sochi is of further note: after the Olympic Games, the modernization of the railway continues there. One of these projects is now under examination, and it is also a unique construction.

We have also began a full-scale project in Moscow. It is known that it is the only city of the country, where the subway is being built on really a large, even huge scale. We went there not as second-hand workers, but as specialists with our own subway construction conception, with our solutions, and work on projects there, as they say, back to the drawing board and on a turnkey basis. We also offer completely non-traditional solutions for Moscow, it is a new concept, and, apparently, we manage our task.

— Can you tell us more about the project solutions for infrastructure of the 2018 World Cup?

— We had a commission to build the subway not only very fast, but also to build it under the Gulf of Finland. In the construction area, there is a line the very “undermining”, which has led to the well-famous accident at the station “Ploschad Muzhestva”. These three factors results in the

> We are open for all the innovations. Today we have such technology that we have never had before. Moreover, we have developed a modular metro scheme for Moscow, a new model solution allowing to save billions of money. And this concept has already been implemented.

situation when we have had to design a completely non-standard solution for the Russian metro – the so-called double-track line. The standards require linkages in a specified number of meters between tunnels, but to make them under the water area of the Gulf of Finland is dangerous, if not impossible. We have developed a concept with no such linking. In other words, there is a tunnel, and there is no side connections along its entire length, except for stations. This is the main idea of the concept, which we have implemented. Only two stations are being built, and there will be no other additional facilities.

It is especially important that to implement our idea for St. Petersburg, a unique, modern machine has been purchased – the Herrenknecht tunnel boring machine. It can move like a submarine, and cut tunnels in any geological conditions, and at very high speeds – 300-350 m per month. Innovation in design and innovative technology are the guarantee that you can have time to build the necessary metro site for the World Cup.

— At the facilities of Frunzenskiy radius, the subway builders have repeatedly stated on the application of innovative solutions. In what was in this sense, Lenmetrogiprotrans involved?

— By the way, before beginning the widely usage of the new solution with the tunnel-building machine, we “have trialed” it on Frunzenskiy radius. There is a site build by the same machine, but the concept was closer to the classical one, with construction near the tunnel. Subsequently, we found a way to give them up, because it has been impossible to build them under the gulf.

In general, Frunzenskiy radius, in fact, became a testing ground for the solutions, which were then applied to the objects of the program for the championship infrastructure preparation. For the first time we have tried to design the construction with the so-called method of Top-Down there, when the station floors are not built from the dug deep pit up, but top-down, layer by layer, with the extraction of ground, i.e. there is no intermediate phase of the construction of “large pit”, there is none as such. In such a case, the first closure of the station appears quickly, it theoretically can even be back filled and movement across it can be restored.

Nowadays, the tunneling works have been completed at the facilities of Frunzenskiy radius, it only remains to perform the internal construction of tunnels, finishing and “stuffing” of the stations. In the case of a lack of funding, however, it may take a long time. Another problem is that deadlines for facilities in three lines are virtually overlapped, it will be very complicated to equip 5-6 stations will be equipped simultaneously. At the same time we, as designers, have already issued the necessary documentation to complete the work, it remains only to put it into practice.

— It is assumed that the station “Teatralnaya” at the extension of the Lahtinsko-Pravoberezhnaya line could be one of the most complex object in the history of subway construction in the center of St. Petersburg. How would you comment on this information?

— The design of the “Teatralnaya” station is difficult, above all, because the location of its entrance hall has not defined yet. It may be said: “We are building the station, not knowing where the entrance to the station will be”. The “Teatralnaya” station is placed in next to the architectural monuments of federal significance. Since it is impossible to build in St. Petersburg without sediment, there are problems for the preservation of historic buildings, especially since new laws have tightened corresponding regulations. We have offered a new method for the construction of stations, capable to reduce the so-called influence on the daylight area.

It may result in a complete difference of ideas, materials, methods of construction. For example, on the site, which we design, at least seven contractors, completely independent of each other and poorly coordinated, with different knowledge and skills are involved. And we have to adjust to each ...

I think in the current situation, it is quite right that in St. Petersburg Metrostroy remains a natural monopoly, and to say it fair – it is the only professional general constructor. In this case it is too dangerous to let the amateurs flood the market, and it is dangerous in the city-wide scale.

Technologically, there is also a problem that the Moscow metro, as we know, is the oldest in the country – and it has the consequences. The younger the subway is, the more modern it is. From an engineering standpoint, today in Russia the most modern subway is Kazan metro, in the design of which Lenmetrogiprotrans has also participated.

— What is, judging by experience of Lenmetrogiprotrans, the demand for innovation in the design of subways in Russia?

— Unfortunately, nowadays subways in Russia except Moscow and St. Petersburg, are practically not only being built, but also are not being designed. We, on our part, are open to innovations to the maximum. Today we have such technology that we have never had before. Moreover, we have developed a modular metro scheme for Moscow, a new model solution allowing to save billions of money. And this concept has already been implemented.

Some of its elements we also use for St. Petersburg metro.

— With which projects do you associate your main prospects?

— To be honest, we would prefer to remain within St. Petersburg in the subway construction, if we have had here a sufficient amount of work. To design a subway in a strange city is still difficult, there are many new problems. As for the prospects for the adjacent profile, it is possible to continue the design of railway tunnels. In addition, again, we still hope that our hometown will begin to develop the subway extensively and regularly again. It is a long-felt need.

We have also designed special means to maintain the buildings in the accident-free state during construction works. There is no more unique there. This is a classic deep level, pylon-type station. It is now being built with the assumption that it can not be operated for some time, since the authorities have not decided yet where the entrance hall will be.

There are two options. The first one is an underground entrance hall at the intersection of Dekabristov and Glinki streets. It's a hard option for the city. It involves not only construction of the underground entrance hall between two monuments of federal significance, but also the closure of passages on two important traffic streets for a long period of time. The second option is a gentler one, but is associated with seizure of private property on the construction site of the above-ground entrance hall. As an engineer, I can tell you that, in a technical sense, it is very simple, optimal solution. And it would be a repetition of what we already done at the "Admiraltiskaya" station. The situation is simpler there: you just have to demolish one house without not being an architectural monument. In the end, all this place can then return to the old look ... But at first you need to deal with legal issues.

— And how are the works on the Krasnoselsko-Kaliniskaya line advancing? It is the only completely new line for St. Petersburg metro. Are there any specific insights?

— The funding of the project has just began. In today's situation with the budget, however, it is assumed that it will be based on the residual principle. That is, new facilities of already existing three lines that we have talked about will be financed in the first place, and the rest of the money will directed to the beginning of work on the Krasnoselsko-Kaliniskaya line. Accordingly, it is impossible to say anything exactly on the direction. However, it is also necessary to be build, and in the near future, because otherwise the project will be off the table – and it will be a dead investment. The Krasnoselsko-Kaliniskaya line is a project for years to come. I think that the construction of the first starting site will have been completed at best in 7 years.

— What are the problems encountered during the construction of the Moscow metro?

— The problem is that in Moscow, by today's standards, there is a construction unthinkable in terms of the scale, but before that the general contractor and the general underground designer have lost their competence. The market is full of lots of companies that do not always have the relevant experience, professionalism and necessary equipment, and etc. In particular, the functions of the general designer have been transferred to a new organization, which just can not cope with the amount of work, and it also seeks for assistants.■

In his interview to Podzemnye Gorizonty Journal Alexei Starkov, Chief Engineer of OJSC "Metrostroy", tells about the main achievements of his organization in 2016, about the difficulties occurred during the construction of the continuation of the Neva-Vasileostrovskaya line of St. Petersburg underground, which have been surmounted by non-standard technology solutions; about the possibilities of a new unique TBM, acquired by Metrostroy; as well as about the prospects of the subway tunnelers in the city on the Neva.

АЛЕКСЕЙ СТАРКОВ О НОВЫХ ВОЗМОЖНОСТЯХ И ТРУДОВЫХ ПОБЕДАХ МЕТРОСТРОЯ

Петербургский Метрострой, отпраздновавший в январе 75-летие, на сегодняшний день по-своему особенно молод — если говорить о его инновационных технологических решениях и о самой передовой технике. Это открывает дополнительные возможности, позволяя строить метро не только быстрее, но и практически в любых грунтах, что раньше не представлялось возможным. Есть и новые проекты, самым важным из которых, в общероссийском масштабе, стало участие в подготовке инфраструктуры Северной столицы к Чемпионату мира по футболу. За комментариями по этому поводу редакция журнала «Подземные горизонты» обратилась к главному инженеру ОАО «Метрострой» Алексею Старкову.

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

— Алексей Юрьевич, в предыдущем интервью (накануне 75-летия Метростроя) вы рассказывали журналу «Подземные горизонты» об опыте работы организации, применяемых инновационных методах. А какими основными достижениями может похвастаться Метрострой в 2016 году?

— Чем-то новым мы можем «хвастаться» всегда. Метрострой — это живая организация, которая постоянно подпитывается новыми идеями и технологиями. В качестве примера возьмем станцию «Новокрестовская», которую мы строим на продолжении Невско-Василеостровской линии к Чемпионату мира по футболу. Это уникальный объект во всех отношениях.

Изначально задумывалось, что сначала мы возведем ограждающие конструкции, куда войдет щит, после чего начнется поэтапная разработка грунта и возведение

Беседовала
Регина ФОМИНА

основных конструкций. Такой принцип применялся на станции «Дунайская» Фрунзенского радиуса. Но из-за отставания проходки по срокам нам пришлось существенно изменить ход строительства. В результате мозгового штурма мы проработали различные варианты выхода из сложившейся ситуации и в итоге остановились на решении строить станцию до прихода щита. То есть проходческий комплекс придет в уже практически построенную станцию, через которую его и протащат, и продолжит движение в сторону Васильевского острова. Такое глобальное изменение порядка строительства позволит нам нивелировать двухмесячное опоздание щита и выполнить работы в срок.

Сейчас станцию строят под плитой на глубине 8 м, с применением малой механизации. Это тоже для нас уникальный опыт. Единовременно на площадке работает до 20 машин. Например, когда мы строили Мариинский театр, их было задействовано не более 8–9.

Применяемая техника тоже уникальна. В России насчитывается единицы подобных машин. Такая техника может трансформироваться, складываться, что позволяет ей работать в стесненных условиях и даже заменить человека. А это, естественно, сказывается на скорости и безопасности выполняемых работ.

Еще одно решение мы позаимствовали у коллег из Газпрома, которые занимаются строительством в болотах на Крайнем Севере. «Новокрестовская» располагается на намывной территории, то есть сейчас работы проводятся в сильно обводненных грунтах, в которых техника просто тонет. Для решения этой проблемы мы расстелили полиуретановые маты, на которые заезжают машины. Нами разработан план с поэтапным сооружением конструкций в шахматном порядке. Сейчас внизу можно увидеть поле длиной 250 и шириной 60 м, как бы все «покрытое» технологическими процессами. Это выглядит, образно говоря, как огромный бурлящий организм... В ноябре, когда сюда подойдет проходческий щит, мы планируем закончить работы по нижней части станции.

Отдельно стоит остановиться на технологии сооружения двухпутного тоннеля. В конце прошлого года на техническом совете было принято решение выполнять работы по возможности одновременно. И делать это нам удается. На Невско-Василеостровской линии буквально в 250 м от щита устраивается готовый тоннель. Здесь имеется жесткое основание, верхний вентиляционный канал, даже одна линия верхнего строения пути. Остается лишь установить металлоконструкции под коммуникации. То есть при необходимости по этому тоннелю можно пустить подвижной состав. Сейчас мы рассматриваем возможность использовать дрезину для подвоза кабельной продукции от стартового котлована до проходческого комплекса. Для сравнения: аналогичные работы по подготовке тоннеля на Фрунзенском радиусе у нас займут почти 2,5 года после проходки.

— С чем была связана задержка проходческого комплекса? Расскажите подробнее о сложностях, с которыми пришлось столкнуться при строительстве продолжения Невско-Василеостровской линии.

— Сложности начались еще на первом этапе. Монтаж щита затянулся на полтора месяца из-за банальной нехватки средств. Но эту проблему мы решили, взяв кредит.

На данном объекте мы впервые в нашей практике применяли вертикальный конвейер для перегрузки грунта. Специалисты потратили немало времени, чтобы освоить новое оборудование, причем учиться грамотно его эксплуатировать пришлось буквально на ходу.

Затем мы наткнулись на подземную реку, которая идет от залива в сторону размыва на площади Мужества. На протяжении практически 400 колец тянулась зона, наполненная обводненным песком и валунами. Скорость проходки в этом месте снизилась до 3–4 колец в сутки. Это был очень тяжелый период. Потребовалось выполнять большой объем кессонных работ для замены режущих элементов.

На подходе к станции «Улица Савушкина» тоже пришлось остановиться практически на неделю. При выполнении геолокации широкополосное зондирование показало, что в районе пешеходного перехода, под которым должен был пройти щит, предположительно находится шпунт. В итоге в течение всех майских праздников выполнялась георазведка. Правда, этот шпунт мы в итоге не обнаружили, и участок был пройден успешно.

Сложности возникли и при строительстве самой станции. Она располагается на насыпной территории — раньше здесь было болото. В неустойчивых грунтах сложно было устроить стену в грунте и колонны вертикально. Эти конструкции приходилось переделывать, чтобы добиться нужного результата. В итоге вместо запланированных двух месяцев на эти работы ушло полгода.

Но это все позади. Сейчас, в начале сентября, мы уже подходим к руслу Малой Невки. Предстоит остановка, кессонные работы, замена режущей части, «доращивание» конвейера. То есть подготовимся и «нырнем» под залив. До «Новокрестовской» будем идти через кембрийские глины. Эту работу мы сделаем быстро и безопасно, но все же с проектировщиками проработали необходимые мероприятия на случай возникновения чрезвычайных ситуаций — к ним мы будем готовы.

Заканчивая разговор об этом участке, стоит упомянуть, что к январю 2017 года планируем завершить устройство демонтажной камеры, где финиширует проходческий комплекс. Там же по соседству монтируется наш родной 5,63 м, который пойдет в сторону «Приморской», и зимой следующего года мы соединимся с действующей линией метрополитена.

— Хотелось бы продолжить разговор о специфике двухпутного тоннеля, а вернее, о ТПМК фирмы «Херренкнехт», который закупил Метрострой специально для этого проекта. Каковы возможности этой техники? Какие преимущества имеет данная технология?

— Как я уже говорил, одно из главных преимуществ двухпутного тоннеля — скорость его строительства. Отпадает необходимость сооружения камер съездов, очень сложных и трудоемких конструкций, на которые приходится львиная доля работы, исключаются притоннельные выработки, не нужно производить ряд других работ. Да, необходим большой объем бетонирования — нам приходится заливать плиту толщиной в 3,5 м, — но это легко компенсируется в дальнейшем.

При проходке тоннеля большого диаметра получается большой объем разработки грунта, и его транспортировка отнимает очень много времени. При классическом методе мы вывозили грунт вагонетками, здесь же достаточно места для устройства конвейерной ленты. То есть этот процесс механизирован. Сейчас у нас появился и вертикальный конвейер, поставляющий грунт на поверхность. Как я уже говорил, с ним поначалу возникли проблемы, такое бывает с новыми неопробованными технологиями. Но мы нашли решение и сделали соответствующие выводы.

Что касается самого комплекса, то эту машину хочется сравнить с космическим аппаратом, а работающих на ней операторов — с космонавтами, по уровню необходимой подготовки. Мы неплохо отработали технологию на Фрунзенском радиусе, теперь есть несколько опытных специалистов. Но стоит признать, что, даже пройдя столько километров, мы так до конца и не освоили возможности этой техники. Очень уж у нее огромный потенциал...

Порой наш новый комплекс пытаются сравнить со стандартными щитами, которые мы используем при классическом метростроении, но это некорректно. Это просто разная техника, созданная под разные задачи. Традиционные щиты хороши для работы в сухих грунтах на наших стандартных глубинах, а новый механизм предназначен для других условий. Он предусматривает проходку в четвертичных отложениях, в разнородных грунтах с включением песчаников и валунов. Но и здесь мы немного адаптировали щит под себя — после первого ремонта заменили режущую часть, в целом расширили возможности комплекса.

— Немецкие щиты хороши, но дороги. А каковы, на ваш взгляд, перспективы российской техники? В целом, актуально ли для Метростроя импортозамещение?

— Благодаря нынешнему курсу перспективы у отечественной техники, конечно, есть. Однако этим вопросом необходимо было заниматься раньше. К сожалению, упущены многие советские и российские разработки. Сейчас большая часть узлов, установленных на отечественной технике, производится за рубежом. Однако, при нынешних обстоятельствах, думаю, через три–четыре года отечественных рынок можно заполнить собственной техникой.

На сегодняшний день мы активно взаимодействуем с предприятиями из Беларуси. Там процесс изготовления горнопроходческого оборудования налажен и, в общем-то, не останавливался. В последнее время мы начали плотно сотрудничать с ЗАО «Солигорский институт проблем ресурсосбережения с опытным производством» — белорусской компанией, обладающей собственной проектной и производственной базой. Они поставляют оборудование даже на европейский рынок.

В целом же отмечу, что в решении своих обычных задач мы никогда сильно не зависели от импорта. Преимущественно у нас находили применение собственные разработки, необходимую технику мы в основном про-

изводим у себя в Управлении механизации. Потребность есть лишь в приобретении подъемных машин, манипуляторов для перегрузки грунта.

— Сегодня метростроители овладели технологиями, позволяющими строить метро в любых грунтах. Означает ли это, что теперь в Петербурге в основном будут сооружаться станции неглубокого заложения?

— Действительно, такие технологи есть, и они уже апробированы на станциях «Дунайская», «Улица Савушкина» и «Новокрестовская». Но, как показала практика, такое строительство обходится слишком дорого. Оно требует специфической техники, необходима серьезная гидроизоляция, да и сама технология довольно трудоемка. Поэтому проектировщики склоняются к возврату на глубину, как строили раньше. Будет последняя попытка применить этот метод строительства на двух линиях: от «Горного института» к «Морскому фасаду» и далее к «Новокрестовской-2» и от «Новокрестовской» к «Зоопарку».

Но вопрос не ограничивается только методом строительства. Большие города должны жить в непрерывном строительном цикле, и такие длительные перерывы в строительстве метро, какие были в Петербурге с конца 80-х до середины 90-х, — недопустимы. Останавливать строительство метро нельзя, иначе в итоге это обходится очень дорого. К примеру, затраты на обслуживание тупиков, построенных в направлении «Волковской», за годы простоя стали сопоставимы со строительством двух новых станций.

Строительство метро, как и любой другой инфраструктуры, должно быть поставлено на поток и не должно зависеть от смены власти или экономической политики. Городу необходима узаконенная комплексная схема освоения подземного пространства. Это касается не только метро, но и подземных парковок, пересадочных узлов. При правильном планировании как технических, так и финансовых вопросов в Петербурге можно создать транспортно-инфраструктурную систему, которая стала бы примером для многих стран.

— Каковы, на ваш взгляд, возможности строительства метро с привлечением частного капитала? Метрострой мог бы выступить в роли инвестора?

— Прежде чем вложить средства, бизнес должен понимать, что он получит взамен. Сейчас этого никто сказать не может, и пока не будет ответа на данный вопрос, об инвестициях в метро можно забыть. На самом деле это комплексный вопрос. Чтобы инвестиции пошли на метростроение, нужны четкие правила игры, в которых учтены все риски, как со стороны государства, так и со стороны инвестора. Еще на слуху история, когда Петербургский метрополитен решил сэкономить на вестибюле «Адмиралтейской» — и во что это вылилось... В частных руках есть средства, которые можно вложить в развитие города, и они будут приносить доход инвестору. Но для этого необходима модель построения такого сотрудничества.

Что касается Метростроя, то сейчас перед нами стоит задача закрытия кредитной линии. Размер займов на сегодняшний день составляет порядка 4 млрд рублей, что нас несколько тяготит. Когда этот вопрос будет снят, мы сможем рассматривать возможность инвестирования.

— Какие стратегические задачи на перспективу ставит перед собой Метрострой?

— На сегодняшний день наши стратегические задачи несколько изменились. На самую ближнюю перспективу сейчас во главу угла мы ставим завершение строительства стадиона «Зенит-Арена». За последние два десятка лет сложилась интересная тенденция — мы все время что-то достраиваем, причем не по своему прямому профилю. Это и КЗС, и ЛАЭС-2, и Мариинский театр. Теперь стадион. Тоже осилим.

Естественно, далее важнейшая цель — вовремя запустить продолжение Невско-Василеостровской линии. Приоритеты распространяются и на Красносельско-Калининскую линию, где нам предстоит довольно оперативно развернуться широким фронтом. Ориентируемся на продолжении работы по Лахтинско-Правобережной линии, завершаем Фрунзенский радиус. Несомненно, будем участвовать во всех конкурсах по метростроению, которые объявит город.

В плане перспектив нас особенно радует изменение законодательства. По инициативе вице-губернатора Игоря Албина будет решен один из наболевших вопросов. Раньше мы сначала получали проект, прошедший экспертизу, участвовали в конкурсе, и лишь после победы в нем получали рабочую документацию. При такой ситуации фактическая стоимость объекта не соответствовала заявленной в тендере, как следствие — нехватка средств и срыв сроков. Вышеупомянутая инициатива подразумевает подготовку рабочей документации на 100% еще перед объявлением конкурса. Конечно, для полного перехода на новую систему потребуется не один год.

Сейчас город объявил конкурс на проектирование еще по четырем линиям. Посмотрим, как пойдет процесс. Надеемся на лучшее.■

«УПРАВЛЕНИЕ-15»: ПРЕОДОЛЕВАЯ СЛОЖНОСТИ, ПОБЕЖДАЯ СТИХИЮ

Основным направлением деятельности ЗАО «Управление-15 Метрострой» (основано в 1946 году как СМУ-15, входит в состав ОАО «Метрострой») является строительство метро в Санкт-Петербурге, начиная с освоения стройплощадки и заканчивая пуском объекта в эксплуатацию и сдачей городу территорий, занимаемых под временные здания и сооружения. Также предприятие производит работы по ремонту и реконструкции действующего метрополитена. Последние годы активно участвовало в строительстве Фрунзенского радиуса. О сегодняшнем дне предприятия, на фоне некоторого оживления петербургского метростроения, рассказывает генеральный директор ЗАО «Управление-15 Метрострой» Николай Власов.

Беседовал
Игорь ПАВЛОВ

**192102, Санкт-Петербург,
ул. Фучика, д.4, лит. К
Тел./факс: (812) 640-89-90**

— Николай Иванович, в строительстве каких «горячих» объектов метрополитена в 2016 году принимает участие ЗАО «Управление-15 Метрострой»?

— Этот год оказался для Управления-15 чрезвычайно загруженным. Основные силы нашего предприятия, работающего на субподряде у ОАО «Метрострой», сейчас направлены на сооружение уникальной станции «Новокрестовская» и двухпутного перегонного тоннеля длиной 5,3 км на новом участке Невско-Василеостровской линии. Эти объекты предстоит ввести в эксплуатацию в начале 2018 года, обеспечив успешное проведение Чемпионата мира по футболу в Санкт-Петербурге.

Управление-15 при этом не снижает темпы обустройства первого двухпутного перегонного тоннеля на Фрунзенской линии метрополитена от станции «Проспект Славы» до станции «Южная». Мы для себя ставим задачу закончить к концу 2016 года сооружение основных и внутренних конструкций вестибюля № 2 и эскалаторного тоннеля для станции «Проспект Славы». Там специалисты ЗАО «СМУ-9 Метрострой» к настоящему времени смонтировали 4 эскалатора.

— Известно, что при проходке продолжения «зеленой» ветки метро строителям пришлось столкнуться со сложностями геологии. Какие технологические решения были найдены?

— На проходке двухпутного перегонного тоннеля на Невско-Василеостровской линии метрополитена, которую ЗАО «Управление-15 Метрострой» выполняет с субподрядчиками: Управлением механизации — филиалом ОАО «Метрострой» и АО «Метроподземстрой», сложности заключаются в большом объеме (5,3 км), сжатом сроке (1,5 года) и труднейших геологических и гидрогеологических условиях.

Первые 600 м от стартового котлована тоннель пришлось проводить через русло подземной реки и геологический разлом, являющиеся продолжением той самой подземной «аномалии», которая некогда привела к известному размыву на перегоне между станциями «Лесная» и «Площадь Мужества». Причем сейчас работы пришлось вести даже в худших условиях, в грунтах более обводненных и с непредсказуемым изобилием валунов. Мало чем изменилась геологическая ситуация и за основной зоной размыва, далее к станции «Беговая».

Принимая во внимание необычайно сложные гидрогеологические условия и крайне сжатые сроки ввода объекта в эксплуатацию, заказчиком (Комитетом по развитию транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга), генподрядчиком (ОАО «Метрострой») и подрядчиком (ЗАО «Управление-15 Метрострой») было принято решение сразу же, практически одновременно с проходкой, проводить и внутреннее обустройство тоннеля: сооружать жесткое основание, вентиляционное перекрытие и верхнее строение пути. Это и делается.

Успешному преодолению участков со сложной гидрогеологией способствует своевременная замена элементов режущего органа механизированного щита кессонным способом.

В настоящее время, несмотря на все сложности и препятствия, сооружение перегонного тоннеля на Невско-Василеостровской линии продолжается.

> Основные силы нашего предприятия сейчас направлены на сооружение уникальной станции «Новокрестовская» и двухпутного перегонного тоннеля длиной 5,3 км на новом участке Невско-Василеостровской линии.
>
> **Н.И. Власов**

— Есть ли резервные объекты, ожидающие своего финансирования?

— Что касается перспектив, то мы с нетерпением ждем начала финансирования, достаточного для продолжения работ на Красносельско-Калининской линии метрополитена. У ЗАО «Управление-15 Метрострой» все готово для проходки вентиляционного ствола и нижнего вентиляционного узла для проветривания тупиковых выработок будущей станции «Казаковская».

— Что же помогает преодолевать все сложности на пути ЗАО «Управление-15 Метрострой» и с оптимизмом смотреть в будущее?

— Главное — хорошо подобранная команда специалистов-единомышленников, обладающих высокой квалификацией и профессионализмом, способных для любых условий работы выбрать оптимальные технологии и соответствующую технику, плюс постоянная помощь руководителей и специалистов ОАО «Метрострой», а также генпроектировщика — НИПИИ «Ленметрогипротранс». ■

The major activity of Construction Enterprise-15 Metrostroy, CJSC (established in 1946 as Construction and Assembling Enterprise-15, represents a part of Metrostroy, OJSC) is subway construction in Saint-Petersburg, starting from development of the site and to commissioning of the facility, as well as return to the city of the territories used for temporary buildings and structures. The company also carries out works on repair and reconstruction of the existing subway lines. In the recent years it actively participated in construction of the Frunzenskaya subway line. Today, in the period of active construction of the subway in St.-Petersburg, the director of Construction Enterprise-15 Metrostroy Nikolai Vlasov tells about the current projects of his company.

CONSTRUCTION ENTERPRISE-15: OVERCOMING DIFFICULTIES, COMBATING POWERS OF NATURE

Interviewed by Igor Pavlov

Construction Enterprise-15 Metrostroy, CJSC
Phone/fax: (812) 640-89-90

House 4, building K, Fuchika str., Saint Petersburg, Russia, 192102

— Nikolai Ivanovich, in construction of what top facilities Construction Enterprise-15 Metrostroy, CJSC has been participating in 2016?

— This year appeared to be extremely busy for Construction Enterprise-15. The main focus of our company, which is a subcontractor to Metrostroy, OJSC, is on construction of the unique subway station “Novokrestovskaya” and a 5.3 km double line running tunnel at the new section of the Nevsko-Vasileostrovskaya line. These facilities are to be commissioned in the early 2018 before the World Cup held in St.-Petersburg.

At the same time Construction Enterprise-15 is developing the first double line running tunnel of the Frunzenskaya subway line from “ProspektSlavy” station to “Yuzhnaya” station. Our goal is to finish construction of the main and internal structures of entrance hall No. 2 and the escalator tunnel for “ProspektSlavy” station. Thus far, the specialists of Construction and Assembling Enterprise-9, CJSC have assembled 4 escalators there.

— It's known that during the tunneling operations on extension of the "green" subway line the workers encountered difficulties of geological nature. What solutions were found?

— During the tunneling operations for double line running tunnel at the Nevsko-Vasileostrovskaya line carried out by Construction Enterprise-15 Metrostroy, CJSC together with its subcontractors – Mechanization Enterprise– a branch of Metrostroy, OJSC and Metropodzemstroy, JSC, the main difficulties are the large scope (5.3 km), tight schedule (1.5 year) and the toughest geological and hydrogeological conditions.

The first 600 m of the tunnel from the entry pit went through the bed of a subterranean river and a fault line, which represents a continuation of the same subterranean "anomaly", which once led to the famous wash-out of the run between "Lesnaya" and "PlishchadMuzhestva" stations. We had to carry out the works under even worse conditions, in watered grounds with unpredictable amount of boulders. The situation had not changed a lot after the main "wash-out area" closer to "Begovaya" station.

Taking into account the unusually difficult hydrogeological conditions and a very tight schedule of the facility commissioning, the customer (the Transport infrastructure development committee of Saint-Petersburg), general contractor (Metrostroy, OJSC) and subcontractor (Construction Enterprise-15 Metrostroy) decided upon carrying out of the interior works together with the tunneling operations: construction of the rigid base, ventilation and upper structure of the tunnel. This is being done.

Timely replacement of the cutting instrument of the tunneling shield using the caisson-method is contributing to successful operation at the sites with a challenging hydrogeology.

Presently, despite all the difficulties construction of therunning tunnel at the Nevsko-Vasileostrovskaya line continues.

— Are there any other projects awaiting funding?

— Speaking about the perspectives, we are looking forward to receive funding sufficient to resume the works at the Kalininskaya subway line. Construction Enterprise-15 Metrostroy has everything ready for construction of a ventilation shaft and a lower ventilation unit intended to ventilate blind drifts of the future "Kazakovskaya" station.

— What helps to overcome all the difficulties and to look into the future with optimism?

— The main thing is a properly selected team of highly-qualified professionals, which are able to select the optimal technologies and the corresponding equipment in difficult situations, as well as constant assistance from the part of the management and specialists of Metrostroy, OJSC, as well as the general designer – Scientific-research and planning-surveying institute "Lenmetrogiprotrans". ■

В. И. КУТАЕВ, советник генерального директора;
Д. В. КУТАЕВ, главный конструктор
(АО «Артемовский машзавод «Вентпром»)

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЕНТИЛЯТОРОВ ДЛЯ ТОННЕЛЕЙ

В начале 60-х годов прошлого столетия Артемовским машиностроительным заводом в содружестве с институтом «Метрогипротранс» по техническому заданию Московского метрополитена был разработан вентилятор ВОМД 24, а его аэродинамическую схему разработал институт ЦАГИ им. Н. Е. Жуковского. Это оборудование поставлялось на метрополитены СССР и СНГ до конца XX века. На сегодняшний день результаты обследования привели к выводу о возможности проведения модернизации вентиляторов непосредственно на месте эксплуатации, что имеет ряд преимуществ в сравнении с заменой их на новую технику.

At the beginning of the 60th the ВОМД 24 axial fan, which was supplied to the underground railways of USSR and CIS till the end of XX century, had been developed by Artyomovsky Machine Engineering Plant together with Metrogiprotrans Institute in accordance with Moscow Metro statement of work. The inspection results led to the conclusion about the advantage of ventilators modernization in comparison with replacement with new equipment.

75 ЛЕТ ВЕНТПРОМ

623785, Свердловская область, г. Артемовский, ул. Садовая, д. 12, тел.: +7(34363) 58-100, факс: +7(34363) 58-145 E-mail: ventprom@ventprom.com, www.ventprom.com

Схема ВОМД 24 была разработана с условием возможности его эксплуатации с высокой экономичностью в любом режиме работы, с производительностью от 70 000 до 250 000 м^3/мин. Вентилятор выполнен по конструктивной схеме К1 + НА + К2 + СА, где:

- К1 и К2 — рабочие колеса соответственно 1-й и 2-й ступени;
- НА и СА — направляющий и спрямляющий аппараты.

ВОМД 24 разрабатывался с таким расчетом, чтобы его рабочая зона перекрывала поля возможных вен-

Рис. 1. Роторная группа модернизированного вентилятора

тиляционных режимов всех метрополитенов СССР, и имеет максимальный полный КПД = 0,85.

Первые вентиляторы для Московского метрополитена были выпущены на Артемовском машиностроительном заводе в середине 60-х и поставлялись на метрополитены СССР и СНГ до конца XX века. Техника показала хорошую, устойчивую и надежную работу во всех режимах. Всего за этот период артемовскими машиностроителями изготовлено и поставлено метрополитенам более 1 500 вентиляторов. Большинство из них работают и в настоящее время, несмотря на то что нормативный срок эксплуатации был рассчитан на 14 лет.

За более чем 50–летний период изменились требования к обслуживанию и безопасности метрополитенов, да и сами вентиляторы претерпели значительный износ, поэтому встал вопрос о возможности дальнейшей их эксплуатации. Специалистами Артемовского машиностроительного завод совместно с электромеханической службой Московского метрополитена было проведено обследование большого количества работающих вентиляторов ВОМД 24 и ВОМД 24А. В результате выяснилось, что их корпусные элементы находятся в работоспособном состоянии, а фундаменты не претерпели значительных изменений и нарушений.

Выявлены и негативные моменты, присутствующие при эксплуатации. Вентиляторы ВОМД 24 имеют экономичную зону работы по давлению в пределах 350–650 Па, но фактические режимы большинства из них составили 100–200 Па: то есть при довольно высоком расчетном коэффициенте полезного действия, равном 0,85, реальный КПД не превышает 0,3. К этому добавляются потери, вызванные нарушениями регулировки отдельных агрегатов в процессе эксплуатации. Таким образом, ни о какой экономичности работы действующих вентиляторов не может быть и речи.

При решении задачи принимались во внимание и вопросы финансирования. Как известно, стоимость систем вентиляции с учетом капитальных сооружений и оборудования составляет до 10% от сметной стоимости метрополитена, стоимость же вентиляционных сооружений и оборудования достигает 90% от стоимости систем проветривания. Замена тоннельных вентиляторов на новые привела бы к значительным капитальным затратам. В результате обследования специалисты пришли к выводу о возможности проведения модернизации оборудования непосредственно на месте эксплуатации, то есть в вентшахтах метрополитенов.

Суть модернизации заключается в замене роторной группы с изменением аэродинамической и конструктивной схем. При этом сохраняются основные металлоконструкции вентилятора, остаются без изменения фундаменты и строительные конструкции вентиляционных шахт.

Артемовский машиностроительный завод по исходным требованиям Московского метрополитена разработал техническое задание на модернизацию, согласно которому заводские конструкторы подготовили рабочую документацию и технологическую инструкцию на замену роторной группы модернизированного вентилятора ВОМД 24. Предусматривалась также установка дополнительных входных и выходных элементов, шиберующих

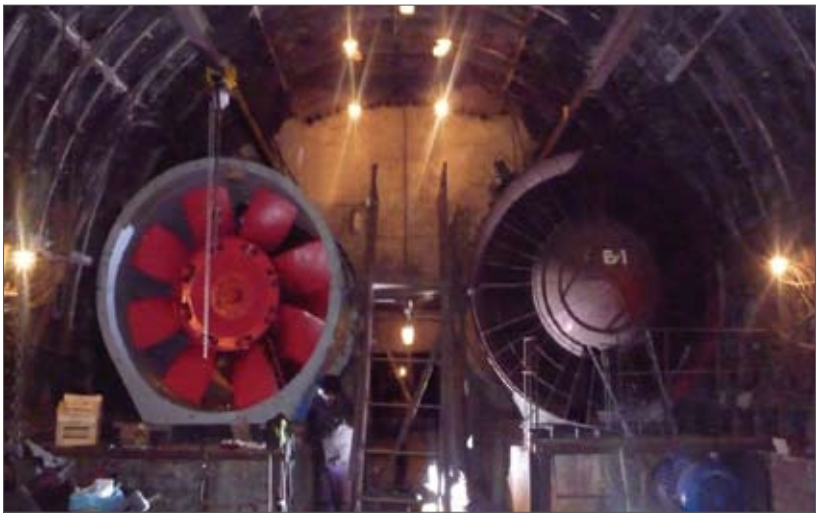


Рис. 2. Модернизация вентилятора в вентиляционной шахте Петербургского метрополитена

Рис. 3. Модернизированный вентилятор на заводском стенде

и стопорных устройств, дополнительных элементов жесткости и средств безопасности.

Еще в сентябре 2009 года на Артемовском машиностроительном заводе прошел первый этап приемочных испытаний модернизированного вентиляторов ВОМД 24, в которых приняли участие специалисты электромеханических служб метрополитенов Москвы, Санкт-Петербурга, Минска, Екатеринбурга, строительно-монтажных организаций и проектных институтов. Если точнее, были проведены аэродинамические испытания и продемонстрирована технология замены роторной группы в условиях вентшахты на действующем вентиляторе. Подтвердилось значительное расширение аэродинамических характеристик. Общая производительность модернизированного вентилятора увеличилась в 1,5 раза. Производительность при реверсе составила не менее 80% от прямой работы во всех режимах, и это только за счет изменения направления вращения ротора. Применением частотного регулирования возможно обеспечения 100% реверса.

По состоянию на начало работ по модернизации, в эксплуатации на метрополитенах СНГ находилось: вен-

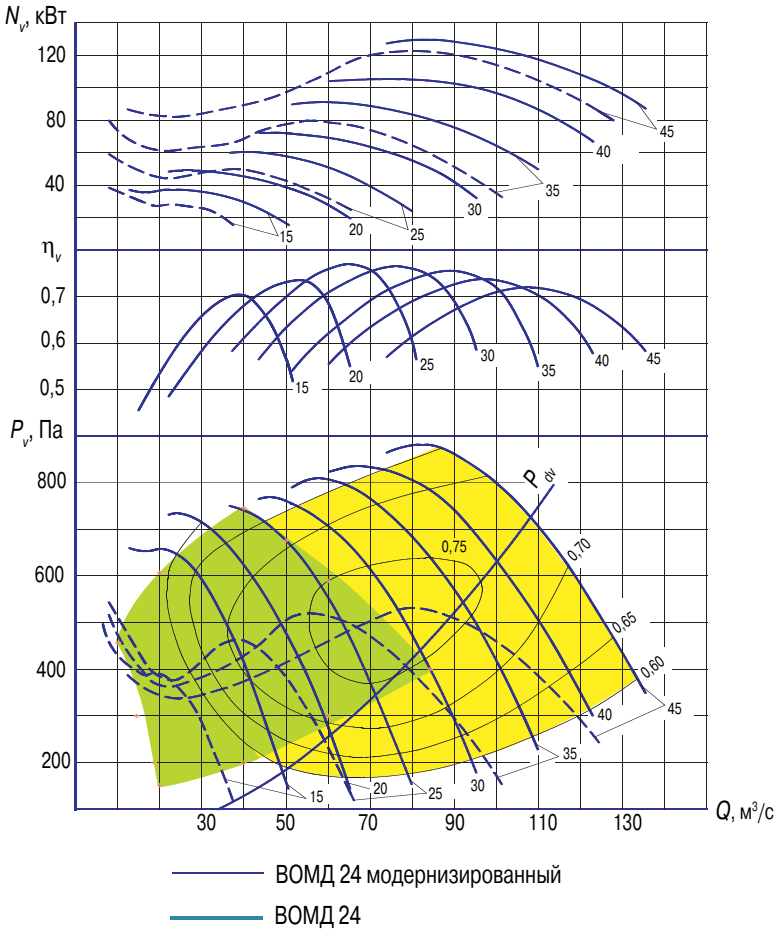


Рис. 4. Сравнительные аэродинамические характеристики

Рис. 5. Демонстрация монтажа роторной группы на заводе

Рис. 6. Модернизация вентилятора в Бакинском метрополитене

тиляторов ВОМД 24 — 816 единиц, вентиляторов ВОМД 24А — 389 единиц.

Первыми в 2011 году были модернизированы действующие вентиляторы в Петербургском метрополитене. Затем подобную работу выполнили в Бакинском, Минском, Московском и Нижегородском метрополитенах. По состоянию на сегодняшний день, заводом изготовлено и поставлено более 170 комплектов для проведения модернизации вентиляторов ВОМД 24. При этом в Баку их модернизировано 16, в Минске — 5, в Санкт-Петербурге — 19, в Нижнем Новгороде — 2, а в Москве — 130.

Преимущества модернизации:

- фундамент, строительные конструкции и корпусные элементы вентиляторов и вентиляционных шахт остаются без изменения, что существенно сокращает затраты на капитальное строительство;
- заказчик получает модернизированный вентилятор со сроком службы не менее, чем у нового;
- возрастают технические характеристики вентилятора — следовательно, улучшается микроклимат в метрополитене;
- упрощается система технического обслуживания, а значит сокращаются затраты на эксплуатацию вентиляторов;
- повышается экономичность работы вентилятора, снижаются затраты на электроэнергию;
- в комплекте с вентилятором поставляется система автоматического управления, выполненная с учетом требований метрополитенов России и СНГ;
- после модернизации вентилятор соответствует современным требованиям безопасности, а именно: обеспечивается запас по мощности на случай повышения режимов работы в аварийных ситуациях; в случае пожара вентилятор способен работать при температуре 300°С в течение часа; повышенные реверсивные качества позволяют осуществлять эксплуатацию в форсированном аварийном режиме.

Вопрос безопасности пассажирских перевозок для метрополитенов является первоочередным. При этом одной из основных задач является создание благоприятного микроклимата, который обеспечивается системой вентиляции. Ее основными элементами являются вентиляторы главного проветривания, поэтому их качеству, надежности и безаварийности уделяется особое внимание. Продукция Артемовского машиностроительного завода «Вентпром» создается в тесном содружестве специалистов предприятия и электромеханических служб метрополитенов и соответствует всем предъявляемым высоким требованиям. ■

Все для проектирования, строительства и эксплуатации транспортных объектов

XVII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ:

- Проектирование и строительство дорог, мостов и тоннелей
- Оборудование, материалы и конструкции для строительства транспортных объектов
- Оборудование и технологии прокладки коммуникаций, инженерное обеспечение
- Технические средства обеспечения безопасности дорожного движения
- Интеллектуальные транспортные системы
- Специальные материалы и оборудование для содержания и ремонта дорог
- Диагностика, контроль качества и безопасность дорожных работ
- Программное обеспечение и связь
- Инвестиции, страхование и лизинг объектов строительства, техники, оборудования

СПЕЦРАЗДЕЛЫ:

Композитные, полимерные и геосинтетические материалы в дорожном строительстве
Дорожно-строительная и коммунальная техника

В рамках деловой программы: XII Международный Форум **«Мир Мостов».**

NEW

Выставка впервые проходит в ВК «Ленэкспо» параллельно с международным форумом **«Безопасность на дорогах ради безопасности жизни».**

При поддержке

Организатор:

РЕСТЭК® выставочное объединение

Тел.: (812) 320-8097, 320-8094
E-mail: autoprom1@restec.ru, passtrans@restec.ru
Подробная информация и новости выставки на www.mostdor.com

А. В. ПЛАВИН,
директор по продвижению
и развитию технологий
защиты и балластировки
трубопроводов
ООО «БТ СВАП»

Протаскивание трубопровода с покрытем «ЗУБ-Композит» методом ГНБ

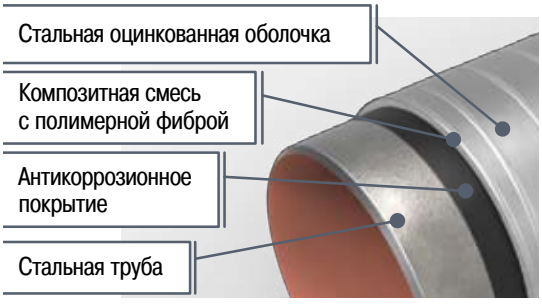
ЭФФЕКТИВНАЯ КОМПЛЕКСНАЯ ЗАЩИТА ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ПРОКЛАДКЕ ТРУБОПРОВОДОВ

ЗУБ-Композит® — инновационное покрытие трубопроводов, созданное по российской технологии ЗУБ® специалистами ООО «БТ СВАП» с целью обеспечения эффективной комплексной защиты труб и трубодеталей от различных механических повреждений при транспортировке, строительстве и эксплуатации.

Специалистам в области бестраншейных технологий хорошо известна проблема повреждения антикоррозионных покрытий трубопроводов в процессе выполнения строительных работ.

Геологические особенности места строительства переходов методом ГНБ, разнородный состав грунтов, неточности при выполнении изысканий накладывают существенные риски негативных воздействий на антикоррозионное покрытие трубопровода. В каждом проекте такие проблемы решаются по-разному: за счет увеличения толщины антикоррозионных покрытий, устройства футеровки трубопровода или устройства дополнительного защитного кожуха. Однако такие методы далеко не всегда эффективны и не отличаются экономичностью.

В 2015 году специалистами ООО «БТ СВАП» разработан и внедрен в широкое производство инновационный вид защитного покрытия трубопроводов «ЗУБ-Композит». Его назначение — гарантированная защита антикоррозионного, теплоизоляционного покрытия стальных труб, трубодеталей и стыковых соединений на этапах транспортировки, строительства и эксплуатации.

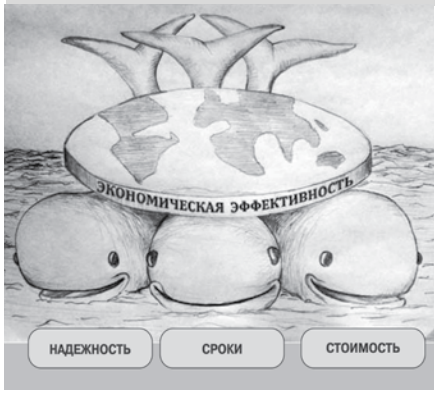


Конструкция покрытия «ЗУБ-Композит» — это коаксиально расположенные по отношению друг к другу стальная труба и

Справка

ООО «БТ СВАП» — многопрофильная производственно-инжиниринговая компания. Основана в 2007 году, является головной компанией группы специализированных предприятий. Производство располагается в Орехово-Зуеве (Московская область) и Астрахани.

Направления деятельности: нанесение антикоррозионных, теплоизоляционных, утяжеляющих бетонных и защитных композитных покрытий труб и трубодеталей, а также комплексные инжиниринговые услуги в области трубопроводных проектов и т. д.



127644, Россия, г. Москва,
ул. Лобненская, д. 21, стр.2
Бизнес-центр «АКМА»
Тел./факс: +7 (495) 775-36-80
E-mail: info@bt-svap.ru
www.bt-svap.ru

наружная оцинкованная оболочка, пространство между которыми заполнено цементно-песчано-полимерной смесью с включением полипропиленовой фибры.

Область применения ЗУБ-Композита весьма широка. Это подземные переходы трубопроводов методом ГНБ, строительство в скальных, каменистых, щебеночных, галечных, мерзлых грунтах и прочих сложных грунтовых условиях.

Покрытие «ЗУБ-Композит» внесено в реестры ПАО «Газпром», ПАО «НК Роснефть» и Ростехнадзор.

Комплексные испытания, проведенные с участием экспертов ООО «Газпром ВНИИГАЗ» и ОАО «ВНИИСТ», показали высокую степень прочности ЗУБ-Композита при любых механических воздействиях, что позволяет говорить о гарантированной сохранности антикоррозионных и теплоизоляционных покрытий трубопроводов. На сегодня рынок не предлагает других аналогичных материалов, которые сочетали бы в себе технологичность производства, уникальную прочность на удар, сдвиг, прорезание, а также способность к обеспечению нормативного радиуса упругого изгиба трубопроводов.

Секрет сочетания таких свойств конструкции — в российской технологии «ЗУБ», на основе которой ранее также был создан ЗУБ-Балласт (способ нанесения сплошных бетонных покрытий). Сегодня уже более 2 тыс. км труб в стране имеют покрытия «ЗУБ».

Применение ЗУБ-Композита при сооружении трубопроводов методом ГНБ представляется перспективным и в чем-то даже революционным. К преимуществам покрытия следует отнести факторы, которые напрямую положительным образом влияют на экономичность и трудоемкость строительства, а также — на качественное снижение строительных рисков.

В ближайшее время достоинства данного вида защитного покрытия найдут свое отражение в СП «Подземные инженерные коммуникации. Прокладка горизонтальным направленным бурением», который готовится в ЦНИИС и МАС ГНБ.

Снижение стоимости, сокращение сроков строительства, повышение надежности, промышленной и экологической безопасности трубопроводных систем — категории, которые всегда были, есть и будут актуальными. Современные отечественные технологии, такие как «ЗУБ-Композит», комплексно решающие вопросы эффективности и безопасности, заслуживают особого внимания и широкого применения в России.

Преимущества покрытия «ЗУБ-Композит»	Экономическая эффективность
Гарантированная защита АКП труб от механических повреждений при транспортировке	Отсутствие затрат на дополнительную сепарацию, ремонт антикоррозионного покрытия труб
Гарантированная защита АКП труб от воздействия ультрафиолетового излучения при хранении	Отсутствие затрат на дополнительную сепарацию, ремонт антикоррозионного покрытия труб
Высокая прочность покрытия позволяет исключить применение стального кожуха в качестве защиты АКП	Снижение стоимости строительства на 25–40%
Применение полиэтиленового АКП обычного исполнения взамен покрытия усиленного типа	Значительная экономия (до 50%) на стоимости антикоррозионного покрытия стальных труб
Возможность исключения балластировки трубопровода водой при строительстве	Экономия при выполнении строительных работ, в том числе – в зимнее время
Исключение применения дорогостоящих армированных манжет для защиты стыков	Экономия средств за счет применения недорогих технических решений по защите стыков
Обеспечение нормативного радиуса упругого изгиба трубопровода при строительстве (1000 $d_{тр}$)	Отсутствие дополнительных затрат
Возможность нанесения покрытия на отводы	Возможность экономии до 35% от сметной стоимости строительства (метод кривых)
Оснащение труб системами мониторинга, контроля и сигнализации, установка ВОЛС под ЗУБ-Композит	Значительная экономия за счет устранения дополнительных работ по прокладке систем связи и мониторинга

Вид оголовка трубы без покрытия «ЗУБ-Композит»

Вид покрытия «ЗУБ-Композит» после протаскивания в скважине

Испытание покрытия «ЗУБ-Композит» на удар 600 кг

Испытание покрытия «ЗУБ-Композит» на продир элементом 700 кг

МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА-ФОРУМ
ПОДЗЕМНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО
ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ
22-24 НОЯБРЯ 2016

МЕЖДУНАРОДНАЯ
ВЫСТАВКА-ФОРУМ

“ПОДЗЕМНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО. ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ”

Место проведения:
Москва
КВЦ «Сокольники», павильон 7А

22–24 НОЯБРЯ 2016

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF FOUNDATION CONTRACTORS
Международная Ассоциация Фундаментостроителей

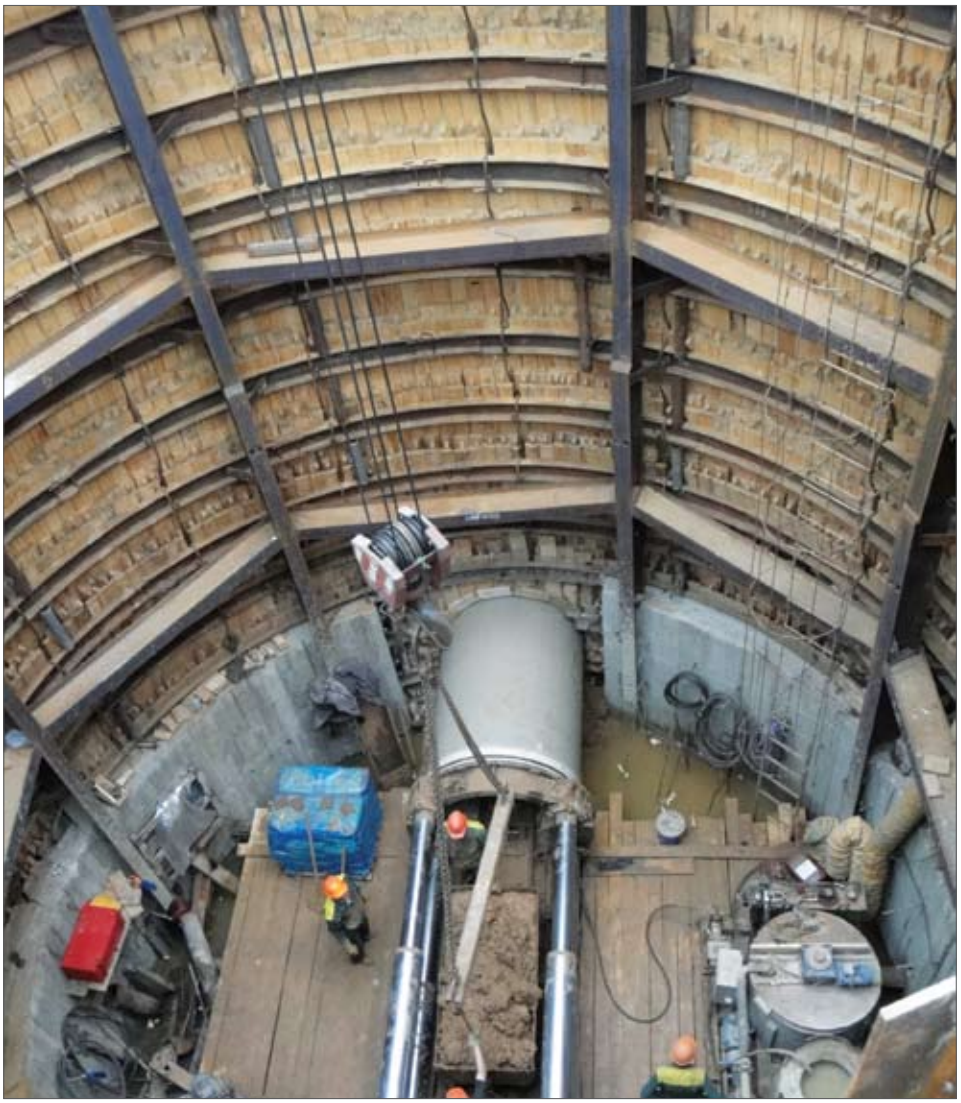
trend expo

ТА ТОННЕЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ РОССИИ
ОБЩЕРОССИЙСКАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

info@fc-union.com
www.fc-union.com
тел.: +7 (495) 66-55-014
сот.: +7 916 36-857-36

Д. Б. ЕРЕМЕНКО,
генеральный директор
ООО «Трубы Хобас»

Adequate regulation system, which determines the necessary requirements to the participants of design and building process, as well as the materials applied, becomes an important requirement for maintenance and development of enterprises. The contradictions analysis in Russian technical regulation system from international practice and Federal Act No. 384 "Technical regulation on buildings and constructions safety" point of view is provided in the article.



ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В РОССИИ И РАЗВИТИЕ БЕСТРАНШЕЙНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Важным условием для сохранения и развития предприятий, специализирующихся на бестраншейной прокладке коммуникаций, становится наличие адекватной системы регулирования, определяющей процесс выбора и обоснования технического решения, необходимые требования к участникам процесса проектирования и строительства и к применяемым материалам. В статье предлагается анализ противоречий в российской системе техрегулирования с точки зрения международной практики и Федерального закона № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Основной источник противоречий — излишняя формализация, фактически ведущая к потере смысла самой технической задачи, которую описывает норматив. Нормативная база содержит не общие требования, обязательные для выполнения, а набор технических решений, которые считаются разрешенными. На практике это исключает возможность объективного сравнительного анализа и полноценного планирования.
В свою очередь, использование бестраншейных технологий требует повышенного уровня специализации, и в ситуации общего спада на отраслевом рынке именно такие строительные предприятия оказываются наиболее уязвимыми.

ООО «Трубы Хобас», которое представляет в России международный бренд, накопило большой практический опыт в ходе технического сопровождения проектов с применением поставленной продукции. Что касается непосредственно бестраншейных способов прокладки и восстановления трубопроводов, то первым проектом была санация двухметрового бетонного коллектора в Санкт-Петербурге методом «труба в трубе» еще в 2004 году.

В процессе работы мы постоянно опирались на методики, предоставленные нашими коллегами из Германии — в основном разработанные ассоциацией DWA своды правил ATV-DVWK. Главное заключение, которое можно сделать по результатам полученного опыта: «Никому нельзя верить на слово, особенно когда разговор заходит о так называемой российской специфике. Лучше верить учебнику физики».

Основные отличия российской и европейской практики

Проблема заключается в том, что проектирование и планирование основываются не на расчетах и доказательствах, а на ссылках на нормативные, обязательные, рекомендательные и прочие документы. Одним из факторов, ограничивающим развитие не только бестраншейных способов прокладки, но и отрасли в целом, является отсутствие практики выполнения расчетов трубопровода по предельным состояниям на этапе строительства и эксплуатации.

Основное содержание расчета — моделирование нагрузки на трубопровод и характеристик грунта в зоне прокладки с учетом способа строительства и местных условий. Построение такой модели позволяет адекватно оценить затраты на открытую прокладку и сравнить их со стоимостью использования бестраншейного способа.

Достаточно сказать, что одну и ту же физическую задачу в России принято решать по разным методикам, утвержденным для каждого материала в отдельности. В их составлении и утверждении самое деятельное участие принимают поставщики данной продукции, которые успешно превращают нормативы в своеобразный инструмент продаж. Вместо одной модели, позволяющей сравнить решения и выбрать оптимальное (пример — немецкий свод правил ATV-A127), вы получаете набор расчетов с разными допущениями, призванных обосновать самый дешевый, но далеко не самый надежный вариант. Вместо общих требований (как, например, в стандарте EN 1610) утверждается отдельный способ прокладки для каждого материала.

При строительстве в обводненных и пластичных грунтах практически не уделяется внимания ограничению деформации основания, особенно при извлечении шпунтовых креплений. Такое оказывается возможным в результате общей убежденности, что заданный профиль и гидравлический режим обеспечиваются выбором материала трубы, а не мерами по укреплению основания. Доказательством здесь также служат заверения «продавцов» и утверждения из противоречивых нормативных документов.

Ограничения по просадке (деформации) в профиле были описаны в СНиП 3.05-04-85 «Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации» — 5 мм для безнапорных и 30 мм для напорных сетей. В последней редакции свода правил на прокладку сетей канализации описывается просадка до 10 см, а основное требование — «главное, чтобы стыки не разошлись». При таком подходе метод микротоннелирования, как вариант прокладки, скорее всего, будет проигнорирован.

Сравнительный анализ выполняется в неравных условиях. При бестраншейной прокладке проще выдержать требуемое проектное положение трубопровода, чем при открытой прокладке, но гибкий подход к приемке, позволяющий принять почти любой профиль, который получился у подрядчика, сводит это преимущество на «нет». Надо сравнивать стоимость выполнения всего

Проблема заключается в том, что проектирование и планирование основываются не на расчетах и доказательствах, а на ссылках на нормативные, обязательные, рекомендательные и прочие документы.

Таблица 1.
Допустимые отклонения для безнапорных сетей в профиле и в плане, по своду правил DWA — A125E

DN (диаметр)	Отклонение по вертикали	Отклонение по горизонтали
< 600	± 20	± 25
≥ 600 до ≤ 1000	± 25	± 40
> 1000 до < 1400	± 30	± 100
≥ 1400	± 50	± 200

проектного задания в целом при общих обязательных требованиях к конечному результату.

В качестве примера можно привести наши железнодорожные проекты. Относительно высокая стоимость работ и материалов, по сравнению с открытой прокладкой традиционных труб из железобетона, изначально вызвала у заказчика серьезные возражения. Но при прокладке в уже существующей насыпи наше предложение оказалось выгоднее экономически. Появилась возможность уйти от технических проблем, связанных с перерывами в движении и просадкой, неизбежной при открытой прокладке.

Что касается прокладки безнапорных сетей методом ГНБ, то при выборе способа основной акцент делается на минимальную стоимость. Вопрос отклонения от проектного положения игнорируется. По российским меркам, достаточно в утвержденном стандарте СТО НОСТРОЙ написать, что данный способ прокладки допускается при строительстве безнапорных трубопроводов. При этом надо отметить, что в немецком «бестраншейном» своде правил DWA — A125E, выпущенном в развитие стандарта EN 12889, установлены общие требования к отступлениям от проектного положения, не зависящие от выбора используемой техники (табл. 1).

Эти нормы были использованы при составлении СТО НОСТРОЙ на микротоннелирование, но не на горизонтальное направленное бурение. Таким образом, технология ГНБ получает необоснованные преимущества, по существу за счет пренебрежения профилем и эксплуатационной пригодностью трубопровода.

В России также нет ясно выраженного подхода к выбору способов восстановления старых трубопроводов. В европейской практике выделяют три основные стадии разрушения, определяющие метод ремонта — от герметизации до необходимости обеспечить несущую способность разрушенного трубопровода. В нашем случае выбор в основном определяется размером доступного бюджета. Практика расчета несущей способности конструкции фактически отсутствует.

Особое внимание также стоит обратить на ту отечественную продукцию для прокладки сетей, которая считается стопроцентным аналогом зарубежных образцов, изготовленных по стандартам EN и ISO. Российский специфический подход к «адаптации и гармонизации» заключается в исключении четких требований к изделиям, без которых определить и обеспечить надежность трубопровода невозможно. Один и тот же продукт может одновременно описываться несколькими стандартами или техническими условиями с разным содержанием. Надежность и срок службы при этом не являются предметом расчета и доказательств. Достаточно наличия утвержденного документа, который указывает, какие технические решения полагается считать надежными. Срок службы устанавливается и утверждается безотносительно к условиям применения или приложенной нагрузке — просто по наименованию и наличию сертификата, как, например, в региональном методическом документе РМД 40-20-2013 «Устройство сетей водоснабжения и водоотведения в Санкт-Петербурге».

Сравним международные и российские стандарты конкретно на трубы PE100-RC, в частности применяемые для прокладки методом ГНБ (табл. 2).

По трубам из стеклопластика, которые также используются для прокладки методом микротоннелирования, основные характеристики описываются набором действующих стандартов, и все они имеют разное содержание. Один из них является аутентичным переводом ISO, остальные представляются сомнительными примерами так называемой гармонизации (табл. 3).

Что же касается стандарта ISO 25780, описывающего продукцию с дополнительными требованиями, необходимыми при микротоннелировании, то он вообще не учитывается.

Несмотря на очевидную разницу в технических требованиях, продукция считается стопроцентным аналогом.

Выводы и решение

В результате отсутствия полноценной нормативно-технической базы утвержденные проекты, как правило, не имеют реалистичного обоснования, и вероятность их успешной реализации не поддается оценке. При этом

Таблица 2.
Сравнение стандартов на напорные трубы из полиэтилена

Контролируемые параметры	EN 12201	PAS 1075	ГОСТ 18599-2001 с изменениями 2012 г.
Контроль сырья (в виде гранул)	Обязательные		Справочные
Контроль сырья (образца в форме трубы)	Обязательные		Справочные
Стойкость сварного стыкового соединения к осевому растяжению	ISO 13953		Приложение Г справочное
Испытания на стойкость к медленному распространению трещины	EN ISO 13479, длительность 500 часов	EN ISO 13479, длительность 8 760 часов	Приложение Г справочное, длительность 500 часов
Стойкость к быстрому распространению трещины (метод FST или S4)	EN ISO 13477, EN ISO 13478		Отсутствует
Испытания на ползучесть с полным надрезом (FNCT, на каждой партии)		ISO 16770, 8 760 часов или ускоренно 320 часов	Отсутствует
Испытания на точечную нагрузку		8 760 часов	Отсутствует
Контроль продукции (труб)			
Испытания на ползучесть с двойным полным надрезом (2NCT)		ISO 16770, 3 300 часов	Отсутствует
Испытания на точечную нагрузку		8 760 часов	Отсутствует
Испытание на проницаемость		9 000 часов	Отсутствует

Таблица 3.
Сравнение российских стандартов на трубы из термореактопластов на основе ненасыщенных полиэфирных смол, армированных стекловолокном (стеклопластик)

Определяемые характеристики	ГОСТ Р ИСО 10467-2013	ГОСТ 54560-2011	ГОСТ 32661-2014
Начальная кольцевая жесткость	П. 5.2.1	П. 9.10	П. 5.1.2.4, разрешено занижение до –5%
Долговременная кольцевая жесткость	П. 5.2.2	Отсутствует	Отсутствует
Начальная устойчивость к разрушению в деформированном состоянии	П. 5.2.3	Отсутствует	П. 5.1.2.5
Предельная долговременная устойчивость к разрушению в деформированном состоянии	П. 5.2.4	Отсутствует	П. 5.1.2.8, ссылка на перечень стандартов ИСО
Начальная удельная стойкость к растяжению в продольном направлении	П. 5.2.5	П. 9.6.4, контрольные значения отсутствуют	П. 5.1.2.2
Начальное расчетное давление и давление на разрыв (для напорных труб)	П. 5.2.6 (п. 5.2.7, приложение А)	Отсутствует	П. 5.1.2.3, отсутствует
Долговременное давление на разрыв (для напорных труб)	П. 5.2.7 (приложение А)	Отсутствует	П. 5.1.2.8, ссылка на перечень стандартов ИСО
Устойчивость напорных труб к циклическим колебаниям внутреннего давления	П. 5.3	Отсутствует	П. 5.1.2.8, ссылка на перечень стандартов ИСО
Устойчивость к коррозии в состоянии растяжения	П. 5.4	Отсутствует	П. 5.1.2.8, ссылка на перечень стандартов ИСО
Определение герметичности труб	Приложение Б	П. 9.11.1	П. 5.1.2.6

Для российских компаний, особенно с учетом кризиса, условием выживания и развития видится воссоздание отраслевой системы регулирования, основанной на общих объективных требованиях к результату строительства.

в течение последних лет наблюдается устойчивая тенденция — разрушение крупных строительных организаций, занимающихся бестраншейными технологиями. Компании, которые должны инвестировать в специализированное оборудование с ограниченной ликвидностью, в обучение и содержание квалифицированного персонала, становятся первыми жертвами экономического кризиса.

В российском законодательстве существует инструмент для разрешения всех вышеуказанных противоречий — Федеральный закон № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». Документом предписывается выполнение расчета, подтверждающего, что в ходе строительства и в течение заданного срока службы сооружение сохранит достаточный запас прочности, не получит деформации, угрожающей потерей устойчивости, и сохранит свою полезную функцию (ст. 16). В принципе, достаточно соблюсти это требование закона, и все встанет на свои места — логика построения российской нормативной базы не будет ни в чем отличаться от европейской, международной.

На сегодняшний день, однако, наш опыт вынуждает свидетельствовать, что большинство представителей отечественных государственных и муниципальных организаций, выступающих в качестве заказчика, вообще не признают за трубопроводами статуса сооружений и, следовательно, считают, что они не имеют отношения к техническому регламенту. Виною тому традиция использовать при написании отраслевых документов сочетание слов «сети и сооружения». Надежность сетей уже не рассчитывается и не доказывается — она утверждается коллегиально.

Компромиссы, ведущие к разрушению требований к надежности и качеству продукции и выполняемых работ, были удобны и допустимы на этапе роста. В условиях кризиса, сокращения объемов строительства и финансирования, а также при усилении давления со стороны государства, российские компании оказались лишены системы регулирования, способной отличить настоящий продукт от подделки и обеспечить условия для конкуренции и сохранения бизнеса.

Восстановление такой системы, основанной на общих объективных требованиях к результату строительства, отвечающей требованиям технического регламента, — условие выживания и основа для дальнейшего развития. Причем для решения этой задачи получение разрешения от государственных регуляторов необязательно.

Перед иностранными компаниями, рассматривающими возможности работы на нашем рынке, стоит выбор — или спекулировать на искусственных противоречиях, рискуя своими перспективами и репутацией, или действовать по тем же основным правилам, что и у себя дома. На сегодняшний день именно в знании этих правил и умении выполнять их на практике видится конкурентное преимущество зарубежных подрядчиков. ■

11 × ТПМК

Расширение Московского метрополитена до 2020 года. Заказчик, стройподрядчики, 11 щитов с грунтопригрузом и 1 щит с гидропригрузом фирмы Herrenknecht совместно расширяют систему метрополитена экстра-класса. Дух коллективизма и мощность ТПМК при строительстве более чем 160 км новых линий метро.

ПОЛНАЯ ПОДДЕРЖКА

с 1999года представительство Herrenknecht в Москве: - **Сервисное обслуживание, сопровождение проходки.**

ЛУЧШИЙ ВЫБОР

Проверено более чем в 460 метро-проектах по всему миру. Метростроители Лондона, Нью-Йорка, Москвы, Шанхая доверяют тоннелепроходческой технике Herrenknecht.

ПЕРЕДОВЫЕ ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

HERRENKNECHT
Tunnelling Systems

ООО «Херренкнехт тоннельсервис» 115432, Россия, Москва,
пр-кт Андропова д.18, корп.6, Тел.: +7 (495) 641 75 46, E-mail: info@herrenknecht.ru
› **www.herrenknecht.com**

15 УПРАВЛЕНИЕ

192102, Санкт-Петербург, ул. Фучика, д. 4, лит. К
Тел./факс: (812) 640-89-90