

Журнал

Тоннельной ассоциации России, входит в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ)

Председатель редакционной коллегии

К. Н. Матвеев, председатель правления ТАР

Зам. председателя редакционной коллегии

И. Я. Дорман, доктор техн. наук

Ответственный секретарь

С. В. Мазин, доктор техн. наук, зам. руководителя Исполнительной дирекции

Редакционная коллегия

В. В. Адушкин, академик РАН
В. Н. Александров
М. Ю. Беленький
А. Ю. Бочкарев, канд. экон. наук
В. В. Внутских
С. А. Жуков
Б. А. Картозия, доктор техн. наук
Е. Н. Курбацкий, доктор техн. наук
М. О. Лебедев, канд. техн. наук
И. В. Маковский, канд. техн. наук
Ю. Н. Малышев, академик РАН
В. Е. Меркин, доктор техн. наук
А. Ю. Старков
Б. И. Федунец, доктор техн. наук
Т. В. Шепитько, доктор техн. наук
Ш. К. Эфендиев

Тоннельная ассоциация России

тел.: (495) 608-8032, 608-8172
факс: (495) 607-3276
www.rus-tar.ru
e-mail: info@rus-tar.ru

Издатель

ООО «Метро и тоннели»

тел./факс: +7 (495) 981-80-71
127521, Москва,
ул. Октябрьская, д. 80, стр. 3,
оф. 4206
e-mail: metrotunnels@gmail.com

Генеральный директор

О. С. Власов

Журнал зарегистрирован
Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов
журнала только с письменного
разрешения издательства
© ООО «Метро и тоннели», 2020

30 лет Тоннельной ассоциации России

Поздравления членам ТАР	2
Мировое тоннелестроение	11
М. Ю. Беленький	
Дело наше живет и развивается	12
В. А. Александров	
ТАР сегодня – это штаб отечественного «метро-тоннелестроения»	14
И. Я. Дорман	
Ленметрогипротранс – 30 лет в Тоннельной ассоциации России	16
К. П. Безродный, М.О. Лебедев	
30 лет сотрудничества	24
В. Д. Агеев, Л. В. Маковский, В. В. Кравченко	
Научно-практическая деятельность кафедры тоннелей и метрополитенов ПГУПС	26
В. Н. Кавказский, Ю. С. Фролов	
В Российском университете транспорта сохраняются традиции	32
Т. В. Шепитько	
Тоннельная наука живет и развивается	35
В. А. Гарбер	
Кафедра строительства подземных сооружений и горных предприятий Горного института НИТУ «МИСиС» – колыбель современного тоннелестроения	36
Е. Ю. Куликова	
Строительство метро	
Ответственность в масштабах	38
С. А. Жуков	
Работа предстоит большая, ответственная, и мы к ней готовы!	40
М. Е. Донис, М. В. Володин	
ВИМ-технологии для тоннелей	
ВИМ в инженерии транспортного строительства ФРГ на примере тоннеля Раштатт	43
Л. Черна Выдрова, П. Ружичка	
Уникальный проект	
Возвращение в Россию	49
Д. Уиллис	
Модернизация Владивостокского тоннеля (тоннель им. тов. Сталина) Дальневосточной железной дороги – новый подход к реконструкции подземных сооружений	53
М. Ю. Беленький, Г. П. Перервенко, Д. Н. Чумаченко, И. В. Александров, Ю. Е. Прокаев, М. И. Анциферов	
Проект Мосметростроя признан лучшим в мире	56



СОДЕРЖАНИЕ





Членам Тоннельной ассоциации России

Дорогие друзья!

Поздравляю вас с 30-летием Тоннельной ассоциации России. Рациональное и эффективное использование подземной части города – одна из важных задач гармоничного развития современных мегаполисов. Москва является лидером этого процесса в нашей стране, демонстрируя высокий уровень инженерного проектирования и технологий. Строительство каждого крупного объекта в столице предусматривает активное освоение находящегося под ним подземного пространства. Создаются сложнейшие гидротехнические сооружения, прокладываются современные коммуникации: водопровод, канализация, сети тепло- и газоснабжения, водостоки, электрические и коммуникационные кабели. Под землей строятся сооружения и тоннели метрополитена – в последние годы объемы и темпы метростроения в Москве являются беспрецедентными. Подземная часть столицы несет на себе огромные нагрузки и поэтому должна быть такой же надежной и совершенной, как и её надземная часть. Любое строительство в этой области требует высочайшей квалификации проектировщиков, инженеров и рабочих, применения самых современных отечественных и мировых разработок. Большую роль в решении этих задач играет Тоннельная ассоциация России – авторитетная организация профессионалов, способствующая интеграции и внедрению передовых методик, техники и технологий подземного строительства. Желаю вам, дорогие друзья, благополучия, новых интересных проектов и больших успехов в созидательном труде.

***Мэр Москвы
С. С. Собянин***



Уважаемые коллеги!

От всего сердца поздравляю организации и специалистов по исследованию, проектированию, строительству и эксплуатации метрополитенов, тоннелей, других подземных сооружений, всех тех, кто занимается созданием и изготовлением тоннелепроходческой техники и технологий с 30-летним юбилеем Тоннельной ассоциации России!

Современное строительство невозможно без рационального и эффективного освоения и использования подземного пространства. В первую очередь это касается мегаполисов. Степень освоения подземного пространства во многом характеризует уровень развития города.

На протяжении последних десятилетий Москва была и остается несомненным российским лидером в освоении подземного пространства. В столице строятся десятки километров новых линий метро, тоннели, транспортные сооружения, подземные торговые центры, паркинги, прокладываются сотни километров инженерных коммуникаций. В условиях колоссальной нагрузки на подземную часть города, современные развязки подземных коммуникаций не менее сложны и высокотехнологичны, чем наземные.

Успешное решение задач подземного строительства требует высокого уровня мобилизации интеллектуального и производственного потенциала, широкого внедрения и распространения передового отечественного и зарубежного опыта проектирования, строительства и эксплуатации таких сооружений. В решение этих и многих других актуальных вопросов весомый вклад вносит Тоннельная ассоциация России.

От всей души желаю всем организациям, входящим в Тоннельную ассоциацию России, активного развития и процветания, а всем специалистам – крепкого здоровья и новых успехов в их интересной и очень нужной людям работе.

***Заместитель мэра Москвы в правительстве Москвы
по вопросам градостроительной политики и строительства
А. Ю. Бочкарев***



Дорогие друзья!

В 2020 г. Тоннельная ассоциация России отмечает свое 30-летие. Это хороший повод оценить пройденный путь, вспомнить о наиболее заметных проектах, наметить задачи на будущее.

Создание ТАР на рубеже разных эпох явилось насущной необходимостью, важным вкладом в дело развития новых производственных отношений в строительстве. В эти трудные для всей страны времена была создана команда единомышленников-тоннельщиков, обеспечившая сохранение кадрового состава в организациях, стабильность деловых связей между предприятиями отрасли, взявшая на себя функции проводника научно-технического прогресса в подземном строительстве.

Являясь объединением высококвалифицированных профессионалов своего дела, ассоциация активно участвует в разработке перспективных направлений технического перевооружения подземного строительства, содействует развитию эффективных творческих связей между специалистами научных, проектных и строительных организаций, помогает входящим в ассоциацию организациям устанавливать научно-технические связи со специалистами и фирмами зарубежных стран. При этом мы всегда открыты для продвижения самых неожиданных идей и проектов в области освоения подземного пространства и готовы всемерно способствовать их реализации.

Хотел бы поблагодарить метро- и тоннелестроителей России за их благородный труд, плоды которого преобразуют в лучшую сторону мир, в котором мы живем. Поздравляю всех вас со знаменательной датой и желаю дальнейших профессиональных успехов, здоровья и личного счастья!

***Председатель правления Тоннельной ассоциации России
К. Н. Матвеев***



Международная тоннельная ассоциация по освоению подземного пространства поздравляет Тоннельную ассоциацию России с 30-летием. История строительного комплекса в России характеризуется многочисленными достижениями в области освоения подземного пространства. Тоннельная ассоциация России является надежным партнером Международной тоннельной ассоциации, и мы рассчитываем на дальнейшее плодотворное сотрудничество. Мы желаем вам успехов в ваших будущих начинаниях и благополучия.

*Президент Международной тоннельной ассоциации 2019–2022 гг.
Дженни Ян*

*Исполнительный директор Международной тоннельной ассоциации
Оливер Вион*



Уважаемые коллеги!

От себя лично и от АО «Мосинжпроект» сердечно поздравляю вас с 30-летием Тоннельной ассоциации России! Подземные инженерные сооружения всегда играли ключевую роль в градостроительном развитии и строительстве. В условиях быстроразвивающегося мегаполиса сооружение тоннелей позволяет максимально эффективно использовать городскую ткань и реализовывать самые сложные проекты с минимальным воздействием на существующую застройку. Важность возведения тоннелей в Москве сегодня особенно возрастает, учитывая беспрецедентную программу строительства метрополитена, реализуемую в городе. А ведь не менее важными для городского развития остаются и дорожные, и инфраструктурные тоннели. Тоннельная ассоциация России играет важнейшую роль в процессе проектирования и строительства подземных сооружений. Являясь оператором строительства метрополитена, АО «Мосинжпроект» регулярно привлекает экспертов ассоциации к процессу строительства и проектирования. Надеюсь на дальнейшее плодотворное сотрудничество с ТАР и желаю организации развития, процветания и успешной работы на благо городов России.

*Генеральный директор АО «Мосинжпроект»
М. М. Газизуллин*



Уважаемые коллеги!

От имени многотысячного коллектива Московского метростроя примите наши самые искренние поздравления со знаменательной датой – 30-летним юбилеем Тоннельной ассоциации России!

У наших профессиональных организаций одна цель – укрепление и стабильное развитие строительной отрасли, и в частности тоннелестроения. Мы высоко ценим деятельность Тоннельной ассоциации России в формировании и поддержании долгосрочных партнерских взаимоотношений и перспективных инициатив в области освоения подземного пространства. Многолетний опыт, активная жизненная позиция и умение эффективно работать в сложных условиях руководства ТАР являются ориентиром для современного поколения строителей.

В этот торжественный день мы выражаем благодарность лично всей команде Тоннельной ассоциации за огромный труд и от всей души желаем крепкого здоровья, благополучия, профессиональных успехов и достижения всех намеченных целей на благо строительной отрасли нашей страны!

*Генеральный директор АО «Мосметрострой»
С. А. Жуков*



Уважаемые коллеги и сотрудники Тоннельной ассоциации России!

От руководства и всего коллектива ООО «ИБТ» примите наши искренние и сердечные поздравления с юбилеем!

30 лет – серьезная дата, которая свидетельствует об успешной работе организации и больших достижениях в метро- и тоннелестроении. Вы смогли выстроить гармоничные отношения, а главное эффективное взаимодействие высококвалифицированных специалистов в области исследования, проектирования, строительства и эксплуатации тоннелей и метрополитенов страны.

Благодаря мероприятиям, которые вы проводите, наше профессиональное сообщество может воплощать в реальность даже самые смелые проекты. Зачастую, те инженерно-технические решения, применяемые на объектах в Москве, которые мы вместе рассматриваем на научных конференциях, в последующем успешно используются и за рубежом.

Очень важно, что особое внимание эксперты Тоннельной ассоциации уделяют вопросам безопасности при строительстве и эксплуатации подземных сооружений. Нормативные документы, которые разрабатывают специалисты ТАР (ГОСТы, СНИПы, руководства, инструкции и т. д.) позволяют строить объекты метрополитена качественно и в срок.

Благодарим всех сотрудников Тоннельной ассоциации России за плодотворную совместную работу. Пусть 30-летний юбилей станет началом еще больших свершений! Процветания вам и дальнейших успехов в вашей масштабной деятельности!

*Председатель Совета директоров ООО «ИБТ»
В. В. Петрук*



Дорогие коллеги!

От лица бессменного члена Тоннельной ассоциации России со дня ее основания – проектно-изыскательского института АО «Метрогипротранс» – искренне приветствуем коллективы строительных, проектных, научных и учебных организаций в области подземного строительства и поздравляем со знаменательным юбилеем – 30-летием!

Именно наша ассоциация обеспечила поистине беспрецедентное развитие тоннельного дела в стране, что особенно ярко проявляется в столице нашей Родины Москве, где осуществляется грандиозная программа развития транспортной сети города, строительства новых линий метрополитена и транспортно-пересадочных узлов.

Главной заслугой ассоциации является аккумуляция научно-технического потенциала различных организаций в целях содействия разными формами и методами ускорению научно-технического прогресса, повышению эффективности и качества проектирования, строительства и эксплуатации тоннельных сооружений.

Год от года Тоннельная ассоциация России играет все более важную роль в постановке тоннельного дела в стране, прежде всего, как общественная организация научно-технического профиля в решении вопросов экспертиз проектов, мониторинга и координации строительно-монтажных работ.

Тоннельная ассоциация России активно участвует в деятельности мирового профессионального сообщества, и получила международное признание.

Сегодня Тоннельная ассоциация, объединяющая ученых и инженеров, работающих в транспортном, коммунальном и гидротехническом тоннелестроении, стала важным участником и организатором решения насущных задач подземного строительства.

***Председатель Совета директоров АО «Метрогипротранс»
В. М. Абрамсон***

***Президент АО «Метрогипротранс»
А. М. Земельман***



Уважаемые коллеги!

От всей души поздравляю Тоннельную ассоциацию России с юбилеем! Вот уже 30 лет Тоннельная ассоциация (ТАР) объединяет лучших профессионалов в области исследования, проектирования, строительства и эксплуатации тоннелей и метрополитенов. Для специалистов в области подземного строительства это эффективная площадка для дискуссии и обмена опытом. Организация вносит значительный вклад в развитие отечественного метро- и тоннелестроения. За последние десятилетия отрасль претерпела кардинальные изменения и осуществила полное техническое переоснащение. Внедрены эффективные технологии строительства подземных сооружений, прогрессивные и экономичные тоннельные конструкции, а также надежные спецметоды ведения работ, которые обеспечивают реализацию сложнейших инфраструктурных проектов в сжатые сроки с высокой степенью надежности. И это, во многом, заслуга ТАР. Тоннельная ассоциация России организует специализированные выставки и конференции, которые позволяют ее участникам поддерживать высокий профессиональный уровень. Организация выполняет большую научно-просветительскую работу по изучению и распространению информации о передовом отечественном и зарубежном опыте освоения подземного пространства. Эксперты Тоннельной ассоциации участвуют в разработке

нормативных документов, а также осуществляют научно-техническое сопровождение строительства сложных подземных сооружений. Сердечно поздравляю Тоннельную ассоциацию России с 30-летием! Желаю сотрудникам и участникам ТАР успехов, процветания и дальнейшей плодотворной работы на благо развития отрасли!

*Генеральный директор АО «Объединение «ИНГЕОКОМ»
И. А. Усольцев*



Уважаемые коллеги!

От лица АО «ТРАНСИНЖСТРОЙ» сердечно поздравляю руководство и всех членов Тоннельной ассоциации России с 30-летней годовщиной со дня основания вашей общероссийской общественной организации! С Юбилеем!

За тридцать лет с момента создания Тоннельной ассоциации её членами проделана огромная работа в области исследования, проектирования, строительства и эксплуатации тоннелей и метрополитенов; освоены новые методы строительства с применением передовых технологий; внесён значительный вклад в создание и изготовление тоннелепроходческой техники.

Во все времена работа строителей-тоннельщиков была и остаётся одной из самых востребованных и почитаемых, она требует глубоких профессиональных знаний и творческого подхода. Быть причастным к этой благородной профессии – большая честь и ответственность.

Благодаря работе Тоннельной ассоциации происходит распространение передового отечественного и зарубежного опыта проектирования, строительства и эксплуатации подземных сооружений среди членов ассоциации, что способствует повышению качества и безопасности производимых работ.

Выражаю признательность всем работникам Тоннельной ассоциации за их

чёткую, слаженную, добросовестную и очень важную работу. От всей души желаю вам крепкого здоровья, успешного развития и процветания!

*Генеральный директор АО «ТРАНСИНЖСТРОЙ»
О. В. Перфилов*

**Уважаемые коллеги!**

Наш институт и его сотрудники являются активными членами Тоннельной ассоциации России с самого начала ее создания и по сегодняшний день. Мы вместе под знаменем Тоннельной ассоциации прошли становление нашей метро- и тоннелестроительной отрасли после ликвидации Министерства транспортного строительства СССР. Ярким примером является окончание строительства Северомуйского тоннеля Байкало-Амурской железнодорожной магистрали в сложнейших инженерно-геологических и природно-климатических условиях, где мы многому научились. Потом были автодорожные и железнодорожные тоннели от Адлера до Красной Поляны (Альпика-Сервис) для транспортного обеспечения Олимпийских игр 2014 г., автодорожный обход г. Сочи, железнодорожные тоннели Туапсе – Адлер. И, конечно же, Петербургский метрополитен, где велика роль Тоннельной ассоциации. Так, на участке между станциями «Площадь Мужества» и «Лесная» были затоплены тоннели и прекращено движение в 1995 г., строительство новых тоннелей и сдача их в эксплуатацию в 2004 г. Много новых технических решений было разработано при проходке тоннелей метрополитена для сохранения исторических зданий Санкт-Петербурга. Такой творческий союз в лице Тоннельной ассоциации России объединяет метро- и тоннелестроителей, создает творческую атмосферу, единую нормативно-техническую политику, достойно представляет наших специалистов на международной арене. Мы, сотрудники ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс», поздравляем всех членов Тоннельной ассоциации России с 30-летием и желаем дальнейших успехов в деле метро- и тоннелестроения.

*Председатель бывшего Петербургского отделения ТАР, д. т. н.
Н. И. Кулагин*

*Генеральный директор ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»», к. т. н.
В. А. Маслак*



Уважаемые коллеги!

Тоннельная ассоциация России была образована в переломное время перехода к принципиально новым производственным отношениям как добровольное объединение предприятий в области проектирования, строительства и эксплуатации подземных сооружений. Необходимо было создать новые формы и методы управления в сфере тоннеле- и метростроения, то есть сохранить здесь преемственность традиций и в то же время наработать такие производственные нормы, связи и меры, которые позволили бы успешно двигаться вперед.

Сегодня, по прошествии 30 лет со дня создания ТАР, мы ясно видим, что поставленные задачи успешно решены. Тоннельная ассоциация России принимает активное участие в совершенствовании нормативно-правовой базы, организует горизонтальные и вертикальные связи между предприятиями разного профиля, поддерживает научно-технический прогресс в отрасли через интеграцию науки и практики, обобщение и внедрение передового опыта, проведение политики открытости для международных отношений.

Незаменима роль ассоциации при подготовке кадров специалистов-тоннельщиков, научном сопровождении строительных проектов и их инспектировании, информационном обеспечении своих членов, проведении негосударственных экспертиз проектов строительства различных подземных сооружений и тоннелей, консультаций по

научно-техническим и экономическим вопросам, организации различных деловых встреч, включая международные.

В Азербайджане чрезвычайно ценят опыт совместного с российскими специалистами метростроения и стремятся к всяческому поддержанию тесных производственных, научно-технических и творческих отношений, о чем свидетельствует вступление в 1996 г. Азербайджанского объединения тоннелестроителей в ТАР в качестве коллективного равноправного члена.

Уважаемые коллеги! Разрешите поблагодарить вас за долготейшее плодотворное сотрудничество, поздравить со знаменательным юбилеем, пожелать успешного продолжения вашей полезной и необходимой профессиональной деятельности, а также всем российским тоннелестроителям передать пожелания здоровья, успехов и личного счастья!

*Председатель правления Объединения
тоннелестроителей Азербайджана
Ш. К. Эфендиев*



Уважаемые коллеги!

В современном мире все большее значение получают процессы, связанные с освоением подземного пространства. При этом вопросы коммуникаций продолжают играть первостепенную роль, поскольку создание развитых метрополитенов в городах или протяженных тоннелей в обход водных и горных препятствий позволяет более эффективно решать транспортные проблемы, нежели с помощью наземных путей сообщения.

Это становится возможным благодаря научно-техническому прогрессу в области тоннеле- и метростроения, использованию новых методов прокладки подземных сооружений в сложных геологических и урбанистических условиях.

Деятельность Тоннельной ассоциации России являет собой образец передовых подходов по функционированию и развитию тоннелестроения как комплексной строительной отрасли, так и с использованием для этого правовых, организационных, научно-технических, экономических, информационных и других методов управления. Особо следует подчеркнуть интернациональные аспекты деятельности ТАР как члена Международной тоннельной ассоциации, а также ее постоянное стремление к поддержанию прямых двусторонних и многосторонних контактов с профильными ассоциациями и компаниями из разных стран. Обмен опытом и работа в рамках

транснациональных бизнес отношений выводит проекты в область освоения подземного пространства на принципиально новый, инновационный уровень.

Поздравляем наших российских коллег с 30-летием и желаем эффективной работы, экономического процветания и реализации все новых, самых пока несбыточных проектов.

*Председатель правления Тоннельной ассоциации Беларуси
В. В. Чеканов*

МИРОВОЕ ТОННЕЛЕСТРОЕНИЕ



М. Ю. Беленький, заместитель генерального директора АО «Московский метрострой», заместитель председателя правления Тоннельной ассоциации России

В последние десятилетия наблюдается интенсивное развитие транспортного тоннелестроения, обусловленное расширением сети магистральных дорог, увеличением объемов пассажирских и грузовых перевозок, дальнейшим совершенствованием транспортной инфраструктуры.

Сегодня развитие современных мегаполисов невозможно представить без освоения подземного пространства. Территорий на поверхности становится все меньше для реализации инфраструктурных транспортных проектов. Строительство транспортных артерий над поверхностью земли не всегда возможно с учетом градостроительной ситуации и экологических факторов.

Данная ситуация способствовала приоритетному развитию передовых технологий тоннелестроения, которые в настоящее время объективно стали конкурентоспособными в сравнении с активно используемыми технологиями мостостроения. Кроме того, сегодня для решения проблем мегаполисов повсеместно применяются технологии прокладки городских коммуникаций методом микротоннелирования без вскрытия поверхности, а также размещения под землей автомобильных парковок, торговых центров и других объектов в связи с дефицитом территории на поверхности земли. Это дает возможность обеспечить минимальное воздействие на окружающую среду, значительно сократить уровень шума и вредных выбросов и не ухудшить условия жизни горожан в зоне прохождения новых транспортных артерий и размещения объектов, расположенных под землей.

Не менее важную роль играет и прокладка новых автомобильных и железнодорожных линий междугородных сообщений на сложных участках трассы в тоннельном исполнении. Это часто позволяет значительно сократить протяженность трассы, время пере-

мещения между пунктами назначения и затрат на строительство.

Современные безопасные и эффективные технологии, высокопроизводительное оборудование и средства механизации, применяемые строительными компаниями, позволяют значительно повысить технический уровень подземного строительства и создавать подземные сооружения нового поколения во многих странах мира, включая Россию.

В последнее время достигнут значительный прогресс в науке и технике тоннелестроения. Ежегодно на основе результатов научных исследований появляются новые конструктивные и технологические решения, внедряются более совершенные механизмы и оборудование, развиваются прогрессивные приемы и методы ведения тоннелестроительных работ.

Многие достижения в области тоннельного строительства становятся возможными за счет использования наукоемких инновационных технологий в сочетании с использованием компьютерной техники, автоматизированных систем управления технологическими процессами.

Благодаря прогрессивным информационным технологиям создается единая база для необходимых инженерных решений при проектировании тоннелей на конкретных строительных площадках в любом регионе, в различных топографических, градостроительных и инженерно-геологических условиях. Наиболее эффективные решения и новации быстро становятся достоянием специалистов многих стран и реализуются на практике.

Таким образом, тоннелестроение становится наукоемкой индустриальной отраслью и характеризуется все более широким применением инновационных и адаптивных технологий на основе прогрессивных экономических конструкций и высокопроизводительных автоматизированных тоннелепроходческих комплексов, современных строительных материалов, рациональных методов организации работ, обеспечивающих высокие темпы строительства при соблюдении технической и экологической безопасности.

Значительная роль в развитии мировых достижений в области освоения подземного пространства принадлежит Мировой тоннельной ассоциации (ТА), основанной в

1974 г., в состав которой в настоящее время входят 78 стран мира.

Основными направлениями деятельности ТА являются:

- пропаганда использования подземного пространства в интересах общества, сохранения окружающей среды, устойчивого развития мегаполисов;
- продвижение достижений в области проектирования, строительства, обслуживания и безопасной эксплуатации тоннелей и других объектов использования подземного пространства;
- информирование о современных тенденциях освоения подземного пространства, передовых конструкциях, технологиях и строительных материалах;
- осуществление взаимодействия и обмен информацией между всеми участниками процесса: проектировщиками, учеными, строителями, производителями техники, оборудования, строительных материалов.

В век информационной открытости особую роль играет взаимодействие с общественностью, информирование о преимуществах проектов подземного строительства, позволяющих повысить качество жизни в крупных городах.

Все это дает возможность применять современные передовые решения в области тоннелестроения, в том числе и в России.

В рабочих группах Мировой тоннельной ассоциации, в деятельности которых принимают участие российские специалисты, разрабатывается большое количество нормативной документации, которая может также адаптироваться и использоваться в работе российских компаний, специализирующихся в области подземного строительства. Это на сегодня является приоритетным направлением деятельности Тоннельной ассоциации России.

Российские делегации регулярно участвуют в ежегодных мировых тоннельных конгрессах, на которых делаются доклады с российской стороны, пропагандирующие достижения российского тоннельного сообщества.

По результатам участия в тоннельных конгрессах публикуются отчеты в журнале «Метро и тоннели», который издаётся Тоннельной ассоциацией России.

ДЕЛО НАШЕ ЖИВЕТ И РАЗВИВАЕТСЯ (ИНТЕРВЬЮ К 30-ЛЕТИЮ ТОННЕЛЬНОЙ АССОЦИАЦИИ РОССИИ)



В. А. Александров, почетный гражданин Санкт-Петербурга, академик Академии транспорта, председатель Комитета по освоению подземного пространства НОСТРОЙ, генеральный директор ОАО «Метрострой» с 1991 по 2017 г.

– Вадим Николаевич, Вы являетесь одним из создателей Тоннельной ассоциации России. Как все началось?

– Основным инициатором создания Тоннельной ассоциации России (ТАР), конечно, был Сергей Николаевич Власов. Мы всегда с глубоким уважением относились к нему, поэтому в 1990 г. не просто поддержали такую инициативу, но и активно участвовали в развитии этого дела. Надо сказать, что помимо Ленметростроя поддержал эту идею и институт «Ленметрогипротранс» в лице Николая Ивановича Кулагина.

С. Н. Власов очень любил наш город, часто бывал здесь. Ленметрострой всегда был уважаемой организацией, и мы не раз принимали заседания ТАР у себя, в Ленинграде, потом в Санкт-Петербурге. Изначально была даже идея создать ТАР именно в Ленинграде. Но министерство транспортного строительства поставило условие: только в Москве.

Для освоения подземного пространства в России, в том числе в Санкт-Петербурге, к сожалению, сделано крайне мало – это факт. Хотя потребность очень большая. И если этим вопросом не заниматься уже сегодня, то будет тупик.

Мне лично тоннелестроение всегда было интересно как специалисту. Область подземного строительства вдохновляла имеющимися перспективами, а идея освободить улицы и набережные нашего города для пешеходов, опустить транспорт под землю – до сих пор будоражит и заставляет двигаться вперед.

Основной задачей ТАР и тогда и сейчас, я считаю, является освоение подземного пространства за счет объединения людей, опыта и знаний специалистов со всей России. Тоннельная ассоциация – это, прежде всего, группа единомышленников. За каждым ее членом стоит большое количество специалистов, целые организации. Благодаря такому содружеству происходил и происходит обмен опытом, совместно решаются общетраслевые задачи.

В частности, к опыту Метростроя не раз обращались специалисты из других городов и стран. Мы направляли своих сотрудников на всероссийские стройки, в том числе на строительство БАМа, консультировали очень много. Когда мы строили двухъярусную одноводчатую станцию «Спортивная», многие приезжали и интересовались, как реализуется этот проект. Ведь такого никто в мире никогда не делал, чтобы четыре тоннеля соединить в объеме одной станции на глубине 60 м. А мы сделали. Тогда даже Сергей Николаевич Власов с опаской относился к этому проекту. Но благодаря тому, что у нас была команда единомышленников, при поддержке Кулагина Николая Ивановича, главного инженера Метростроя Филонова Юрия Александровича – все получилось. Опыт преодоления разрыва между станциями «Лесная» и «Площадь Мужества» также был интересен нашим коллегам по российскому тоннельному сообществу. И во многом благодаря этому опыту, в России произошел определенный рывок в области использования тоннелепроходческого оборудования. Потому что мы впервые использовали зарубежный тоннелепроходческий механизированный комплекс с гидропригрузом.

– Тоннельная ассоциация России является членом Всемирной тоннельной ассоциации. Как строятся взаимоотношения? Что удалось привести в отечественное тоннелестроение?

– Мир зарубежного общения открыла для российских специалистов именно Тоннельная ассоциация России. Очень долгое время, весь советский период, данная отрасль была предоставлена сама себе. Обмен знаниями и опытом шел только внутри страны. Но благодаря ТАР, занавес был поднят, мы начали ездить, знакомиться с зарубежными технологиями, оборудованием. И, конечно, все поездки, которые были, оставляли сильное впечатление. Потом были и совместные проекты. Мы, например, в Венгрии долгое время работали, большое участие приняли в проектировании Будапештского метрополитена.

Но, к сожалению, со сменой СССР на РСФСР отношения испортились. И несмотря на то, что ко мне и к Ленметрострою, к Кулагину Николаю Ивановичу и Ленметрогипротрансу относились прекрасно, сотрудничество прервалось. Обидно, ведь работа была проделана большая. Мы с Кулагиным тогда весь Будапешт обошли, каждый вестибюль наметили. Был даже проект строительства станции под Дунаем.

Что касается взаимоотношений Метростроев, работающих в разных городах и входящих в ТАР, то они всегда были дружескими и уважительными. Мы делились опытом, обучали своих коллег из других городов. Общими усилиями обеспечивали технический и технологический прогресс в области освоения подземного пространства. 30 лет назад уровень механизации, применяемых технологий базировался в основном на том, что знали и умели именно в нашей стране. Но с падением железного занавеса нам стал доступен зарубежный опыт, и на его фоне отечественное тоннелестроение, конечно, значительно отставало. Для того чтобы вывести нас на мировой уровень, нужно было проделать огромную работу. И она была проделана. В частности, сегодня российские производители начали делать свое горнопроходческое оборудование. Например, мы совместно со Скуратовским опытно-экспериментальным заводом (г. Тула) разработали и уже успешно применяем тоннелепроходческий комплекс для тоннелей диаметром 5,6 м, стволопроходческую машину. Есть наработки по комплексу для прокладки подземных пешеходных переходов механизированным способом. Конечно, полностью отказаться от иностранной техники мы не можем. Но любое иностранное оборудование, так или иначе, требует доработок под наши условия. И это делают именно российские специалисты.

– Как бы Вы оценили технологический прогресс, который произошел в тоннелестроении за 30 лет?

– Из знаковых, прорывных технологий можно отметить внедрение технологии проходки наклонных ходов с помощью механизированных щитов. И Петербург, и Москва уже имеют опыт сооружения таких тоннелей. В Петербурге благодаря этой технологии удалось соорудить наклонный ход длиной 120 м для станции «Адмиралтейская», которая не имела выхода на поверхность долгие 14 лет. Дело в том, что станция располагается в самом центре города. И для строительства вестибюля требовался снос как минимум четырех исторических зданий. Технология механизированной проходки наклонного хода позволила избежать этого. Было снесено только одно здание, которое впоследствии восстановили, и в нем разместили вестибюль. Еще одна наработка – сооружение щитами большого диаметра двухпутных тоннелей метрополитена. Первый такой тоннель построили в Петербурге. Сейчас эта техноло-

гия активно применяется и в Москве. Механизация имеет большое значение в сфере освоения подземного пространства. Минимизация ручного труда, облегчение труда проходчика всегда было основной задачей руководителей. По крайней мере, я все те годы, что работал в Метрострое, стремился к этому.

Если говорить не только о метростроении, то, конечно, важно упомянуть такой объект, как автомобильный тоннель в составе Комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений. Протяженность тоннеля составляет почти 2 км, большая часть которого залегает под акваторией Финского залива. Этот тоннель проходит под главными морскими воротами Санкт-Петербурга – судопропускным сооружением С-1, через который крупнотоннажные суда попадают из Финского залива в городской порт и обратно. Строительство тоннеля и самого судопропускного сооружения с плавающими затворами, позволяющими сдерживать нагонную волну и избежать наводнений в Петербурге, – это уникальный международный проект, принять участие в котором было и интересно, и почетно для нас.

Возвращаясь к истории нашей отрасли, надо обязательно упомянуть о тех изменениях, которые произошли в 1990-е годы. Было упразднено министерство и вместе с ним ушло централизованное, плановое управление отраслью. Каждый регион был предоставлен сам себе. В том числе и в таком важном вопросе, как финансирование. Оно стало полностью региональным. В этом я вижу большую ошибку. Потому что если Москва и Санкт-Петербург еще могут себе позволить метрополитен, то другие российские города вынуждены полностью заморозить развитие подземного пассажирского транспорта. Это, в свою очередь, наложило отпечаток и на развитие смежных отраслей: промышленного производства, производства стройматериалов, оборудования. В 1941 г., когда в Ленинграде началось строительство метрополитена, на эту стройку работали все регионы: кто-то поставлял лес, кто-то металл, работали заводы по производству оборудования, машин и механизмов. Также снабжались и стройки метро в других городах. Это была государственная задача. Сейчас обеспечение строительства – это головная боль генподрядчика и ничья больше. В такой сложной, энергоемкой и узкоспециализированной отрасли, как метростроение, должно быть если не госрегулирование, то общеотраслевое саморегулирование с аналогичными полномочиями. В этом мне видится сегодняшняя основная задача содружества российских тоннельщиков.

В заключение я хотел бы отметить, что за последние годы отрасль подземного строительства заметно омолодилась. Тоннелестроение по-прежнему интересно молодым специалистам, которые пополняют специализированные вузы и после них приходят трудиться в наши организации. Это значит, что дело наше живет и развивается.



ТАР СЕГОДНЯ – ЭТО ШТАБ ОТЕЧЕСТВЕННОГО «МЕТРО-ТОННЕЛЕСТРОЕНИЯ»



И. Я. Дорман, член правления ТАР со дня основания, заместитель генерального директора – вице-президент по научной работе АО «Метрогипротранс», заместитель главного редактора журнала «Метро и тоннели», академик РАЕН, доктор технических наук, проф.

Один из знаменательных эпизодов деятельности ТАР в области технического прогресса в метро-тоннелестроении

В этом году у меня, как и у Тоннельной ассоциации России, тоже юбилей, но по срокам в два раза больший – 60 лет окончания факультета мостов и тоннелей МИИТа и начала трудовой деятельности по специальности «метро-тоннелестроение». Трудовые вехи – Московский метрострой (7 лет), Отделение тоннелей и метрополитенов ЦНИИС (25 лет), Объединенная дирекция строящихся метрополитенов СНГ (2 года), проектно-изыскательские институты – ГУП «Мосинжпроект» (16 лет) и АО «Метрогипротранс» (10 лет).

Первые 30 лет моей деятельности отраслью «метро-тоннелестроение» руководило Министерство транспортного строительства СССР, а последующие 30 лет (после развала СССР) профессиональную потребность большинства различных тоннельных организаций в научно-технической области объединила на добровольной основе Тоннельная ассоциация России, созданная выдающимися Инженерами в области подземного строительства (да, именно с большой буквы) О. Н. Макаровым и С. Н. Власовым.

Создание Тоннельной ассоциации России позволило сохранить преемственность технической политики в отрасли и объединить кадры производственников, проектировщиков и ученых этой чрезвычайно сложной и ответственной подземной сферы деятельности. По существу, ТАР сегодня – это штаб отечественного «метро-тоннелестроения».

Как известно, в любой организации, при ежедневной, в общем рутинной, в хорошем смысле этого слова, работе, имеются яркие вехи, являющие маяками, этапами в деятельности.

К 30-летию юбилею ТАР хотелось бы вспомнить и напомнить коллегам (а специалисты до 40 лет, наверное, и не знают) об одном из эпизодов такой творческой деятельности ТАР, явившимся, по существу, началом широкого внедрения тоннелепроходческих механизированных комплексов (ТПМК) в строительстве метрополитенов в нашей стране.

Итак, в 1997 г. по приглашению фирмы «Херренкнехт» (ФРГ) группа специалистов ТАР в составе членов правления и президиума С. Ф. Панкиной, И. Я. Дормана, Ю. М. Самохвалова (Мосинжпроект), В. Е. Меркина, В. М. Ауэрбаха (ЦНИИС), В. П. Самойлова (НИИОСП) ознакомилась по приглашению германской стороны в

г. Гамбург с работой ТПМК большого диаметра, а на заводе в г. Швану – с технологией изготовления подобных машин различного диаметра для строительства автодорожных тоннелей и тоннелей метрополитена.

Помимо плодотворной технической работы и переговоров, хочу привести один штрих поездки.

Нас приятно поразило, что перед тем, как спуститься через шахтный ствол к месту работы огромного, по размерам с пятиэтажный дом ТПМК диаметром более 14 м, соорудившему автодорожный тоннель под р. Эльба в Гамбурге, руководство стройки предложило членам делегации ТАР переодеться в рабочую одежду, представляю-

Рис. 1





Рис. 2



Рис. 3

щую собой белоснежные(!?) комбинезоны, прежде никогда не встречавшиеся у нас в подземной практике.

На рис. 1 ваш покорный слуга совместно с нынешним директором НИЦ Тоннельной ассоциации, моим коллегой и товарищем по МИИТу, ЦНИИСу и всей последующей 60-летней профессиональной деятельности в отрасли проф. В. Е. Меркиным в белоснежной спецодежде перед спуском в шахту.

По возвращении в Россию по рекомендациям делегации ТАР правительством Москвы было подписано соглашение с фирмой «Херренкнехт» о поставке подобных комплексов различного диаметра для строительства Лефортовского и Серебряноборских автодорожных тоннелей и тоннелей метрополитена в Москве.

Этот визит положил начало широкому внедрению, особенно в последнее десятилетие, под эгидой Департамента строительства Москвы и АО «Мосинжпроект» ТПМК различных диаметров для строительства метрополитена в Москве, где ТАР успешно осуществляет научное сопровождение по поручению правительства Москвы и АО «Мосинжпроект».

О роли Тоннельной ассоциации России в деле пропаганды научно-технического прогресса в отрасли

С начала строительства метрополитена в Москве на основании Постановления Пленума ЦК ВКП(б) от 15 июня 1931 г. о немедленном начале подготовительных работ по сооружению метрополитена в Москве, с 1932 г. начал издаваться журнал «Метрострой» как научно-технический и производственно-экономический печатный орган «государственного ударного

строительства Московского метрополитена при президиуме Моссовета».

В предисловии первого номера журнала были изложены основные цели его издания: «Журнал должен быть орудием в руках партийной и общественных организаций строительства метрополитена, помогающим выявлять, правильно освещать и разрешать все научно-технические и организационные проблемы, связанные с сооружением метрополитена.

Попутно журнал должен ознакомить всех работников строительства с лучшими достижениями иностранного опыта для того, чтобы использовать эти достижения на нашей стройке.

Наряду с освещением научно-технических задач, журнал должен следить за всем ходом работ, выявляя слабые места, прорывы, содействуя преодолению всех трудностей на пути строительства.

Само собой разумеется, что эти задачи журнал в состоянии решать только при условии неослабной поддержки всего коллектива работников, при активном участии всех научно-технических сил, которым выпала на долю великая честь – строить первый метрополитен в Союзе».

На рис. 2 изображена первая страница первого номера журнала.

Журнал издавался ежегодно с перерывом на военные годы. Всего на сегодняшний день выпущено более 500 номеров журнала, содержащих более пяти с половиной тысяч статей!

Он, по существу, стал энциклопедией знаний, опыта особенно для молодых специалистов.

Руководители созданной Тоннельной ассоциации прекрасно понимали роль журнала в освещении опыта проектирования и строительства метрополитена и тоннелей,

поскольку учебники и отдельные книжные публикации появляются нечасто, страдают академизмом, а журнал, по существу, в режиме реального времени оперативно обязан информировать инженерную общественность обо всем новом, что постоянно появляется в отрасли.

Именно поэтому со дня основания Тоннельной ассоциации России журнал стал официальным печатным органом Тоннельной организации и обрел нынешнее название «Метро и тоннели».

Журнал пользуется высоким авторитетом благодаря участию в работе редакционной коллегии выдающихся представителей тоннельной науки и практики. В настоящее время в состав редакционной коллегии входят академики РАН, доктора и кандидаты технических и экономических наук, руководители крупнейших строительных и проектных организаций отрасли. Состав редакционной коллегии в настоящее время насчитывает 19 человек.

За тридцать лет функционирования ТАР выпущено более 160 номеров журнала, в том числе отдельных выпусков без номеров, посвященных юбилеям Метростроев и проектных организаций.

Сегодня на страницах журнала (рис. 3) находят отражение проблемы комплексного освоения подземного пространства и новости подземного строительства, публикуются материалы о значимых событиях в жизни организаций, занимающихся подземным строительством, о применении новых технологий, конструкций, материалов и оборудования при сооружении подземных объектов, рассматриваются вопросы организации научного сопровождения и обеспечения безопасности при строительстве и эксплуатации этих объектов.

ЛЕНМЕТРОГИПРОТРАНС – 30 ЛЕТ В ТОННЕЛЬНОЙ АССОЦИАЦИИ РОССИИ



К. П. Безродный, д. т. н., ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»
М. О. Лебедев, к. т. н., ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»

Так получилось, что создание Тоннельной ассоциации России совпало с ликвидацией Союза Советских Социалистических Республик (СССР) и правительства СССР, в составе которого было Министерство транспортного строительства. В подчинении этого министерства были все научные, проектные и строительные организа-

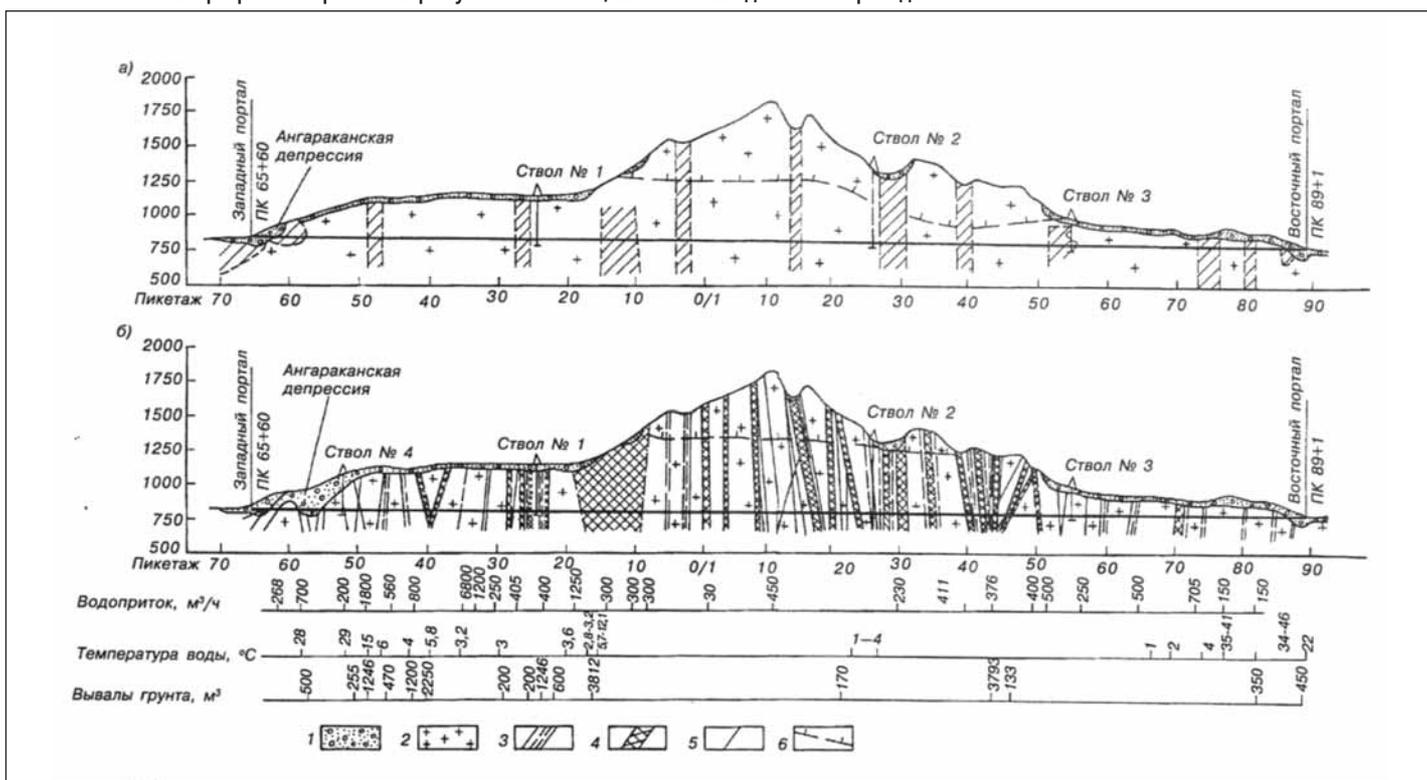
ции, занимающиеся строительством тоннелей и метрополитенов. Такое дальновидное решение, у истоков которого стояли О. Н. Макаров и С. Н. Власов, было поддержано всеми метро- и тоннелестроителями России.

Пожалуй, первым и самым важным объектом Тоннельной ассоциации стали тоннели Байкало-Амурской железнодорожной магис-

трали. Генеральным проектировщиком этих тоннелей был Ленметрогипротранс, а генеральным подрядчиком по строительству – Бамтоннельстрой.

Большая удаленность (несколько сотен километров) от транспортных магистралей, горный рельеф по трассе тоннелей, сложнейшие инженерно-геологические и

Рис. 1. Геологические разрезы по трассе Северомуйского тоннеля, выполненные до и после проходки



гидрогеологические условия не позволяли на стадии изысканий дать полную информацию по условиям сооружения тоннелей (рис. 1). Поэтому было очень важным разработать методы, позволяющие уточнить инженерно-геологические и гидрогеологические условия впереди забоя тоннеля, для выбора оптимальных технологий сооружения тоннелей.

Были разработаны на уровне изобретений два геофизических метода. Один основан на регистрации естественных импульсов электромагнитного поля Земли (ЕИЭМПЗ). Было получено, что при проходке тоннеля, когда зона концентрации напряжений в массиве (зона опорного давления) попадает в предразломную зону, электромагнитная эмиссия (ЭМИ) увеличивается, затем, при продвижении забоя, когда зона опорного давления попадает в разлом (зона дезинтеграции грунтов) ЭМИ падает (рис. 2) [1]. Второй метод – это сверхширокополосная (СШП) георадиолокация. С помощью этого метода определяли положение, размер тектонических разломов, в частности в 4-й тектонической зоне Северомуйского тоннеля [2].

Конечно, к таким сложным инженерно-геологическим и гидрогеологическим условиям, как на Северомуйском тоннеле, наша тоннелестроительная отрасль была не готова. Не было нормативно-технических документов. Поэтому решения приходилось принимать по ходу возникновения проблемы. Для ускорения принятия решений приказами Министра путей сообщений СССР и Министра транспортного строительства СССР был создан на месте строительства временный научно-технический коллектив (ВНТК). Руководителем ВНТК был начальник Бамтоннельстроя В. А. Бессолов, заместителем по строительству – главный инженер Бамтоннельстроя, по проектированию – начальник Бамтоннельпроекта, по научно-исследовательским работам – начальник филиала (лаборатории) ЦНИИС, заместителем от заказчика – начальник Северобайкальской группы заказчика.

ВНТК было дано право на месте строительства принимать решения по технологии проходки, финансовому обеспечению, разработке необходимой проектной и нормативно-технической документации.

Основные препятствия представляли зоны тектонических разломов, сложенные дезинтегрированными до песка и глины грунтами при гидростатическом давлении до 5 МПа. Причем из 15,3 км длины Северомуйского тоннеля зоны разломов занимали 2,6 км.

Непосредственно на строительстве тоннеля разработкой технологии закрепления грунтов разломов занимались фирмы и организации: «Солетанш» Франция, «Кокен Боринг» Япония, «Спецтампонажгеология» ССР Украина, институт химии высокомолекулярных соединений (ИХВС) АНУССР, «Ленметрогипротранс», ЦНИИС. Солетанш использовал технологию манжетных колонн, гидроразрыв и фильтрационную пропитку, Кокен-Бо-

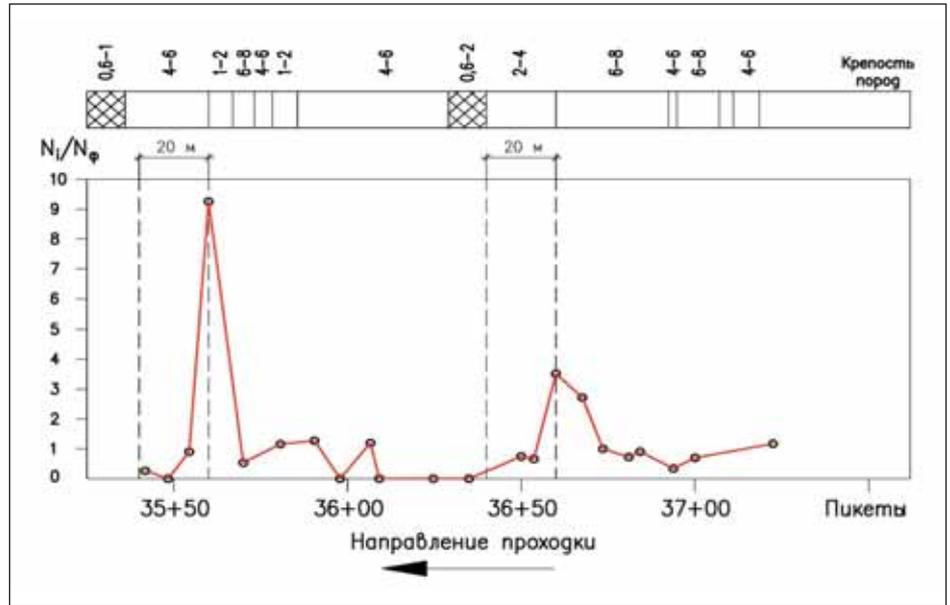


Рис. 2. Опережающая разведка методом регистрации ЕИЭМПЗ в забое ТРДШ Северомуйского тоннеля

ринг – прямое инъецирование наступающими заходками для создания армированного прожилками раствора грунта. В обоих случаях применяли растворы на основе цемента. Спецтампонажгеология с глинистыми растворами для водоподавления в трещиноватых скальных грунтах не смогла решать задачу в дезинтегрированных грунтах разломов. ИХВС АНУССР использовал для закрепления грунтов экзотические и дорогие растворы на основе полиизоционата и олигоэфирокрилата, которые оказались чрезвычайно дороги, экологически опасны и нетехнологичны. Должного успеха не получилось.

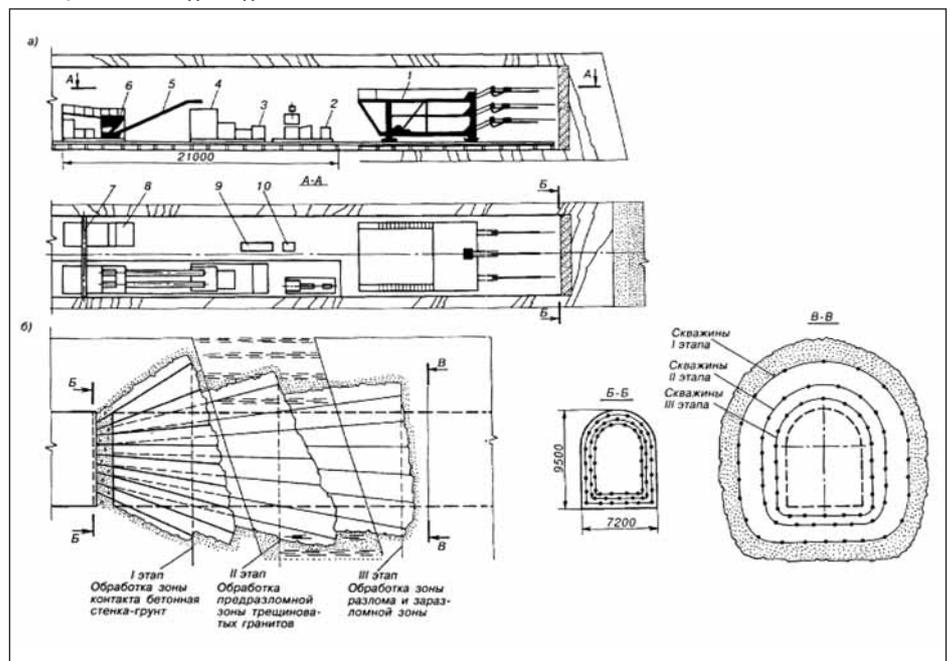
Специалисты Ленметрогипротранса разработали проект замораживания водонасы-

щенных грунтов разлома жидким азотом. Вообще, получилось. Но были проблемы:

- деструктуризация грунтов при замораживании и последующим оттаивании;
- вывод газообразного азота из подземных выработок.

Бамтоннельстрой, лаборатория ЦНИИС и Бамтоннельпроект пошли по другому пути. В результате проведенных исследований и опытных работ было получено, что наибольший эффект при инъекционном закреплении грунтов можно получить путем их консолидационного уплотнения и создания армирующих грунт затвердевших прожилков раствора (рис. 3) [4, 5]. Был разработан цементно-хлоркальциевый рас-

Рис. 3. Технологическая схема № 4 упрочнения грунтов инъекцией твердеющих растворов в тоннеле: а – расположение оборудования; б – расположение скважин; 1 – буровая рама «Фурукава» или «Тамрок»; 2 – насос КМ-9Т или РGW-40TV; 3 – насос НБЗ-120/40, РН-15; 4 – установка приготовления раствора; 5 – шнек; 6 – бункер-накопитель цемента; 7 – тельфер ТЭ 320-521; 8 – МОАЗ 64011-9585; 9 – емкость для жидкого стекла; 10 – емкость для воды



твор, где хлоркальциевая компонента имеет вязкость сравнимую с водой и при инъектировании пропитывает мелкодисперсные составляющие разлома. Давление при инъектировании доходило до 15–20 МПа. После создания впереди забоя вокруг будущего тоннеля зоны закрепленных грунтов по ее внешней границе бурят дренажные скважины для снятия гидростатического давления [4]. Исследования показали, что интегральный модуль деформаций инъекционно закрепленного грунта в 1,5–2,0 раза выше, чем в природном состоянии. Гидростатическое давление на закрепленный грунт с помощью дренажных скважин удавалось снизить до 0,1–0,2 МПа.

Для ускорения инъекционного закрепления разлома были использованы камуфлетные взрывы, с помощью которых в дезинтегрированных водонасыщенных грунтах образовывали горизонтальные цилиндрические полости за контуром будущего тоннеля, которые мгновенно заполняли твердеющим раствором [6].

По результатам теоретических исследований инъекционно закрепленных грунтов был разработан метод расчета косвенно армированных грунтов прожилками раствора с использованием методов механики сплошной среды [7].

По трассе Северомуйского тоннеля со стороны западного портала был встречен мощный грабен (Ангараканская депрессия) длиной по трассе тоннеля 800 м, над шельгой свода 190 м, заполненный четвертичными водонасыщенными отложениями с гидростатическим давлением на уровне тоннеля 1,5 МПа.

После исследований, опытных откачек, был разработан проект комплексного водопонижения (рис. 4) в Ангараканской депрессии для сооружения транспортно дре-

нажной штольни (ТРДШ) и тоннеля [8]. Вдоль трассы тоннеля и штольни были пробурены вертикальные скважины ниже лотка тоннеля и штольни. В них установили насосы глубинного водопонижения с мощными фильтровыми колоннами, которые осуществляли водопонижение с поверхности над тоннелем.

Из ТРДШ была пройдена наклонная штольня в скальных грунтах под тоннель и ТРДШ. Эта штольня имела несколько боковых камер, из которых с помощью двухшпиндельных станков фирмы ТОНЭБОРИНГ (Япония) были пробурены в четвертичных отложениях горизонтальные скважины, оснащенные фильтрами. Вода из этих скважин попадала в водоотводный лоток ТРДШ и уходила на западный портал тоннеля. Такое комплексное водопонижение позволило снизить уровень грунтовых вод ниже лотка тоннеля и успешно осуществить его сооружение.

Достаточно успешно при строительстве тоннелей БАМ был применен разработанный для различной степени дезинтеграции грунтов впереди забоя опережающий забой экран из труб [9].

Большие исследования были проведены по конструкциям крепей и обделок тоннелей.

Во-первых, были уточнены деформативно-прочностные характеристики скальных грунтов разной степени трещиноватости, изучены природные поля напряжений. Отмечено, что в крепких скальных грунтах прочностью на одноосное сжатие 120–160 МПа возводили монолитную бетонную обделку прочностью 30 МПа. Этого требовали нормативные документы. Более того, по датчикам, установленным в обделке во время ее бетонирования в опалубке получали следующую картину. Во время гидротации цемента бетон разогревается до + 50–60 °С. В

это время бетон имеет большую податливость и возникающие температурные напряжения невелики. Затем происходит набор прочности бетона, увеличение модуля деформации и его охлаждение до температуры окружающей среды. Благодаря неровностям грунтового контура после буровывных работ и хорошей адгезии бетона к грунту в обделке возникают растягивающие напряжения. В районах, где существуют значительные градиенты суточных и сезонных температур, напряжения, складываясь с существующими, формируют напряженно-деформированное состояние (НДС) обделки, которое в основном вызвано температурными воздействиями [11]. Такого эффекта не возникает в набрызг-бетонных обделках, которые возводятся послойно, имеют меньшую толщину и соответственно в них возникают гораздо меньшие температурные напряжения.

В 1979 г. на Байкальском тоннеле со стороны западного портала был сооружен 30-метровый опытный участок постоянной обделки в набрызг-бетоне, который без нарушений служит по сегодняшний день. Практически по всей длине ТРДШ Байкальского и Северомуйского тоннеля за исключением зон разломов обделка выполнена в набрызг-бетоне [12]. Эти исследования показали, что напряжения в слаботрещиноватых крепких скальных грунтах, вызванные сооружением тоннеля и ТРДШ, воспринимаются вмещающим массивом, а в обделке действуют напряжения, вызванные температурными градиентами. При уровне действующих напряжений скальный массив работает без нарушения сплошности. Причем в набрызг-бетонных обделках напряжения незначительны, благодаря их малой толщине и послойному нанесению, что приводит к небольшим температурным градиентам по их толщине.

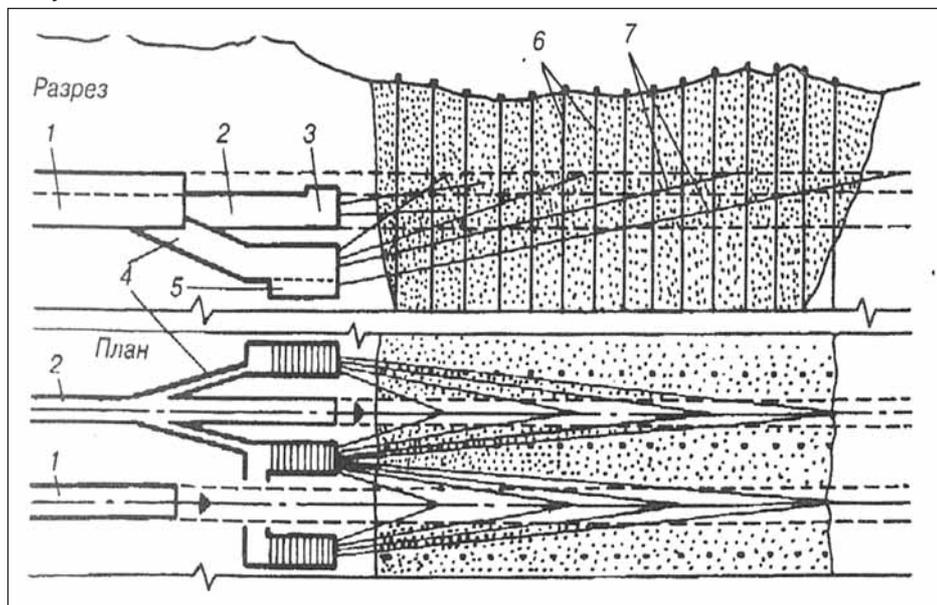
В монолитных бетонных обделках растягивающие напряжения близки к пределу прочности бетона.

Для сооружения тоннелей в сильнотрещиноватых и дезинтегрированных грунтах тектонических разломов была разработана технология проходки с применением арочно-бетонной крепи [13]. Затем, на основании выполненных исследований была разработана конструкция двухслойной обделки [14]. Наружным ее слоем была арочно-бетонная крепь, которая учитывалась при расчете постоянной обделки. Причем конструкция такой обделки такова, что на внутренний слой растягивающие напряжения при землетрясениях не передаются. Такие сейсмостойкие обделки были сооружены на двухпутных Мысовых тоннелях и однопутном – Северомуйском.

При строительстве тоннелей БАМ были встречены и вечномерзлые грунты, где были разработаны специальные технологии.

Таким образом, сложнейшие условия строительства тоннелей БАМ стали толчком для создания новых технологий и конструк-

Рис. 4. Схема Ангараканской депрессии с системой комплексного водопонижения: 1 – тоннель; 2 – разведочная транспортно-дренажная штольня; 3 – камера для бурения скважин; 4 – выработки нижнего дренажного узла; 5 – зумпф; 6 – скважины водопонижения верхнего узла; 7 – скважины водопонижения нижнего узла



ций, а тоннелестроительная отрасль СССР приобрела новый технический уровень и высококвалифицированных специалистов в тоннелестроении.

Другим очень важным направлением для ТАР, а точнее для Петербургского отделения ассоциации, было проектирование и строительство метрополитена в Санкт-Петербурге.

С начала XXI века был получен ряд следующих научно-технических достижений института.

1. Реализация комплексной программы по разработке и внедрению новых конструктивно-технологических решений с применением набрызг-бетонной крепи и опережающих забой инъекционных анкеров при строительстве подземных выработок Санкт-Петербургского метрополитена.

2. Сохранение исторической части города при строительстве тоннелей метрополитена.

3. Перспективы дальнейшего совершенствования конструкций и технологии строительства тоннелей Петербургского метрополитена.

Инженерно-геологические условия строительства Петербургского метрополитена достаточно разнообразны. С поверхности мощностью до 40 м развиты озерно-ледниковые отложения и две морены, лужская и московская, разделенные толщей межледниковых отложений водно-ледникового генезиса. Вся толща четвертичных отложений водонасыщена, грунты чрезвычайно неустойчивы. Под четвертичными отложениями располагается мощный слой плотных сухих протерозойских глин, который является удобной средой для строительства и эксплуатации подземных выработок метрополитена.

Строительство метрополитена глубокого заложения, которое ведется в Санкт-Петербурге на глубинах 50–70 м, вызывает смещения дневной поверхности земли на большой площади, составляющей несколько гектаров городской территории. Существующие до настоящего времени технологии строительства станционных узлов метрополитена и наклонных эскалаторных тоннелей вызвали значительные смещения вышележащей толщи грунта и деформации расположенных на ней зданий и сооружений, приводящие иногда к нарушению их конструкций и к полному выводу сооружений из эксплуатации.

Расселение аварийных зданий и их ремонт требуют значительных материальных затрат и времени на восстановление зданий. Особенно нетерпимо такое положение при строительстве метро в исторической части города, когда мемориальные здания и архитектурные памятники подвергаются полному разрушению. Поэтому чрезвычайно важным является разработка и внедрение технологий по предотвращению недопустимых деформаций существующих зданий и сооружений при строительстве метрополитена и других подзем-

ных сооружений в центральных районах Санкт-Петербурга.

Для минимизации влияния строительства тоннелей метрополитена закрытым способом работ на дневную поверхность, здания и сооружения разработаны новые конструкции, технологии их сооружения и геотехническое сопровождения строительства.

В четвертичных водонасыщенных неустойчивых грунтах:

- комплексная стабилизация грунтов с применением струйной технологии и подмораживания при проходке эскалаторных тоннелей;
- сооружение эскалаторных тоннелей ТПМК с грунтовым пригрузом забоя;
- сооружение перегонных тоннелей ТПМК с гидравлическим пригрузом забоя;
- сооружение двухпутных перегонных тоннелей ТПМК с грунтовым пригрузом забоя.

В плотных глинах:

- разработка и применение обжатых на породу обделок: перегонных тоннелей, односводчатых и колонных станций;
- опережающее забой (косвенное армирование) закрепление грунтов инъекционными фибергласовыми анкерами.

Компенсационное инъецирование в зоны сдвижения и разуплотнения грунтов для недопущения превышения разности осадок зданий и сооружений, превышающих нормативные. Инъецирование ведется в зоны сдвижения и разуплотнения грунтов под зданиями. Разработано несколько способов ведения этих работ.

Неотъемлемой частью всех технологических процессов строительства тоннелей метрополитена является геотехнический мониторинг.

1. В 2007 г. была создана «Комплексная программа работ по разработке и внедрению новых конструктивно-технологических решений с применением набрызг-бетонной крепи и опережающих забой инъекционных анкеров при строительстве подземных выработок Санкт-Петербургского метрополитена».

Был разработан проект сооружения экспериментальной выработки с постоянной обделкой из набрызг-бетона.

В результате проектирования, строительства и проведенного геотехнического мониторинга приняты территориальные нормы на проектирование и строительство подземных выработок Петербургского метрополитена в кембрийских глинах с постоянной набрызг-бетонной обделкой.

На шахте № 620 был реализован проект строительства руднора и венттоннеля в кембрийских глинах с применением малоосадочной технологии. Впереди забоя в сводовой части сооружали экран из труб длиной 7 м, который омоноличивается инъекционным раствором, и инъекционные фибергласовые анкера длиной 14 м [15]. Проходку осуществляли полностью механизированным способом с жесткой арочно-бе-

тонной крепью. Во время строительства проводили геотехнический мониторинг.

Отсутствие деформаций на дневной поверхности дает основание говорить о реализации малоосадочной технологии строительства. Устойчивость выработки при заданных конструктивно-технологических параметрах была обеспечена.

На основании опытного проектирования, строительства, результатов геотехнического мониторинга разрабатываются территориальные нормы по проектированию и сооружению подземных выработок Петербургского метрополитена в кембрийских глинах с применением опережающих забой экранов из труб и инъекционных анкеров.

Таким образом, работы, намеченные программой, были выполнены.

2. Сохранение исторической части города при строительстве метрополитена.

Опыт строительства метрополитена свидетельствует о том, что наибольшее влияние на величину осадок дневной поверхности при использовании традиционной («классической») технологии, основанной на методе контурного рассольного замораживания, оказывало сооружение эскалаторных тоннелей с креплением сборной обделкой из чугунных тюбингов. Эта технология (замораживание грунта) приводила к деструктуризации грунта, что обычно сказывалось на увеличении осадок при его оттаивании уже после завершения проходки. Во время оттаивания ледопородного цилиндра, сформировавшегося при замораживании, происходили значительные деформации обделки тоннеля и осадки земной поверхности. Максимальные величины деформаций дневной поверхности при строительстве эскалаторных тоннелей составляют 550 мм. Следствием этого являлись значительные повреждения и разрушения существующих зданий и сооружений.

Снижение влияния технологических процессов, сопровождающих строительство метрополитена, на состояние земной поверхности и связанную с этим сохранность зданий и сооружений имеет уникальное культурно-историческое значение. В некоторых случаях отсутствие технологического решения для снижения деформаций дневной поверхности откладывало на десятилетия строительство объектов метрополитена в исторической части Санкт-Петербурга.

Наиболее перспективным направлением решения этих проблем следует считать разработку малоосадочных технологий строительства выработок метрополитенов и внедрение конструктивных параметров их крепления, обеспечивающих минимизацию воздействия процессов строительства на деформации дневной поверхности.

Значительные смещения земной поверхности при использовании рассольного замораживания инициировали поиск и проверку новых технологий закрепления

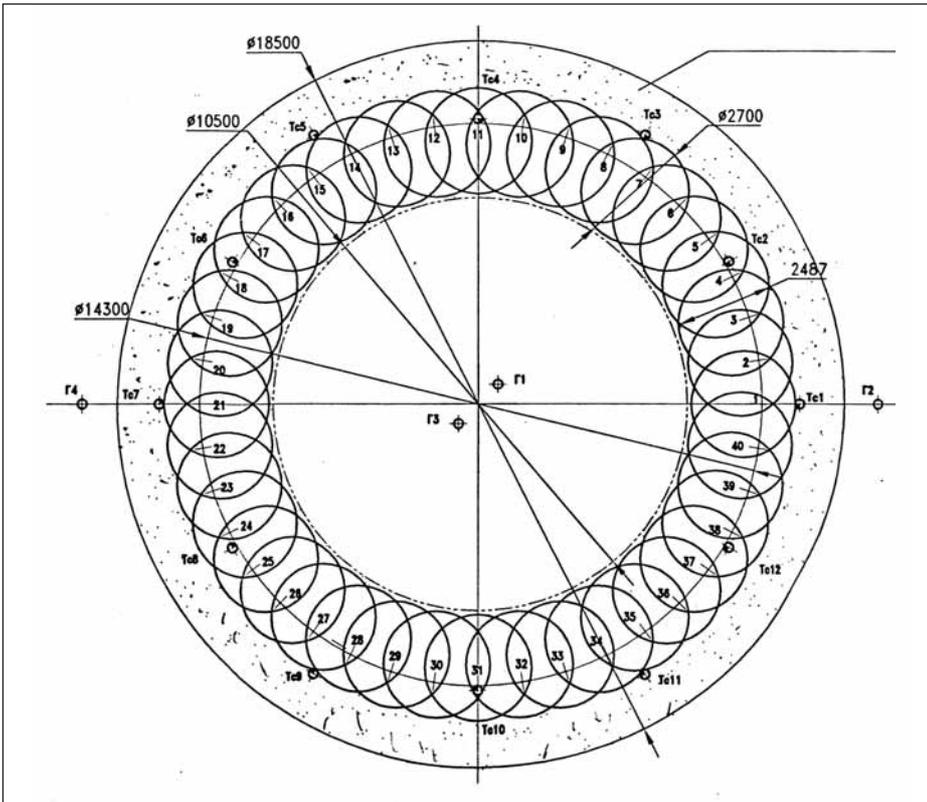


Рис. 5. Закрепление вмещающего тоннель массива: 1-40 – замораживающие скважины; Тс1-Тс2 – наблюдательные термометрические скважины; Г1-Г4 – гидрогеологические скважины

грунтового массива при сооружении эскалаторных тоннелей. Одной из таких технологий является так называемая комбинированная технология, сочетающая

струйную технологию и рассольное замораживание грунта, реализованная при строительстве эскалаторного тоннеля станции «Звенигородская» [16].

Рис. 6. Начало проходки эскалаторного тоннеля станции «Обводный канал»



Закрепление массива jet-сваями осуществлено рядами вертикальных скважин, пробуриваемых вдоль оси наклонного хода. Цементация производилась зонально, обеспечивая создание грунтоцементного ограждения необходимой толщины.

Для обеспечения безопасности проходки, наряду с цементацией было выполнено страховочное контурное замораживание (рис. 5) наклонными скважинами, перекрывающее возможные «окна» в цементном камне.

Замораживание выполнялось из расчета недопущения выхода контура заморозки за пределы закрепленного массива для обеспечения минимальных деформаций в процессе замораживания и последующего оттаивания. Разработка забоя осуществлялась экскаватором и отбойными молотками. Крепление тоннеля выполнялось в два этапа. При проходке возводили временную обделку, представленную стальными кольцами из двутавра с заполнением пространства между ними тяжелым бетоном. После проходки на всю длину, на временную обделку наносили обмазочную гидроизоляцию и возводили постоянную монолитную железобетонную обделку.

Эффективность использованной комбинированной технологии была подтверждена сопоставлением данных исследований деформаций дневной поверхности с «классической» технологией. Данные измерений показали, что при применении комбинированной технологии смещения земной поверхности были в 5 раз меньше.

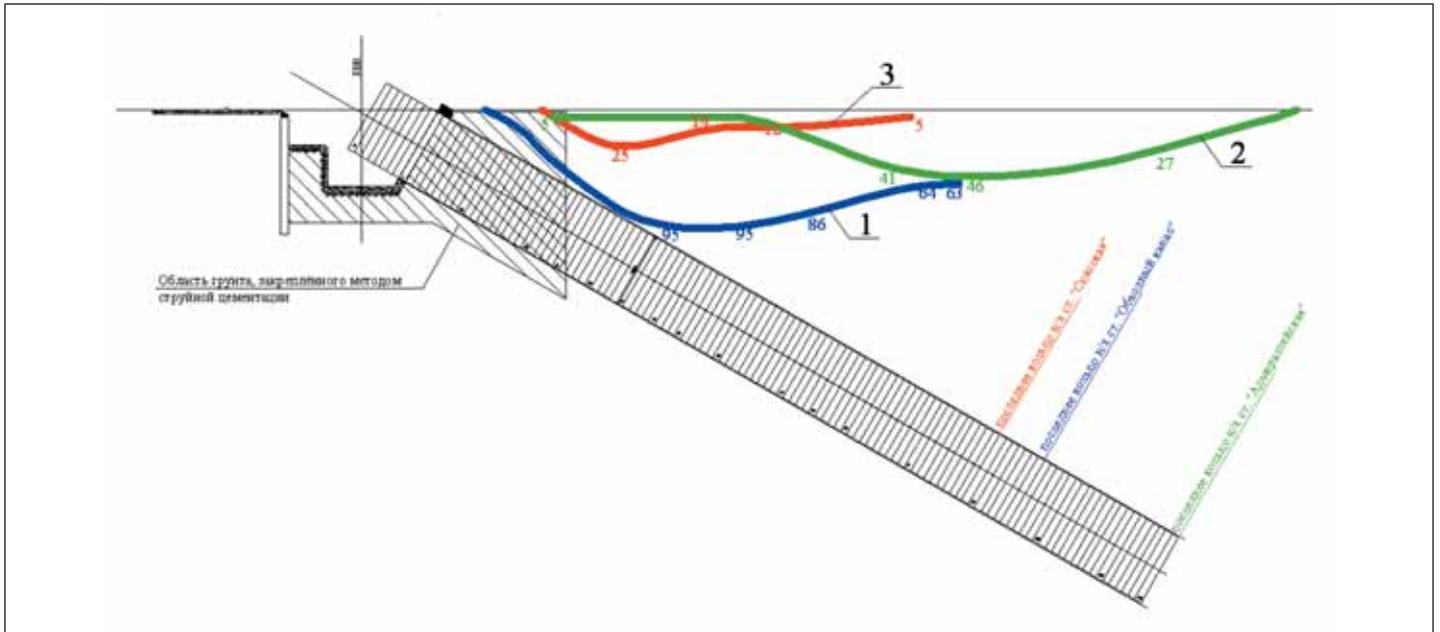


Рис. 7. Деформации дневной поверхности при строительстве эскалаторных тоннелей щитовым способом, мм: 1 – ст. «Обводный канал», 2 – ст. «Адмиралтейская», 3 – ст. «Спасская»

Другое направление снижения осадок дневной поверхности при сооружении эскалаторных тоннелей связано с применением тоннелепроходческих механизированных комплексов (ТПМК), с системой грунтопригруза, способной поддерживать забой, уравнивая давление грунта и воды, а также воздействовать на грунт посредством нагнетания химических реагентов. ТПМК производства немецкой фирмы «Херренкнехт АГ» были применены для строительства эскалаторных тоннелей станции «Обводный канал», «Адмиралтейская» и «Спасская» (рис. 6).

Эскалаторный тоннель выполнен в сборной железобетонной обделке диаметром 10,4 м, толщина блоков 500 мм. Блочная железобетонная обделка – из водонепроницаемого бетона с резиновым уплотнением стыков. Заобделочное пространство заполняли специальным водонепроницаемым быстротвердеющим раствором, смешивание которого осуществлялось в момент его нагнетания.

Совершенствование технологии сооружения эскалаторных тоннелей с помощью ТПМК позволило добиться значительного снижения величины осадок дневной поверхности с 95 мм на станции «Обводный канал» до 46 мм на станции «Адмиралтейская» и 25 мм на станции «Спасская» (рис. 7).

Результаты выполненных исследований показывают, что даже в крайне неблагоприятных горно-геологических условиях Санкт-Петербурга негативное воздействие на осадки земной поверхности и связанный с этим процесс разрушения зданий, попадающих в зону мульды сдвига, может быть снижено с помощью предлагаемых технологий сооружения и конструкций обделок наклонных эскалаторных тоннелей [17].

Во всех случаях при строительстве эскалаторных тоннелей проводили геотехни-

ческий мониторинг, в состав которого кроме контроля деформаций дневной поверхности входило определение напряженно-деформированного состояния системы «обделка – грунтовый массив». В грунтовом массиве в предварительно пробуренных вертикальных скважинах размещались датчики контроля гидростатического давления и экстензометры для контроля напряженно-деформированного состояния массива от контура тоннеля до дневной поверхности.

На основе результатов мониторинга принимали решения о проведении работ по компенсационному нагнетанию в основание зданий, попавших в зону влияния строительства эскалаторного тоннеля станции «Адмиралтейская».

Использование современных автоматизированных систем геотехнического мониторинга грунтового массива (в комплексе с традиционными методами контроля) при проходке подземных сооружений различного назначения, особенно в условиях городской застройки, является эффективным элементом технологического процесса, позволяющим значительно снизить риски возникновения аварийных ситуаций и повысить эффективность защитных геотехнических мероприятий.

Полученные результаты напряженно-деформированного состояния системы «обделка – грунтовый массив» были сопоставлены с расчетными величинами, вычисленными методами механики сплошной среды. Сопоставление показало, что при применяемых технологиях и конструкциях в данных инженерно-геологических условиях расчеты методами механики сплошной среды отражают реальную работу обделок подземных сооружений с вмещающим массивом. Внедряемые малоосадочные технологии строительства мет-

рополитена позволили на порядок и более снизить осадки дневной поверхности по сравнению с классической технологией строительства эскалаторных тоннелей методом замораживания.

3. Перспективы дальнейшего совершенствования конструкций и технологий строительства тоннелей Петербургского метрополитена.

В 2013 г. была разработана комплексная программа: «Совершенствование технологий сооружения и постоянных конструкций Петербургского метрополитена», в которой определены научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы для достижения поставленной цели.

3.1. Станции закрытого типа глубокого заложения в коренных протерозойских и кембрийских глинах.

3.2. Станции пилонного типа глубокого заложения в коренных протерозойских и кембрийских глинах.

3.3. Односводчатые станции.

В ранее разработанную технологию строительства и конструкцию станций вводятся:

- опережающее забой крепление грунтового массива фиброгласовыми инъекционными анкерами;

- механизированная разработка грунта при сооружении верхнего свода.

3.4. Эскалаторные тоннели.

3.4.1. Проходка с помощью ТПМК:

- удешевление конструкции обделки за счет уменьшения армирования;

- исключение компенсационного инъектирования за счет более тщательного заполнения зазора между обделкой и грунтом и более оптимальными режимами грунтопригруза.

3.4.2. Сооружение тоннеля с предварительной комплексной стабилизацией четвертичных отложений.

3.5. Дальнейшая разработка и внедрение малоосадочных технологий.

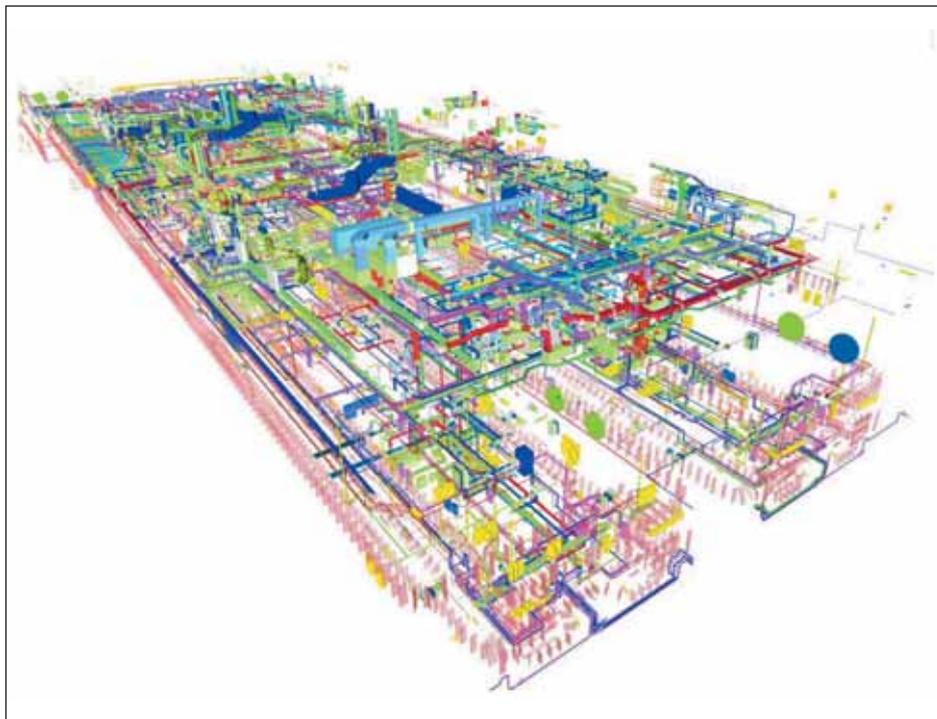


Рис. 8. Инженерные системы станции мелкого заложения

Строительство новых подземных линий метрополитена будет проходить и в местах плотной городской застройки, где сохранение зданий и сооружений, особенно в исторической части города, чрезвычайно важно.

Поэтому необходимо и далее развивать и разрабатывать малоосадочные технологии:

- комплексная стабилизация водонасыщенных четвертичных отложений;
- опережающие забой экраны из труб и фиброгласовые инъекционные анкера при проходке в плотных глинах;
- проходка тоннелей в четвертичных водонасыщенных грунтах с пригрузом забоя с помощью ТПМК;
- компенсационное инъецирование в грунтовый массив под зданиями и сооружениями в места разуплотнений при проходке подземных выработок;
- обжаты на породу обделки.

3.6. Применение новых материалов при создании аналогов армированных бетонных и набрызг-бетонных конструкций.

С целью удешевления конструкций на основе бетона:

- разработка фибробетона и фибронабрызг-бетона армированных синтетическим строительным волокном «BARCHIP»;
- разработка фибробетона и фибронабрызг-бетона армированных базальтовым волокном;
- разработка бетонных конструкций армированных неметаллической композитной арматурой периодического профиля;
- разработка фибробетона армированного стальной арматурой;
- разработка фибробетона армированного неметаллической композитной арматурой.

3.7. Разработка концепции проектов строительства шахтных стволов, в том числе экс-

плуатируемых, на станциях, оснащенных только одним эскалаторным тоннелем.

На сегодняшний день при реконструкции подземного вестибюля и эскалаторного тоннеля станция выходит из эксплуатации, не решен вопрос пользования метрополитеном инвалидами с ограниченными двигательными функциями.

3.8. Проектирование и строительство двухпутных перегонных тоннелей в четвертичных отложениях с помощью ТПМК с пригрузом забоя и боковыми посадочными платформами, станционными узлами.

3.9. Осуществлять научное сопровождение и геотехнический мониторинг при строительстве и эксплуатации постоянных конструкций Петербургского метрополитена.

На двух линиях метрополитена: Фрунзенской и Невско-Василеостровской при строительстве в четвертичных отложениях и твердых глинах разработаны технология сооружения и конструкция обделки для двухпутных перегонных тоннелей при их проходке ТПМК с грунтовым пригрузом забоя. При проходке проводили комплексный геотехнический мониторинг, который позволил откорректировать технологические параметры проходки и изучить напряженно-деформированное состояние системы тоннель – вмещающий массив [18].

Громадный объем работ был выполнен и при строительстве автодорожных и железнодорожных тоннелей. И, прежде всего, это тоннели Туапсе – Адлер, обход г. Сочи и трасса Адлер – Красная Поляна. Для обеспечения безопасности при проходке тоннелей вели горно-экологический мониторинг, который затем переходил и на период эксплуатации [19].

Больше десяти лет институт успешно использует технологию информационного

моделирования для проектирования станций метрополитена, что способствует принятию эффективных проектных решений и значительно повышает качество выпускаемой документации.

Сложнейший комплекс инженерных сетей и оборудования, который объединяет технологически связанные устройства станции метрополитена и его комплексное проектирование, предполагает создание трехмерной модели трассы, конструкций, систем электроснабжения, вентиляции, водоснабжения, систем связи и автоматизации.

Создана следующая схема организации работ: трехмерная трасса создается в программе AutoCAD Civil 3D, конструкции – в программе AutoCAD Architecture, а проектирование вентиляции и санитарно-технических устройств, автоматики, систем связи и электроснабжения осуществляется в программе AutoCAD MEP (рис. 8).

При создании трассы используется пакет программ LMGIT. Трасса, представляющая собой надстройку над Civil3D на основе API компании Autodesk, позволяет автоматизировать и упростить создание документации в соответствии с требованиями российских стандартов. В том числе: пересчет пикетажа трассы и создание неправильных пикетов, ввода длин переходных кривых разбивочной оси, расчет пикетов начала и конца переходных кривых и сохранение данных для использования в других программах, определение возвышения головки рельса и отгона возвышения в кривых, автоматического создания меток по трассе, автоматического расчета ведомости путейских реперов, автоматического создания трассы оси пути и тоннеля, габаритов приближения. Также данная надстройка позволяет выполнить экспорт плана и профиля в 3D-полилинию для дальнейшей работы в конструкторских и инженерных САПР.

За прошедшее время специалистами института были успешно созданы информационные модели станций мелкого и глубокого заложения. Создана уникальная библиотека оборудования (рис. 9) и несущих элементов конструкций (рис. 10).

Анализ и исследование всей модели осуществляется с помощью программы Navisworks Manage. Специализированный набор инструментов, таких как нанесение пометок, добавление комментариев, отслеживание ошибок в случае взаимного пересечения инженерных коммуникаций, проверка на удобство обслуживания оборудования, а также формирование отчетов по результатам проверки, способствует эффективной организации взаимодействия проектировщиков разных специальностей (разделов проектных работ).

На основании графика строительства, выполненного в MS Project, в Navisworks Manage с использованием инструментов Timeliner и Animator создается 4D-модель

сооружения, отображается последовательность и сроки выполнения технологических операций при строительстве, позволяющие выявлять временные несоответствия в проекте и при необходимости отслеживать и вносить изменения в порядок выполнения технологических операций.

Специалисты института принимают активное участие в работе секции «Подземные сооружения» Межведомственной рабочей группы (МРГ) по внедрению технологий информационного моделирования при реализации строительных проектов города Москвы и в рабочей группе № 2 при Тоннельной ассоциации России «Содействие внедрению технологии информационного моделирования при реализации проектов подземного строительства», в рамках которых ведется работа по созданию нормативной и методической базы для применения BIM-технологий на объектах метрополитена.

На всех вышеприведенных объектах строительства было тесное сотрудничество института и Тоннельной ассоциации России. Многие научные и технические проблемы строительства и проектирования обсуждали на конференциях и заседаниях научно-технического экспертно-консультационного совета.

Роль Тоннельной ассоциации России в деле прогресса, сплочения тоннельных знаний и специалистов в области метро- и тоннелестроения велика.

Смеем пожелать больших успехов в полезной и консолидирующей деятельности Тоннельной ассоциации России.

Список литературы

1. Басов А. Д., Безродный К. П. «Обнаружение зон разломов бесконтактным методом». – *Метрострой*. – № 2, 1991 г., с. 24–25.
2. Мацегора А. Г., Безродный К. П., Горин Г. Г., Козик Н. В., Куксин В. А. – «Определение необходимости упрочнения грунтов зон тектонических нарушений». – *Транспортное строительство* – № 5, 1989 г., с. 18–20.
3. Болтинцев В. Б., Ильяхин В. Н., Безродный К. П., Нагорный С. Я., Крикленко К. А., Скакун А. П. – «Геофизические методы для оценки инженерно-геологических условий и устойчивости пород впереди забоя во время сооружения тоннеля». – М., 28-31 октября 2002 г., с. 441–445.
4. Руководство по физико-химическому укреплению грунтов при строительстве Северомуромского железнодорожного тоннеля. – М., ЦНИИС, 1989 г., 143 с.
5. Безродный К. П., Мацегора А. Г., Бессолов В. А., Касатов Р. И. «Технология преодоления зон тектонических разломов с применением инъекционного укрепления грунтов». – *Научно-технический информационный сборник*. – М., ВПТИ Трансстрой, № 22, 1990, с. 3–14.
6. Безродный К. П., Мацегора А. Г., Бессолов В. А., Басов А. Д., Нестеровский А. Л. – «Упрочнение грунтов с использованием энергии взрыва». –

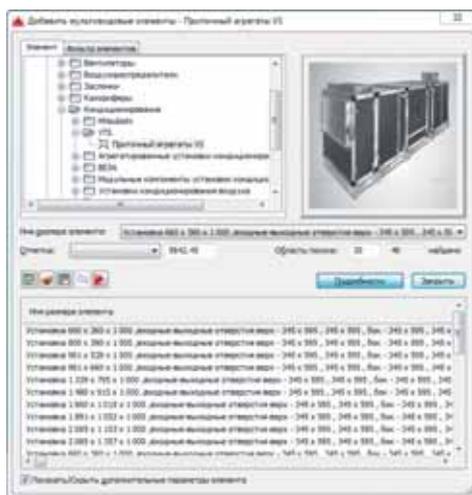


Рис. 9. Пример элементов базы оборудования

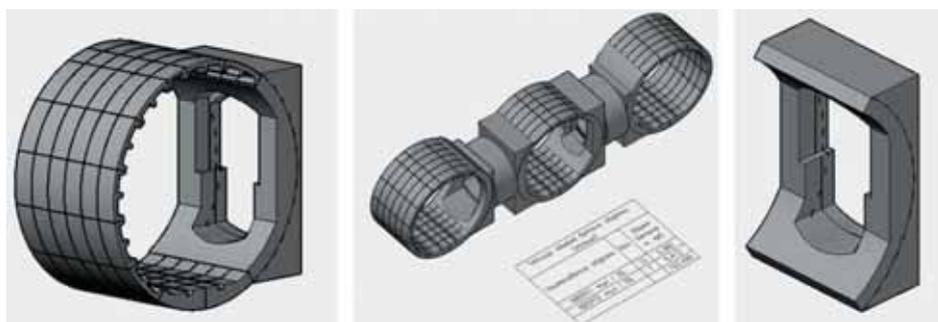
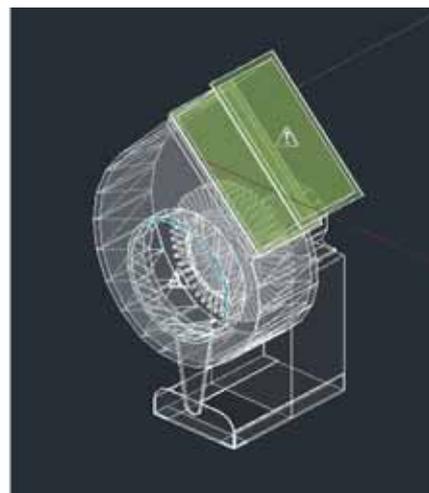


Рис. 10. Пример элементов основных конструкций станции глубокого заложения

Транспортное строительство – № 10, 1988 г., с. 27–29.

7. Мацегора А. Г., Безродный К. П., Саммаль А. С., Фотиева Н. Н. – «Проектирование и технологии инъекционного закрепления грунтов при строительстве транспортных тоннелей». – ОАО «Ленметрогипротранс», М., 1997, 90 с.
8. Мацегора А. Г., Безродный К. П., Бессолов В. А., Грибарь А. В. – «Комплексное водопонижение при преодолении протяженных зон водонасыщенных грунтов». – *Научно-технический информационный сборник*. М., ВПТИ Трансстрой, № 22, 1990, с. 5–20.
9. Рекомендации по применению опережающих экранов из труб при сооружении транспортных тоннелей. ЦНИИС, М., 1988, 47 с.
10. Власов С. Н., Безродный К. П., Сильвестров С. Н., Бессолов В. А. – «Проходка тоннелей большого сечения с применением опережающей крепи». – *Транспортное строительство*, 1985, № 8, с. 22–24.
11. Трунев В. Г., Горбатов В. Г., Безродный К. П. – «Исследование температурных полей системы обделка породы тоннелей БАМа». – *Сб. научных трудов ЦНИИС «Рациональное использование трудовых, материальных и топливно-энергетических ресурсов в транспортном строительстве»*, ЦНИИС, М., 1984, с. 37–41.
12. Рекомендации по применению набрызг-бетона в качестве постоянной обделки тоннелей БАМ. Сильвестров С. Н., Безродный К. П. М., ЦНИИС, 1984, 17 с.
13. Рекомендации по проектированию и строительству тоннелей с применением

афрочно-бетонной крепи, учитываемой в составе постоянной обделки. М., ВНИИТС, 1992, М., 51 с.

14. Бессолов В. А., Безродный К. П. *Строительство тоннелей Байкало-Амурской железнодорожной магистрали*. – *Подземное и шахтное строительство*. – № 3, 1991, с. 17–20.
15. Маслак В. А., Безродный К. П., Лебедев М. О., Марков В. А., Захаров Г. Р., Ледяев А. П., Старков А. Ю. Малоосадочные технологии при строительстве метро в историческом центре Санкт-Петербурга. – *Метро и тоннели* – 2012, № 6.
16. Безродный К. П., Маслак В. А., Лебедев М. О., Старков А. Ю., Морозов А. В., Уханов А. В. Комбинированная технология стабилизации грунтов при сооружении эскалаторных тоннелей станций Петербургского метрополитена. – *Метро и тоннели* – 2000, № 5.
17. Безродный К. П., Лебедев М. О., Марков В. А., Старков А. Ю., Латтев Н. А., Морозов А. В., Уханов А. В. Геотехнический мониторинг сопровождения строительства эскалаторных тоннелей с помощью ТПМК. – *Метро и тоннели* – 2012, № 1.
18. Безродный К. П., Лебедев М. О., Марков В. А., Старков А. Ю. Геотехническое обеспечение при строительстве двухпутного перегонного тоннеля с помощью ТПМК. – *Метро и тоннели* – № 5, 2015 г., с. 16–18.
19. Безродный К. П., Лебедев М. О., Штыров В. Г. Олимпийские транспортные тоннели: горно-экологический мониторинг. – *Подземные горизонты*. – № 4, 2015 г., с. 20–25.

30 ЛЕТ СОТРУДНИЧЕСТВА



В. Д. Агеев, зав. кафедрой мостов, тоннелей и строительных конструкций МАДИ, профессор
Л. В. Маковский, зав. секцией мостов и тоннелей МАДИ, профессор
В. В. Кравченко, доцент МАДИ

С момента образования Тоннельной ассоциации России и по настоящее время кафедра мостов, тоннелей и строительных конструкций Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ) тесно сотрудничает с ассоциацией.

Кафедра осуществляет подготовку специалистов, бакалавров, магистров и аспирантов в области мостов и тоннелестроения. Наши выпускники успешно работают в проектных, строительных и научно-исследовательских организациях тоннельного профиля как в нашей стране, так и за рубежом.

Обучением будущих тоннельщиков занимаются профессор Л. В. Маковский, доценты В. В. Кравченко, С. О. Зеге, Е. Н. Петрова, старший преподаватель Н. А. Сула, ассистент А. О. Боев (ранее на кафедре работали доценты Е. В. Щекудов, С. В. Чеботарев и старший преподаватель А. В. Лушников).

Профессор Л. В. Маковский многие годы входил в состав правления ТАР и был членом Международной тоннельной ассоциации (рабочая группа № 11 «Подводные тоннели из опускных секций»).

На кафедре ведется научно-исследовательская работа по различным проблемам тоннелестроения:

- минимизация деформаций поверхности земли, грунтового массива, зданий и сооружений при проходке тоннелей закрытыми способами;
- совершенствование конструктивных решений тоннельных обделок и методов их расчета;
- численное моделирование работы системы «конструкция тоннеля – грунтовый массив» на различных этапах строительства тоннеля;
- инновационные конструктивно-технологические решения и методы расчета опережающих контурных и забойных крепей при проходке тоннелей в сложных инженерно-геологических условиях;
- рекомендации по определению рациональных параметров компенсационного нагнетания в тоннелестроении;

- совершенствование систем ограждений котлованов и методов их расчета при строительстве подземных сооружений открытым и полукрытым способами;

- аналитический обзор мирового опыта проектирования и строительства горных подводных и городских тоннелей в различных топографических, градостроительных, транспортных и инженерно-геологических условиях.

На кафедре за последние 30 лет подготовили и защитили кандидатские диссертации по тоннелям 19 аспирантов, среди которых Е. В. Щекудов, Т. А. Щелочкова, М. А. Зиборов, В. В. Кравченко, Е. Н. Петрова, Д. В. Поляков и др., а также иностранные граждане из Вьетнама, Ирана, Египта, Колумбии, Таджикистана.

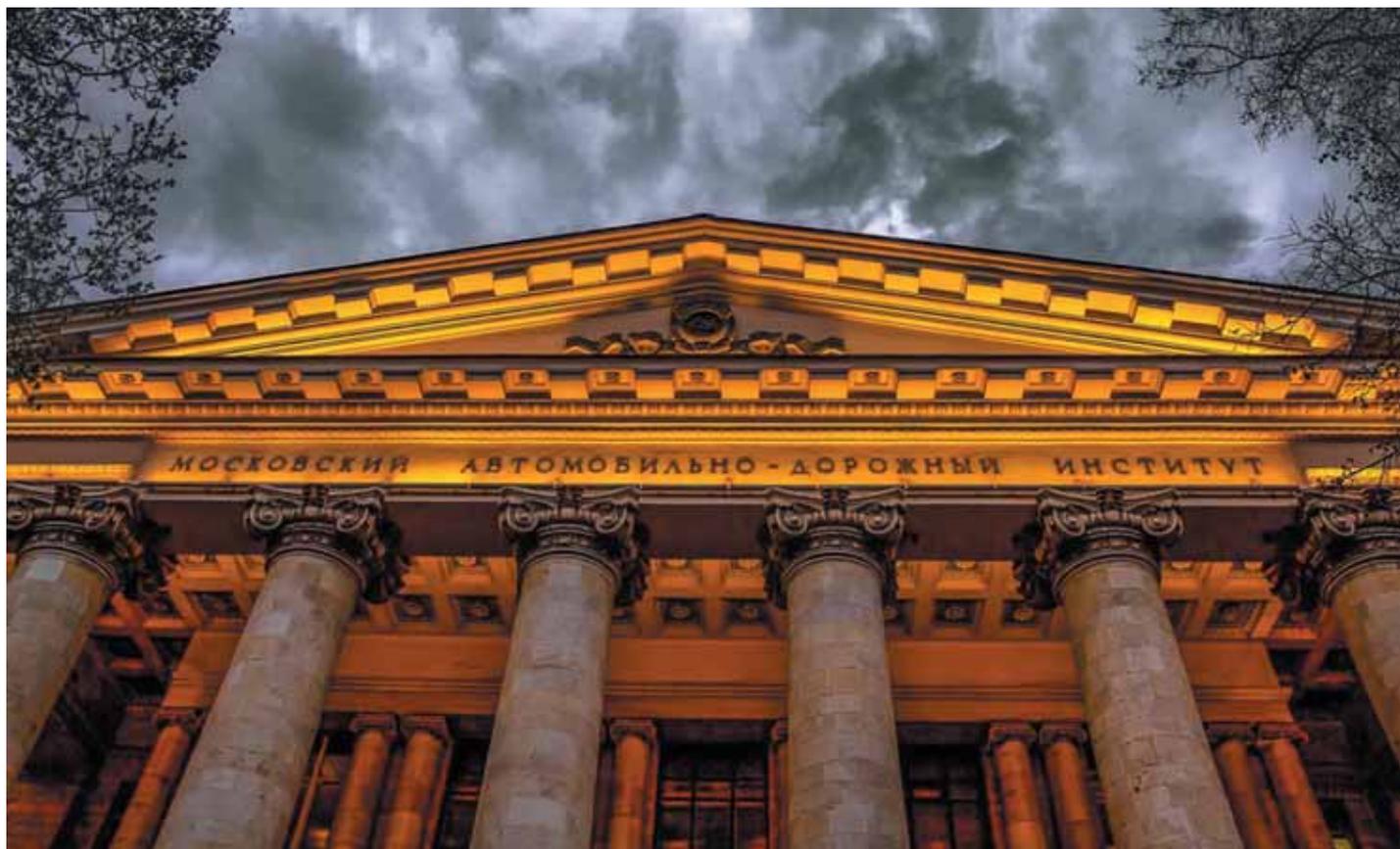
Преподаватели, сотрудники, аспиранты и студенты активно участвуют в проводимых ТАР семинарах, конференциях, специализированных выставках и других мероприятиях.

В 2019 г. студенты МАДИ, защитившие дипломные проекты по тоннелям, участвовали в межвузовском конкурсе, организованным ТАР. Первое место было присуждено выпускнику МАДИ А. В. Никонову (руководитель – доцент В. В. Кравченко) в номинации «Транспортные тоннели», что было отмечено почетной грамотой.

Результаты научно-исследовательской и научно-методической работы нашли отражение в многочисленных статьях, учебниках, учебных и методических пособиях и монографиях.

Только за последние пять лет было опубликовано более 40 статей в научно-технических журналах (в том числе, в журнале «Метро и тоннели», «Транспортное строительство», «Подземные горизонты», «Наука и техника в дорожной отрасли» и др.), а также в Большой Российской энциклопедии, в сборниках научных трудов АО «ЦНИИС» и МАДИ.

Среди учебников и монографий следует отметить:



- «Строительство автодорожных и городских тоннелей» под редакцией Л. В. Маковского, – М.: РИОР, 2014 г;

- «Компенсационное нагнетание в тоннелестроении» (авторы Л. В. Маковский, В. В. Кравченко). Издательство Lambert, 2014 г;

- «Подводные тоннели из опускаемых секций» (авторы Л. В. Маковский, В. В. Кравченко). - М.: КНОРУС, 2016 г;

- «Автодорожные и городские тоннели России» (авторы Л. В. Маковский, В. В. Кравченко, Н. А. Сула). – М.: МАДИ, 2016 г;

- «Строительство автодорожных и городских тоннелей в сложных условиях» (авторы Л. В. Маковский, В. В. Кравченко, Н. А. Сула). – М.: КНОРУС 2019 г.

В настоящее время подготовлена рукопись учебника «Проектирование автодорожных и городских тоннелей» объемом 25 п. л., издание которого намечено на 2021 г.

По инициативе ТАР в 1997 и 2000 гг. была издана монография «Аварийные ситуации при строительстве и эксплуатации транспортных тоннелей и метрополитенов» (авторы С. Н. Власов, Л. В. Маковский, В. Е. Меркин), которая в 2001 г. вышла в свет в переводе на английский язык.

Преподаватели кафедры Л. В. Маковский, Е. В. Шекудов, Е. Н. Петрова участвовали в разработке ряда нормативных документов (СНиП, СП, СТО НОСТРОЙ, ТУ и др.).

Профессор Л. В. Маковский неоднократно привлекался по линии ТАР к участию в экс-

пертизах ряда проектов крупных тоннельных сооружений (Лефортовский, Гагаринский и Серебряноборский тоннели в Москве, Орловский тоннель под р. Невой в Санкт-Петербурге, транспортные переходы через р. Лена, Керченский и Татарский проливы, автодорожный тоннель в г. Уфе и др.).

Кафедра сотрудничает с рядом организаций тоннельного профиля (Метротранс, Мосинжпроект, НИЦ «Тоннели и метрополитены» АО ЦНИИС, НИЦ «Тоннельной Ассоциации» и др.), а также с ведущими специалистами-тоннелщиками, членами ТАР (В. Е. Меркин, С. В. Мазеин, И. Я. Дорман, М. Г. Зерцалов, В. А. Гарбер, Д. С. Колюхов, В. Е. Русанов, Е. Н. Курбацкий, А. Н. Сонин и др.) и выражает надежду, что это сотрудничество будет продолжено.



НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАФЕДРЫ ТОННЕЛЕЙ И МЕТРОПОЛИТЕНОВ ПГУПС



В. Н. Кавказский, к. т. н., доцент кафедры тоннелей и метрополитенов Петербургского государственного университета путей сообщения (ПГУПС)

Ю. С. Фролов, д. т. н., профессор кафедры тоннелей и метрополитенов Петербургского государственного университета путей сообщения (ПГУПС)

Об истории кафедры

14 июня 1930 г. постановлением Комитета по высшему образованию при ЦИК СССР в Ленинградском институте инженеров путей сообщения (ЛИИПСе) была организована первая в нашей стране кафедра тоннелей, которая с 1967 г. стала называться «Тоннели и метрополитены».

Кафедра была создана в связи с возникшей необходимостью подготовки инженерных кадров по тоннельной специальности, т. к. предстояло начать строительство первой очереди Московского метрополитена и резко увеличился объем работ по строительству и реконструкции железнодорожных тоннелей.

Решение об образовании такой кафедры именно в ЛИИПСе было обосновано тем, что институт являлся старейшим транспортным вузом страны, в котором создавалась и развивалась система русского инженерно-строительного высшего образования, зародились основы транспортной науки и получило дальнейшее развитие строительное искусство. Здесь утвердился высокий уровень преподавания специальных дисциплин, связанных с проектированием, строительством и содержанием подземных транспортных сооружений.

С первых лет организации кафедры тоннелей была установлена тесная связь кафедры с производством, что определило круг научных исследований, способствовало улучшению качества проектных решений в практике тоннелестроения и подготовке высококвалифицированных специалистов-тоннельщиков.

Основное направление научной школы – экспериментально-теоретические исследо-

вания работы конструкций транспортных тоннелей и подземных сооружений метрополитена с разработкой и внедрением новых конструктивно-технологических решений, обеспечивающих эксплуатационную надежность сооружений в процессе их длительной эксплуатации – в течение длительного времени формировалось и развивалось коллективом кафедры тоннелей и метрополитенов под руководством заслуженного деятеля науки и техники РСФСР д. т. н., профессора Ю. А. Лиманова.

В настоящее время это направление реализуется учениками профессора Ю. А. Лиманова – д. т. н., профессором Д. М. Голицыным (заведующий кафедрой с 1987 по 2001 гг.), д. т. н., профессором А. П. Ледяевым (заведующий кафедрой с 2001 г.), д. т. н., профессором Ю. С. Фроловым.

Направления исследований

Многолетняя научно-практическая деятельность коллектива кафедры широка и многообразна и включает обширный круг исследований, которые условно можно разделить по следующим направлениям.

1. Разработка концепции совершенствования городских транспортных связей на основе двухуровневой транспортной сети путем строительства автотранспортных тоннелей.

Это научное направление осуществляется под руководством заслуженного работ-

ника Высшей школы РФ д. т. н., профессора А. П. Ледяева и развивается его учениками к. т. н., доцентом Я. В. Мельник, к. т. н., доцентом И. Н. Спициной, к. т. н. Аль-Сайедом Мустафой и аспирантом А. Л. Новиковым.



Д. М. Голицынский



А. П. Ледяев

Разрабатывается концепция создания единой двухуровневой транспортной сети Петербурга, основанной на использовании подземного пространства для совершенствования системы транспортных связей в центральных районах города. Работа дает возможность использовать преимущество подземных объемно-планировочных решений, позволяющих сэкономить определенную часть городской территории за счет околотоннельного пространства для развития городской инфраструктуры. Ими создан комплекс теоретических и методических разработок, позволяющий установить приоритетные направления подземных автомагистралей и прогнозировать интенсивность транспортных потоков,



Строительство автодорожного тоннеля в комплексе защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений

проходящих через тоннели, разработать эффективные конструктивно-технологические решения городских транспортных пересечений тоннельного типа, включая подводные тоннели.

Для развития работ в этом направлении при кафедре создана научно-аналитическая группа по развитию городского транспорта. Группой проводится также мониторинг при строительстве городских объектов с устройством глубоких котлованов. В частности ведется мониторинг напряженно-деформированного состояния крепи котлована подземной части здания второй сцены Мариинского театра и окружающей застройки.

2. Обоснование возможности и целесообразности применения набрызг-бетонных тоннельных обделок в слабых породах.

Это направление разрабатывается под руководством заслуженного строителя РФ, д. т. н., профессора Д. М. Голицынского. Им обоснована целесообразность использования облегченных набрызг-бетонных тоннельных обделок в условиях строительства метрополитена в Санкт-Петербурге.

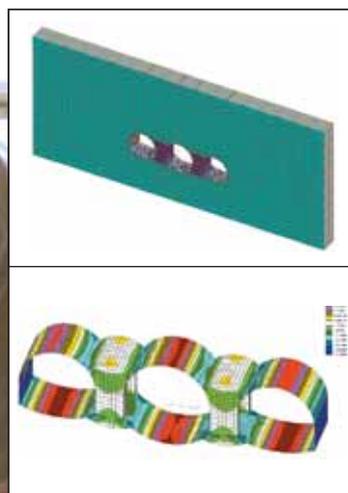
Методом физического и математического моделирования выполнены исследования напряженно-деформированного состояния

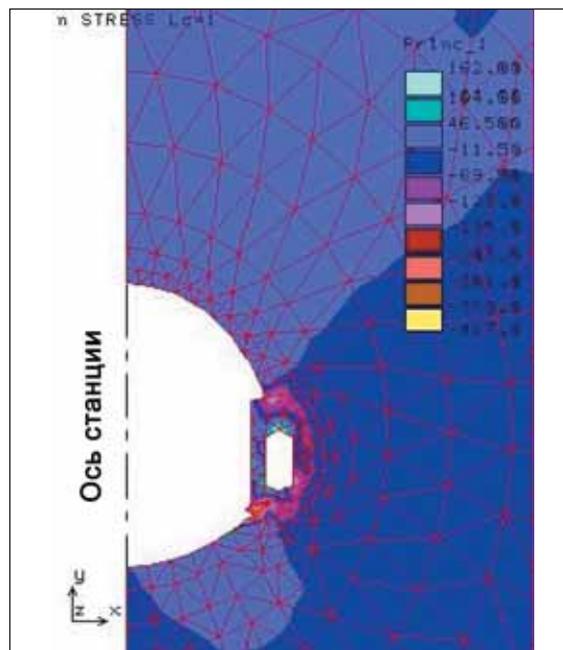
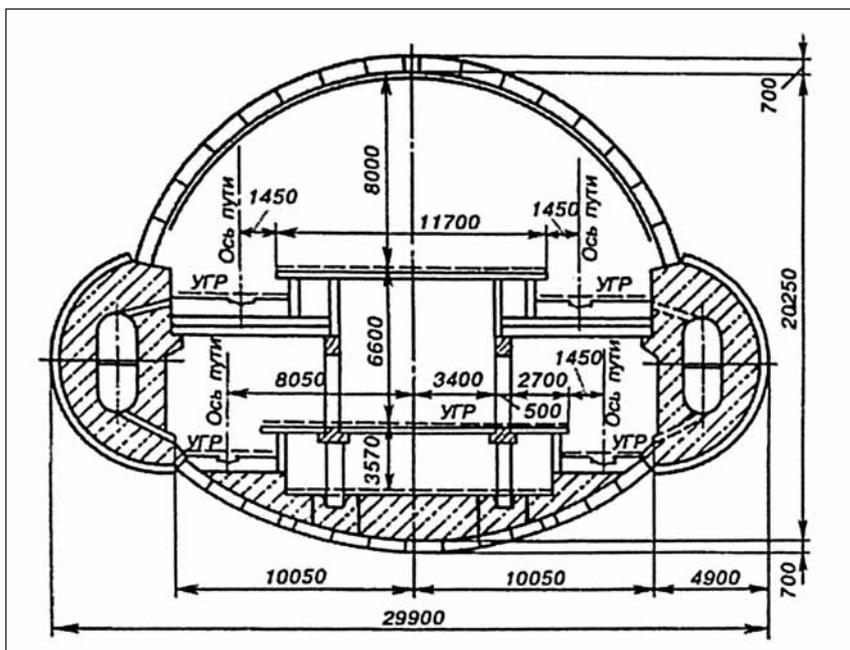


Оценка качества ограждения из грунтоцементных свай (технология исследования подземной части здания второй сцены Мариинского театра с помощью георадара)

конструкций пилонной станции в инженерно-геологических условиях г. Алматы.

На объемной физической модели воспроизвели все этапы возведения конструкции





Станция «Спортивная»



по новоавстрийскому методу с устройством первичной крепи из набрызг-бетона.

Сейсмостойкость конструкции определялась методом математического моделирования в объемной постановке задачи.

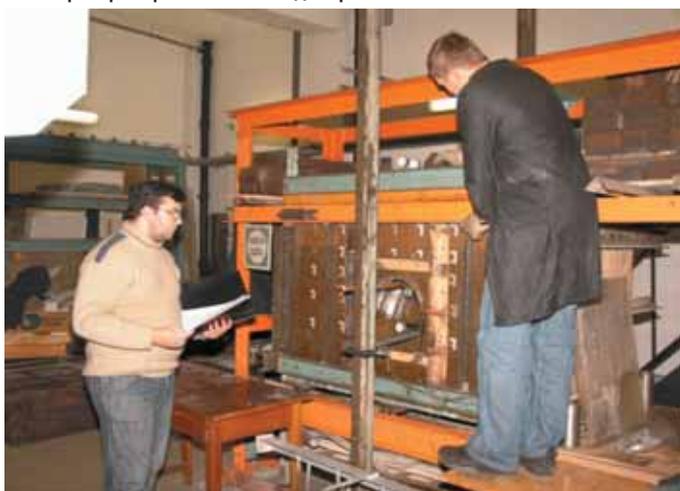
3. Экспериментально-теоретические исследования работы конструкций

В лаборатории физического моделирования

транспортных тоннелей и подземных сооружений метрополитена методами физического и математического моделирования, оценка их эксплуатационной надежности.

Научное направление разрабатывается под руководством д. т. н., профессора Ю. С. Фроло-

ва и его учениками к. т. н., доцентом Т. В. Иванес, к. т. н., с. н. с. Коньковым, к. т. н. В. П. Хуцким, к. т. н. О. С. Кофан, к. т. н. В. Н. Кавказским, к. т. н. Сайедом Али (Сирия), научным сотрудником А. А. Ларионовым, аспирантом Д. А. Соловьевым. Результаты научных исследований использованы при внедрении новых кон-





Натурные исследования работы опережающей крепи



В лаборатории математического моделирования

струкций колонных и односводчатых станций на линиях метрополитена в Санкт-Петербурге, в том числе при проектировании и строительстве уникальной двухъярусной объединенной пересадочной станции «Спортивная».

Комплекс опытно-экспериментальных исследований «Безосадочная технология сооружения подземных выработок, пройденных с опережающей крепью в протерозойских глинах Санкт-Петербурга», выполненных совместно с ЗАО СМУ-11 Метростроя и институтом «Ленметрогипротранс» отмечен в 2008 г. дипломом и почетным знаком Федерального агентства по строительству «За внедрение передовых технологий при освоении подземного пространства».

Экспериментально-теоретические исследования напряженно-деформированного состояния железобетонных обделок нового поколения без связей растяжения в стыках позволили оценить их эксплуатационную надежность в широком диапазоне инженерно-геологических условий строительства, и, тем самым, обосновать область их рационального применения при строительстве перегонных тоннелей метрополитенов.

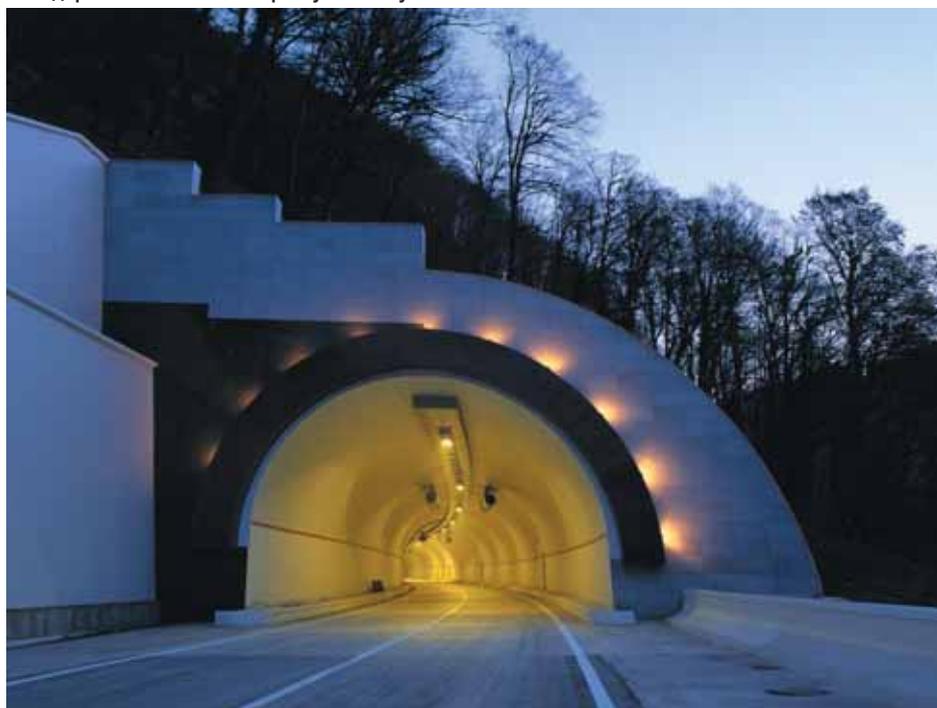
Новаторские идеи

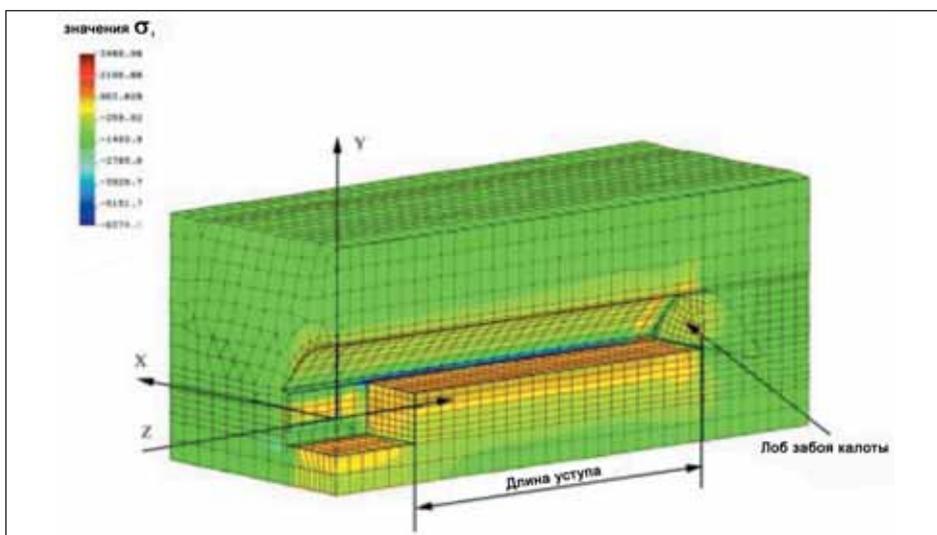
Новаторские идеи строительства метрополитена на линиях мелкого заложения методом сквозной проходки, научно обоснованные и детально проработанные на кафедре, признаны специалистами новым прогрессивным направлением в отрасли и рекомендованы к внедрению на объектах метростроения.

С целью повышения темпов сооружения тоннелей горным способом выполнен большой объем экспериментально-теоретических исследований. Практическая значимость этой работы подтверждена при внедрении ее результатов на таких уникальных объектах, как тоннели на автомагистрали Адлер – Красная Поляна и тоннель на обходе г. Сочи – самый протяженный автодорожный тоннель в России (2,6 км).

Чрезвычайно важной инициативой, получившей поддержку и у заказчиков и у подрядчиков, явилась работа, связанная с обос-

Автодорожные тоннели на Красную Поляну





Строительство автодорожного тоннеля на обходе г. Сочи

нованием необходимости предусмотреть и узаконить в проектной документации раздел анализа рисков.

Большую научно-исследовательскую работу по моделированию работы обделки

тоннелей мелкого заложения с учетом нагрузки от сооружений на дневной поверхности кафедра выполнила совместно с Тульским государственным университетом, Московским институтом «Гидроспец-

проект», Чешским техническим университетом в Остраве и университетом в г. Лидсе (Англия) в рамках проекта, поддержанного грантом ИНТАС.

В начале нового столетия защищаются кандидатские диссертации, тематика которых посвящена проблемам повышения качества и безопасности строительства тоннелей метрополитена на основе анализа риска (О. С. Кофан), прогнозирования осадок земной поверхности при сооружении пересадочных узлов Петербургского метрополитена (В. П. Хуцкий), обоснования возможности и целесообразности применения опережающей бетонной крепи при сооружении станций метрополитена в Санкт-Петербурге (Ю. Филонов) и обделок эскалаторных тоннелей из монолитного железобетона (В. Н. Кавказский), решения транспортной проблемы путем строительства метрополитена в Дамаске (Саламех Али) и Боготе (К. Торрес).

В эти годы выполнен большой объем работ по обследованию и мониторингу подземных сооружений метрополитена с целью оценки их технического состояния и эксплуатационной надежности с разработкой рекомендаций по их ремонту и дальнейшей эксплуатации. Работа включала также анализ методами математического моделирования напряженно-деформированного состояния действующих тоннелей и других объектов метрополитена с разработкой рекомендаций по конструктивно технологическим решениям для капитального ремонта и реконструкции объектов метрополитена, разработку проектов ремонта и реконструкции сооружений метрополитена по результатам выполненных обследований.

Сотрудниками кафедры обследованы станции «Пионерская», «Удельная», «Площадь Мужества», «Спортивная», «Автово», выполнен ряд проектов по усилению и реконструкции отдельных узлов и элементов станций «Пионерская», «Ленинский проспект», «Гражданский проспект», а также проведены работы по обследованию и мониторингу подземных сооружений для организаций, ведущих строительство в охранной зоне метрополитена.

Большой объем работ выполнен в 2007–2008 гг. по обследованию и оценке технического состояния восьми железнодорожных тоннелей в Сирийской Арабской республике. На основании этих материалов были разработаны проекты капитального ремонта и реконструкции трех тоннелей.

Высокий профессиональный уровень сотрудников кафедры как инженеров и ученых востребован при решении особо важных вопросов, касающихся эксплуатационной надежности подземных сооружений метрополитена. Они неоднократно входили в состав экспертной комиссии Госстроя России, участвуют в совещаниях, организованных агентством «Росжелездор» по проблемам развития метрополитенов в городах России, привлекаются к работе технических советов профиль-



Обследование и мониторинг подземных сооружений метрополитена



Обследование тоннелей на железной дороге в Сирии



ных организаций и соответствующих комитетов правительства Санкт-Петербурга при рассмотрении проблемных ситуаций, возникающих на строительстве метрополитена.

Основные результаты исследований изложены в монографиях, учебниках, отраслевых справочниках и нормативных документах, а также в многочисленных публикациях в периодической печати. Материалы исследований докладывались на Международных научных конференциях и конгрессах (Россия, США, Англия, Германия, Бразилия, Индия, Нидерланды).

По результатам выполненных исследований получено 15 авторских свидетельств.

Сотрудничество с ТАР

Кафедра со дня основания Тоннельной ассоциации России активно сотрудничает с

этой организацией. Например, профессор Дмитрий Михайлович Голицынский имеет диплом члена ТАР за № 10, профессор Юрий Степанович Фролов – за № 38.

Сотрудники кафедры в 2018 г. стали инициаторами проведения в ТАР конкурса дипломных работ среди студентов по проблематике освоения подземного пространства. Целями конкурса являются:

- повышение заинтересованности молодежи в получении профессии в области подземного строительства;
- выявление и поддержка наиболее талантливых и творчески активных студентов для дальнейшего привлечения к участию в исследовательской и аналитической работе, связанной с развитием и модернизацией отрасли;
- поиск новых решений научных проблем, инновационных проектов и разработок.

Победителем конкурса 2018 г. в номинации «Освоение подземного пространства городов» за дипломную работу по теме: «Подземный железнодорожный вокзал на высокоскоростной магистрали в инженерно-геологических условиях Санкт-Петербурга» стал выпускник кафедры Олег Олегович Шелгунов.

Победителем конкурса 2019 г. в этой же номинации за дипломную работу по теме: «Станция метрополитена, сооружаемая методом NATM в г. Челябинске» стал выпускник кафедры Евгений Сергеевич Иванов.

Сердечно поздравляем Тоннельную ассоциацию России с 30-летием ее основания! Желаем творческих успехов и плодотворного сотрудничества на российской ниве подземного строительства!



В РОССИЙСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ТРАНСПОРТА СОХРАНЯЮТСЯ ТРАДИЦИИ



Т. В. Шепитько, директор Института пути, строительства и сооружений РУТ (МИИТ), д. т. н., профессор

Современный уровень тоннелестроения требует подготовки конкурентоспособных специалистов. Российский университет транспорта (МИИТ) в течение 123 лет является головным вузом по подготовке инженеров-тоннельщиков, имея большой опыт подготовки инженеров, магистров и аспирантов в области проектирования, строительства и эксплуатации транспортных сооружений, в том числе по актуальнейшей на сегодняшний день специализации «тоннели и метрополитены».

За последние 20 лет после того, как четыре старейших факультета МИИТа «Мосты», «Тоннели и метрополитены», «Строительство железных дорог, путь и путевое хозяйство», «Промышленное и гражданское строительство» в ходе структурной реформы вошли в состав образовывавшегося в 1998 г. Института пути, строительства и сооружений (ИПСС) как структурного подразделения МИИТа, подготовлено более 400-т выпускников специальности «тоннели и метрополитены». Среди них не только российские инженеры-тоннельщики, но и специалисты для многих стран ближнего и дальнего зарубежья. Следует выделить студентов из Вьетнама и магистров из Мьянмы, обучающихся в течение нескольких лет по государственному заказу своих стран для реализации проектов строительства метрополитена в крупных мегаполисах этих стран.

С 2011–2012 учебного года в результате реформы высшего профессионального образования в России осуществлен переход на 2-уровневую подготовку в рамках Болонской системы (бакалавриат – магистратура). К счастью, руководству университета при поддержке ОАО «РЖД» и Мин-

транса России удалось убедить Минобрнауки в необходимости сохранения специалитета с 5-летним сроком обучения для подготовки специалистов-тоннельщиков, мостовиков, строителей железных дорог, путейцев и еще ряда железнодорожных специальностей. При этом была образована объединенная специальность «строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей», в составе которой «тоннели и метрополитены» являются одной из четырех специализаций. В результате такого «укрупнения» специальности, а также в связи с сокращением государственного заказа до 35 человек в год по специализациям «мосты» и «тоннели и метрополитены» выпуск российских инженеров-тоннельщиков снизился в МИИТе в то время до 9–12 человек в год, что привело к их острой кадровой нехватке.

Были предприняты многочисленные попытки обращения руководства университета в Минобрнауки с просьбой об увеличении числа госбюджетных мест для тоннельщиков и мостовиков, но они не имели успеха.

С глубокой благодарностью нужно отметить, что в результате обращения мэра Москвы С. С. Собянина, руководства Комплекса градостроительной политики Москвы в Минобрнауки при активной поддержке Тоннельной ассоциации России число госбюджетных мест с 2015 г. на специализации «мосты», «тоннели и метрополитены» увеличено до 77-ми человек. Это позволяет осуществлять набор 100 и более человек на обе специализации.

В РУТ (МИИТ) сохраняются традиции, в соответствии с которыми подготовка ин-

женеров-тоннельщиков ведется в тесном контакте с ведущими предприятиями и организациями отрасли подземного строительства, среди которых ОАО «ТрансИнжстрой» – российская строительная компания, один из основных подрядчиков строительства Московского метрополитена и других сложных инженерных объектов в Москве и Московской области; ОАО «Метрогипротранс» – одна из крупнейших проектно-изыскательских организаций России; ОАО «Московский метрострой», которое является продолжателем традиций школы российского метростроения, АО «Мосинжпроект» – инжиниринговая компания полного цикла, ставшая единым оператором программы развития Московского метрополитена, генеральным проектировщиком реконструкции вылетных магистралей, участником программы развития транспортно-пересадочных узлов Москвы, управляющей компанией по строительству многих ключевых объектов столицы.

Эти предприятия и организации являются работодателями наших выпускников, поэтому заинтересованы в качественном образовании будущих членов их коллективов. В ходе обучения они:

- принимают студентов на производственную (преддипломную) практику в соответствии с ежегодными заявками и графиком учебного процесса;
- предоставляют необходимую информацию о деятельности компании, которая используется в образовательном процессе, а также при выполнении по заказу компании научных тем в рамках курсового и дипломного проектирования;
- принимают участие в ежегодном мониторинге качества подготовки специалистов;



Рис. 1. Испытания в тоннеле



Рис. 2. Отремонтированные силами АО «Трансинжстрой» под руководством ТАР:
а – кафедральный комплекс кафедры подземных сооружений ИПСС РУТ (МИИТ);
б – аудитория на 150 мест

• трудоустраивают студентов, наилучшим образом проявивших себя в учебном процессе и в ходе производственных практик.

Тоннельная ассоциация России (ТАР) является объединяющим началом для компаний, занимающихся проектированием и строительством подземных сооружений.

С момента своего создания в 1990 г. ТАР работает в тесном контакте с образовательными учреждениями высшего и среднего профессионального образования в области подземного строительства, осуществляющими подготовку кадров для тоннельного строительства.

и за эти 30 лет предприняла ряд эффективных шагов по улучшению ситуации с кадрами и повышению уровня образования в этой области.

Одним из таких шагов стало создание в 2014 г. на базе ИПСС МИИТа при Тоннельной ассоциации России кафедры тоннелей и метрополитенов, которую возглавил выпускник МИИТа, первый заместитель председателя правления, руководитель Исполнительной дирекции ТАР, профессор, д. т. н. Елгаев Сергей Григорьевич. В настоящее время кафедру возглавляет выпускник МИИТа, ге-

неральный директор ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации», д. т. н. профессор Меркин Валерий Евсеевич.

Эта кафедра реализовывает одну из важнейших задач ТАР – стать сообществом профессорско-преподавательского состава специальных высших и средних учебных заведений в области метро- и тоннельного строительства и освоения подземного пространства с учетом тенденции к снижению численности выпускаемых высшими учебными заведениями специалистов по профильным для метро- и тоннельного строительства специальностям,

Рис. 3. Студенческий строительный отряд: а – ОАО «Мосметрострой»; б – «Метрополитеновец»



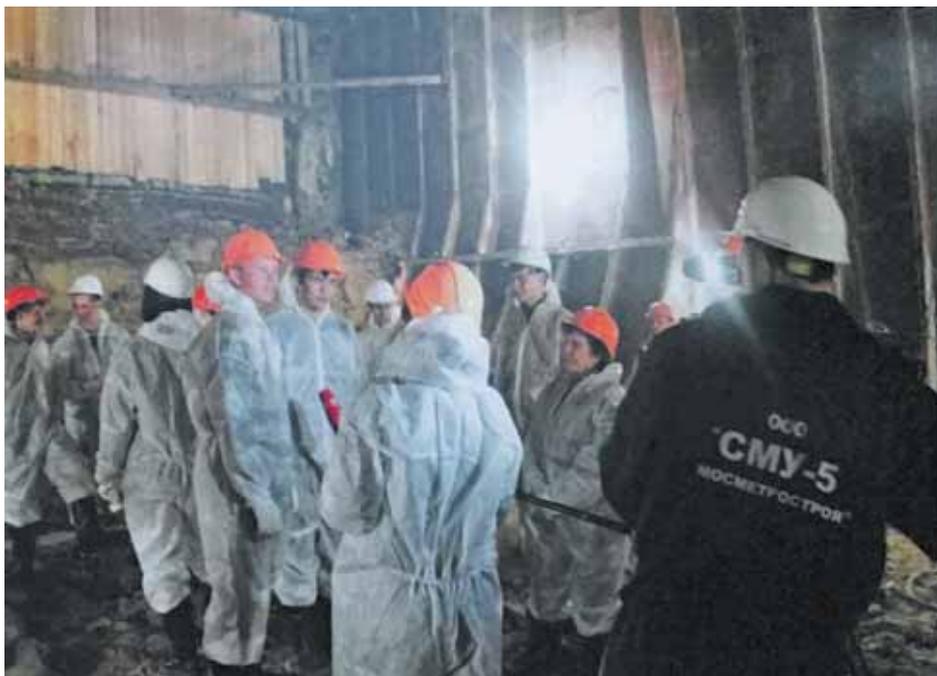


Рис. 4. Экскурсии на строящиеся объекты Московского метрополитена, организованные Тоннельной ассоциацией России для студентов-тоннельщиков

факторов отставания программы подготовки специалистов от масштабных перемен, происходящих в отрасли.

Руководство кафедры считает, что одним из путей преодоления возникших трудностей и кадровых проблем является развитие дополнительного профессионального образования с широким включением в учебный процесс специалистов и инженеров, ученых, имеющих современный практический опыт строительства подземных сооружений. Занятия на кафедре проводятся силами ведущих ученых и специалистов, привлекаемых Тоннельной ассоциацией России.

Благодаря усилиям кафедры и личному авторитету С. Г. Елгаева, В. Е. Меркина, С. В. Ма-

зеина на кафедре интенсивно осуществляется повышение квалификации специалистов-тоннельщиков. За год курсы повышения квалификации на кафедре проходят 12–14 групп инженерно-технических работников 15-ти организаций-членов ТАР, ряда зарубежных компаний в объеме 72 часа по программе «Современные эффективные, безопасные методы и средства строительства тоннелей, метрополитенов, прочих подземных сооружений».

Повышение квалификации кафедры транспортных тоннелей и метрополитенов проводит на самом высоком уровне с привлечением лучших отечественных специалистов-тоннельщиков с изучением конструкции подземных сооружений, ин-

женерных систем метрополитена, основ проектирования тоннелей и метрополитенов, современной тоннелепроходческой и горно-строительной техники, основ организации строительства тоннелей и метрополитенов, строительства подземных сооружений открытым и закрытым способами, вертикальных стволов, подземных сооружений в неустойчивых грунтах с изучением вопросов охраны окружающей среды. Кафедра организует в каждой из групп выездные занятия на строящихся объектах метрополитена (в Москве).

Кафедра активно участвует в подготовке студентов-тоннельщиков по очной форме обучения. Ежегодно при выборе специализации в конце 2-го курса представители кафедры транспортных тоннелей и метрополитенов, являющиеся высокими профессионалами, читают одну-две лекции студентам, ориентируя их в профессии. Это д. т. н., профессор М. А. Мугушев, д. т. н., заместитель руководителя Исполнительной дирекции ТАР С. В. Мазеин и др.

Руководство кафедры привлекает членов Тоннельной ассоциации России к участию в научно-технических конференциях, проводимых в РУТ (МИИТ) – Интерметро-2015, 2017, чтения, посвященные памяти Л. Д. Проскурякова (2019), использует потенциал ученых РУТ (МИИТ) для решения инженерных и научных задач – д. т. н., проф. Е. Н. Курбачко, к. т. н. доц. Е. Ю. Титова, д. т. н. проф. зав. кафедрой мостов и тоннелей А. А. Пискунова. Широко использовались компетенции к. т. н., доц. В. К. Сергеева и др.

Наиболее значимые объекты, в научном сопровождении которых принимали участие ученые ИПСС РУТ (МИИТ):

- виброзащита для Большого театра;
- безбалластный путь в Коршуновском тоннеле;
- испытания в Екатеринбургском, Петербургском и Московском метрополитенах и др. (рис. 1).

Тоннельная ассоциация силами АО «ТрансИнжстрой» отремонтировала кафедральный комплекс «Подземные сооружения» (рис. 2).

Ежегодно создаются два студенческих строительных отряда для работы на строительстве в Мосметрострое и в ГУП «Московский метрополитен» (рис. 3).

Регулярно ТАР организует экскурсии студентов на строящиеся объекты Московского метрополитена (рис. 4).

Из изложенного ясно, что деятельность кафедры транспортных тоннелей и метрополитенов, созданной в Институте пути, строительства и сооружений РУТ (МИИТ) пять лет назад при Тоннельной ассоциации России, позволяет актуализировать специальные знания инженеров-тоннельщиков, поднять качество профессиональной подготовки и повышения квалификации проектировщиков, строителей и эксплуататоров подземного пространства.

ТОННЕЛЬНАЯ НАУКА ЖИВЕТ И РАЗВИВАЕТСЯ

(ИНТЕРВЬЮ К 30-ЛЕТИЮ ТОННЕЛЬНОЙ АССОЦИАЦИИ РОССИИ)



В. А. Гарбер, почетный деятель науки и техники г. Москвы, почетный строитель России, почетный работник транспорта России, почетный транспортный строитель России, доктор технических наук, главный научный сотрудник НИЦ «Тоннели и метрополитены» АО ЦНИИС

– Владимир Александрович, как Вы можете охарактеризовать роль Тоннельной ассоциации России в развитии тоннельной науки?

– С момента создания в 1990 г. Тоннельной ассоциации эта организация явилась правопреемником Минтрансстрой в вопросе научно-технического прогресса нашей отрасли тоннеле- и метростроения.

Сергей Николаевич Власов, явившийся практическим создателем ТАР, еще будучи главным инженером Главтоннельметростроя, уделял большое внимание научным разработкам и их внедрению в практику строительства. Он понимал, что без развития науки никакой технической прогресс невозможен.

При его личном активном участии были разработаны и внедрены основные положения строительства по следующим направлениям:

- сооружение участка Московского метрополитена в условиях карстово-суффозионной опасности;
- разработка и внедрение АСУ ТП строительства тоннелей Байкало-Амурской магистрали;
- разработка и внедрение АСУ ТП сооружения перегонных тоннелей в Ленметрострое с установлением рекорда проходки отечественным механизированным щитом КТ-1-5,6 в 1200 п. м в месяц;
- разработка основ эксплуатационной безопасности сооружений метрополитена в условиях интенсивного городского строительства и ряд других направлений.

– Какова роль Тоннельной ассоциации России в международном сотрудничестве в области тоннеле- и метростроения?

– Тоннельная ассоциация России, являясь членом Всемирной тоннельной ассоциации, самым активным образом участвовала во многих ее мероприятиях.

Перечислю только некоторые мероприятия Всемирной тоннельной ассоциации, в которых мне посчастливилось участвовать в составе делегации ТАР:

- Международный тоннельный конгресс в г. Штутгарт (Германия), 1995 г.;
- посещение Научно-исследовательского тоннельного центра в Швейцарии, а также сложнейшего строительства тоннеля «Ветлиберг» в этой стране, 1997 г.;
- семинар по тоннелестроению в Лондоне (Великобритания) с получением сертификатов об окончании этого семинара, 1998 г.;
- посещение действующих и строящихся объектов тоннеле- и метростроения во Франции, в том числе действующей автоматизированной линии мини-метро в г. Лилль;
- Международный тоннельный конгресс в г. Сеул (Южная Корея), 1999 г.;
- Международный тоннельный конгресс в г. Дурбан (Южная Африка), 2000 г. и др.

– Какова роль Тоннельной ассоциации России в строительстве тоннелей и метрополитенов в других регионах страны?

– Следует отметить большой вклад ТАР в строительство 1-й очереди метрополитена в г. Алма-Ата (Казахстан) в условиях повышенной сейсмичности. Были внедрены облегченные конструкции перегонных тоннелей, новая технология сооружения эскалаторных тоннелей, новые современные конструкции станций метрополитенов.

Из совсем недавнего прошлого можно отметить работы в зоне г. Сочи на строительстве горных тоннелей при подготовке к Олимпиаде.

Из более ранних работ – участие ТАР в строительстве метрополитена в Самаре, Нижнем Новгороде, Новосибирске.

В заключение я хотел бы отметить, что несмотря на трудности современного времени в части финансирования научно-исследовательских работ, Тоннельная ассоциация России продолжает славные традиции, которые были заложены ее основателем Сергеем Николаевичем Власовым.

КАФЕДРА СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОГО ИНСТИТУТА НИТУ «МИСИС» – КОЛЫБЕЛЬ СОВРЕМЕННОГО ТОННЕЛЕСТРОЕНИЯ



Е. Ю. Куликова, д. т. н., профессор кафедры строительства подземных сооружений и горных предприятий НИТУ «МИСИС», лауреат премии Правительства РФ в области образования

Последние десятилетия в мире присутствует тенденция резкого увеличения объемов строительства подземных сооружений, в том числе тоннельного типа. Реализация подобных объемов невозможна без соответствующего научного обеспечения на всех этапах жизненного цикла подземного объекта. Для этого необходимо оценить технический уровень современных тоннелей, выявить их слабые места и принять меры по их устранению. Усложнение горно-геологических, гидро-геологических и других условий заложения тоннелей в городе требует более тщательного подбора обделок подземных сооружений. Требования к обделкам определяются необходимостью более продолжительного срока их службы, увеличения безремонтного периода, надежностью работы в период строительства и эксплуатации объекта и др. Для реализации этих целей необходимо знать механизм формирования свойств бетонных обделок.

Именно в этом ключе ведет свою деятельность кафедра строительства подземных сооружений и горных предприятий Горного института Национального технологического университета НИТУ «МИСИС», которая в этом году отметила свое 90-летие.

Тридцать лет кафедра сотрудничает с Тоннельной ассоциацией России, давая путевку в жизнь горным инженерам-тоннельщикам. Долгое время кафедру успешно возглавлял член ТАР первый проректор МГТУ, проф., д. т. н., лауреат Государственной премии СССР, премии Правительства РФ в области науки и техники, премии Правительства РФ в области образования, пре-

мии им. академика А. А. Скочинского, заслуженный деятель науки РФ Борис Арнольдович Картозия. Еще один член правления ТАР и профессор кафедры д. т. н., лауреат премии Правительства РФ в области образования Борис Иванович Федунец отдал вопросам тоннелестроения более 20 лет своего творческого пути.

Среди выпускников кафедры фигурируют выдающиеся тоннельщики: министр строительства в Восточных районах СССР Е. С. Музыкантов, начальник Дальстроя И. Л. Митраков; начальник Бамтоннельстроя Герой Социалистического Труда В. А. Бессолов, начальник Главтоннельметростроя К. А. Кузнецов, работники Госплана СССР и Госстроя СССР Э. Б. Мариани, В. А. Румянцев, Ю. И. Свирский, главный инженер Госгортехнадзора Р. В. Суrowsягин; заместитель председателя комитета Совета Федерации РФ С. В. Шатиоров, начальники главков Г. Д. Шныпкин, В. В. Шелля; руководители горно-строительных организаций: Б. С. Амурский, И. В. Баронский, В. И. Долженков, П. С. Дудуев, М. И. Есаков, Г. К. Неважай, В. Г. Радченко, Л. Я. Терман; И. Н. Флоров, А. И. Долгов; строители городских подземных сооружений: П. В. Бородин, А. В. Бычков, А. В. Власкин; Ю. Г. Глушенко, Я. А. Дорман, Н. Г. Дымбренев, А. А. Евтихин, С. В. Засорин, В. В. Ковнат, А. Н. Козлов, О. В. Коновалов, Н. В. Корчак, В. Г. Котов, В. А. Лавленцев, З. А. Ломидзе, А. Н. Мишуков, герой Социалистического Труда С. С. Моисеенков, В. В. Неретин, Б. М. Пржедецкий, А. М. Роменский, Г. К. Савич, А. М. Салы, А. А. Толченов, М. Л. Тонконогий, Д. М. Хулордава; воен-

ные строители С. А. Баранов, В. В. Белянский, Ф. В. Казеев, Н. И. Шейкин; работники научных, проектных и других организаций и ведомств: Г. С. Бузов, В. С. Голубов, В. Н. Гольберт, В. И. Гольшиников, С. Н. Изотов; Б. Е. Казаков, Е. П. Калмыков, Г. А. Катков; Е. В. Китайский, А. А. Лютый, С. А. Маршак, Г. П. Махо, Л. Л. Мельников, Е. С. Меркин, В. И. Митраков, А. И. Мороз; В. А. Пилевский, Д. Б. Пржедецкий, В. Н. Пуголовкин, В. А. Румянцев, Г. И. Рязанцев, В. С. Сажин, И. Н. Скумс, Б. М. Усан-Подгорнов, И. Ю. Шишиц; профессора Горного института и других вузов: И. В. Баклашов, Я. А. Дорман, Г. И. Евстратов, Л. А. Зиглин, В. Б. Казаков, Б. А. Картозия, А. В. Корчак, Ю. Н. Куликов, В. Н. Каретников, В. Т. Коваль, Е. Ю. Куликова, Б. Н. Кутузов, А. П. Максимов, А. Д. Меликулов, И. Д. Насонов, Л. Н. Насонов, А. Н. Панкратенко, В. И. Смирнов, М. Н. Тавостин; Н. Г. Трупаков, П. М. Тютюнник, Г. Н. Харитоненко, Е. В. Шибаев, А. А. Шилин и др.

Всего с 1930 по 2020 гг. было подготовлено около 6000 горных инженеров-строителей, в том числе свыше 200 для Анголы, Алжира, Болгарии, Боливии, Венгрии, Вьетнама, Греции, Замбии, Зимбабве, Ирана, Китая, Кубы Колумбии, Лаоса, Марокко, Никарагуа, Польши, Сирии, Эфиопии, Камеруна, Конго, Иордании.

Со времени основания на базе кафедры создавались лаборатории, исследования в которых были направлены на совершенствование техники и технологии тоннелестроения: лаборатории фотоупругости, искусственного замораживания горных пород (оснащенная замораживающей станцией и гидрогеологи-

ческим лотком), водопонижения, механики горных пород и строительных материалов.

К концу 60-х годов XX века, в связи с расширением объемов и содержания исследований, при кафедре была образована научно-исследовательская лаборатория «Специальные способы проходки горных выработок и искусственное упрочнение горных пород», в которой исследования проводились по трем направлениям:

- химическое закрепление горных пород, в том числе обоснование составов и закрепляющих растворов, оборудования и технологии;
- совершенствование искусственного замораживания грунтов, в том числе выработка методов и средств оперативного контроля над состоянием ледопородных ограждений при горнопроходческих работах;
- исследования в области бурения выработок, в том числе установление закономерностей разрушения породы буровым инструментом и обоснование эффективных режимов бурения.

Возрастающие объемы и темпы строительства подземных сооружений в крупных городах потребовали создания при кафедре в 1973 г. отраслевой лаборатории «Технологии городского подземного строительства» совместно с Главмосинжстроем при Мосгорисполкоме. Впервые в стране для Москвы были научно обоснованы и разработаны принципиально новые технологические схемы строительства коммунальных тоннелей глубокого заложения, выявлены закономерности поведения пространственных многоярусных конструкций в зависимости от способов и технологий их строительства, обоснованы способы безлюдного проведения городских подземных тоннелей, обоснованы и внедрены в практику тоннелестроения технологические схемы проходки коллекторных тоннелей с помощью проходческих щитов.

В 1987 г. совместно с Главмосинжстроем при Мосгорисполкоме, Мосинжпроектом ГлавПУ Москвы, СКТБ Главметростроя, Мосоргинжстроем было образовано учебно-научно-производственное объединение «Город», в рамках которого осуществлялась организация и координация научных и экспериментальных исследований, направленных на техническое перевооружение горнопроходческих работ, разработку и внедрение нормативных документов для коммунального строительства в г. Москве. Многие наиболее сложные инженерные объекты в столице, например, подземный гараж в районе ВДНХ, были построены при участии ученых кафедры.

Для нужд тоннелестроения разрабатывались методы проектирования и расчета временных крепей стволов и обделок коллекторных тоннелей, безрассольные способы замораживания. В последующем для Мосметростроя по договору о сотрудничестве были обоснованы, разработаны и опробованы технологии строительства перегонных тоннелей и коротких выработок с применением проходческих комбайнов и временного их крепления набрызг-бетоном.

В рамках кафедры была создана передвижная лаборатория для акустического контро-

ля, позволяющего снизить уровень риска при выполнении специальных горных работ.

Ученые кафедры всегда большое внимание уделяли диагностике состояния конструкций подземных сооружений. Многие из них стали сотрудниками ЗАО «Триада-Холдинг», под эгидой которой был разработан метод прогнозирования состояния конструкций подземных сооружений, позволяющий обосновать сроки их безремонтного поддержания, установить объемы и содержание плановых ремонтно-восстановительных работ.

Одной из проблем при освоении подземного пространства городов является сведение к минимуму влияния устройства подземных сооружений на существующую застройку, особенно в исторической части города. С этой целью организуется геотехнический мониторинг строительства. Немаловажную роль в осуществлении мониторинга объектов подземного строительства отдается современному инжинирингу, т. е. деятельности по инженерно-техническому и инженерно-экономическому сопровождению жизненного цикла технических систем (в том числе промышленных объектов) от инвестиционного замысла до окончания эксплуатации.

В настоящее время эти аспекты эффективно разрабатываются и решаются в созданном на базе НИТУ «МИСиС» образовательно-научном центре Инновационных технологий и мониторинга в подземном строительстве.

В Центре впервые объединены две компетенции сторон: экспертный инжиниринг со стороны специалистов кафедры, владеющих фундаментальными знаниями в области освоения подземного пространства, конструктивных материалов, геомеханики, геоэкологии и т. п. и обширный спектр средств и методик измерений, способных интегрироваться в любые верхние уровни систем автоматизации производственных процессов заказчиков. В 2019 г. кафедра активно сотрудничала с компанией Telemac (Франция), оборудование которой позволяет осуществлять научно-техническое сопровождение строительства практически любого объекта на основе мониторинга нагрузок на обделку и ее деформацию под влиянием окружающей среды, изменения температурных показателей породного массива, его трещиноватости, осадок земной поверхности и находящихся на ней зданий и сооружений и т. п. Таким образом создаются предпосылки для решения основной задачи систем мониторинга – выявления характера инициированных в массиве горных пород, процессов, их закономерностей и прогнозируемых признаков для принятия на этой основе инженерных решений как технологического, так и экономического характера, на этапах изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации крупного подземного сооружения. Решение вопросов, связанных с оптимизацией систем мониторинга, представляет собой сложную задачу, требующую одновременного учета многих факторов. Особую важность при этом представляет рациональное размещение оборудования для мониторинга с

использованием современных информационных технологий. Совместное применение современных численных методов и географических информационных систем для оптимизации систем мониторинга подземных сооружений позволяет еще на стадии проектирования осуществлять длительные прогнозы поведения объекта, а на стадии строительства и эксплуатации служить контрольным эталоном поведения объекта, что обеспечит принятие необходимых инженерных решений в реальном масштабе времени.

При кафедре создан Центр переподготовки кадров «Освоение подземного пространства», где осуществляют повышение квалификации и переобучение работников подземного комплекса Москвы.

Обобщая результаты научных исследований за последние десятилетия, можно с уверенностью сказать, что ученые кафедры внесли значимый вклад в развитие тоннелестроения:

- разработаны теоретические основы и технологии низкотемпературного замораживания горных пород при проходке выработок в сложных гидрогеологических условиях;
- обоснованы методы подбора составов бетонов и разработана технология их укладки, а также рецептура и технология химического закрепления грунтов для подземного строительства объектов г. Москвы;
- исследованы реологические свойства замороженных грунтов в условиях объемного напряженного состояния;
- разработаны теоретические основы проектирования, строительства и реконструкции экологически безопасных подземных сооружений глубокого заложения при освоении подземного пространства г. Москвы;
- разработаны технологические методы управления геомеханическими процессами при комплексном освоении недр;
- разработаны методы акустического контроля качества строительных конструкций при ведении горно-строительных работ специальными способами;
- разработаны метод контроля и оценка состояния конструкций подземных сооружений и конформативная технология их ремонта;
- разработаны конструкции и технология производства коллекторных обделок нового технического уровня;
- заложены научные основы создания рискбезопасных технологий в подземном строительстве, основным принципом, которым является минимизация ущерба от последствий негативных проявлений рисков.

Руководство кафедры привлекает членов ТАР к участию в ежегодной Международной конференции «Неделя горняка». Активно сотрудничает с такими корифеями ТАР, как д. т. н., проф. С. Г. Елгаев, д. т. н., проф. В. Е. Меркин, д. т. н., проф. М. А. Мутушев, д. т. н., проф. С. В. Мазенин, д. т. н., проф. И. Я. Дорман и др.

Только в единстве усилий кафедры и Тоннельной ассоциации России возможно преодоление сложностей кризисных ситуаций и решение новых задач по освоению подземного пространства мегаполисов.



ОТВЕТСТВЕННОСТЬ В МАСШТАБАХ



Генеральный директор АО «Мосметрострой» Сергей Анатольевич Жуков рассказал о производственных показателях компании за 2019 год, реализуемых проектах и поставленных задачах на ближайшие годы.

– Сергей Анатольевич, какими были производственные показатели компании по итогам 2019 года?

– За последние пять лет мы смогли сформировать хороший портфель заказов, который позволил нам сохранить позицию лидеров своей отрасли. Производ-

ственные объемы получились внушительные. Вы только представьте – в 2019 году группой компаний «Мосметрострой» было разработано грунта котлованов на станционных комплексах и притоннельных сооружениях более 204 тыс. м³. В сравнении с 2017 объем монолитных работ в

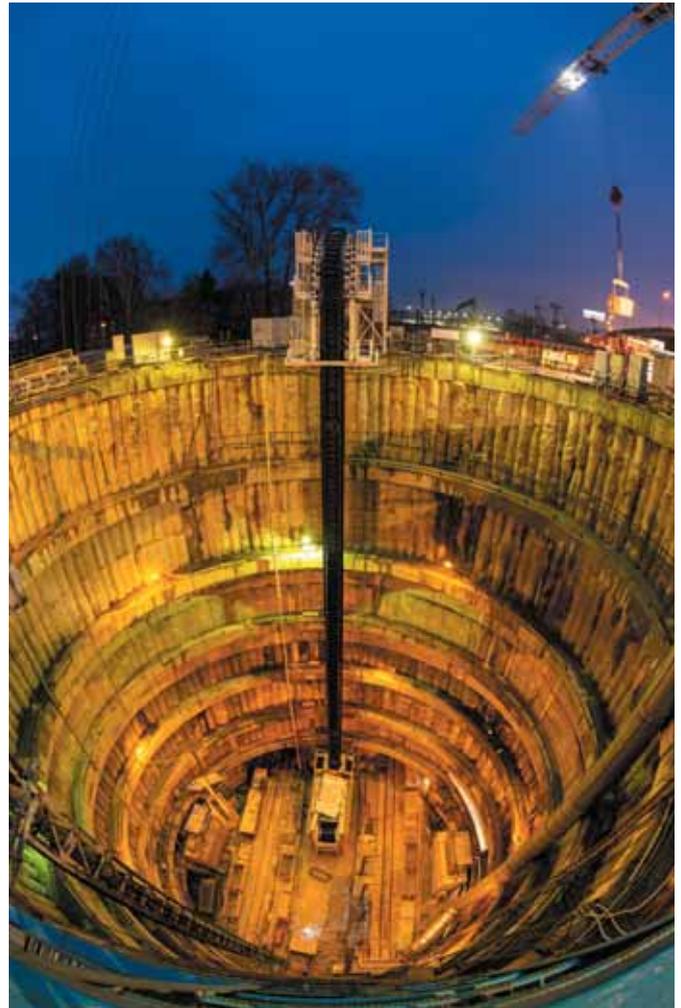
2018 и 2019 годах увеличился в три раза, превысив 200 тыс. м³ в год. За этот период проходка тоннелей горным способом и механизированными тоннелепроходческими комплексами с 5402 выросла до 11391 п. м. За три года проложено 2329 км кабельно-проводниковой продукции и вы-



Станция «Авиамоторная», БКЛ



Станция «Лефортово», БКЛ



Монтажный котлован



Демонтажные работы на Каховской линии

полнено архитектурно-отделочных работ свыше 236 тыс. м².

– Наступил новый год. Какие задачи, планы стоят перед Мосметростроем?

– В 2020 году мы рассматриваем возможность заключения новых контрактов как в метростроении, так и в смежных областях. На сегодняшний день большой фронт работ развернут на продлении Люблинско-Дмитровской линии на север Москвы и реконструкции Каховской линии с тремя станциями: «Каширская», «Варшавская» и «Каховская» с последующей их интеграцией в состав южного участка Большой кольцевой линии столичного метрополитена. Кроме того, заключены контракты на возведение 41-го искусственного сооружения в рамках проекта строительства железнодорожных тоннелей в Сербии. В них входит сооружение путепровода, подземных переходов и мостов. В конце марта запланировано завершение проходки тоннеля на участке сербской железной дороги Стара Пазова – Нови Сад. Трасса тоннеля проложена в сложных горногеологических условиях с оползневыми зонами и неустойчивыми обводненными грунтами. Для укрепления грунтового массива на порталах мы предусмотрели противооползневые мероприятия с сооружением каскада опорных

конструкций из буронабивных свай, объединенных ростверками. Этот проект важен для нас не только в решении стратегических задач транспортной инфраструктуры Сербии, но и для развития долгосрочного надежного бизнес-партнерства и расширения спектра взаимодействия российских и сербских организаций.

– В 2020 году Мосметростроем будут сданы новые станции метро?

– Уже весной планируем открыть две новые станции: «Авиамоторная» и «Лефортово», которые объединят Большую кольцевую и Некрасовскую линии. В первых числах января при участии мэра Москвы Сергея Семеновича Собянина мы провели их технический пуск в рамках второго отрезка «розовой» линии, включающий еще четыре станции. В дальнейшем к Некрасовской линии будет подключен наш участок Большой кольцевой от станции «Лефортово» до «Электrozаводской». В 2020 году также должны завершиться основные строительные работы на «Электrozаводской». На данный момент на объекте ведется сооружение монолитных конструкций станции и вестибюля. Остальные три станции: «Стромынка», «Ржевская» и «Шереметьевская», входящие в состав северо-восточного участка Большой кольцевой линии, откроются в 2021–2022 г.

– Объемы внушительные. Как Вам удается управлять такой большой компанией? Каких «правил руководителя» Вы придерживаетесь?

– Во-первых, уверенность в себе. Нет смысла браться за что-либо, если нет уверенности в себе. Именно это качество формирует доверие людей к тебе, а значит компания будет достигать поставленных целей и развиваться. Безусловно, самодисциплина. Если человек не может управлять собой, то он не сможет управлять чем-то большим, будь то семья или компания. Контролировать себя необходимо начиная с самых простых вещей, например, не опаздывать на работу. Потеря контроля в самых простых ситуациях порождает большие потери. Во-вторых, нужно уметь слушать людей. Обратная связь очень важна. Зачастую руководитель не слышит своих сотрудников и выстраивает авторитарную модель взаимодействия. Конечно, такой подход отчасти можно объяснить влиянием советской системы, где все было построено на жестком управлении. Однако я более склонен к западному стилю управления, когда нет жесткого контроля, есть управление, основанное на личной ответственности и взаимном доверии. Именно такую систему мы стараемся создать в компании.



РАБОТА ПРЕДСТОИТ БОЛЬШАЯ, ОТВЕТСТВЕННАЯ, И МЫ К НЕЙ ГОТОВЫ!



В ноябре 2019 года компания «МБТ» выиграла тендер на строительство новых станций Калининско–Солнцевской линии «Пыхтино» и «Внуково». Участок длиной 4,9 км призван не только улучшить транспортную ситуацию в ТиНАО, но и разгрузить пассажирский поток аэропорта Внуково. О том, какие работы сейчас ведутся на площадках рассказали руководители проектов строительства Максим Донис и Матвей Володин.

– Начнем с небольшого исторического экскурса. Станция «Мичуринский проспект» КСЛ – ваше детище в буквальном смысле слова. Максим Евгеньевич руко-

водил проектом строительства, а Матвей Владимирович был ответственным за монолитные работы и отделку. Все знают, что «Мичуринка» – од-

на из самых архитектурно сложных станций в Москве. А вот со стороны строителей, какие работы были для вас самыми непростыми и почему?



Станция «Мичуринский проспект»



Схема продления Калининско-Солнцевской линии

Максим Донис: В каждом процессе строительства – свои особенности, поэтому изначально разделять их на сложные и простые, как мне кажется, не совсем верно. Станция «Мичуринский проспект» – объективно сложный проект. Нам пришлось строить на месте резкого перепада рельефа и в стесненных условиях. Кроме того, трудности

вызвали инженерные коммуникации, проходившие под землей: это газопровод, который «Мосгазу» пришлось срезать и перенести; под самой станцией мы собственными силами обновили устаревший коллектор реки; а еще ниже было пространство под тоннели Большого кольца метро, с которым тоже пришлось считаться.

Матвей Володин: А, по моему мнению, главной сложностью были сжатые сроки строительства. Вы же видели, – «Мичуринский» в отличие от большинства станций метро в Москве – полуподземная. Там всё оборудование по жизнеобеспечению находится не под землей как у других, а на самом последнем третьем уровне. И если бы-

Станция «Рассказовка»





Участок «Рассказовка» – «Внуково»



Станция «Внуково»

вают проекты, в которых технический пуск возможен с архитектурными «недостройками», то здесь мы не могли дать зеленый свет движению, пока не построили станцию полностью. Фактически станция «Мичуринский проспект» – рекордсмен. Мы ее построили за 2,5 года!

– *Спустя 1,5 года с момента открытия, какие чувства возникают при упоминании станции? Как часто ее «навещаете»?*

Максим Донис: Конечно, очень тепло на душе, что мы смогли реализовать такой масштабный проект и войти с ним в историю города. Пользуясь случаем, хочу выразить огромную сердечную благодарность моей супруге Татьяне Владимировне за понимание и поддержку, потому что часто семья ме-

ня видела раза два или три в неделю – настолько был плотным график работы.

Матвей Володин: А я вспоминаю историю, когда у нас в пешеходном переходе перед сдачей участка в эксплуатацию каждый день большие руководители проводили совещания, и ИТР умудрялись не только присутствовать на нем и отчитываться о состоянии текущих дел, но и параллельно успешно выполнять рабочий план по стройке. А вообще, когда проезжаю наш «Мичуринский проспект», то, конечно, меня переполняет гордость! Словами не передать. Иногда могу даже выйти, прогуляться по родному объекту, побеседовать с дежурным по станции.

– *В настоящее время вы занимаетесь продлением Калининско-Солнцевской линии метро. Матвей Владимирович –*

руководитель проекта строительства станции «Пыхтино», Максим Евгеньевич отвечает за станцию «Внуково». В чем особенность этих новых станций метро? Как вы оцениваете собственные силы в этих проектах?

Матвей Володин: Нам повезло. «Внуково» и «Пыхтино» с инженерной точки зрения очень интересные проекты. Эти две станции будут соединены не только под землей. Через реку Ликова мы построим метромост общей длиной 598 м и весом 675 т. Работа предстоит большая, ответственная, и мы к ней готовы!

Максим Донис: Больше всего работы ожидается по станции «Внуково». В непосредственной близости находится международный аэропорт, и это, конечно, накладывает серьезный отпечаток. Нам предстоит длительный вынос инженерных сетей. В пятне застройки находится больше 22 видов коммуникаций: сети связи, канализационные коллекторы, теплосети, уличное освещение, дождевая и хозяйственная канализации, водопровод и т. д. Кроме того, параллельно нашей стройке администрация аэропорта будет возводить транспортно-пересадочный узел, что тоже внесет свои коррективы в процесс. Но мы трудностей не боимся, как строить станцию метро качественно – знаем, поэтому уже скоро заработаем в полную силу.

– *На каком этапе строительства сегодня находятся объекты?*

Матвей Володин: На станции «Пыхтино» мы сейчас ведем устройство ограждающих конструкций стартового котлована и подготовительные работы для проходки машины (ТПМК) в сторону «Рассказовки».

Максим Донис: На станции «Внуково» мы находимся в процессе ограждения территории и обустройства дополнительной площадки для размещения бытового городка. Также ждем передачи земельных участков под строительство, чтобы развернуть полноценные работы.

– *Какую пользу ждать москвичам от новых станций?*

Максим Донис: Во-первых, новый участок желтой ветки – это улучшение транспортного обслуживания жителей и работников Новой Москвы. Трафик станет свободнее в обе стороны вдоль Боровского и Киевского шоссе, а это значит, что нагрузка будет распределена равномерно между всеми видами транспорта. А во-вторых, конечно, это дополнительная транспортная артерия в аэропорт Внуково, чтобы у авиапассажиров встречающих и провожающих был выбор, на каком виде транспорта передвигаться.

– *Когда станции планируется сдать в эксплуатацию?*

Матвей Володин: Весь участок от «Рассказовки» до «Внуково» длиной почти 5 км планируется запустить в эксплуатацию в конце 2022 г.



BIM В ИНЖЕНЕРИИ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ФРГ НА ПРИМЕРЕ ТОННЕЛЯ РАШТАТТ

BIM IN TRANSPORT ENGINEERING CONSTRUCTION IN THE FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY, WITH AN EXAMPLE OF ITS APPLICATION TO RASTATT TUNNEL

Линда Черна Выдрова, Павел Ружичка, Hochtief CZ, Чешская республика
Linda Cerna Vydrova, Pavel Ruzicka, Hochtief CZ, Czech Republic

Цифровые технологии создают большой потенциал для проектирования и строительства с точки зрения качества, прозрачности, эффективности и надежности процессов. Благодаря им мы можем существенно оптимизировать сроки строительства, затраты и риски. Необходимое условие применения BIM (цифровое представление физических и функциональных свойств конкретного объекта, создающее источник для обмена знаниями и информацией, которые образуют надежную основу для принятия решений в течение жизненного цикла строительства от проектирования до сноса) заключается в том, что заказчик и подрядчики обладают достаточными знаниями о методах и процессах BIM и готовы к сотрудничеству. Кроме того, BIM должен найти путь к системе высшего образования и профессиональной подготовки, чтобы знания квалифицированных специалистов соответствовали современным требованиям. В данной статье кратко описывается ситуация с BIM в Европе и более подробно рассматривается применение этой технологии в Германии, где, как и, например, в Норвегии, государство вводит BIM. Далее в статье описаны немецкие пробные проекты, в том числе проект тоннеля Раштатт.

Digital technologies provide an enormous potential for designing and construction as far as the quality, transparency, effectiveness and reliability of processes are concerned. We can significantly optimize construction time, costs and risks through them. An indispensable condition for the application of the BIM (the digital representation of physical and functional properties of a particular object creating a source for sharing knowledge and information, which form a reliable base for making decisions during the life cycle of a structure, from design to demolition) is that contracting authorities and contractors have sufficient knowledge of BIM methods and processes and are prepared to work together. The BIM has in addition to find its way to the system of higher education and professional preparation so that it is possible to satisfy growing demands for qualified professionals. The paper briefly describes the situation regarding the BIM in Europe and dedicates itself closer to the application of this principle in Germany, where, the same as for example in Norway, the introduction of the BIM is required by the state. Further on, German pilot projects are described, with a chapter concerning the Rastatt tunnel among them.

В последние годы процесс оптимизации был неотъемлемо связан с цифровой платформой BIM и, возможно, с цифровой отраслью в целом, так называемой «Индустрия 4.0» («Строительная индустрия 4.0»). BIM объединяет все соответствующие данные, планы и процедуры строительства, в цифровом виде отображает весь жизненный цикл проекта гражданского строительства от проектирования и строительства до эксплуатации и технического обслуживания.

Что такое BIM

Основное условие для более широкого применения BIM заключается в более четком и общем понимании того, что означает BIM. Строительное Информационное Моделиро-

вание (BIM) можно понимать как процесс оптимизации планирования, строительства и эксплуатации строительных конструкций. В соответствии с этим подходом BIM основано на 3D компьютерной модели, дополненной параметрической информацией (время, затраты и другие характеристики), что в совокупности означает использование моделей 4D, 5D или даже nD. Информация, доступная по модели, может быть использована партнерами по проекту для различных целей. Объединив частичные элементы модели, возникает высоко скоординированный пакет данных, который может использоваться в течение всего срока действия цикла проекта.

По этой причине BIM не является пакетом программного обеспечения; это способ ра-

боты, сотрудничества, предложений, проектирования, управления строительством и эксплуатацией (рис. 1). Однако для его внедрения, в частности, необходимо стандартизировать отдельные процессы и своевременно объединить всех сотрудников.

Различные институты и практикующие специалисты со всего мира используют BIM по определению американского национального комитета для стандарта BIM, упомянутого в начале статьи.

BIM также можно понимать как моделирование, позволяющее развитие объекта и всех его характеристик сначала виртуально, а после этого физически. Проверка и координация проектов повышают качество всего процесса проектирования, уменьшают

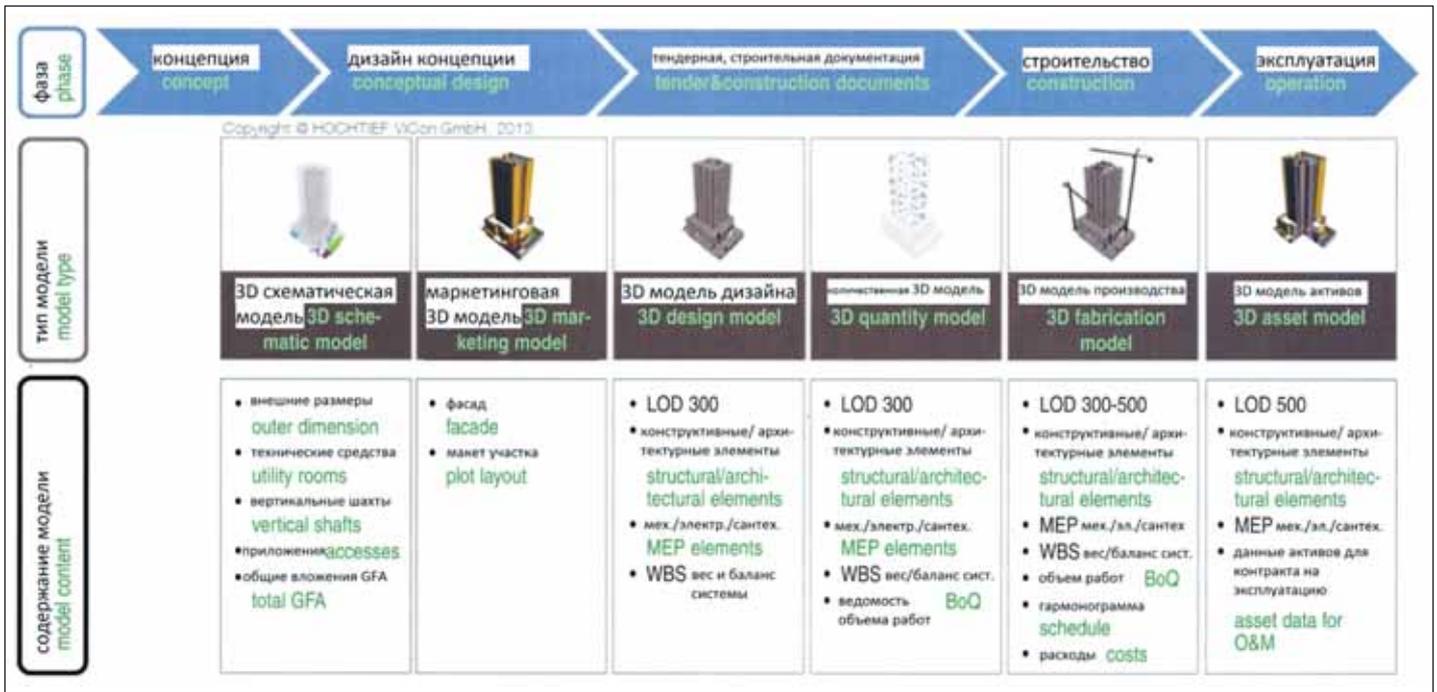


Рис. 1. Типы отдельных моделей на различных этапах процесса строительства

количество ошибок и неточностей в документах, ускоряют и уточняют количественные сметы. Моделирование конструкции позволяет обнаруживать ошибки не только на этапе планирования проекта, но и на протяжении всего периода строительства по причине того, что оно позволяет моделировать в режиме реального времени. Можно предположить, что этот цифровой метод будет оказывать влияние на будущее планирования, проектирования, реализации и эксплуатации.

Условия цифрового проектирования

Работа с BIM требует четких договорных отношений, тесного сотрудничества и командного духа. Модели отдельных разделов всех заинтересованных сторон, например, архитекторов, инженеров-проектировщиков, строительных инженеров, инженеров-конструкторов или подрядчиков по технологическому оборудованию, должны реализовываться в тесном сотрудничестве, а согласованность сторон – регулярно контролироваться, чтобы все разделы являлись частью скоординированной модели. Налаживание сотрудничества всех сторон, участвующих в процессе проектирования и строительства, подразумевает «культурные изменения» и бесперебойное выполнение новых обязанностей. Должности и обязанности должны быть определены еще до начала проектирования с использованием процессов BIM. Необходимым условием сотрудничества в рамках BIM является обмен цифровыми данными между всеми сторонами без потери данных.

Таким образом, основой всестороннего использования BIM является условие, что все производители программного обеспечения используют идентичные стандар-

тизированные и непатентованные (открытые форматы без юридических ограничений на использование) форматы обмена данными, а также библиотеки содержимого.

Другим условием использования BIM является то, что опыт применения цифровых методов по всей цепочке поставок был достаточен даже для клиента. Клиенты и подрядные органы должны быть в состоянии определить свои требования к BIM при покупке проектно-строительных работ.

Для этого договаривающиеся органы власти должны заблаговременно получить необходимые сведения. То же самое относится и к подрядчикам. Первоначальный импульс к широкому внедрению BIM должен исходить со стороны клиента (подрядной организации). Подрядные организации должны научиться использовать BIM, а также необходимо, чтобы они могли конкретизировать свои требования в отношении цифрового строительства для отдельных конкретных проектов.

Выбранные общие термины BIM

- Модель BIM: параметрическая 3D модель с информацией о свойствах, размерах, материалах и других добавленных к ней характеристиках в зависимости от конкретного этапа разработки документации.

- 5D модель: 5D модель сочетает информацию о затратах во времени и об отдельных элементах 3D-модели. Таким образом, 5D-модель означает, что $5D = 3D + \text{время} + \text{расходы}$.

- nD модель: модель nD интегрирует прочую информацию в виртуальную модель BIM, к примеру, происхождение отдельных элементов, конкретные требования к техническому обслуживанию или эксплуатации. Таким образом, модель nD может быть выра-

жена как $nD = 3D + \text{время} + \text{затраты} + \text{прочая информация}$.

- План осуществления BIM: план осуществления представляет собой документ, содержащий рекомендации по отдельным должностям и обязанностям, а также расчет стоимости проекта. Этот документ определяет сферу использования проекта BIM, описывает его цели и подробный график планирования путем управления и мониторинга информации. За рубежом план реализации включен в юридический документ BEP (BIM Execution Plan – план исполнения).

- Внедрение BIM: стандартизация и установление коммерческих отношений, анализ требований проекта и субъектов, участвующих в проекте, определение обязанностей и границ ответственности, установление индивидуальных требований и адаптация BIM к устоявшимся организационным структурам.

- LOD (Level Of Development – Уровень детализации): определяет детали информации об отдельных элементах конструкции, разработан от самого низкого уровня детализации до самого высокого. Американским институтом архитекторов (AIA) было принято пять основных уровней LOD.

- EIR (Employer's Information Requirements – Информационные требования заказчика): требования подрядной организации к подрядчику BIM, представляющие часть тендерной документации (какие модели должны разрабатываться на каждом этапе проекта вместе с требуемым уровнем детализации: программное обеспечение, способ обработки данных, распределение ответственности, сроки проектирования).

- LOI (Level Of Information – уровень информации): определяет уровень детализации неграфических атрибутов. LOI и LOD для различных моделей не должны быть на одном уровне.

Европейские стандарты для BIM

Тенденции, выявленные в Европе, заключаются в подготовке в первую очередь государственных контрактов с использованием BIM-процессов. В Великобритании законодательство о государственных закупках с использованием методологии BIM действует с 2016 г. Показатели BIM определяются как часть государственных закупок, обязательных для всех типов общественных зданий и инфраструктуры. В Норвегии или Финляндии уже несколько лет существует требование о создании государственных закупок с использованием принципов BIM, и в этом контексте в качестве предпосылки для создания единой национальной системы были разработаны базы данных строительной продукции. Во Франции для государственных закупок модель BIM потребует с этого года. В Испании применение BIM будет обязательным для проектов государственного строительства с декабря 2018 г. и для инфраструктурных проектов с июля 2019 г. Европейский парламент принял Директиву 2014/24/EU о государственных закупках, согласно которой можно использовать BIM-технологии в области государственных закупок. Вероятно, в будущем произойдут и другие законодательные изменения. Некоторые важные чешские клиенты и подрядчики требуют предоставления данных из моделей BIM для своих проектов с целью постепенной оцифровки строительных процессов.

В области технической стандартизации ЕС готовится использование международных стандартов ISO, таких, как стандарт ISO 16739, определяющий формат обмена данными, или стандарт ISO 12006 для классификации строительной информации. Даже CEN/TS 442 для технических стандартов, которые для BIM будут действовать в рамках ЕС, тесно сотрудничает с организацией ISO.

BIM в Германии

Общая цель немецких стран заключается в том, чтобы проектирование и его реализация с использованием BIM-технологий стали стандартом. Федеральное министерство транспорта и цифровой инфраструктуры (BMVI) как общественное учреждение учитывает это намерение, в частности, министерством был разработан план реализации, обеспечивающий использование BIM для новых крупных проектов транспортной инфраструктуры и предоставление средств общи- на объемом 3,8 млн евро для финансирования четырех пробных проектов BIM, включая сопутствующие исследования в секторах дорожной и железнодорожной инфраструктуры. На данный момент результаты положительны, работа в среде BIM эффективна, а ее определенность в области реальных затрат выше. В настоящее время начался второй этап, где метод BIM применяется в 13 проектах по строительству железных дорог, 10 проектах, касающихся сети автомобильных дорог и в одном – для водного пути. В области автомобильных дорог BMVI обеспе-

чивает финансирование двух проектов по строительству автомагистралей, которые реализует компания DEGES (Deutsche Einheit Fernstrassenplanungs- und -bau GmbH). В настоящее время BMVI планирует другие проекты в области дорожной инфраструктуры в координации с 16 федеральными землями, которые отвечают за реализацию BIM от имени федерального правительства и которые уже участвовали в подготовке плана реализации. Кроме того, федеральное министерство транспорта и цифровой инфраструктуры готовит пробные проекты в рамках процедур отбора с использованием Государственного Частного Партнерства в секторе автомагистралей.

BIM также будет использоваться в рамках первого проекта «нового поколения» – автомагистрали A10/A24 в Бранденбурге – на еще не выбранном участке автомагистрали. В области железнодорожной инфраструктуры BMVI поддерживает текущие пробные проекты администрации железнодорожной инфраструктуры Германии (DB Netz AG). DB Netz AG планирует ускоренное внедрение BIM и плана внедрения в области железнодорожной инфраструктуры. DB Netz AG продвинулась во внедрении BIM настолько, что с этого года планируется использовать BIM в проектировании и строительстве всех железнодорожных станций.

Административный аспект плана действий заключается в определении минимальных критериев для «первого уровня производительности», который будет являться требованием для BIM с 2020 г. для всех подготавливаемых проектов. Государственные заказчики, входящие в компетенцию BMVI, должны до этого момента найти возможность использовать указанные в настоящей статье требования в тендерах на проектирование и строительство.

1-й уровень производительности

Организация-подрядчик должна точно определить в документе «Требования подрядной организации к информации», когда и какие данные им нужны. Все работы должны быть представлены в цифровой форме на основе профессионально выполненной модели.

- При проведении торгов необходимо согласовывать формат данных, чтобы обмен ими был возможен.

- BIM должно быть закреплено в контрактах в качестве инструмента, предписанного для проектирования. Процедуры, интерфейсы и используемые технологии должны быть определены в «плане реализации BIM». Необходимо разработать «общую среду данных» для организованного администрирования и обмена данными без потерь, происходящих в рамках процессов проектирования и реализации строительства.

Касательно трех этапов BIM

Первый этап (до 2017 г.) характеризуется как подготовительный, в ходе которого с ис-

пользованием BIM реализуются и научно оцениваются первые пробные проекты. В пробных проектах BIM применялось лишь отчасти. Меры были инициированы на основе первоначального опыта, необходимого для стандартизации рекомендаций по последующим этапам для того, чтобы можно было подготовиться ко второму этапу.

В настоящее время начинается второй этап (2017–2020 гг.), в ходе которого увеличивается количество пробных проектов для получения достаточного опыта во всех этапах проектирования и реализации строительства. Впоследствии пробные проекты должны быть реализованы в соответствии с требованиями первого уровня эффективности, которые будут детально определены в рамках второго этапа. Будет составлен ряд директив, контрольных списков и рабочих шаблонов, которые будут применяться для всех будущих проектов. Уточнение правовых вопросов будет частью пробных проектов. Кроме того, будет подготовлена концепция баз данных, что должно значительно облегчить работу с BIM.

С 2020 г. регулярная реализация первого уровня эффективности будет начата на третьем уровне для всех новых проектов в рамках всей транспортной инфраструктуры Германии.

Поддерживаемые пробные проекты

Четыре пробных проекта с использованием процессов BIM (в том числе один исследовательский проект) были поддержаны со стороны BMVI с июня 2015 г. в рамках подготовительного этапа. Они включают в себя два проекта по железнодорожным сооружениям (Раштаттский и Фильстальский тоннели) и два проекта по строительству автомагистралей (мост через Петерсдорфер-Си и мост Ауэнбахталь), которые находятся на различных этапах подготовки и реализации. В октябре 2016 г. были дополнительно включены еще два проекта в области дорожного строительства (объекты дорожного строительства В 3In № 19/30, 20 и 27 и дорога В 87n между муниципалитетами Эйленбург и Мокрена). Важная цель этих пробных проектов заключается в описании, анализе и оценке конструкций, течений процессов и взаимодействий между участвующими субъектами с использованием BIM. Полученные знания сначала оцениваются по конкретному проекту, а затем включаются в общую методологию процесса. Определяются меры для дальнейшего использования процессов и метода BIM на основе пробных проектов.

Пробный проект тоннеля Раштатт

Тоннель Раштатт является важной частью расширения существующей железнодорожной линии между Карлсруэ и Базелем и частью развития новой железнодорожной линии между этими городами. Планируемая скорость движения пассажирских и грузовых поездов дальнего следования составляет 250 км/ч. Тоннель, проходящий под це-



Рис. 2. Виртуальная сборка тоннельной буровой машины (ТБМ) в пробном проекте «Раштаттский тоннель»

лым городом, давшим ему свое название, и далее под природным заповедником, реализуется благодаря объединению НОСНТРЕ Infrastructure и Züblin. Общая длина тоннеля с внешним диаметром 10,6 м, проходка которого осуществляется с помощью ТБМ, составляет 4270 м. Тоннель проходит через песчано-гравийные слои грунта, под уровнем грунтовых вод и неблагоприятным воздействием очень мелкого породного перекрытия (локально 3–4 м толщиной). Расстояние между центрами однопутных тоннельных труб составляет 26,5 м; поперечные сбойки расположены на расстоянии 500 м. Порталы тоннеля выполнены в виде шумопоглощающих коробок Sonic-Boom и составляют часть конструкции тоннеля. Реализация плана строительства тоннеля распланирована на три года с целью введения его в эксплуатацию конце 2022 г. [10]

Строительство в сложных условиях требовало творческого подхода и множества инноваций. В мае 2016 г. ТБМ «Вильгельмина» с бентонитовой суспензией приступила к проходке тоннеля с запада. Средняя скорость вращения режущего ротора составляла 2 оборота в минуту, а максимальная скорость проходки – 19,5 м в сутки. ТБМ успешно прошла под природным заповедником, где применялся метод замораживания грунта с учетом неустойчивой геологической среды и слоя перекрывающих пород в 4–5 м. Идентичная ТБМ под названием «Сибилла-Августа» с бентонитовой суспензией приступила к проходке в конце сентября 2016 г., и проходка тоннеля с использованием этой ТБМ (в практически идентичных условиях) также распланирована на один год (рис. 2).

Общая стоимость проекта достигает 312 млн евро. Тоннель Раштатт является крупнейшим из четырех проектов, финансируемых федеральным министерством транспорта, где работа осуществляется с использованием ВМ. Это один из двух пробных проектов по контракту администрации железнодорожной инфраструктуры.

ВМ использовалось в рамках данного проекта для обеспечения информацией при

помощи цифровых моделей, для проверки коллизий, составления календарных графиков, составления смет, планирования строительного процесса, описания действий, расчетов и контроля с использованием 5D-модели и для проверки хода строительства. Этап планирования и проектирования с использованием ВМ закрыт с апреля 2016 г. Компания DB Netz AG, руководящая всем процессом ВМ и с самого начала устанавливающая требования к этому процессу, впервые имеет в своем распоряжении доступные высококачественные модели со сроками исполнения, перечнями работ и характеристиками проекта строительства тоннелей. В настоящее время в рамках этих моделей осуществляется управление примерно 35000 элементов, в том числе всем, что связано со сроками (около 3000 задач), а также с затратами на строительные материалы (около 3500 позиций).

В дальнейшем продолжении пробного проекта ВМ «Раштаттский тоннель» необходимо достигнуть целей, заявленных на этапах реализации и эксплуатации. Реализацией строительства необходимо эффективно управлять и вести учет реализации строительства с помощью завершенных 5D-моделей. Метод ВМ для этапа реализации интегрирован в классические процедуры строительства тоннеля, поэтому уже сегодня можно извлечь выгоду в строительстве от применения новых цифровых методов работы. Полученный опыт в настоящее время используется для разработки директив и инструкций, используемых для стандартизации ВМ в области инфраструктуры. Еще один нюанс работы с применением ВМ заключается в том, что предполагаемая выгода может быть достигнута в полном объеме только при успешном использовании и комплексном внедрении ВМ, причем все субъекты, участвующие в проекте, будут привлечены в качестве партнеров.

DB Netz AG затребовала и заказала ВМ во время выбора подрядчика. Помимо стандартных действий, задачей подрядчика была и подготовка всех данных на момент прове-

дения конкурса, таких как стоимость проекта, график работ, планирование строительства и других характеристик для последующего дополнения уже заранее подготовленной 3D-модели DB Netz AG. Впоследствии заказчик требовал от подрядчика параллельно с процессом строительства поддерживать и постоянно дополнять модель, добавляя текущие данные о строительстве. В связи с тем, что цель DB Netz AG состоит в том, чтобы на примере пробных проектов опробовать весь процесс управления строительством. Процесс выставления счетов основывается на реально выполненных работах на стройплощадке и включения их в интерактивную 3D-среду. Эта среда одновременно привязана к реальному графику строительства, который автоматически изменяется в соответствии с только что выполненными работами. Тем не менее, весь процесс ВМ осуществляется параллельно со стандартным процессом строительства. Таким образом, процесс ВМ взаимно дополняет стандартный строительный процесс и является договорно обязательным. Инвестор принял этот способ внедрения ВМ на основании опыта, полученного за рубежом, где ВМ в основном вводится таким образом.

Причина этого заключается в намерении предотвратить приостановку строительства из-за неожиданных событий, которые могут произойти при несогласованности в процессе сотрудничества и управления строительством. Конечно, параллельный процесс ВМ оценивается и всегда связан с реальным процессом строительства. Инвестор уверен, что таким образом будут отлажены возможные проблемы, все заинтересованные стороны ознакомятся с новой строительной средой, и в то же время инвестор сможет ввести требование, чтобы ВМ стал обязательным для реализации инфраструктурных проектов после 2020 г. Так как основополагающие цели, которые необходимо достичь – это точность процесса строительства, своевременное управление проектными расходами, более точное принятие решений о всевозможных изменениях и понятные исходные данные, DB Netz AG приступила к расширению базовой 3D-модели только до так называемой 4D-модели, что означает распределение времени строительства по графику, и до 5D-модели с привязанным к графику детализированным бюджетом. В результате DB Netz AG возьмет на себя оцифрованную документацию, но не будет использовать ее для администрирования проекта после его ввода в эксплуатацию. Эта цель была отложена до 2020 г., когда 5D-модель будет требоваться в качестве стандарта, и будет время для дальнейшей доработки процесса подачи заявки в администрацию всего строительства.

Первое преимущество, возникшее после начала процесса ВМ, заключалось в возникновении обсуждений всех изменений между подрядчиком, заказчиком и другими заинтересованными сторонами. В 3D-модели каждый может увидеть ссылки и необ-

ходимость изменений. Это значительно ускоряет весь процесс переговоров и последующее утверждение изменений. Кроме того, все заинтересованные стороны могут точнее прогнозировать будущее строительства с учетом различных аспектов (финансовых, технических, аспекта изменений и т. д.) на основе имеющихся данных. Другим преимуществом является то, что заказчик имеет практически непосредственный обзор выполненных работ, финансирования и соответствия графику, поскольку сотрудники обязаны без промедления информировать о текущей ситуации и записывать данные в цифровой среде онлайн. Благодаря этому сокращается количество бумажных документов, которые подрядчик должен составлять в ходе строительства, в этом случае документы предоставляются только по завершению работ (рис. 3).

С другой стороны, недостаток всего процесса заключается в том, что весь персонал должен быть обучен выполнению конкретных задач, и в то же время заказчик, проектировщик и подрядчик должны обеспечить свои рабочие места относительно дорогостоящим оборудованием, позволяющим выполнять эти работы. Этот процесс особенно сложен для заказчика, потому что он должен устанавливать ограничения для заинтересованных сторон, чтобы весь процесс работал надлежащим образом. Заказчик требует соблюдения правил в ходе строительства, начиная с реализации и контроля и заканчивая согласованием и выставлением счетов за выполненные работы. Разумеется, для выполнения всего вышеперечисленного нанимаются консультанты, которые уже налаживали подобный процесс в других странах и имели определенный опыт работы с ним. В то же время, в этом и состоит главный момент BIM, без которого весь процесс не может функционировать.

Дело в том, что заказчик действительно заинтересован в открытом сотрудничестве всех сторон проекта и предоставлении им условий для открытого сотрудничества, а также в том, чтобы сделать весь процесс строительства и управления проектом более прозрачным. Если условия поставлены заказчиком и четко определены с самого начала, то, скорее всего, ни проектировщик, ни подрядчик не будут заинтересованы в непредвиденных расходах, возникших в ходе стандартного процесса закупки из-за недостаточно отлаженной тендерной документации.

Мониторинг и научные результаты

Были разработаны метрики для определения степени освоения BIM, позволяющие формализовать и унифицировать оценку степени успешности для внедрения метода BIM в рамках отдельных пробных проектов. Исходные документы для его разработки содержатся в ранее опубликованных международных работах. Эти показатели учи-

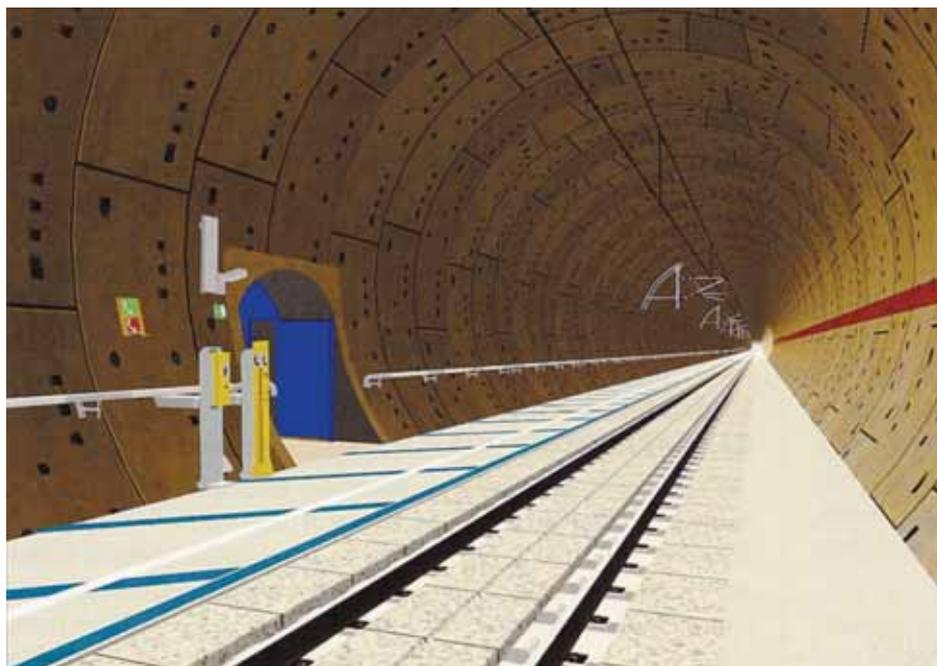


Рис. 3. Завершенный Раштаттский тоннель в BIM

тывают важную специфику немецкого рынка и были целенаправленно разработаны для оценки инфраструктурных проектов. Оценка состоит из 62 вопросов, охватывающих различные аспекты применения BIM к инфраструктурным проектам. Освоение BIM оценивается для каждого вопроса по шкале от 0 до 5. Ноль означает «не используется» и 5 баллов соответствуют оценке «используется оптимально». Чтобы присвоение баллов было как можно более прозрачным, для отдельных категорий были определены подробные инструкции.

Используемая технология в большинстве случаев вполне применима. Однако для инфраструктуры по-прежнему доступно лишь несколько объективных библиотек. По этой причине в рамках пробных проектов были созданы адекватные модели для отдельных структурных элементов. Обмен данными между отдельными программными средствами был возможен только на основе ручных модификаций. Инвесторы получили поддержку со стороны консультантов BIM, и обучение групп BIM на стороне подрядчиков было организовано надлежащим образом.

Применение BIM на различных стадиях реализации и при различной степени завершенности отдельных проектов позволяет, с одной стороны, осуществлять мониторинг широкого диапазона применения BIM, а с другой стороны, затрудняет сопоставимость результатов между проектами.

Окончательная оценка передачи данных между последующими фазами исполнения пока не представляется возможной. Из-за отсутствия стандартов тестирование применения открытого формата обмена данными было возможно лишь частично. Требования заказчиков к информации были доступны лишь в ограниченном объеме или были созданы впоследствии. До сих пор такие аспекты, как контракты, процесс

закупок и эксплуатации, затрагивались в весьма ограниченной степени. Одной из основных причин такого положения дел является отсутствие стандартизированных описаний характеристик, образцов, каталогов и образцов контрактов. Эти описания будут в дальнейшем рассмотрены в рамках второго этапа.

Стандартизация в области инфраструктуры

Крайне необходимы единый стандартизированный формат передачи данных, всегда четко сформулированные задачи и объем данных, передаваемых организации-подрядчику и между субъектами – участниками проекта.

Мотивом для создания стандарта IFC (Отраслевые базовые классы) – центрального стандарта для обмена данными в рамках BIM – является образование SMART International, глобальной организации по поддержке стандартизации в гражданском строительстве, которая тесно сотрудничает с Международной организацией по стандартизации (ISO) и Европейским комитетом по стандартизации (CEN) в разработке стандартов BIM. BuildingSMART составит первоначальное предложение по стандартизации, которое будет доработано со стороны ISO на международном уровне и со стороны CEN на европейском уровне. Технический комитет CEN/TC 442 работает над едиными европейскими стандартами для BIM с 2015 г.

В Чешской Республике

Постановлением Правительства от 02.11.2016 г. № 111-1 установлен порядок внедрения BIM в строительную практику в целях обеспечения долгосрочной конкурентоспособности Чешской Республики в рамках глобальной конкурентной среды. Директива Европейского парламента и Совета № 2014/24/EC о государственных за-

купках уже допускает требование об использовании специальных электронных инструментов, таких как электронные графические программы для строительной информации и аналогичных инструментов, включая информационное моделирование в области государственных инвестиций. Директива перенесена в чешскую правовую среду новым Законом № 134/2016 «О государственных закупках», вступившего в силу 1 октября 2016 г.

Правительство назначило Министерство промышленности и торговли в качестве управляющего внедрением метода BIM на практике, и это министерство представило концепцию внедрения метода BIM в Чешской Республике, по которой даже другие министерства (главным образом, министерства транспорта, финансов и образования) будут тесно сотрудничать. Представленная концепция находится в процессе утверждения. В рамках этих мероприятий под эгидой Государственного фонда транспортной инфраструктуры (SFDI) создана рабочая груп-

или уже внедряется, также являются частью рабочей группы.

Заключение

Благодаря тесному сотрудничеству разработчиков, выявлению расхождений при помощи компьютерных технологий и контролю качества на основе соблюдения правил, можно в большей степени избежать ошибок и недостатков при подготовке проекта. В случае проектирования, например, можно автоматически, следовательно, более эффективно проверять, соответствует ли проект различным правилам. Эти два преимущества имеют решающее значение, поскольку они помогают предотвратить процесс изменений и увеличений дополнительных расходов.

Другое преимущество заключается в том, что соответствующая информация всегда доступна в рамках единого надежного источника. Прозрачные, надежные и всеобъемлющие данные способствуют улучшению процесса принятия решений на всех этапах строительства.

От редакции журнала

В сентябре 2019 г. в Тоннельной ассоциации России создана рабочая группа № 2 «Содействие внедрению технологий информационного моделирования при реализации проектов подземного строительства». Одним из направлений деятельности этой группы является информирование отечественных специалистов о зарубежном опыте применения цифровых технологий при проектировании, строительстве и эксплуатации подземных сооружений. В настоящем номере журнала мы публикуем статью чешских специалистов Линды Черна Выдровой и Павла Ружички о применении BIM-моделирования при сооружении железнодорожного тоннеля в Раштатте (Германия). В статье приведены интересные сведения об особенностях применения технологий информационного моделирования в европейских странах, в частности, в Чехии и Германии.

па по внедрению процесса BIM в транспортно-инженерную отрасль. У SFDI как инвестора инфраструктуры, финансируемой из государственных источников, есть список пробных проектов в транспортной инфраструктуре, к которым будет применяться процесс BIM. Экономия будет достигнута за счет расходования финансовых средств. В состав рабочей группы, целью которой является определение четких шагов по внедрению процесса BIM в пробные проекты, входят представители Министерства транспорта, Управления автомобильных дорог и Управления железнодорожной инфраструктуры, которые являются государственными организациями, непосредственно внедряющими государственные закупки в транспортную инфраструктуру. Некоторые вспомогательные организации, которые в состоянии обеспечить передачу необходимых ноу-хау из соседних стран, где процесс BIM уже работает в течение некоторого времени

В апреле 2013 г. Комитет по реформированию масштабных проектов (далее – Комитет) был создан бывшим федеральным министерством транспорта, строительства и градостроительства. В ее состав входили 36 известных экспертов из частного сектора, академического сообщества и ассоциаций. Одним из членов Комитета был, например, д-р Ханс-Георг Балтхаус, директор «Хохтиф Инжиниринг» и признанный эксперт по транспортной инфраструктуре в Германии.

Предложение Комитета заключается в том, чтобы решение о заключении контрактов на строительство основывалось на качественных критериях в большей степени, чем в нынешнее время. Контракты слишком часто подписывают те участники тендера, которые предлагают самую низкую ставку, не покрывающую даже собственные расходы. Затем такой участник торгов пытается компенсировать этот недостаток последующими заявками на одобрение изменений. Это широко известно

даже в нашей строительной практике. Когда метод и процессы BIM применяются в проектировании, становится легче выявить ошибки при проектировании и подготовке проекта или недостатки в спецификации, которые могут привести к изменению процедуры утверждения и дополнительным затратам на более поздних этапах. Таким образом, становится возможным определить, какой тендер экономически более выгоден и прозрачен.

Использование BIM является необходимым условием для того, чтобы договаривающиеся органы и подрядчики имели достаточные знания о методах и процессах BIM и были готовы к взаимному сотрудничеству. Кроме того, BIM нашло свой путь в системе высшего образования и профессиональной подготовки, что позволяет удовлетворить растущий спрос на квалифицированных специалистов.

Список литературы

1. <http://www.hochtief-vicon.com>
2. <http://www.ebooks.hochtief.de/ebooks/onerroof/18/en/>
3. <http://computer-spezial.de/bim-planung-fuer-tunnel-rastatt/>
4. <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2016/073-dobrindt-tunnel-rastatt.html>
5. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur – Spolkove ministerstvo dopravy a digitalnf infrastruktury. Zavedenf postupoveho planu digitalizace pri pffprave a realizaci staveb. Prvnf monitorovacf zprava, leden 2017, zpracovatel BIM4INFRA 2020, v prekladu Asociace pro rozvoj infrastruktury (ARI)
6. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur – Spolkove ministerstvo dopravy a digitalnf infrastruktury. Roadmap digitalnf projektive prfpravy a vystavby. Zavedenf modernfcb IT procesu a technologif pri projektovanf, vystavbe a provozova- nf objektu ve stavebnictvf, prosinec 2015
7. Vlada CR prijala navrnf postupu pro zavedenf BIM ve stavebnf praxi. Z + i, Zpravy a informace CKAIT, cfslo 5/2016
8. Využitf BIM v podzemnfm stavitelstv. Prednaska a clanek na konferenci Zpeviiovanf, tesnenf a kotvenf hominovebo masivu a stavebnfcb konstrukcf. Ostrava, 2017
9. KLECKA, J., SYNEK, J. Bude akcelerace BIM pokracovat i letos? Z + i, Zpravy a informace CKAIT, cfslo 2/2017
10. EHRBAR, H. Tunely pro nemecke zeleznice – tradice a inovace. Tunel, 3/2016, str. 57–65

Для связи с авторами

Ing. Linda Cerna Vydrova, Ph.D.
linda.cernavydrova@hochtief.cz
Ing. Pavel Ruzicka, Ph.D.
pavel.ruzicka@hochtief.cz



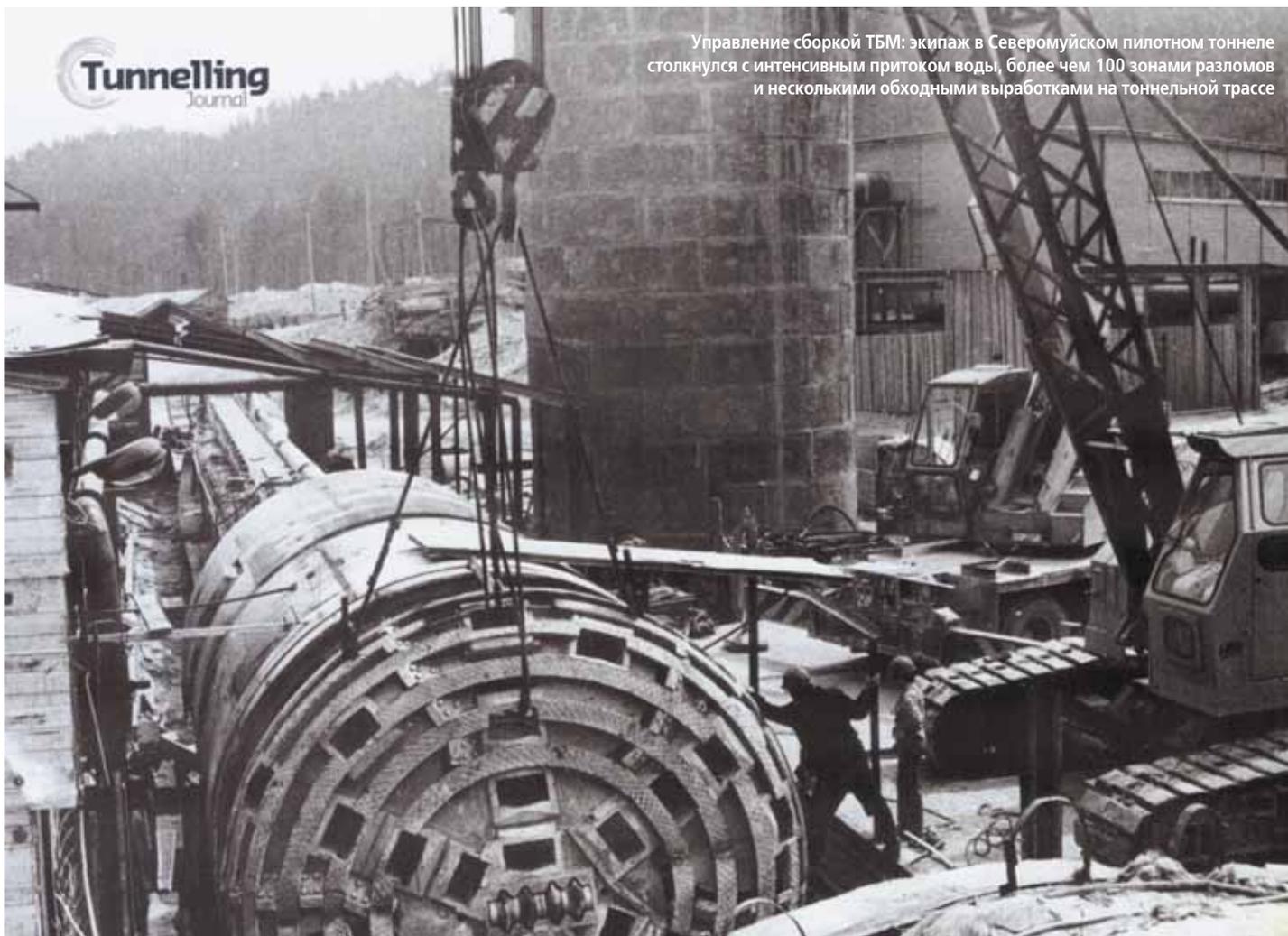
Перевод данной публикации из журнала «Тунель» № 4 за 2017 г. подготовлен Г.С. Мазеиной и публикуется с разрешения редакции этого журнала

ВОЗВРАЩЕНИЕ В РОССИЮ

RETURN TO RUSSIA

Дезире Уиллис, компания Robbins

Desiree Willis, Robbins Company



Управление сборкой ТБМ: экипаж в Северомуйском пилотном тоннеле столкнулся с интенсивным притоком воды, более чем 100 зонами разломов и несколькими обходными выработками на тоннельной трассе

Оригинальная машина с двойным щитом диаметром 4,56 м была поставлена Министерству железнодорожного транспорта СССР в 1979 г. и стала первой ТБМ, импортируемой в страну. Дезире Уиллис из компании «Роббинс» сообщает, что спустя 40 лет после бурения уникального Северомуйского сервисного тоннеля, во втором тоннеле будут использованы двухрежимные ТБМ (кроссоверы).

The original 4.56 m diameter Double Shield machine was supplied to the Ministry of Railroad Transport of the USSR in 1979, and was the first TBM to be imported into the country. 40 Years after boring the Original Severomuysky Service Tunnel, Crossover TBMs take on Tunnel No. 2, Desiree Willis of the Robbins Company reports.

В 1979 г. через отдаленные горы Сибири в Северомуйский сервисный тоннель длиной 15,3 км была доставлена ТБМ диаметром 4,56 м, которая проходила параллельно главному железнодорожному тоннелю. Невероятно сложная геология включала более 100 зон разломов, сильный приток воды и выдавливание грунта, что привело к 14 годам тоннелирования ТБМ. Во время

проходки экипажи боролись с суровыми погодными условиями, нехваткой поставок и многими другими трудностями.

По истечении сорока лет новый тоннель уже не за горами. С помощью второго Северомуйского тоннеля планируется увеличить грузоподъемность в регионе более чем в шесть раз. Крупнейший мировой производитель антрацита, группа «Сибантрацит», бе-

рется за строительство тоннеля под управлением компании «ВостокУголь». Компании, принадлежащие Дмитрию Босову, намерены увеличить транспортировку угля до 100 млн т в год за счет строительства второго тоннеля. Их план состоит в том, чтобы преодолевать заведомо сложные подземные условия региона с помощью последнего поколения ТБМ – двух машин Роббинс кроссовер (XRE)



Запуск ТБМ: первый Северомуйский тоннель и его сервисный тоннель изначально были построены в рамках Байкало-Амурской магистрали протяженностью 4324 км (как самые протяженные из 21 тоннеля на маршруте)

диаметром 10,37 м, которые предназначены для проходки в смешанном грунте и разломных зонах. Другие аспекты поставок включают непрерывный конвейер для удаления грунта, подвижной состав, запасные части и режущие инструменты.

Технология кроссовера XRE, производимого только компанией «Роббинс», реализует аспекты как машин с одинарным щитом для крепких пород, так и EPB-машин (с грунтопригрузом) и может играть ключевую роль при тоннелировании в не менее сложных условиях, хотя и не идентичных проходке первого тоннеля. Повторное участие фирмы «Роббинс» в ключевом российском проекте дает возможность взглянуть на уроки, извлеченные во время тоннелирования ТБМ в неблагоприятном грунте, и на новые технологии, претендующие на покорение недр.

Северомуйский сервисный тоннель

Путь тоннеля проходил прямо через каменную массу, характеризующуюся умеренно стабильной и нестабильной гранитной породой. В тектонических зонах материал варьировался от трещиноватого до раздробленного и измельченного с гравием и дресвой.

Первый Северомуйский тоннель и его сервисный тоннель (штольня) изначально были построены в рамках Байкало-Амурской магистрали протяженностью 4324 км как самые длинные из 21 тоннеля на маршруте. Железная дорога БАМ, пересекающая Восточную Россию и Восточную Сибирь, изначально была задумана и построена как стратегическая альтернатива Транссибирской магистрали на юге. Транссибирская железная дорога проходит вдоль границы с Китаем и считалась уязвимой в военном отношении. В то же время российское правительство очень хотело открыть другие районы Сибири для грузовых и угольных перевозок.

Северомуйский тоннель расположен в горном, в основном незаселенном регионе в 300 км к востоку от северного берега озера Байкал, самого большого и глубокого водоема на Земле. Этот район, как известно, сейсмический – регистрируется около 2000 землетрясений в год.

Погода столь же сурова, зима зачастую длится 220 дней в году. Средняя температура в январе – самом холодном месяце в году – составляет $-28,4$ градусов по Цельсию, в то время как июль является самым теплым месяцем со средней температурой $14,9$ граду-

сов по Цельсию. Вечная мерзлота охватывает большую часть этой площади.

С точки зрения логистики, район был очень удаленным: не повсеместно было организовано радио- и коммуникационное обслуживание, а ближайший железнодорожный склад находился на расстоянии 1100 км от места проведения работ. Между складом и участком находилась грунтовая горная дорога, которая создавала большие трудности при перевозке крупной строительной техники.

Зоны разлома варьировались от нескольких сантиметров до более чем 800 м в ширину и часто были заполнены мелким материалом и пльвунными песками. Прочностные испытания пород давали показания до 170 МПа UCS, а максимальное перекрытие в 1300 м означало реальную возможность горных ударов.

Когда в августе 1979 г. была запущена стандартная ТБМ «Двойной щит», подрядчики – Министерство железнодорожного транспорта СССР – знали о трудностях, но ничто не могло подготовить их к уровню невзгод, с которым они столкнулись в сервисном тоннеле, также служившем в качестве опережающего для основного тоннеля.

Машина фирмы «Роббинс» – первая в истории ТБМ, импортированная в Россию –

была запущена с восточного портала, а вторая ТБМ (с открытым захватом и диаметром 4,5 м) – с западного.

Возможности проведения геологических испытаний в этом районе были ограничены, и поэтому зоны разлома не были охарактеризованы в полной мере. В ходе строительства тоннеля были проведены аэрофотосъемки с целью составления карты некоторых зон разломов перед тоннелированием.

На ранней стадии буровое зондирование стало обязательным на обеих ТБМ для проверки подземных условий перед ротором. Прорывы воды начались на западном портале, где застряла двухщитовая ТБМ (не фирмы «Роббинс»), и требовалось принять меры по водопонижению в массиве и проходке промежуточного ствола. Вскоре этому примеру последовал тоннель с восточного портала, где характерные показатели притока воды составили 200–280 л/с. Произошло катастрофическое наводнение, затопившее тоннель потоком до 2000 л/с, в результате чего потребовалось проведение обширных операций по отводу воды. Температура в тоннеле подвергалась высоким колебаниям наряду с температурой воды, которая менялась от 2 до 42 градусов по Цельсию.

Испытания воды показали, что pH варьировался от 6,7 до 10, и что большая часть грунтовых вод содержала фтор и радон, которые, как известно, проявляют корродирующие свойства по отношению к бетону и металлу.

Каждый раз, когда происходил приток воды, он также нес тонкий осаждаемый материал в тоннель, вследствие чего тоннель приходилось очищать. Выбросы тонкого материала через телескопическое сочленение и хвостовую часть щита происходили довольно часто.

Экипажи часто работали по колено в холодной воде и из-за этого сократили свой рабочий график до четырех часов в день. Члены экипажа были обеспечены водонепроницаемой рабочей одеждой и бельем из верблюжьей шерсти, которые обычно использовались водолазами для борьбы с переохлаждением.

Несмотря на условия, ТБМ фирмы «Роббинс» прошла через несколько зон разлома шириной от 2 до 15 м без остановок. Многие зоны разломов были успешно обработаны химическим инъецированием полиуретаном или глиняно-цементной пастой. Эти методы были использованы в сочетании с опережающим созданием трубчатого зонта в области инъецирования. Другие зоны разлома оказались более сложными, и пришлось проходить обходные тоннели для многократного освобождения ТБМ.

На западном портале использовались три ТБМ не марки «Роббинс» – другие машины с открытым забоем, предназначенные для проходки крупнейших зон разлома. Самая большая зона разломов шириной около 800 м была охарактеризована как крайне неста-

бильная, и в конечном итоге ни одна из машин не смогла с ней справиться.

Машина марки «Роббинс» совершила проходку протяженностью приблизительно 6,7 км и была удалена из второй шахты в 1993 г., достигнув производительности 308 м в месяц и 19,2 м в день.

В конечном счете, участок сильно разрыхленных грунтов в пилотном тоннеле при-

ТБМ марки «Роббинс» снова играют свою роль. В связи с ограниченной пропускной способностью действующей железной дороги БАМ через этот район необходим второй Северомуйский тоннель длиной 15,5 км. В настоящее время через существующий Северомуйский тоннель перевозится 16 млн т грузов, но российское правительство хочет увеличить этот объем до 100 млн т в год.

От редакции журнала

В ноябре 2019 г. в Тоннельной ассоциации России создана рабочая группа № 1 «Содействие проектированию и строительству Северомуйского тоннеля № 2». На заседаниях группы, в которую включены ведущие специалисты по проектированию, строительству и научно-техническому сопровождению тоннелестроения, регулярно рассматриваются наиболее сложные вопросы проектирования этого уникального тоннельного объекта. Для информирования отечественных специалистов о закладываемой в проект данного тоннеля технологии его проходки мы публикуем статью американского инженера Дезире Уиллиса из компании «Роббинс», которая является производителем тоннелепроходческой техники для строительства Северомуйского тоннеля.

шлось проходить с помощью ручной разработки и буровзрывных методов. Тоннель был сдан в эксплуатацию в 1997 г. Северомуйский тоннель, пройденный буровзрывным способом, столкнулся со многими из тех же проблем наряду с давлением воды, достигающим 30 бар. После долгих лет строительства, тоннель был сдан в эксплуатацию в 2003 г.

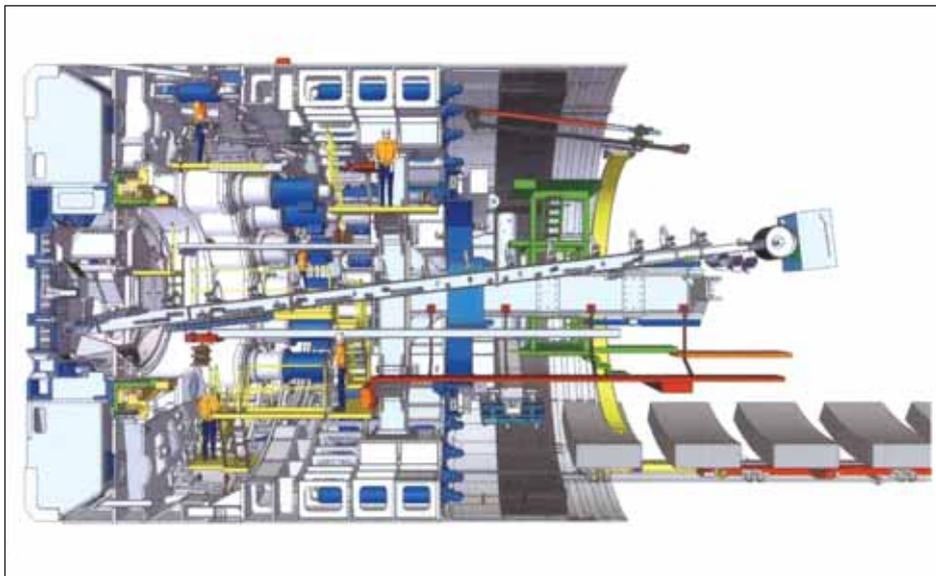
Второй Северомуйский тоннель

Теперь, спустя 40 лет после того, как оригинальная машина с двойным щитом была поставлена для этого сервисного тоннеля,

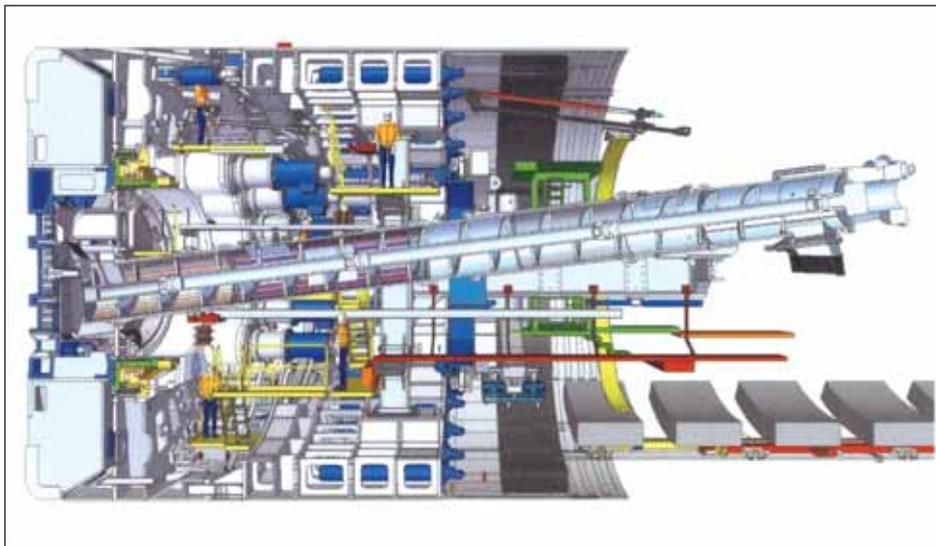
Группа Дмитрия Босова «Сибантрацит» проведет сложное строительство через горный хребет в Бурятии (Северомуйский хребет) и часть Станового нагорья, разделяющего бассейны Верхней Ангары и Муи.

«Второй Северомуйский тоннель решит важную проблему – увеличит пропускную способность железной дороги БАМ в направлении Дальнего Востока. Второй Северомуйский тоннель расположен в одном из самых геодинамически активных районов нашей планеты – на северо-восточном фланге Байкальской разломной зоны. Регион характеризуется высокой сейсмической





ТБМ с ленточным конвейером: Северомуйская машина в скальной модификации, выгрузка породы ленточным конвейером



ТБМ со шнековым конвейером: кроссовер XRE в модификации EPB, выгрузка мягких и смешанных грунтов шнековым конвейером

активностью и сложными геологическими и гидрогеологическими условиями в сочетании с суровым климатом (летний период длится всего 80–100 дней, температура от 39 градусов по Цельсию летом и достигает –58 градусов зимой). Строительные работы на порталах осложняются и наличием вечной мерзлоты», – сообщил представитель группы «Сибантрацит».

Группа «Сибантрацит» выбрала технологию «кроссовера» по ряду причин, главной из которых является геология. «Для тоннелей была выбрана ТБМ типа «кроссовер» в связи с тем, что строительство тоннеля будет осуществляться в сложных неоднородных геологических условиях (от нестабильных водообильных грунтов до твердых пород). «Кроссовер» способен работать в двух режимах: открытый режим используется во время бурения скальных образований, а закрытый режим (с балансом давления грунта) используется при бурении в нестабильных водо-

обильных грунтах», – сказал представитель группы «Сибантрацит».

«Когда доставили первую ТБМ, я был молодым инженером компании «Роббинс», поэтому использовать новую технологию в Сибири при строительстве второго Северомуйского тоннеля – особая честь», – сказал президент «Роббинс» Лок Хоум. «В «Роббинс» подписали договорные документы для разработки и поставки кроссоверов ТБМ для нового параллельного железнодорожного тоннеля. Эти машины созданы для проходки в условиях высокой переменчивости грунта при сохранении хороших темпов продвижения. Мы надеемся еще раз доказать, что наши ТБМ являются лучшим выбором по сравнению с буровзрывными работами и преодолением трудных подземных условий».

Уникальная конструкция машины

Уроки, извлеченные во время проходки первого Северомуйского тоннеля – важность

разведочного бурения (зондирования), консолидационное инъецирование и предотвращение застопоривания машины в зонах разломов или обжатия грунта – все вышеперечисленное решается применением кроссовера ТБМ. Машины предназначены для различных давлений воды (от 5 до 20 бар) и будут оснащены системой управления притоком воды, герметизирующей всю ТБМ и создающей безопасную рабочую среду при водопонижении и консолидации грунта. При этом противогрязевые желоба и несколько рядов основных уплотнений подшипника смогут эффективно сдерживать высокое давление воды. ТБМ будут оснащены портами опережающего бурения и будут иметь возможность для создания 360-градусного бурового зонга впереди забоя, в то время как система кручения-продвига позволит машинам выйти из ситуаций застопоривания.

Система кручения-продвига состоит из многоступенчатых коробок передач, способных работать при высоких оборотах и низком крутящем моменте в скальном грунте или низких оборотах и высоком крутящем моменте при движении через труднопроходимые грунты. Режущие головки будут оснащены 20-дюймовыми дисковыми режущими шарошками, которые при необходимости могут быть заменены инструментами для резания смешанных грунтов. Также машины будут разработаны с ленточным конвейером (для режима скального грунта), который может быть заменен шнековым конвейером при пересечении мягких грунтов.

Проектирование тоннеля

Группа «Сибантрацит» смотрит на новейшие технологии для вспомогательных работ, так как с некоторыми деталями проекта еще предстоит работать. «Учитывая уникальность, риск и повышенный уровень ответственности проекта, а также его сложность и многофазный характер, мы смотрим на проектирование тоннельного пересечения с использованием технологии строительного информационного моделирования (BIM)», – сказал представитель группы компаний «Сибантрацит».

«Это позволит добиться положительных результатов: расширится взаимодействие между всеми участниками проекта, времени и затраты, связанные с управлением проектом, сократятся, а данные, хранящиеся в модели, будут точны. Мы сможем объединить всю информацию об объекте, накопленную на различных этапах исследования, проектирования, строительства и эксплуатации в единую базу данных, в результате чего сможем получить доступ к любой информации проекта в случае чрезвычайных ситуаций». Ожидается, что строительство нового тоннеля начнется в 2020 г. и займет пять лет.



Перевод данной публикации из журнала «Tunneling Journal» за октябрь/ноябрь 2019 г. подготовлен Г. С. Мазониной и публикуется с разрешения редакции этого журнала

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЛАДИВОСТОКСКОГО ТОННЕЛЯ (ТОННЕЛЬ ИМ. ТОВ. СТАЛИНА) ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ – НОВЫЙ ПОДХОД К РЕКОНСТРУКЦИИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

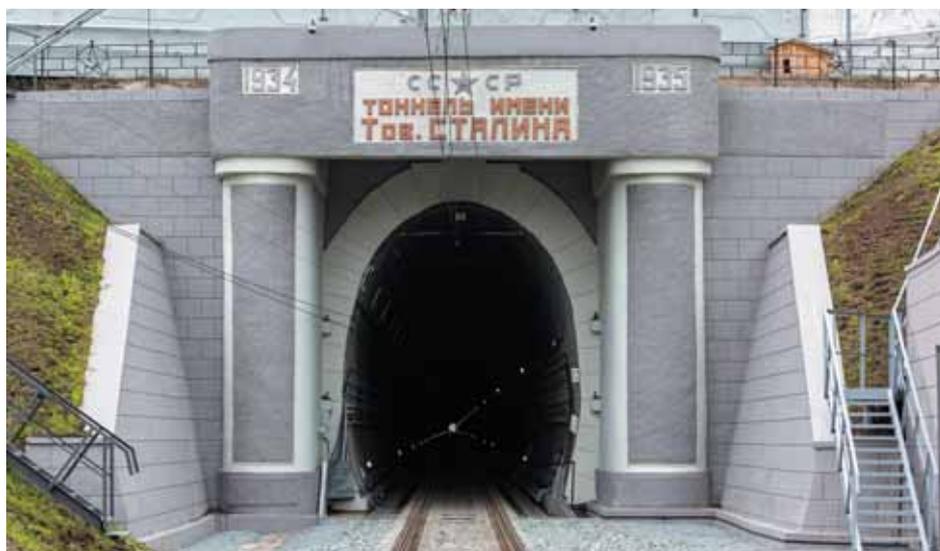
М. Ю. Беленький, Г. П. Перервенко, Д. Н. Чумаченко, И. В. Александров, Ю. Е. Прокаев, М. И. Анциферов,
АО «Московский метрострой»

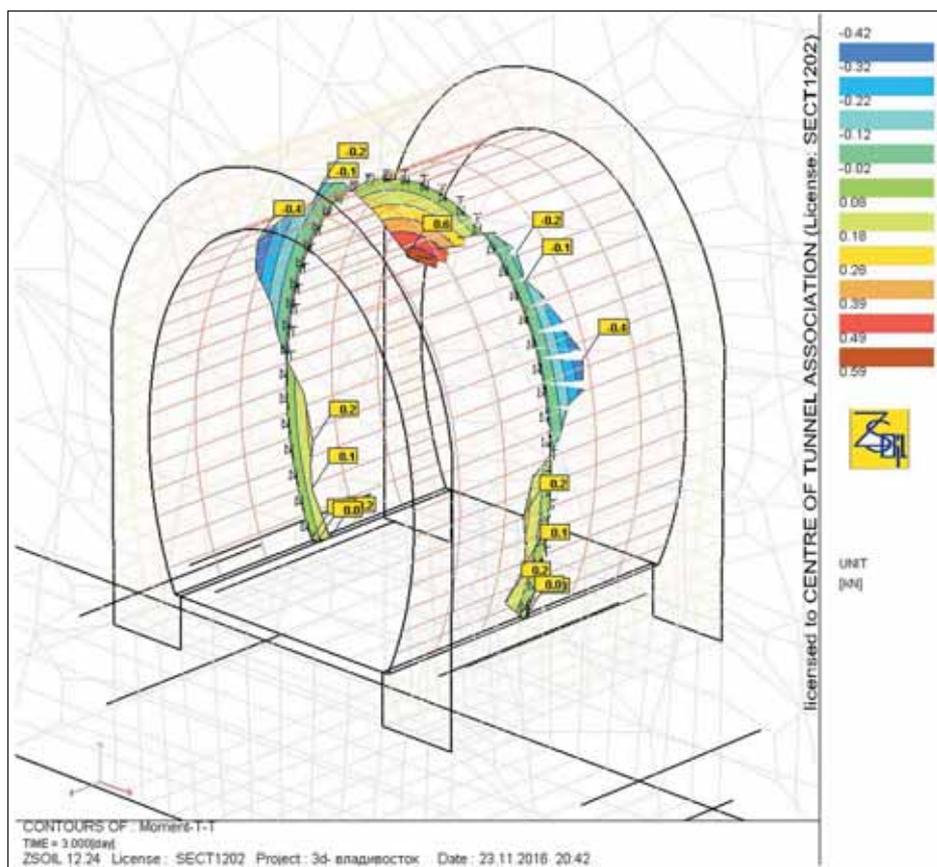


Владивостокский железнодорожный тоннель расположен в пределах г. Владивостока Приморского края. Тоннель длиной 1380 м, однопутный, с сервисной дренажной штольней, введен в эксплуатацию в 1935 г. Над ним располагается плотная городская застройка и городские коммуникации.

Проведенные в начале 2000-х гг. обследования выявили неудовлетворительное техническое состояние тоннеля, что привело к значительному снижению эксплуатационной надежности сооружения с ростом затрат на его содержание. Это, в свою очередь, потребовало выполнения мероприятий по устранению имеющихся дефектов и причин их возникновения.

Основные дефекты, препятствующие нормальной эксплуатации тоннеля:

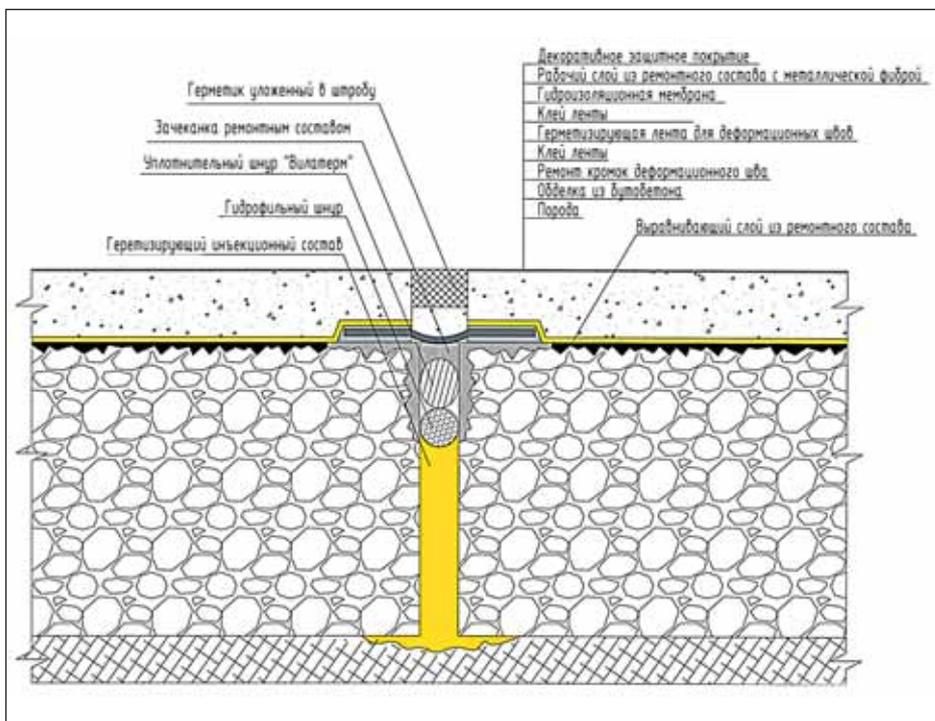




- снижение несущей способности обделки тоннеля и ее водонепроницаемости;
- разрушение швов между кольцами обделки, через которые идет активный водоприток в тоннель, а также происходят вывалы породы;
- частичные разрушения существующей обделки по длине тоннеля;
- неэффективная работа дренажных и водоотводных устройств;
- наличие негабаритных мест обделки;

• значительное образование в зимний период наледей на обделке тоннеля (за зимний период из тоннеля вырубается и вывозится в среднем 1800 м³ льда).

Первоначальный проект реконструкции Владивостокского тоннеля предусматривал полное его закрытие на период выполнения работ, с переключением движения поездов в обход тоннеля в центральную часть города в районе Корабельной набережной и набережной им. Цесаревича и перепроходку тон-



неля традиционными способами. Данный проект не был согласован администрацией Приморского края из-за его высокой стоимости и больших организационных сложностей по устройству обхода тоннеля на период его реконструкции.

Основным условием было не прекращать эксплуатацию тоннеля на время проведения строительных работ, так как он выполняет важные транспортные функции по обслуживанию морского порта и городской инфраструктуры.

Получив отказ от администрации Приморского края на полное закрытие тоннеля на период его реконструкции, заказчик (Российские железные дороги) обратился в АО «Мосметрострой» с просьбой предложить альтернативные варианты приведения тоннеля в нормативное состояние с учетом следующих условий: обеспечить эксплуатацию тоннеля во время выполнения строительных работ, сохранить существующий габарит тоннеля, снизить стоимость и сроки работ по отношению к первоначальному проекту.

После проведения инженерного анализа фактического состояния тоннеля, специалистами Мосметростроя был предложен комплекс современных технологий и разработан проект, предусматривающий создание многослойной конструкции постоянной обделки тоннеля, в котором удалось применить самые передовые разработки, используемые в мировой практике подземного строительства и обеспечить решение поставленной задачи.

Все работы по модернизации тоннеля выполнялись в технологические «окна» без остановки движения поездов.

Для приведения тоннеля в безопасное для эксплуатации состояние было необходимо:

- закрепить грунтовый массив с ликвидацией пустот в заобделочном пространстве;
- остановить деградиционные процессы в существующей обделке тоннеля, которая выполнена из бутобетонной кладки;
- обеспечить подавление активных течей по всей длине тоннеля;
- устранить негабаритные места в обделке тоннеля;
- выполнить срубку штукатурного слоя по всей длине тоннеля для сохранения существующего габарита;
- обеспечить изоляцию стыков (деформационные швы) между полукольцами старой обделки;
- выполнить гидроизоляцию тоннеля, которая отсутствовала в старой конструкции;
- увеличить несущую способность существующей обделки за счет устройства дополнительного несущего слоя;
- обустроить инженерные системы и коммуникации в соответствии с современными требованиями;
- модернизировать верхнее строение пути с устройством бесстыковых рельс;
- привести в нормативное состояние штольню и восстановить работу дренажной



системы за счет бурения новых скважин из штольни и прочистки существующей дренажной системы.

В результате все работы по модернизации Владивостокского тоннеля были выполнены в период с августа 2016 г. по май 2019 г. со значительным сокращением сроков (на 1,5 года) и стоимости работ (в 2 раза) относительно первоначального проекта.

Объект является памятником исторического наследия, поэтому также была проведена реставрация порталов тоннеля с сохранением их исторического облика.

В проекте успешно реализованы следующие современные технологии:

- использованы различные методы и составы для инъектирования как заобделочного пространства, так и в тело старой обделки;
- выполнена гидроизоляция швов старой обделки с применением набухающего полиуретанового профиля;
- выполнена напыляемая гидроизоляция всего тоннеля с двухсторонней адгезией;
- сооружен дополнительный внутренний слой постоянной обделки из специального тиксотропного материала с использованием полимерной и металлической фибры, наносимого методом мокрого набрызга;
- применены химические анкера, связывающие все слои конструкции обделки и грунтового массива.

Примененные технические решения позволили получить принципиально новую многослойную обделку тоннеля, состоящую из старых и новых конструктивных элементов, с высокими техническими и эксплуата-

ционными характеристиками, в которой все слои включены в работу конструкции.

Для оценки несущей способности обделки тоннеля, с учетом совместной работы вновь сооружаемого рабочего слоя с существующей обделкой ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации» выполнило численное моделирование в объемной постановке методом конечных элементов (МКЭ) на базе геотехнической программы Z_Soil 3D.

В процессе работы были использованы следующие инновационные технологии и материалы:

- для заполнения пустот за обделкой тоннеля и закрепления грунтового массива наряду с нагнетанием цементно-песчаного и цементно-силикатного растворов применялось инъектирование раствора на основе микроцемента MasterRoc MP 650 (BASF);
- для водоподавления активных течей и создания противофильтрационной завесы выполнено инъектирование обделки и заобделочного массива полиуретановыми смолами Аквидур ТС-Н и Аквидур ТТ (НПО СТРИМ);
- для изоляции стыков деформационных швов использовался герметизирующий профиль «Плуг» (НПО СТРИМ), набухающий при контакте с водой на основе гидрофильного полиуретана и герметизирующая лента для деформационных швов MasterSeal 930 (BASF);
- для гидроизоляции тоннеля применены полимерные мембраны, наносимые методом напыления и обладающие двухсторонней адгезией MasterSeal 345 (BASF) и Стрим-флекс Н (НПО СТРИМ);
- для устройства дополнительного рабочего слоя обделки применен специальный со-

став на основе тиксотропной быстротвердеющей сухой растворной смеси, с компенсацией усадки, армированный полимерной и металлической фиброй Ремстрим ТМ10 (НПО СТРИМ). Рабочий слой выполнен методом «мокрого» набрызга по арматурной сетке, связанной с существующей обделкой при помощи химических анкеров.

Комплекс выполненных работ, описанный выше, показал свою эффективность – были обеспечены все необходимые параметры по приведению конструкций тоннеля до нормативного состояния.

Достигнутые положительные результаты дают возможность в дальнейшем распространить эту технологию при модернизации других многочисленных тоннелей, расположенных на огромной сети железных дорог России и за рубежом, многие из которых имеют значительный возраст с момента постройки и также требуют модернизации под современные требования и условия эксплуатации.

Данный проект стал победителем Международного конкурса «Лучший реализованный проект года 2019», проводимым Мировой тоннельной ассоциацией, в номинации «Лучший проект года, включая реновацию с бюджетом до 50 млн евро».

Для связи с авторами

Бельский Михаил Юрьевич
bmy@metrostroy.com
Перервенко Гордей Павлович
Чумаченко Денис Николаевич
Александров Игорь Валентинович
Прокаев Юрий Егорович
Анциферов Михаил Иванович



ПРОЕКТ МОСМЕТРОСТРОЯ ПРИЗНАН ЛУЧШИМ В МИРЕ



Проект, реализованный Мосметростроем по модернизации Владивостокского тоннеля Дальневосточной железной дороги, стал первым в своей номинации на Международном конкурсе «Лучший реализованный проект года 2019». Организатором мероприятия выступила Мировая тоннельная ассоциация. Победителей престижной премии объявили 18 ноября 2019 г. на торжественной церемонии награждения, которая состоялась в Майами (США) в рамках ежегодной конференции Мировой тоннельной ассоциации.

Определяло победителей независимое жюри, состоящее из 18 признанных международных экспертов в области освоения подземного пространства. Сначала тайным голосованием были отобраны по три финалиста в девяти номинациях. Все они получили возможность очно представить свои проекты в виде презентаций, после чего члены жюри сделали окончательный выбор. Результаты голосования оставались в секрете до последнего.

Финалистами номинации «Лучший проект года, включая реновацию с бюджетом до 50 млн евро» стали реализованные объекты из трех стран – России, Великобритании и Сингапура. По итогам голосования экспертов мирового тоннельного сообщества, российский проект «Модернизация Владивостокского тоннеля Дальневосточной железной дороги» обошел проекты-конкуренты и завоевал первое место. Это совместный проект АО «Мосметрострой» и ОАО «РЖД». При его реализации применялись современные технологии, конструкции и инновационные материалы с учетом мирового опыта восстановления тоннельных сооружений. Предложенные специалистами АО «Мосметрострой» технические решения позволили получить принципиально новую многослойную обделку тоннеля на основе старых и новых конструктивных элементов с высокими эксплуатационными характеристиками.



Пресс-служба Мосметростроя

