

# Подземные ризонты

*Underground Horizons*

Май

№29

2022

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





www.anker-system.ru  
info@anker-system.ru  
+7 342 200-79-00

MALININ  
GROUP

СТТ EXPO

стенд  
G-3-1

# АТЛАНТ

## грунтовые анкера



### Журнал «ПОДЗЕМНЫЕ ГОРИЗОНТЫ»

Официальный информационный партнер:

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

№29 май/2022

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

Учредитель Регина Фомина

Издатель ООО «Техинформ»

Генеральный директор Регина Фомина

#### РЕДАКЦИЯ:

Главный редактор:

Регина Фомина (info@techinform-press.ru)

Выпускающий редактор:

Сергей Зубарев (redactor@techinform-press.ru)

Дизайнер, бильд-редактор

Лидия Шундалова (art@techinform-press.ru)

Руководитель отдела подписки

Полина Богданова (post@techinform-press.ru)

Корректор:

Инна Спиридонова

#### ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ:

В.Н. Александров, Почетный гражданин Санкт-Петербурга

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

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

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

В. А. Гарбер, д.т.н., главный научный сотрудник НИЦ «Тоннели и метрополитены» АО «ЦНИИС»

С.В. Кидяев, первый вице-президент АО «Объединение «ИНГЕОКОМ»

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

К. Н. Матвеев, председатель правления Общероссийской общественной организации «Тоннельная ассоциация России» (ТАР), первый заместитель генерального директора АО «Мосинжпроект»

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

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

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

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

Установочный тираж 8 тыс. экз. Цена свободная.

Отпечатано в типографии «Премиум Пресс», г. Санкт-Петербург, ул. Оптиков, д. 4  
www.premium-press.ru

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

Информационное сотрудничество: Интернет-портал [undergroundexpert.info](http://undergroundexpert.info)

Подписку на журнал можно оформить по телефону

+7 (931)-256-95-77 и на сайте [www.techinform-press.ru](http://www.techinform-press.ru)



АНКЕРНЫЕ  
СИСТЕМЫ





## СОДЕРЖАНИЕ



СТР. 4–7

### МЕТРОПОЛИТЕНЫ

4 Владимир Маслак о преодолении санкций, новых технологиях и российском пути в метростроении



СТР. 8–10

8 Инновационная гидроизоляция: эксклюзивная российская разработка

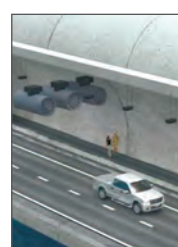
### ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

12 Санкции и вентиляция: как дышать полной грудью (интервью с Е.К. Левиной)

14 Современная вентиляция метро и тоннелей (круглый стол)



СТР. 14–20



СТР. 22–25

### ТОННЕЛИ

22 Л. В. Маковский, В. В. Кравченко. Проектируемые и строящиеся подводные транспортные тоннели



СТР. 26–29

### СТРОИТЕЛЬНЫЙ ПРАКТИКУМ

26 В. А. Гарбер. Методы капитального ремонта и реконструкции подземных транспортных сооружений

30 Об эффективном подходе к ремонту подземных конструкций (ТД «РЕКС»)

32 Об инженерной защите, новых конструкциях, укрепленных грунтах



СТР. 32–33

Главная выставка строительной техники и технологий в России

24 — 27 мая 2022  
Крокус Экспо, Москва



**СТТ**  
EXPO

Бесплатный билет  
по промокоду **MP7YRO**

[www.ctt-expo.ru](http://www.ctt-expo.ru)







# ВЛАДИМИР МАСЛАК О ПРЕОДОЛЕНИИ САНКЦИЙ, НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ И РОССИЙСКОМ ПУТИ В МЕТРОСТРОЕНИИ

Беседовала Регина ФОМИНА

**КАК ИЗВЕСТНО, НА ПРОТЯЖЕНИИ МНОГИХ ЛЕТ В РОССИЙСКОМ МЕТРОСТРОЕНИИ ШИРОКО ПРИМЕНЯЛИСЬ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ, ПОСТАВЛЯЕМЫЕ ИЗ-ЗА РУБЕЖА. В РЕЗУЛЬТАТЕ НАЛОЖЕННЫХ САНКЦИЙ В ОДНОЧАСЬЕ ТОРГОВЫЕ СВЯЗИ БЫЛИ ПРЕРВАНЫ, ПОСТАВКИ ПРИОСТАНОВЛЕНЫ. ПОИСК НОВЫХ ПАРТНЕРОВ, ВЫСТРАИВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЦЕПОЧЕК, А ТЕМ БОЛЕЕ, СОЗДАНИЕ СОБСТВЕННОЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БАЗЫ ТРЕБУЕТ ВРЕМЕНИ. О ТОМ, КАК РОССИЙСКОЕ МЕТРОСТРОЕНИЕ АДАПТИРУЕТСЯ К НОВЫМ РЕАЛИЯМ И КАК «НОВЫЕ ПРАВИЛА ИГРЫ» ОТРАЗИТСЯ НА ЕГО РАЗВИТИИ, РАССКАЗАЛ ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР ОАО «НИПИИ «ЛЕНМЕТРОГИПРОТРАНС» ВЛАДИМИР МАСЛАК.**

— Владимир Александрович, каким вам видится развитие метро- и тоннелестроения в нынешних условиях, когда западные компании практически прекратили поставки в Россию технологий и оборудования?

— На метростроении, да и, по большому счету, на эксплуатации метрополитена это серьезно не скажется. Начнем со строительства. Да, мы завязаны частично с импортом. Особенно с тоннелепроходческими машинами. Но в настоящее время в этой области завоевывает рынок Китай, причем практически становится монополистом.

Напомню, в Петербурге первый ТПМК появился от германской фирмы «Вирт». Его привезли из Парижа и применили при устранении последствий Размыва. Затем у нас появились 10-метровые щиты и для наклонных ходов, и для горизонтальной проходки фирмы «Херренкнехт», также немецкой. Позднее по предложению китайской стороны она открыла производство в КНР. Спустя какое-то время фирма «Херренкнехт» оттуда ушла, а завод достался китайцам. И сейчас они активно выпускают тоннелепроходческие комплексы разных диаметров, в том числе 10-метровые. А так называемых «шестерок» они производят примерно по 250 (!) в год. При этом та современная китайская техника, которая

сегодня используется в России, особых опасений в отношении качества и надежности не вызывает. Об этом знает руководство и Петербурга, и Москвы. В частности, недавно в столице на строительстве двухпутных тоннелей два перегона были даны китайцам, и они уже успешно закончили проходку на своем 10-метровом щите.

В принципе, у российского метростроения сохранилась и своя хорошая база оборудования. Так, с 70-х годов в основном использовались проходческие щиты Ясиноватского машзавода, который находится на Донбассе. Соответственно, все вопросы их эксплуатации решались просто. Сейчас завод не работает. Подобные щиты начали производить в Туле, но другие проблемы остались — нет подъемных машин, еще некоторого оборудования. Оно не такое уж узко специализированное, но, опять же, все это раньше выпускалось в Донбассе. Здесь мы зависим от текущей политической ситуации. Но, я уверен, решения удастся найти.

Вопросы по эксплуатации метрополитена волнуют в большей степени. Для этого используется много различного оборудования. Однако значительная часть его или у нас не производится, или требует импортных комплектующих. Именно поэтому, работая в настоящее время в Москве, мы столкнулись с неожиданными пробле-



Метро Барселоны. Фото с портала «Подземный эксперт» <https://undergroundexpert.info>



мами. Так, в сентябре планировалось сдать пять станций по нашим проектам, но теперь из-за сбоя в поставках их пуск откладывается до конца года. В данный момент мы ищем либо пути закупки необходимого оборудования через третьи страны, либо новые технические решения для оснащения станций. Однако критичного здесь ничего нет. Как выяснилось, импортозамещением нам надо озаботиться всего по поводу примерно 10% оборудования.

— А как себя чувствует петербургское метростроение в условиях санкций? Здесь ведь и до этого ситуация была очень сложной...

— Здесь я хочу вернуться именно к строительству. Стройка беспокоит не в части нехватки оборудования, а с другой стороны. Очень ослаблены мощности метростроения. Старый Метрострой, как известно, находится под внешним управлением в стадии банкротства. Коллектив перевели в новую компанию «Метрострой Северной столицы», созданную по распоряжению Правительства России, но там оказалось все-таки мало опытных специалистов-проходчиков. Многие специалисты разбежались. А с таким штатом, которым располагает новый Метрострой, можно одновременно строить, грубо говоря, только полторы станции метро.

Нужны новые технологические решения по строительству. Во-первых, мы пытаемся предложить максимально использовать 10-метровые щиты под двухпутные тоннели. Во-вторых, мы прорабатываем новую для России идеологию метростроения. Речь идет о методе, успешно применяемом в Барселоне, при котором станция сооружается прямо в тоннеле. Однако, по нашим расчетам, в России его диаметр должен быть немного больше. У испанцев проще с нормами. Они строят двух-



Строительство метро в Барселоне

путный тоннель диаметром 9,5 м, у нас же нужно 10,6 м. А чтобы расположить станцию в тоннеле, они используют щит наружным диаметром 12 м, но у нас потребуется 13,8 м. В Китае таких пока не изготавливают, только в Германии. Но, полагаю, через третьи страны можно решить и этот вопрос.

Предложенная нами идеология ускоряет процесс строительства. 10-метровые щиты, которые мы использовали под двухпутные тоннели, это уже доказали. Так, в Петербурге на два года сократили срок строительства участка со станциями «Беговая» и «Зенит». Мы избавились от большого объема ручного труда. На трассе к тому же нет притоннельных сооружений — вентиляционных стволов, сбоек и т. д.

Идеология строительства станций глубокого заложения — классическая, хорошая и по-прежнему нужная,





**Владимир МАРКОВ,**  
заместитель генерального директора  
ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»  
по проектированию метрополитенов:

— Комплектующие, оборудование — практически все это есть российского производства. Просто, быть может, более низкого качества или немного других размеров. Я не вижу здесь особых проблем. В своей базовой основе тоннели и метро по части так называемых высоких технологий, — это, по сути, каменный век. У нас ничего уникального и незаменимого нет. Например, у шкафов управления эскалаторами раньше один из габаритов был 1,2 м, а стал 1,9 м. Потому что теперь мы

начинили их отечественными комплектующими, и они просто увеличились в размерах. Однако на качестве и надежности это отрицательно не сказалось.

Если нам придется снова, как в Советском Союзе, какое-то время все производить самим, то, возможно, мы начнем быстрее развиваться. У нас в стране, в конце концов, сохранился огромный и мощный оборонно-промышленный комплекс. Эти заводы могут производить все, что нужно для метростроения. Я еще давно говорил, когда у нас не было проходческих щитов: «Надо поручить это танкостроителям и подводникам. Вместе они сделают то, что нам надо». У них есть и хорошая научная база, и нормальные современные

станки. Сейчас есть государственные программы и импортозамещения, и диверсификации. Проблема лишь в том, что в сегодняшних условиях такой щит разработать некогда, его можно только скопировать, как в свое время делали в Китае. Это самое простое решение, которое, возможно, придется применить, если западные партнеры надолго уйдут с нашего рынка. А если к тому же удастся разработать и внедрить свои инновации, то у нас есть шанс вообще всех обогнать.

Пока оборудования нам хватает, и серьезных проблем нет. Программное обеспечение, софты и т. д. тоже сегодня есть. В этой сфере, возможно, придется от чего-то отказываться, если сегодняшняя ситуация затянется. Но ведь импортные программные модули, например, мы стали применять только последние годы, а раньше успешно строили и эксплуатировали метрополитен и без них.

К обязательному переходу с этого года на BIM-технологии мы подготовились, уже сделали достаточно много работы, и какие-либо закрытые теперь западные программы здесь ключевой роли не играют.

Что касается международных мероприятий тоннельщиков и подземщиков, то полного прекращения общения с зарубежными коллегами не ожидается — многое зависит от того, в какой стране будут проходить те или иные конференции, конгрессы и на каком уровне — на региональном или всемирном.

Проблема только в микроэлектронике. Чем у нас ее заменят, пока не знаю, но она, в конце концов, есть у китайцев. Как и многое другое, хотя в среднем качество у них все-таки хуже, чем в Европе.

Раньше выбор оборудования определял метрополитен. Нам говорили, например, что одно они хотят производства конкретной немецкой фирмы, другое — французской и т. д. Теперь можно просто поставить перед фактом: пользоваться надо тем, что есть.

В целом же, я полагаю, если международные отношения нормализуются в достаточно скором времени, то деловые и торговые связи в метростроении восстановятся быстро.



Станция Санкт-Петербургского метрополитена «Беговая»

когда в конкретных условиях выбора нет, но такая станция строится в основном ручным способом. В целом механизация работ в этом случае доходит максимум до 50%. Причем за счет проходки тоннеля. Само строительство станции можно механизировать только процентов на 20. На двухпутных тоннелях уровень механизации повышается до 70%, а при строительстве станций прямо внутри тоннеля — до 90%. Сейчас мы смотрим на перспективу и планируем использова-

ние такой технологии даже на глубинах кембрийских глин.

А что касается оборудования по эксплуатации, то, я полагаю, к тому моменту, когда в Санкт-Петербурге снова начнет активно строиться метро, эти вопросы наверняка утрясются. До конца года пуск новых станций в Москве покажет, насколько успешно мы смогли решить проблему импортозамещения.

**— А не изменились ли в условиях санкций подходы к работе у проектировщиков в том смысле, что вам теперь, прежде, чем заложить какое-то решение, следует учитывать технические возможности строителей и эксплуатирующей организации?**

— На данный момент ничего не поменялось. Единственное — есть сомнение, сможет ли подрядчик закупить оборудование под ту идеологию, которую мы закладываем с использованием щита 13,8 м. Однако уже в ближайшее время, возможно, нам будут заказаны предпроектные проработки на расположение станций внутри тоннеля. Это вопрос непростой. И нужно максимально согласовать все нюансы с метрополитеном, как с эксплуатирующей организацией. Как построить — понятно, но как потом эксплуатировать? Разминировка составов, путевое развитие, вентиляция, водоотлив и т. д. Нас интересует повышение скорости строительства, сокращение влияния на окружающую застройку и зе-

мельный вопрос, то есть сокращение объема площадей, используемых на земной поверхности. Это наши основные задачи на перспективу, решением которых мы продолжаем заниматься и в условиях санкций.

**— Каким образом будет решена проблема приобретения программных продуктов?**

— Мы озадачились данной проблемой. Пока смотрим, что будет происходить дальше. Окончательного ответа на этот вопрос еще нет. Многие программные продукты были закуплены до начала известных событий — и до конца года будут исполняться поставки. Самый первый договор заканчивается в сентябре.

**— Можно ли надеяться, что при отказе от западных технологий в целом Россия быстро найдет свой путь в подземном строительстве?**

— Я не думаю, что дороги российских и западных тоннельщиков будут долго расходиться. И вообще не надо идеализировать зарубежные технологии, как таковые. Например, мы сейчас в части тоннелей столкнулись с проблемой, что западные коллеги применяют много ручного труда. У них наиболее распространен так называемый новоавстрийский метод, но это далеко не та 100%-я механизация, к которой мы стремимся.

Мы уже пытаемся идти по своему пути, который предполагает ускоренное развитие метрополитенов в горо-

дах с плотной застройкой, в том числе исторической. По нашей идеологии, повторю, 10- и 13-метровые щиты приведут к тому, что повысится качество работ, их скорость и безопасность. Единственная проблема — получение оборудования. Однако, я полагаю, мы будем владеть всеми мировыми технологиями через Всемирную тоннельную ассоциацию.

И едва ли в ближайшее время вообще можно ожидать какой-либо революции в тоннелестроении. Тенденций, чтобы появилось что-то принципиально новое, сейчас мы не наблюдаем. В горнопроходческом производстве ничего быстро не происходит.

Резюмируя, подчеркну, что Ленметрогипротранс, как научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт, обладает высоким интеллектуальным потенциалом. Из 350 человек нашего коллектива 330 имеют высшее образование, более того, есть сотрудники с научными степенями. Мы продолжаем в основном работать в Москве. Надеемся, что скоро появится и большой фронт работ в Санкт-Петербурге. Выходим и за рамки метростроения на проекты в других регионах. Так, недавно Владимир Путин дал поручение развернуть концессию по строительству железнодорожного Северомуйского тоннеля-2, что позволит увеличить в три раза грузопоток на Дальний Восток по БАМу. К нам наверняка обратятся, как минимум за содействием, поскольку мы проектировали там первый тоннель. Перспективы есть. ■

# ИННОВАЦИОННАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ: ЭКСКЛЮЗИВНАЯ РОССИЙСКАЯ РАЗРАБОТКА

СЕГОДНЯ В РОССИИ ОДНИМ ИЗ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ СЧИТАЕТСЯ ЭКСКЛЮЗИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КОМПАНИИ ООО «ПРОМЭНЕРГОРЕСУРС». ВЫШЕДШИЕ НА РЫНОК В 2005 ГОДУ, ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ СМЕСИ ГСН-1 И ГСН-2 УСПЕШНО ПРОШЛИ ПРОВЕРКУ ВРЕМЕНЕМ И ЗАРЕКОМЕНДОВАЛИ СЕБЯ В САМЫХ РАЗНЫХ ОБЛАСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ. МАТЕРИАЛЫ, В ЧАСТНОСТИ, АКТИВНО ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ПРИ РЕМОНТЕ И СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕТРОПОЛИТЕНОВ.

На вопросы об особенностях данного метода (деформационно-устойчивая негорючая гидроизоляция с длительным сроком эксплуатации) и достижениях в его применении для подземки отвечают эксперты: заместитель генерального ди-

ректора АО «Московский метрострой» Сергей Камышов, начальник конструкторского отдела ООО «ПКБ Инжпроект» Марина Чернышова, а также директор по строительству ООО «ПромЭнергоРесурс» Константин Добровольский.

## Константин ДОБРОВОЛЬСКИЙ, директор по строительству ООО «ПромЭнергоРесурс»:



— Технология ГСН была разработана еще в 2005 году. В чем заключаются ее основные особенности? Как организовано производство?

— Новый гидроизоляционный материал был создан департаментом НИОКР компании «ПромЭнергоРесурс». Технологию по его применению, в свою очередь, разработали специалисты Центрального научно-исследовательского института транспортного строительства. Несколько лет назад на базе ЦНИИС в НИЦ «Тоннели и метрополитены» были проведены испытания, подтвердившие уникальные свойства ГСН. Результаты показали, что слой материала толщиной всего 5 см выдерживает гидростатическое давление 100 м водяного столба, а стоимость строительства при этом получается в 1,3 раза меньше, чем при применении рулонной оклеечной гидроизоляции, за счет низких трудозатрат. При этом материал остается пластичным,

нетоксичен и экологически чист, имеет высокую стойкость к неполярным жидкостям (нефти, маслам, бензину) и устойчив к суффозии, а также обладает высокой проникающей и тампонирующей способностью. Данная технология внесена в Изменение №2 к СП 120.13330.2012 «СНиП 32-02-2003. Метрополитены».

Современное производство и складская площадка у нас расположены в Воскресенске Московской области. Наша система менеджмента качества всех производственных, технологических и бизнес-процессов сертифицирована по ГОСТу. Материалы ГСН выпускаются на современном высокотехнологичном оборудовании под жестким контролем качества

собственной производственной лаборатории и аккредитованных московских лабораторий, за счет чего обеспечивается стабильное качество и однородная структура.

— Для безопасного движения поездов метро особую угрозу представляют течи с выносом породы. Чаще всего такие протечки наблюдаются как раз в тоннелях последних очередей строительства. В чем для вас заключается специфика работ по ликвидации течей в метрополитене?

— Компания «ПромЭнергоРесурс», помимо производства гидроизоляционных материалов, оказывает услуги подряда при ремонте и строительстве гидроизоляционных систем в Московском метрополитене и имеет филиал для ремонта и строительства Петербургского метрополитена.

Устранение протечек паркинга или спецобъектов, естественно, отличается от аналогичных работ в метрополитене. Хотя технологии ГСН успешно применяются в самых разных областях, но существует целый ряд особенностей, которые определяет именно метро. Во-первых, тоннель с учетом проходящего контактного рельса — это место повышенной опасности. Так что право на ошибку просто отсутствует. Во-вторых, штатные ремонтные работы проводятся только в ночное время, что требует от специалистов повышенной концентрации. И, в-третьих, важно не превышать установленного давления при закачке материала за обделку.

Главное достоинство смесей ГСН при новом строительстве заключается в том, что они не только просты в применении, но и не требуют специальной подготовки поверхностей. Это особенно актуаль-

но для искусственных сооружений метрополитена, где всегда повышенная влажность. Также не нужно устранять шероховатости защищаемых поверхностей. Кроме того, материал является сейсмоустойчивым (до 11 баллов) к деформациям конструкции в окружающих породах и грунтах и не образует трещин при статических и динамических нагрузках, возникающих при движении поездов. Срок эксплуатации нашей гидроизоляции составляет не менее 100 лет.

— Для ликвидации течей в метрополитене применяется гидроизоляционная сухая смесь «ГСН-2». Можно о ней подробнее?

— Технология предназначена для ликвидации течей именно в транспортном строительстве. Гидроизоляционная смесь «ГСН-2» одобрена на основе многолетнего опыта применения в ГУП «Петербургский метрополитен», а в ГУП «Московский метрополитен» была включена в Программу развития службы путей и искусственных сооружений.

Состав материала — это фракционные отобранные пески и полимер-минеральный нанокompозит. Работает технология следующим образом. Частицы добавок при взаимодействии с водой набухают, увеличиваясь в объеме ровно в четыре раза. Следует отметить, что только в момент приготовления пасты, а не за обделкой. При циклическом размораживании и замораживании грунта материал сохраняет все свои свойства. Эта технология позволяет ликвидировать течи методом уплотнительного нагнетания пасты в заобделочное пространство. Материал отличается пластичностью, не стекленеет и со временем не превращается в цементный камень.





**Сергей КАМЫШОВ,**  
заместитель генерального директора АО «Московский метрострой»:

— Мы обсудили особенности «ГСН-2». А для чего используется гидроизоляционная сухая смесь «ГСН-1»?

— Стоит отметить, что простой, не требующий высокой квалификации рабочих, метод ведения работ позволяет наносить материал бригаде из четырех человек со скоростью до 1000 м<sup>2</sup> в смену, а саму технологию отличает низкая приведенная стоимость гидроизоляции на 1 м<sup>2</sup> защищаемого сооружения (ниже традиционного решения в 1,3 раза), а также низкие трудозатраты на монтаж (ниже в 2,6 раза).

Задача ГСН-1 — создавать противодиффузионные и гидрозатворные сооружения от грунтовых и паводковых вод при строительстве. Состав гидроизоляционной сухой смеси — фракции отобранных песков и полимер-минеральный композит. При взаимодействии с водой частицы добавок незначительно набухают, что позволяет в дальнейшем избежать серьезных протечек. Кроме того, при циклическом размораживании и замораживании грунта

паста из этого материала своих свойств не теряет, что особенно актуально в условиях нашего климата.

— Надо понимать, ГСН-1 уже активно используется при строительстве станций метрополитена?

— Совершенно верно. По опыту, наибольшее количество протечек наблюдается в притоннельных сооружениях, а также по границам открытого способа строительства с закрытым, где в последние два десятилетия активно используются высокотехнологичные мембраны и напыляемые системы, обладающие высокими водонепроницаемыми свойствами только при качественном монтаже. Технология ГСН позволяет в дальнейшем избежать трудоемких и дорогостоящих мероприятий по ликвидации течей. Проекты на строительство или реконструкцию с данными материалами успешно проходят экспертизу и уже реализованы на станциях «Борисово», «Саларьево», «Беломорская», «Ховрино», «Ленинский проспект», «Филевский парк», «Румянцево», «Деловой центр». И по прошествии времени имеют только положительные отзывы.

**Марина ЧЕРНЫШЕВА,**  
начальник конструкторского отдела ООО «ПКБ Инжпроект»:

— В метро как в особо опасном объекте существуют повышенные требования к сертификации материалов и технологий. Насколько успешно решения компании «ПромЭнергоРесурс» прошли соответствующие проверки?

— В результате исследований гидроизоляционные смеси были сертифицированы к применению в транспортном строительстве, в сейсмически опасных зонах, в атомном строительстве, отнесены к группе трудногорючих материалов. Согласно ГОСТ 12.1.044-89 «Пожаровзрывоопасность веществ и

материалов. Номенклатура показателей и методы их определения» температура воспламенения и самовоспламенения у них отсутствует при 600 °С. Так что пожаробезопасность гораздо выше, чем у старых материалов других производителей.

Нашим институтом проработаны практически все встречающиеся в транспортном строительстве узлы гидроизоляции под системы «ГСН-1» и «ГСН-2». Эти проекты реализованы, в частности, на Сокольнической линии Московского метрополитена.

*Текст подготовлен при содействии  
директора ООО «ПромЭнергоРесурс» К. В. Добровольского*



# TRANSTEC

XVII МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ  
ТРАНСПОРТНО-ТРАНЗИТНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ

XVII INTERNATIONAL FORUM  
TRANSPORT AND TRANSIT POTENTIAL

21-23 СЕНТЯБРЯ  
SEPTEMBER 2022



**БРОНИРУЙТЕ  
ЛУЧШИЕ МЕСТА!**

**RESERVE  
SPACE EARLY  
TO SECURE  
A PREFERRED  
LOCATION**

[WWW.TRANSTECFORUM.COM](http://WWW.TRANSTECFORUM.COM)



# САНКЦИИ И ВЕНТИЛЯЦИЯ: КАК ДЫШАТЬ ПОЛНОЙ ГРУДЬЮ

Беседовала Регина ФОМИНА

**ВЕНТИЛЯЦИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ, БЕССПОРНО, ИГРАЮТ НЕЗАМЕНИМУЮ РОЛЬ В ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИИ МЕТРОПОЛИТЕНА, ВКЛЮЧАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПАССАЖИРОВ. КАК ЖЕ ДЫШИТСЯ НАШЕЙ ПОДЗЕМКЕ ПОСЛЕ ВВЕДЕНИЯ АНТИРОССИЙСКИХ САНКЦИЙ? ОБ ЭТОМ ПО ПРОСЬБЕ РЕДАКЦИИ РАССКАЗАЛА ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА ОТДЕЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЕНТИЛЯЦИИ И САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ НИПИИ «ЛЕНМЕТРОГИПРОТРАНС» ЕЛЕНА ЛЕВИНА.**

— Елена Константиновна, раньше западные компании активно продвигали свои современные системы вентиляции и кондиционирования, в том числе, для метро и тоннелей. Много ли для вас теперь изменилось? Началась ли переориентация на отечественное оборудование?

— В целом, ситуация по основному оборудованию, к которому относятся тоннельные вентиляторы, несколько проще, чем в других сферах. В СССР изначально все метро- и тоннелестроение основывалось на базе отечественного производства. Было и свое необходимое вентиляционное оборудование. Старейший Артемовский машиностроительный завод, ныне «ВентПром», и сегодняшняя компания «Лада-Флект» из Тольятти обеспечивали отечественный рынок давно и вполне достойно. К примеру, продукция ВентПром поставлялась на линии метрополитена нашей страны уже в 50-е годы прошлого столетия.

Сейчас технологии эксплуатации метрополитена меняются, ужесточились требования по пожарной безопасности подземных сооружений, а именно — для систем тоннельной вентиляции и дымоудаления необходимо предусматривать вентиляторы с пределами огнестойкости в зависимости от расчетной температуры перемещаемых газов. то может быть и 250, и 400 °С, а для тоннелей — 600 °С. Это, в первую очередь, отражается на производстве соответствующих электродвигателей, способных обеспечить работу в оптимальных условиях не менее одного-двух часов. В связи с этим на определенном этапе у нас получил распространение импорт в части электродвигателей, реже — вентиляторов.

Вместе с тем производственные мощности в России имеются, и расширение рынка с учетом современных требований метрополитена окажется достаточно простой задачей. А с оборудованием отечественного про-



изводства для систем местной вентиляции вообще нет проблем, представлена очень широкая линейка, и хорошего качества. Институт успешно применяет оборудование таких производителей, как «Вега» «Воздухотехника», «Арктика», НПО «Тепломаш», «Калашников», «Корф».

— А кондиционирование технологически значительно отличается от вентиляции?

— Отличия, конечно, есть, и для нас это действительно более проблемное направление. Оборудование по кондиционированию, в том числе и применяемое сейчас в метрополитене, выпускается за рубежом. И раньше проблем с таким импортом никогда не возникало. Теперь же я даже затрудняюсь назвать отечественных производителей, которые в ближайшей перспективе могли бы занять эту нишу, хотя бы теоретически. Надо полагать, со временем проблема все-таки так или иначе решится.

— Поиск новых поставщиков отнимает много времени?

— Я бы сказала, что для Ленметрогипротранса на сегодняшнем этапе этот вопрос пока решается достаточно легко. Вот сейчас надо установить оборудование на четырех наших станциях в Москве. Одну уже полностью обеспечили техникой фирмы Daikin, одного из мировых лидеров в области кондиционирования, с ее складов в России. Еще по трем станциям нам предложили китайское и корейское оборудование, и по его поставкам мы даже надеемся уложиться в ранее запланированные сроки.

Мне также вспоминается пример поставки финских отопительных котлов, получивших распространение в Петербургском метрополитене. Тут, конечно, имелись российские аналоги, но с худшими техническими показателями. Учитывая, что Финляндия от нас очень близко, и по цене то оборудование было вполне приемлемо, и это действительно качественная автоматика, у нас предпочли импорт. Любая замена деталей тоже происходила просто и быстро. При этом сначала, лет двадцать назад, на шеф-монтаж приезжали финны. Теперь у нас уже много своих специалистов, которые даже берут эти котлы у метрополитена на абонентское обслуживание. Да и за прошедшее время на базе финского автоматизированного оборудования появились современные отечественные аналоги. В частности, производство ООО «Ренсурс» в Санкт-Петербурге, которое полностью соответствует ТУ метрополитена.

А вот с кондиционированием, повторю, ситуация по возможности импортозамещения сложнее. Что будет происходить на этом рынке, трудно предугадать. Однако, я думаю, осталось еще много государств, с которыми мы можем сотрудничать, через которые у нас могут быть выстроены логистические пути или которые сами подобную технику производят. Наверняка в той же Индии, отказавшейся поддержать антироссийские санкции, и в других достаточно развитых странах с жарким климатом есть свои разработки по современным системам кондиционирования.



— Но сейчас, насколько я понимаю, еще есть какое-то время, чтобы найти замену, пока старые договоры не исполнены?

— Так или иначе, в условиях рынка можно сказать просто: были бы деньги. Вот в Москве они есть. И поэтому все закупочные процедуры там, в сравнении с Петербургом, проводятся достаточно быстро.

По дополнительным затратам времени вопрос может заключаться еще и в другом — приходится в больших объемах корректировать проектную документацию. Мало проверить параметры новой техники, но надо, чтобы она соответствовала требованиям отечественного метрополитена — в частности, есть ограничения по марке применяемого фреона.

Далее корректировка маркировок всех элементов, например, для систем кондиционирования — это процесс, который тоже отнимает много времени. А при закупках все должно четко совпадать, что предлагается и что приобретается — цифра в цифру, а цифр много... Вот почему мы не любим подобные замены, сейчас ставшие необходимостью. Однако, конечно же, это не те проблемы, которые могут остановить развитие российского метрополитена или существенно повлиять на его строительство и эксплуатацию.





# СОВРЕМЕННАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ МЕТРО И ТОННЕЛЕЙ

Круглый стол

**ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В ОДНОЧАСЬЕ СТАЛО НЕОБХОДИМОСТЬЮ, В ТОМ ЧИСЛЕ, ПО СИСТЕМАМ ВЕНТИЛЯЦИИ МЕТРОПОЛИТЕНОВ И ТОННЕЛЕЙ. СПРАВИТСЯ ЛИ С ПРОБЛЕМОЙ РОССИЙСКИЙ РЫНОК? К РАЗГОВОРУ О СИТУАЦИИ В ЭТОЙ ОБЛАСТИ, НАЧАТОМУ С ПРЕДСТАВИТЕЛЕМ ПРОЕКТИРОВЩИКОВ – СПЕЦИАЛИСТОМ НИПИИ «ЛЕНМЕТРОГИПРОТРАНС» – В ФОРМАТЕ ЗАОЧНОГО КРУГЛОГО СТОЛА ПРИСОЕДИНИЛИСЬ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ПРОИЗВОДИТЕЛИ ВЕНТИЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ.**



Валерий ГУРЬЯНОВ,  
ведущий специалист  
ЗАО «Лада-Флект»



Сергей МУРАШОВ,  
коммерческий директор  
АО «АМЗ «ВЕНТПРОМ»



Павел МЯСНИКОВ,  
начальник отдела сбыта  
АО «АМЗ «ВЕНТПРОМ»



Ирина ФУРТИЧЕВА,  
начальник отдела маркетинга  
АО «НПП «Аэросила»

**Какие основные требования предъявляются к современным вентиляционным системам для транспортных тоннелей и метрополитена? Есть ли принципиальные отличия от промышленной вентиляции для наземных объектов?**

**Валерий Гурьянов:**

— Основные требования, которые предъявляются к современным вентиляционным системам для метрополитенов и транспортных тоннелей, сформировались уже сразу с начала строительства и эксплуатации таких объектов в нашей стране и за границей, где они появились значительно раньше (например, в Лондоне — с 1863 года). Однако выполнить все эти требования стало возможным только в последнее время, когда тоннельные вентиляторы вобрали в себя все достижения конструкторской мысли и современной промышленной технологии.

Тоннельные вентиляторы должны обладать большой производительностью, так как пассажиропоток в метро и количество транспорта в тоннелях постоянно растет. Агрегаты должны иметь достаточно высокую

реверсивность (не менее 80%), поскольку в пределах 40-60% годового времени направление потока воздуха необходимо менять на противоположное в связи с различными температурными режимами летнего и зимнего периодов. Вентиляторы должны быть как можно более эффективными и иметь устойчивые характеристики при



параллельной работе двух одинаковых вентиляторов. Агрегаты должны быть просты по конструкции и надежны в работе, они должны иметь возможность разборки и доставки отдельных узлов на место монтажа, а также возможность быстрой замены отдельных узлов (рабочих колес, электродвигателей) в короткий ночной период остановки работы метрополитена.

Еще на стадии проектирования вентилятора необходимо добиваться его наименьшего аэродинамического шума, так как воздухозаборные и вытяжные киоски вентиляционных шахт часто располагаются в зоне жилой и административной застройки, а, кроме того, меньший шум вентилятора позволит сэкономить при проектировании и изготовлении пластинчатых шумоглушителей, которые являются неизменным атрибутом подземной вентиляционной установки.

Одним из существенных требований тоннельной вентиляции является постоянная готовность агрегата к работе даже во время его стоянки. Для этого все электродвигатели вентиляторов подземных сооружений должны быть оснащены антиконденсатным подогревом фазных обмоток.

Современные вентустановки должны иметь возможность дистанционного управления на всех этапах работы (разгон, останов, плавное изменение частоты вращения электродвигателя, управление воздушными заслонками, реверсирование воздушного потока, постоянный контроль за производительностью и напором вентиляторов, их вибрацией, температурой фазных обмоток и подшипников электродвигателя).

И еще одним важным требованием современного тоннельного вентилятора является огневая стойкость. При возникновении пожара даже в венткамере агрегат должен определенное время продолжать свою работу для выполнения эвакуационных мероприятий. Подробнее об этом скажу ниже.



**Павел Мясников:**

— Одним из обязательных требований к оборудованию для тоннельной вентиляции и проветривания метрополитенов является способность работы в режиме дымоудаления, то есть при температуре до +400°C на протяжении не менее двух часов. Обеспечение этого требования является основным отличием от вентиляторов для проветривания шахт и рудников.



**В чем заключаются особенности и отличия оборудования для тоннелей и для станционных комплексов метрополитена?**

**Валерий Гурьянов:**

— Вентиляционное оборудование для метрополитенов и транспортных тоннелей во многом похоже, однако есть и свои особенности. Причина различий состоит в том, что перегонные тоннели для поездов метрополитена имеют гораздо меньшее поперечное сечение, чем автомобильные и железнодорожные тоннели. Поезд метро представляет собой поршень, который при своем движении по перегонному тоннелю увлекает за собой определенное количество воздуха, которое подается вентиляторами главного проветривания. И это регулярное продвижение воздуха поездами (до 48 в час) помогает его распространению вдоль пространства перегонных тоннелей метро.

В автомобильных и железнодорожных тоннелях не наблюдается такого «поршневого» эффекта, и для организации распространения воздуха вдоль довольно длинных тоннелей применяются так называемые «струйные» вентиляторы. Они имеют сравнительно небольшой по сравнению с вентиляторами главного проветривания диаметр (630-900 мм) и обычно подвешиваются под по-



толком или сводом тоннеля группами по 2-3 на расчетном расстоянии вдоль всего транспортного тоннеля.

Каждая группа вентиляторов создает струю воздуха, которая распространяется вдоль тоннеля на определенное расстояние, далее эту струю воздуха подхватывает другая такая же группа вентиляторов, и так формируется направленное движение воздуха вдоль всей длины транспортного тоннеля.

Струйные вентиляторы тоже могут быть реверсивными для изменения направление потока воздуха между порталами тоннеля, они также должны иметь высокую огневую стойкость, эффективность, надежность, постоянную готовность к работе в период стоянки, возможность дистанционного управления. Но главной особенностью струйных вентиляторов должна быть большая величина реактивного импульса, являющейся производением плотности воздуха, производительности агрегата и скорости воздушного потока через поперечное сечение вентилятора.

Из-за высокой производительности таких вентиляторов и высокой частоты вращения рабочего колеса их шум довольно высокий, поэтому они всегда оснащаются встроенными шумоглушителями с обеих сторон агрегата.

**Сергей Мурашов:**

— Основное назначение струйной вентиляции — это обеспечение необходимого качества воздуха в тоннеле и удаление продуктов горения в случае пожара.

При струйной вентиляции воздух движется вдоль тоннеля без воздухопроводов, воздухопроводом является сам тоннель. Число и размер вентиляторов зависят от аэродинамического сопротивления тоннеля, взаимного расположения вентиляторов и т. д. Существует две схемы устройства вентиляции с использованием струйных вентиляторов: однонаправленная и комбинированная.

При однонаправленной схеме используются только струйные вентиляторы. В этом варианте поток концентрации вредных веществ увеличивается пропорционально расстоянию от входа тоннеля, что ограничивает использование такой технологии в протяженных тоннелях.

Комбинированная схема включает в себя струйные и нагнетающие/отсасывающие вентиляторы, которые соединены вертикальными стволами с атмосферой. При такой схеме вентиляции возможно проветривание тоннелей любой длины.

Вентиляторы для проветривания метрополитенов, в том числе станций, устанавливаются стационарно в камере тоннелей и могут применяться как в одинарной установке, так и в установке из двух вентиляторов. Реверсирование воздушной среды производится изменением направления вращения приводного электро-

двигателя. Конструкция вентиляторов должна быть устойчивой к воздействию поршневого знакопеременного пульсирующего действия движущихся по тоннелю поездов.

**Достаточно ли эффективно функционирует современное вентиляционное оборудование при загазованности и задымлении тоннелей в случае пожаров и взрывов? Есть ли новые отечественные разработки, повышающие эффективность работы вентоборудования в экстремальных ситуациях?**

**Валерий Гурьянов:**

— Наиболее опасная аварийная ситуация в метрополитенах или подземных транспортных сооружениях возникает в случае пожара, так как при этом в зоне горения образуется большое количество газов высокой температуры и ядовитого дыма. Тоннельные вентиляторы в условиях повышенной температуры должны не только оставаться работоспособными определенное нормируемое время, но в большинстве случаев для такой аварийной ситуации требуется увеличить их производительность. Это дает возможность ускорить процесс удаления дыма из тоннелей или увеличивает приток свежего воздуха на путях эвакуации людей.

В совсем недавнем прошлом большинство тоннельных вентиляторов было оснащено ременными приводами, и это существенно ограничивало их огневую стойкость. В ременных приводах обычно используются клиновые ремни, которые могут работать в диапазоне температур от  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ . Поэтому вентилятор не мог находиться и тем более выполнять свою функцию в непосредственной близости от очага возгорания.

Современные вентиляторы имеют прямой привод, когда рабочее колесо устанавливается непосредственно на вал электродвигателя, способного работать при температуре до  $400^{\circ}\text{C}$  в течение двух часов. Подобный, так называемый пожарный, электродвигатель существенно повышает огневую стойкость всего вентиляционного агрегата.

Для повышения эффективности работы тоннельных вентиляторов в условиях таких экстремальных ситуаций мы оснащаем свое оборудование специальными шкафами управления, которые обеспечивают работоспособность вентиляторов в аварийных ситуациях даже при нарушении цепей управления. А применение специальных пожарных электродвигателей дает возможность увеличить производительность вентиляторов в аварийной ситуации на 15-20%.

**Павел Мясников:**

— Отечественное оборудование очень эффективно. Это проверяется. Каждые пять лет необходимо получить обязательный сертификат, для чего изготавливаются два натуральных образца, один из которых впоследствии проходит испытания при определенных условиях (сжигают в печи).

У нас есть и новые разработки.

Струйные вентиляторы типа VSB имеют «дугообразную» конструкцию корпуса, благодаря чему струя воздуха направляется в центр тоннеля, что позволяет избежать энергопотерь (на 20-50%), возникающих при трении воздуха о верхний свод тоннеля. Использование этой техники позволяет существенно сократить расходы на оснащение вентиляционной системы.

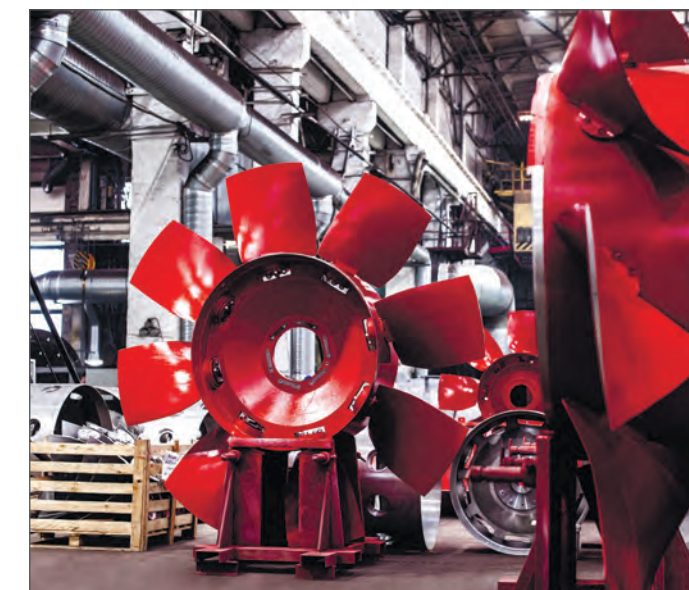
Вентиляторы типа VSB уже успешно применяются для повышения производительности существующих вентиляционных систем тоннелей, например, при увеличении транспортной нагрузки или при повышенных требованиях пожарной безопасности.

В числе преимуществ VSB: более быстрый старт — низкий пусковой ток (одновременно могут быть запущены сразу несколько вентиляторов, необходимая скорость потока достигается быстрее); равномерное распределение воздуха (стратификация); меньшая концентрация  $\text{CO}_2/\text{CO}/\text{NO}_x$ ; более низкая температура под потолком в случае пожара; распространение дыма вдоль тоннеля происходит медленнее; возможность использования меньших по габаритам вентиляторов или меньшее количество больших.

Вентиляторы серии BOM принципиально отличаются от применявшейся до этого агрегатов тоннельной вентиляции в метрополитенах СНГ. Они выполнены по упрощенной конструктивной схеме, включающей в себя одно рабочее колесо без входных и выходных направляющих аппаратов. В вентиляторах отсутствует узел вала, а рабочее колесо крепится непосредственно на вал электродвигателя.

Электродвигатели имеют специальное исполнение. Они разработаны с учетом возможности восприятия осевой и радиальной нагрузки от массы насаженного на вал колеса, динамических и статических нагрузок при работающем вентиляторе. Электродвигатель имеет защиту от перегрева подшипников и обмоток. В нем применены усиленные подшипники. Электродвигатели могут работать с преобразователем частоты.

В конструкции вентиляторов применен ряд новых технических решений, позволяющих облегчить вес отдельных узлов и агрегата в целом, при этом не уменьшая, а даже увеличивая показатели надежности, ремонтпригодности и эксплуатации. Оригинальная конструкция крепления лопатки рабочего колеса позволяет полностью исклю-



чить возможность их самопроизвольного разворота при работе, особенно при запуске вентилятора. Крепление рабочего колеса обеспечивает посадку с гарантированным натягом и при этом обеспечивается легкость снятия его с вала электродвигателя. При этом влияние поршневого эффекта на крепление колеса сводится к минимуму.

Вентиляторы могут поставляться в различной комплектации. В частности, с электродвигателем 18,5; 37; 45; 55; 75; 90; 110; 132 кВт. Это дает возможность адаптировать вентилятор к фактическим характеристикам вентиляционной сети и обеспечить его работу с максимально возможным КПД.

Поставка может производиться с диффузором или двумя коллекторами. При этом более чем вдвое сокращается длина вентилятора. Диффузор может быть оборудован глушителем шума, выполненного из шумопоглощающих матов из ультратонкого базальтового волокна, что позволяет снизить скорректированный уровень звуковой мощности на 15 dBA.

Вентиляторы имеют разборную конструкцию, что позволяет транспортировать их по частям в стесненных условиях метрополитенов. Максимальная масса отдельных узлов — 1000 кг, максимальные габариты отдельных узлов — 800x1800 мм.

При разработке агрегата были учтены требования МЧС об обеспечении его работы в экстремных условиях. Для этой цели вентилятор выполнен в реверсивном исполнении. Реверсирование осуществляется простым изменением направления вращения без изменения положения лопаток колеса. При этом обеспечивается до 88% производительности от производительности при прямой работе. А при использовании преобразователя





частоты этот показатель достигает 100%. Испытания вентилятора, электродвигателя и применяемых материалов подтверждают возможности работы агрегата в режиме дымоудаления.

**Еще недавно в России продвигалось передовое импортное вентиляционное оборудование. Известны ли вам проблемы, возникшие в этой сфере с введением санкций (в том числе по гарантийному и постгарантийному обслуживанию зарубежной техники)?**

**Валерий Гурьянов:**

— Действительно, за последнее время большое количество иностранных компаний существенно укрепилось на российском вентиляционном рынке. Это касается как поставок вентиляторов для гражданского строительства, так и для таких важных отраслей народного хозяйства, как горнодобывающая промышленность, нефтехимия, строительство автомобильных и железнодорожных тоннелей, метрополитенов.

Более того, большое количество иностранного вентиляционного оборудования было заложено в проекты гражданских, промышленных предприятий и других различных важных объектов.

К наиболее известным компаниям, которые были широко представлены в нашей стране, можно отнести Ziehl-Abegg, Rosenberg, EBM-Papst, Punker, TROX, Korfmann, Howden, TLT-Turbo (Германия), Zitron (Испания), FlaktGroup (международный концерн).

Оборудование компаний Korfmann, Howden, TLT-Turbo широко применялось для проветривания шахт, рудников и других объектов горнодобывающей промышленности, успешно конкурируя с отечественным заводом «ВЕНТПРОМ». Компания Zitron успела поставить большое количество вентиляторов главного проветривания и струйных вентиляторов в метрополитены Киева, Санкт-Петербурга, Москвы, различные автомобильные и железнодорожные тоннели страны. Концерн FlaktGroup через свое московское представительство поставлял технику для многочисленных объектов столицы, в том числе струйные вентиляторы для подземных автомобильных парковок.

В связи с введением известных санкций поставка запчастей и комплектного оборудования этих компаний на территорию России частично или полностью прекратилась, и это вызвало огромные трудности с реализацией новых проектов и обслуживанием смонтированных и уже работающих импортных вентиляционных систем.

**Сергей Мурашов:**

— Да, проблемы с импортной техникой уже есть. К нам с начала года обратилось несколько российских компаний с просьбой о рассмотрении возможности замены вентагрегатов, поскольку изготовители отказываются от поставок как самих вентиляторов, так и комплектующих.

**В целом, можно ли сегодня говорить о значительных успехах в импортозамещении по производству вентиляционных систем для транспортных тоннелей и метрополитена?**

**Валерий Гурьянов:**

— Импортозамещение вентиляционного оборудования для транспортных тоннелей и метрополитенов можно рассматривать только с точки зрения эксплуатирующих эти вентагрегаты предприятий.

Ведь именно такое оборудование начал производить отечественный завод «ВЕНТПРОМ» уже в 1941 году. И его тоннельные вентиляторы стали устанавливаться в шахты, транспортные тоннели и метрополитены бывшего Советского Союза.

В 1993 году было создано российско-финское акционерное общество «Лада-Флект» (на сегодня полностью самостоятельное российское предприятие), которое начало свою деятельность с производства общепромышленных вентиляторов.

В 2005 году в кооперации с международным концерном FlaktGroup компания освоила изготовление тон-

нельных вентиляторов, не уступающих по своим характеристикам лучшим мировым образцам и, в первую очередь, осевых вентиляторов большого диаметра для проветривания станций и тоннелей метрополитенов. И с этого времени стала поставлять их для метро и других транспортных тоннелей.

Казанский метрополитен стал первой российской подземкой, где стали устанавливаться вентиляторы только российского производства. И таким постоянным поставщиком для Казани стало наше предприятие, а затем география поставок значительно расширилась.

К настоящему времени в России установлено уже 328 тоннельных вентиляторов производства ЗАО «Лада-Флект»:

- 47 из них работают в 24 вентиляционных узлах пассажирских и перегонных станций Казанского метрополитена;
- 60 — в Санкт-Петербургском метрополитене (причем 12 из них предназначены для работы в аварийном режиме в течение двух часов при  $t = 400^{\circ}\text{C}$ );
- а также: 6 — в Самарском метрополитене, 4 — в тоннеле №6 автодороги Джубга — Сочи.

Импортозамещение коснулось всех составных частей тоннельных вентиляторов. Так, сначала в российских агрегатах использовались импортные пожарные электродвигатели, способные выдержать температуру до  $250^{\circ}\text{C}$  и  $400^{\circ}\text{C}$ . Это была продукция немецкой фирмы VEM, международного электротехнического концерна ABB, португальской компании WEG. Однако ее стоимость с учетом транспортировки всегда была достаточно высокой, и мы сразу же поставили перед российскими производителями задачу разработать пожарную версию электродвигателей на замену иностранных.

Владимирскому электромоторному заводу успешно удалось это сделать. Сначала они начали выпускать пожарную серию электродвигателей с огневой стойкостью  $250^{\circ}\text{C}/2$  часа и  $300^{\circ}\text{C}/1$  час, а в декабре 2020 года им удалось испытать и сертифицировать электродвигатели с огневой стойкостью  $400^{\circ}\text{C}/2$  часа. Причем, все эти двигатели так же, как и импортные, могут оснащаться датчиками температуры каждой обмотки, датчиками температуры переднего и заднего подшипников, антиконденсатными нагревателями для режима стоянки.

Можно с уверенностью сказать, что в настоящее время отечественная промышленность, обладая современными технологиями, знаниями и разнообразным производственным оборудованием, может достойно осуществить полное импортозамещение вентиляционного оборудования для транспортных тоннелей и метрополитенов.

**Сергей Мурашов:**

— Успехи есть. Сегодня АО «АМЗ «ВЕНТПРОМ» готово полностью закрыть потребность в этом сегменте. У нас есть собственная конструкторская школа, станочный парк, а также материальные ресурсы для обеспечения потребности заказчика в вентиляционном оборудовании.



**Ирина Фуртичева:**

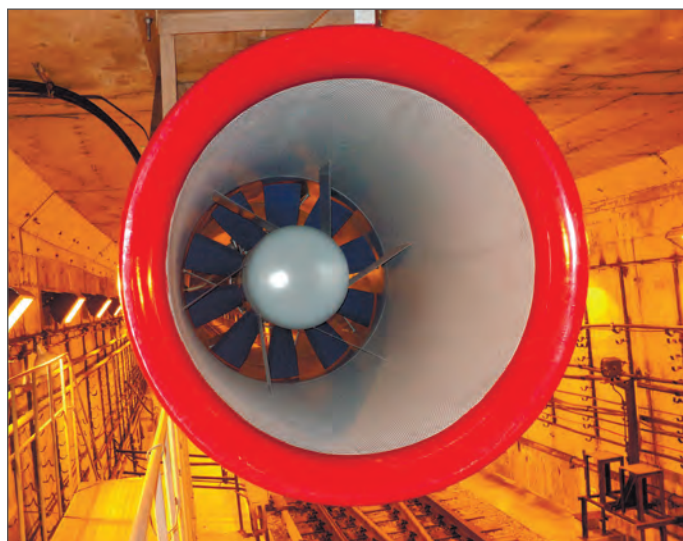
— АО «НПП «Аэросила» — уникальное предприятие, ведущее разработку и производство малоразмерных газотурбинных двигателей и воздушных винтов с гидромеханическими системами управления. Разработанные Аэросилой изделия применяются на большинстве отечественных самолетов и вертолетов, а также на кораблях на воздушной подушке. На сегодняшний день появились решения и для тоннелей.

Аэросила — интегратор высокого уровня, который объединяет и координирует творческие усилия многих предприятий — разработчиков систем управления, топливной аппаратуры и электрооборудования, теплообменников, датчиков, других агрегатов, систем и материалов.

Для обеспечения стабильного и устойчивого развития предприятие проводит диверсификацию выпускаемой продукции — создает гражданскую продукцию с высокими, ранее недостижимыми параметрами и свойствами.

Технологии и технические решения, первоначально предназначенные для решения задач оборонного характера, находят эффективное применение в гражданских секторах промышленности, в том числе для импортозамещения.





Говоря о передаче авиационных, космических и других оборонных технологий в гражданские сектора экономики, чаще всего обсуждение сводят к роли государства в обеспечении трансфера через оказание разного рода поддержки, забывая, что на самом деле трансфер технологий осуществляется через инициативу и творческие усилия инженеров, конструкторов, технологов и иных специалистов оборонных предприятий.

Это убедительно доказывает весь накопленный положительный опыт практической, «в железе», а не на словах, реализации такого трансфера АО «НПП «Аэросила». Ведь неотъемлемыми требованиями при создании авиационных агрегатов является использование специально разработанных по последнему слову науки и техники новых, часто с уникальными свойствами, технологий и материалов. Хорошей иллюстрацией этого является современный авиационный воздушный винт. При видимой внешней простоте он обладает уникаль-



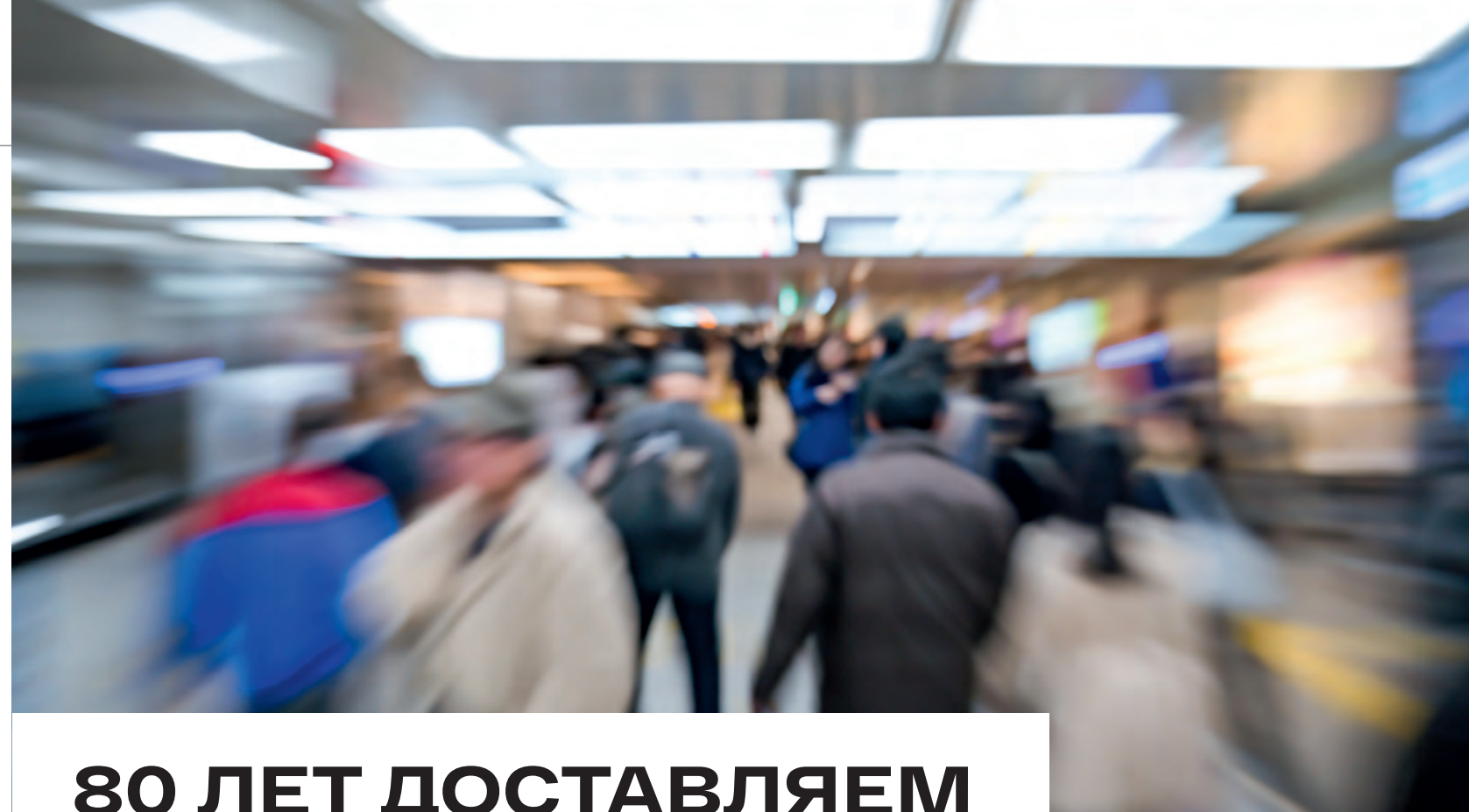
ной конструкцией и совершенными аэродинамическими профилями лопастей, сочетает в себе применение как композиционных материалов, так и электронных и электрогидравлических технологий для управления его характеристиками на различных режимах полета. Это позволяет достигнуть значительного повышения его КПД и эксплуатационных параметров по сравнению с винтами предыдущего поколения. Достаточно сказать, что КПД современных воздушных винтов достигает 0,9 (!).

Существует похожее на воздушные винты массовое изделие — вентиляторы различного применения — бытового, промышленного и др. Приход в этот сектор авиационных разработчиков позволяет существенно повысить и КПД вентиляторов.

АО «НПП «Аэросила» производит высокоэффективные вентиляторы ВО-7.1 для целей вентилирования и дымоудаления автомобильных и железнодорожных тоннелей и других подземных сооружений. Применение специально рассчитанных аэродинамических профилей, авиационных технологий и материалов позволило создать экономичный и малозумный агрегат с большим временем непрерывной эксплуатации. Вентиляторы ВО-7.1 комплектуются системой управления режимами эксплуатации, позволяющими переход в реверсный режим исходя из условий эксплуатации. Данная продукция изначально создавалась без использования импортных компонентов. Изделия сертифицированы и эксплуатируются на ряде перегонов и участков Московского метрополитена.

Мощные вентиляторы ОВ-1 для судов на воздушной подушке, имеющие производительность до нескольких сот кубометров в секунду, оснащенные гидравлическим приводом изменения шага винта, адаптируются для применения в системах воздухообмена тоннелей и подземных сооружений. Это является хорошим примером выхода на гражданский неавиационный сектор авиационного производителя, импортозамещения (ранее данная отечественная продукция полностью отсутствовала) и появления нового отечественного инновационного товара с высоким экспортным потенциалом.

Мощные вентиляторы ОВ-1 для судов на воздушной подушке, имеющие производительность до нескольких сот кубометров в секунду, оснащенные гидравлическим приводом изменения шага винта, адаптируются для применения в системах воздухообмена тоннелей и подземных сооружений. Это является хорошим примером выхода на гражданский неавиационный сектор авиационного производителя, импортозамещения (ранее такая отечественная продукция полностью отсутствовала) и появления нового отечественного инновационного товара с высоким экспортным потенциалом. ■



# 80 ЛЕТ ДОСТАВЛЯЕМ ВОЗДУХ ТУДА, ГДЕ ОН БОЛЬШЕ ВСЕГО НУЖЕН





# ПРОЕКТИРУЕМЫЕ И СТРОЯЩИЕСЯ ПОДВОДНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ ТОННЕЛИ

Л. В. МАКОВСКИЙ, к. т. н.;  
В. В. КРАВЧЕНКО, к. т. н.

(МАДИ, кафедра «Мосты, тоннели и строительные конструкции»)

В ЖУРНАЛЕ «ПОДЗЕМНЫЕ ГОРИЗОНТЫ» (№26, 2021) БЫЛА ОПУБЛИКОВАНА СТАТЬЯ «СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОДВОДНОГО ТОННЕЛЕСТРОЕНИЯ», В КОТОРОЙ ПРОАНАЛИЗИРОВАН МИРОВОЙ ОПЫТ В РАССМАТРИВАЕМОЙ ОБЛАСТИ. ПОЯВЛЯЕТСЯ, ОДНАКО, НОВАЯ ИНФОРМАЦИЯ О НАМЕЧАЕМОМ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И СТРОИТЕЛЬСТВУ РЯДЕ КРУПНЫХ СООРУЖЕНИЙ В ЕВРОПЕЙСКИХ И АЗИАТСКИХ СТРАНАХ. ЭТО И НАШЛО ОТРАЖЕНИЕ В ПРЕДЛАГАЕМОЙ СТАТЬЕ.

В настоящее время наблюдается быстрый рост транспортной инфраструктуры во многих странах, обусловленный развитием сетей автомобильных и железных дорог, расширением крупных городов и мегаполисов, потребностями промышленных предприятий и др.

При проектировании новых трасс часто возникает необходимость пересечения водных препятствий путем строительства мостовых, тоннельных или комбинированных тоннельно-мостовых переходов [1, 2].

Ниже приводятся основные данные по проектируемым и строящимся в настоящее время транспортным подводным тоннелям в России и за рубежом.

## РОССИЙСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

В нашей стране при пересечении крупных водных преград трассами новых автомобильных и железных дорог намечено строительство ряда мостовых,

тоннельных и тоннельно-мостовых переходов. Выбор того или иного варианта осуществляется на основе технико-экономического сравнения с учетом инженерно-геологических, гидрологических, топографических, градостроительных условий, а также экологических факторов [3].

В частности, разработаны проектные и предпроектные предложения по строительству транспортных тоннелей под реками Нева в Санкт-Петербурге, Лена в районе Якутска, Амур в Хабаровске, а также под проливом Невельского для связи острова Сахалин с материком.

## КИТАЙСКИЕ РЕКОРДЫ

Среди зарубежных стран наибольшее количество подводных транспортных тоннелей проектируют и сооружают в Китае. Так, завершается проектирование крупнейшего в мире подводного железнодорожного тоннеля длиной 127 км под Бохайским заливом Желтого моря. Объект располагается вблизи промышленно развитого района, где проживает более 100 млн человек и находятся такие огромные мегаполисы, как Пекин и Тяньцзинь.

В заливе имеются два полуострова, Ляодунь и Шандунь, где сосредоточены многочисленные производственные мощности. В настоящее время транспортная связь между полуостровами осуществляется посред-

СРЕДИ ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН НАИБОЛЬШЕЕ КОЛИЧЕСТВО ПОДВОДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ ПРОЕКТИРУЮТ И СООРУЖАЮТ В КИТАЕ.

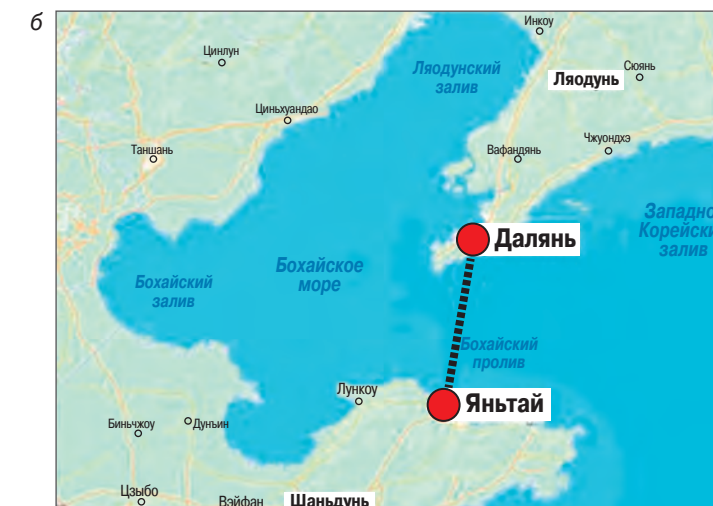


Рис. 1. Эксплуатируемая окружная автомобильная дорога (а) и трасса проектируемого тоннеля (б) для соединения двух полуостровов Ляодунь и Шандунь в Китае



Рис. 2. Проект поперечного сечения автодорожного тоннеля, пересекающего дельту реки Жемчужная (Китай)

ством паромной переправы, провозная способность которой не удовлетворяет все возрастающим потребностям. Кроме того, эксплуатируется окружная автомобильная дорога протяженностью 1,5 тыс. км, что также не обеспечивает быстрой доставки грузов (рис. 1, а). Проектируемый тоннель (рис. 1, б) рассчитан на пропуск скоростных железнодорожных поездов и перевозку автомобилей на железнодорожных платфор-

мах, как это предусмотрено в подводном тоннеле под проливом Ла-Манш. Такое решение значительно упростит устройство искусственной вентиляции, учитывая колоссальную длину сооружения.

Стоимость строительства тоннеля оценивается в \$40-45 млрд, окончание работ намечено в начале 30-х годов. Срок окупаемости — примерно 10-11 лет при ежегодной экономии \$4 млрд.



В настоящее время в Китае ведется строительство 8-полосной автомагистрали, трасса которой пересекает дельту реки Жемчужная. В этом месте предусмотрено возведение тоннельно-мостового перехода и двух искусственных островов. Длина мостового перехода составляет 17 км, длина тоннеля — около 7 км, а его ширина на отдельных участках превышает 45 м, что является своеобразным рекордом (рис. 2).

Создание тоннеля необходимо в связи с тем, что вблизи трассы находится аэропорт Шэньчжэнь-Баоань, один из самых загруженных в мире, а полностью мостовой переход представлял бы опасность для взлетающих и идущих на посадку самолетов.

Строительство намечено завершить в 2024 году. Пропускная способность тоннеля составит около 100 тыс. транспортных средств в сутки. Стоимость строительства — около \$6 млрд.

Еще один крупный автодорожный тоннель длиной 11 км сооружается в 50 км восточнее Шанхая и пересекает озеро Тайху [4].

Строительство подводного участка 8-полосного тоннеля длиной около 4 км ведется способом опускных секций длиной 123,8 м, шириной 53,6-55,46 м и весом 68 тыс. т. Всего под озером будут уложены 32 опускные секции.

## АЗИЯ — НЕ ТОЛЬКО КИТАЙ

Одним из наиболее дорогостоящих проектов в истории может стать тоннель через Цусимский пролив, что обеспечит постоянную связь Японии с материком. Возможны два варианта трассы: между Японией и Корейским полуостровом и между Японией и Россией. В последнем случае вначале необходимо построить российский мост или тоннель на остров Сахалин.

В настоящее время рассматривается вариант трассы между городами Карацу в Японии и Пусан в Южной Корее, предусматривающий строительство двух тоннелей длиной 60 и 68 км, а от Карацу до острова Ики — мостового перехода. В тоннеле предусматривается совмещенное автомобильное и железнодорожное сообщение. Реализация проекта оценивается более чем в \$150 млрд. Ежегодная прибыль от функционирования тоннеля может составить около \$5 млрд. Строительство может занять 10 лет и более.

Разработан проект подводного железнодорожного тоннеля в Индии [4]. Железные дороги пересекают всю страну и являются самыми протяженными на Азиатском континенте — 67 тыс. км. В день по ним перевозят более 20 млн человек. Новая железнодорожная линия протяженностью 500 км соединит города Мумбаи и Ахмедабад и пройдет вдоль побережья Ин-

дийского океана. По трассе в месте пересечения реки будет построен тоннель длиной 7 км.

## ЕВРОПЕЙСКОЕ ЛИДЕРСТВО

Среди европейских стран лидирующее положение по количеству эксплуатируемых тоннелей, в том числе подводных, занимает Норвегия.

С 2013 по 2019 год там велось строительство двух последовательно расположенных тоннелей на юге страны: один длиной 5 км от г. Ставангер до острова Хундвог, другой длиной 14,3 км пересекают глубокие фьорды. Тоннели шириной 8,5 м и высотой 4,6 м заложены на глубине до 2902 м ниже уровня моря. Внутри сооружений устроены местные уширения для вынужденной остановки автомобилей. Пропускная способность тоннелей составляет более 10 тыс. транспортных средств в сутки. В процессе строительства было разработано 1,2 млн м<sup>3</sup> породы. Стоимость реализации проекта составила около 500 млн евро.

Еще один подводный тоннель длиной около 5,7 км соединяет остров Аверой с континентом и заложен под дном на глубине 250 м. Стоимость строительства составила \$110 млн.

## СОЕДИНЯЯ КОНТИНЕНТЫ

Идея о создании постоянной транспортной связи между Европой и Африкой существует с начала XX века [4].

В соответствии с первоначально разработанным проектом предусматривалось строительство подводного тоннеля длиной 35 км под Гибралтарским проливом между Испанией и Марокко [4]. Две параллельные тоннельные выработки, пройденные закрытым способом на глубине до 370 м, должны были соединяться поперечными сбойками через каждые 200 м.

В 70-80-е годы XX века вновь вернулись к идее реализации проекта. Проведенные разведочные работы, однако, показали, что проходки тоннелей в самой узкой части пролива (14 км) невозможны из-за большой глубины воды (> 900 м) (рис. 3). Кроме того, результаты детальных инженерно-геологических изысканий и исследований поставили под сомнение возможность проходки тоннеля в условиях значительных тектонических нарушений и наличия участков неустойчивых глинистых грунтов.

В связи с этим фирма Lombardi Engineering LTD (Швейцария) разработала новый проект, в соответствии с которым полная длина тоннеля составит около 38 км, из которых 28 км — подводная часть, заложенная под дном

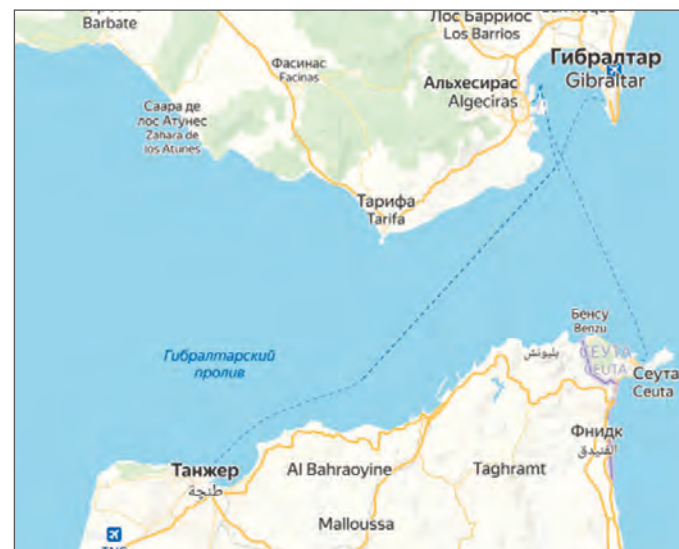


Рис. 3. Узкая часть Гибралтарского пролива, где планировалась реализация проекта строительства тоннеля между Испанией и Марокко

пролива на глубине 400 м. Плановая пропускная способность перехода — 7-9 млн т грузов и 10-13 млн пассажиров в год. В 2018 году приводились новые исследования, которые подтвердили возможность реализации разработанного проекта. В 2021 году был предложен вариант «плавающего» тоннеля. Окончательное решение о выборе варианта и о сроках начала строительства пока не принято.

### Литература

1. Маковский В.Л. Подводное тоннелестроение. — М.: Транспорт, 1983. — 182 с.
2. Маковский Л.В., Кравченко В.В. Подводные транспортные тоннели из опускных секций. — М.: КНОРУС, 2017. — 160 с.
3. Проектирование автодорожных и городских тоннелей / Л.В. Маковский, В.В. Кравченко, Н.А. Сула. — М.: КНОРУС, 2022. — 534 с.
4. Интернет-ресурсы:
  - режим доступа <https://knowhow.pp.ua/taihu-tunnel/>, свободный;
  - режим доступа <https://rg.ru/2021/01/10/gibraltar-i-afriku-sobiraiutsia-soedinit-podvodnym-tonnelem.html>, свободный;
  - режим доступа <https://news.rambler.ru/other/43071178-4-megaproektov-tonneley-soedinyayuschih-strany-i-kontinenty/>, свободный.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ современного мирового опыта свидетельствуют о возрастающих масштабах строительства транспортных тоннелей через крупные водные преграды. Так, помимо названных выше объектов, разработаны проектные предложения по подводным переходам через пролив Босфор в Турции, пролив Ла-Манш (второй тоннель), Финский залив между Хельсинки и Таллином и др. Ряд из этих тоннелей входят в состав тоннельно-мостовых переходов, что требует создания искусственных островов.

Технологически при строительстве подводных тоннелей наряду с закрытыми способами широко применяют индустриальный способ опускных секций, при этом наметилась тенденция увеличения их габаритов и веса. Намечено также устройство «плавающих» тоннелей, закрепляемых системой тросов ко дну водной преграды или к понтонам.

В нашей стране подводное тоннелестроение пока что не получило широкого распространения. Вместе с тем, как уже отмечалось, обсуждаются идеи создания переходов через реки Лена, Нева, Амур, Енисей, через пролив Невельского и др. Для успешной реализации этих проектов следует учитывать данные мирового опыта, касающиеся объемно-планировочных и конструктивных решений, а также технологии и организации строительства. ■





# МЕТОДЫ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА И РЕКОНСТРУКЦИИ ПОДЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

В. А. ГАРБЕР,

д. т. н., НИЦ «Тоннели и метрополитены» АО «ЦНИИТС»

СТАТЬЯ НАПИСАНА В СВЯЗИ С ТЕМ, ЧТО ГОСУДАРСТВЕННЫЕ ОРГАНЫ, КУРИРУЮЩИЕ СТРОИТЕЛЬСТВО, ПОСТАВИЛИ ЗАДАЧУ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕМОНТА И РЕКОНСТРУКЦИИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ТРАНСПОРТНОГО НАЗНАЧЕНИЯ.

## ВВЕДЕНИЕ

К указанным сооружениям относятся транспортные тоннели (железнодорожные и автодорожные) и метрополитены. Сюда же можно отнести и подземные транспортные коммуникации специального назначения.

В данном случае ремонт и реконструкция рассматриваются как отдельное направление, в отличие от нового строительства и эксплуатации подземных сооружений, хотя они имеют много общего. В частности,

нормативно-методическая база нового строительства подземных транспортных сооружений регламентирует, в том числе, и работы по ремонту и реконструкции.

Однако, в связи с тем, что большое количество транспортных тоннелей и метрополитенов было построено достаточно давно (более 50 лет назад), проблема их ремонта, реконструкции и содержания (в широком смысле) является актуальной в настоящее время.

Кроме того, за время эксплуатации этих сооружений появилось значительное количество инновационных

технологий и техники, недостаточно отраженных в существующих нормативах.

## НОРМАТИВНАЯ БАЗА

В результате анализа многочисленных источников и публикаций, охватывающих все ключевые аспекты рассматриваемой тематики, были выявлены приведенные ниже проблемы и недостатки существующей нормативно-технической базы.

В настоящее время в России основными нормативными документами по обеспечению ремонта и реконструкции подземных сооружений транспортного назначения являются:

- ГОСТ 57208-2016 «Тоннели и метрополитены. Правила обследования и устранения дефектов и повреждений при эксплуатации»;
- СП 120.13330.2012 «Метрополитены» (актуализированная редакция СНиП 32-03-2003);
- СП 122.13330.2012 «Тоннели железнодорожные и автодорожные»;
- СП 361.1325800.2017 «Здания и сооружения. Защитные мероприятия в зоне строительства подземных объектов».

Однако в этих документах, как показал их анализ, недостаточно полно отражено современное состояние техники и технологий, применяемых в России и за рубежом при ремонте и реконструкции подземных транспортных сооружений.

## ДЕФЕКТЫ И ПОВРЕЖДЕНИЯ СООРУЖЕНИЙ (КЛАССИФИКАЦИЯ)

Многолетняя практика позволила зафиксировать следующие дефекты и повреждения, имеющие место в подземных транспортных сооружениях:

- трещины в конструкциях (поперечные, продольные, наклонные и др.);
- оголение арматуры;
- вывалы бетона, каверны, раковины, повреждения защитного слоя;
- повреждения арматуры, закладных деталей, сварных швов (в том числе в результате коррозии);
- наиболее часто повреждаемые и аварийные участки конструкций тоннелей;
- наличие течей, выноса грунта внутрь сооружения, влажные материалы конструкций, отсутствие гидроизоляции (при открытом способе сооружения тоннелей).

В частности, нарушения гидроизоляции определяют по наличию: течей, капеза, мокрых пятен; ржавых поте-

ков; выносов грунта внутрь тоннелей; выщелачивания бетонов (с образованием сталактитов и сталагмитов).

Одним из важнейших дефектов является деформация конструкций с нарушением габаритов подвижного состава, приближения строений и оборудования.

Классификацию течей проводят по интенсивности, наличию напора за обделкой, стабильности во времени (в том числе, их сезонности), агрессивности просочившейся воды по отношению к конструкциям и оборудованию.

## КАТЕГОРИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ЗАЩИТНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Категории технического состояния сооружений, регламентированные в выше приведенных нормативах:

- I — нормальное (нормативное);
- II — удовлетворительное (работоспособное);
- III — неудовлетворительное (ограниченно работоспособное);
- IV — предаварийное или аварийное.

Соответственно, при III категории эксплуатация сооружения возможна только при проведении ряда защитных мероприятий, а при IV — эксплуатация уже невозможна.

Регламентированы следующие защитные мероприятия, применяемые по отдельности или одновременно несколько:

- повышение жесткости ограждающей конструкции;
- повышение жесткости удерживающей системы;
- исключение водопонижения путем устройства фильтрационной завесы.

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МЕХАНИЗАЦИЯ

В результате анализа выявлены следующие современные (новые) технологии и техника для механизации работ по ремонту и реконструкции подземных транспортных сооружений, недостаточно отраженные в нормативной литературе.

- горно-проходческая техника некругового сечения: двухочковые щитовые машины; многоочковые щитовые машины; поворотные щитовые машины; разветвляющиеся щитовые машины; двойные щитовые машины; щитовые машины с многоосным роторным рабочим органом; замещающие щитовые машины; щитовые машины с рабочим органом барабанного типа; изолирующие щитовые машины; щитовые машины для сооружения тоннелей с пресс-бетонной обделкой;



## строительный практикум

В СВЯЗИ С ТЕМ, ЧТО БОЛЬШОЕ КОЛИЧЕСТВО ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ И МЕТРОПОЛИТЕНОВ БЫЛО ПОСТРОЕНО ДОСТАТОЧНО ДАВНО (БОЛЕЕ 50 ЛЕТ НАЗАД), ПРОБЛЕМА ИХ РЕМОНТА, РЕКОНСТРУКЦИИ И СОДЕРЖАНИЯ (В ШИРОКОМ СМЫСЛЕ) ЯВЛЯЕТСЯ АКТУАЛЬНОЙ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ. КРОМЕ ТОГО, ЗА ВРЕМЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭТИХ СООРУЖЕНИЙ ПОЯВИЛОСЬ ЗНАЧИТЕЛЬНОЕ КОЛИЧЕСТВО ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ТЕХНИКИ, НЕДОСТАТОЧНО ОТРАЖЕННЫХ В СУЩЕСТВУЮЩИХ НОРМАТИВАХ.

- ТПМК большого диаметра (10 м и более) для сооружения двухпутных тоннелей глубокого заложения;
- Ново-австрийский метод строительства (НАТМ);
- устройство грунтоцементного массива горных пород методом Jet Grouting (технология струйной цементации);
- полузакрытый (полуоткрытый) способ строительства тоннелей мелкого заложения (Миланский способ);
- опережающая бетонная крепь (ОБК);
- экран из труб;
- микротоннелирование;
- метод Up-down («сверху-вниз»);
- компенсационное нагнетание;
- способ водоподведения с использованием «лучевого» дренажа горизонтальными или наклонными скважинами.

### КОНСТРУКЦИИ И МАТЕРИАЛЫ

Следует отметить несколько новых решений, применяемых для ремонта и реконструкции подземных транспортных сооружений в последние годы:

- проектирование и строительство объектов метрополитена по принципу крупноблочной сборки, при котором каждый из объектов может быть скомпонован из монофункциональных сооружений или частей сооружения (двухэтажная станция, станция в двухпутном тоннеле, совмещенная с блоком вестибюльных сооружений, включающих в себя лифтовые спуски с трехуровневыми лифтами);

■ наземные крытые станции, расположенные непосредственно на земле (имеются стены и потолки, закрывающие пути и платформу);

■ рациональная и экономичная композитная конструкция прямоугольного сечения (Великобритания) для строительства подводных тоннелей способом опускных секций, а также для других подводных или подземных сооружений, возводимых открытым способом.

Наиболее «продвинутым» в инновациях направлением является производство материалов для ремонта и реконструкции подземных транспортных сооружений. Можно отметить такие отечественные и зарубежные разработки, как битумно-полимерные материалы, геомембраны на основе ПВХ, полиэтилен высокого давления, высокоэластичный полиэтилен, этилен-пропилен-диеновые каучуки, составы для инъекции грунта, изменяющие его свойства (кондиционирование грунта).

Разработана принципиально новая многослойная обделка тоннелей на основе старых и новых конструктивных элементов с высокими эксплуатационными характеристиками. Для водоподведения активных течей и создания противофильтрационной завесы (инъектирование обделки и заобделочного пространства) применяются полиуретановые смолы. Для изоляции стыков деформационных швов разработан герметизирующий профиль на основе гидрофильного полиуретана, набухающий при контакте с водой. Для гидроизоляции тоннеля есть полимерная мембрана, наносимая методом напыления и обладающая двусторонней адгезией. Для устройства дополнительного рабочего слоя обделки разработан специальный состав на основе тиксотропной быстротвердеющей сухой растворной смеси с компенсацией усадки, армированный полимерной или металлической фиброй.

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ

Теория и практика должны развиваться совместно и стимулировать друг друга к дальнейшему развитию.

По рассматриваемой проблеме надо отметить следующие инновационные разработки, которые недостаточно отражены в существующих нормативах:

- методы прочностного деформационного расчета подземных конструкций: МКЭ, МКР, в том числе применение геотехнических программных комплексов Plaxis, Flac, Z-Soil;
- автоматизация проектирования, строительства и эксплуатации подземных сооружений;
- цифровизация и информационное моделирование.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенная в данной статье информация может быть полезна и должна быть использована при очередной корректировке нормативов по проблемам капитального ремонта и реконструкции подземных сооружений транспортного типа.

25-26  
МАЯ 2022

МОСКВА  
МВЦ «КРОКУС ЭКСПО»,  
ПАВИЛЬОН 3,  
ОТЕЛЬ «АКВАРИУМ»

www.fc-union.com,  
info@fc-union.com,  
+7 (495) 66-55-014,  
+7 925 57-57-810

# IX МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕХНИКА, ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ» В РАМКАХ ВЫСТАВКИ СТТ EXPO

Организатор конференции



INTERNATIONAL  
ASSOCIATION OF  
FOUNDATION  
CONTRACTORS

10 ЛЕТ 2022

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ  
ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ

Генеральный спонсор  
конференции



Спонсоры конференции

MALININ  
GROUP



Официальная поддержка



НИЦ Строительство  
научно-исследовательский центр



Генеральные информационные партнеры







## ОБ ЭФФЕКТИВНОМ ПОДХОДЕ К РЕМОНТУ ПОДЗЕМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

28 АПРЕЛЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БАЗЕ ЗАВОДА «СПС» И ТОРГОВОГО ДОМА «РЕКС» В КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ СОСТОЯЛСЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ СЕМИНАР, ПОСВЯЩЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЯМ РЕМОНТА И УСИЛЕНИЯ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ. НА МЕРОПРИЯТИЕ СЪЕХАЛОСЬ БОЛЕЕ СЕМИДЕСЯТИ СПЕЦИАЛИСТОВ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ.

Открыл семинар доклад генерального директора завода «СПС», профессора, д. т. н., руководителя подкомитета №26 «Ремонт, восстановление и усиление конструкций» ТК 465 «Строительство» Минстроя РФ Андрея Александровича Шилина.

В своем выступлении он поделился наработанным опытом ремонта железобетонных строительных конструкций, рассказал об изменении нормативной базы, обозначил проблемы сегодняшнего и завтрашнего дня.

Как отметил Андрей Александрович Шилин, костяк его компании образуют горняки. Этим и определяется специализация предприятия. Все началось в 1989 году с создания государственного предприятия, которое со временем трансформировалось в холдинг. Изначально занимались обследованием тоннелей, позже создали малое предприятие по проектированию. Со временем появилось еще одно направление — ремонтное.

Сегодня организация имеет несколько направлений — проектное, ремонтное, научно-исследовательское, буровое и гидроизоляционное. Последнее особенно актуально, ведь в 90% случаев проблемы подземных сооружений связаны с проникновением воды.

Когда компания только приступила к деятельности, специалисты столкнулись с полным отсутствием как материалов, так и технологий производства работ, которые нередко выполнялись как попало и чем попало, и их никто не контролировал. И сегодня мы сталкиваемся с последствиями такого подхода. Так, например, во время проведения ремонтных работ на станции метро «Маяковская» в Москве специалисты компании столкнулись с конструкциями, покрытыми слоями краски до 5 (!) см толщиной. В настоящее время сотрудники предприятия

обследуют тоннели в Массандре, и там тоже обнаруживают на конструкциях значительные по толщине слои покрытий. Таким образом эксплуатирующие организации скрывали дефекты. Подобное воздействие, выполнявшееся не по нормативам, ни к чему не приводило. Но как можно было ремонтировать иначе, если не было ни материалов, ни технологий?

В этой связи руководство компании приняло решение осваивать западные наработки. Сотрудники предприятия изучали мировые технологии за рубежом, приезжали западные специалисты делиться накопленным опытом и в Россию. В то время в Европе шло формирование стандарта EN 1504. Работы над его созданием начались еще в 1999 году и к 2010 году были полностью завершены. А отдельные ссылочные нормативы дорабатываются еще и сегодня.

Следует также отметить, что американский институт ремонта железобетона в настоящее время располагает уже тремя томами нормативной документации. Там понимают, что ремонтные материалы — это материалы специфические, сложные, учитывающие определенные технологические, технические и эксплуатационные условия, и что они кардинально отличаются от материалов общего пользования (сухих строительных смесей и т. д.), так как, по сути, должны соответствовать свойствам бетона.

По инициативе специалистов холдинга и в нашей стране более десяти лет назад начали создаваться материалы для ремонта и разрабатываться нормативы путем гармонизации с западными стандартами. Однако в мировой практике сводов правил нет, западные специалисты работают только на основании ГОСТов. В России же действует другая система, в которой СП дает либо расчетную составляющую, либо технологическую.



В этой связи ООО «СПС» вместе с НИЦ «Строительство» впервые разработали Свод правил № 349 «Конструкции бетонные и железобетонные. Правила ремонта и усиления». Он простой, свободный, в него включены вопросы усиления и вопросы ремонта. Как следует из документа, ремонт можно регламентировать, а вот усиление конструкций этот документ не затрагивает, так как в каждом отдельном случае оно имеет серьезные отличия. Это связано с тем, что вопросы усиления и реконструкции объединению в единые нормы не поддаются. Всегда есть нюансы, которые надо решать отдельно.

Сегодня нередко неграмотная разработка смет приводит к технологическим решениям, которые можно не применять, или, наоборот, иногда их применение даже нежелательно. Избыточность решений приводит к увеличению стоимости. Очень много имеется неверных решений. Такая практика наблюдается не только России. Так, один из основоположников бетоноведения, американский ученый Адам Невел, сказал: «Кажется, что ремонтом может заниматься любой дурак. Вот он этим и занимается, да еще с благословения заказчика». Действительно, далеко не все заказчики сегодня обладают необходимыми компетенциями, их наряду с инженерным составом и бригадами строительно-монтажных организаций нужно учить нормативам и основам ремонтных работ.

Если говорить о железобетонной конструкции, следует понимать, что она подвергается четырем видам агрессивных воздействий.

**Карбонизация.** Это процесс, который начинается с самого начала жизни конструктива, так как на конструкцию воздействует углекислый газ. Однако эта реакция протекает медленно, в малой фазе, поэтому ее можно не брать во внимание, если она не приводит к коррозии арматуры. Иногда, при дефектах слоя защиты, необходимо проводить специальные мероприятия. Они заключаются в увеличении толщины защитного слоя или создании системы покрытия, которая будет противостоять углекислому газу.

**Воздействие замораживания и оттаивания.** Это основная проблема в России.

Воздействие сульфатов и реакция АСР. Этой проблемой никто, как правило, не занимается. Это связано с тем, что если коррозия в таком случае началась, ее уже невозможно остановить. А проявляется она не сразу, лет через 40-50.

Коррозия арматуры под воздействием хлоридов. Она широко наблюдается, когда хлориды проходят через защитный слой. Первоначально появляются трещины, и процесс коррозии значительно ускоряется. В этой связи большое значение имеет толщина защитного слоя, качество бетона. Если коррозия началась, нужно бороться с поступлением влаги. Ремонт должен в первую очередь остановить приток воды, то есть уменьшить влажность конструкции. Для этого проводятся, в том числе, инъекционные работы, создается слой гидроизоляции. Иногда требуются другие меры, специальные покрытия, катодная и анодная защиты. Для грамотного обеспечения ремонта нельзя смотреть только один норматив, необходимо понимать состояние конструкции, как она создана, и пр.

Начиная с 1990-го года, основная масса материалов для ремонта железобетонных конструкций изготавливается на цементной основе. Цементные составы позволяют пропускать пар и даже влагу, при этом удерживаясь на поверхности ремонтируемой конструкции на протяжении длительного времени.

В ходе семинара специалистами компании были проведены различные опыты, демонстрирующие работу материалов для гидроизоляции и усиления конструкций, а также непосредственно процесс инъектирования трещин.



office@td-reks.ru  
www.reks.pro



# ОБ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЕ, НОВЫХ КОНСТРУКЦИЯХ, УКРЕПЛЕННЫХ ГРУНТАХ

ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕКТОВ, БЕЗУСЛОВНО, АКТУАЛЬНЫ И ДЛЯ ПОДЗЕМЩИКОВ, И ДЛЯ ДОРОЖНИКОВ. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭТОЙ ТЕМАТИКЕ РЕГУЛЯРНО ПРОВОДИТ МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ, ШТАБ-КВАРТИРА КОТОРОЙ НАХОДИТСЯ В МОСКВЕ. ТАК, В 22-23 МАРТА СОСТОЯЛАСЬ IV МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ТЕРРИТОРИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ».

Конференция проходила вместе с выставкой «Строительные технологии для инженерной защиты». Организатором мероприятий традиционно выступила Международная ассоциация фундаментостроителей. Участниками стали более 100 специалистов, среди которых эксперты строительной отрасли, представители государственных органов власти, генподрядчиков и субподрядчиков, проектных и научных институтов, российских и иностранных производителей специализированного оборудования, материалов и техники.

Генеральный спонсор конференции компания Zinker представила доклад на тему «Цинкирование – технология защиты металлоконструкций от коррозии». Состав Zinker предназначен для антикоррозионной защиты наружных и внутренних поверхностей промышленного оборудования и металлических конструкций. Применяется в различных сферах, в том числе в транспортном строительстве, на объектах метрополитена и т. д.

Об опыте реализации проекта инженерной защиты 10-километрового участка Транссибирской магистрали в Челябинской области рассказали представители компании Trumer Schutzbauten GmbH / ООО «РТ Трумер», которая также являлась спонсором конференции.

Компания «ТР Инжиниринг», еще один спонсор мероприятия, представила доклад «Инженерная защита территорий с применением габионных конструкций RockBox по ГОСТ Р 59287-2020. Внедрение нового продукта на рынок РФ». Менеджер проектов компании Наталья Селезнева рассказала, что такие решения, в том числе, предназначены для защиты, стабилизации и



укрепления грунтов и эффективны в районах с высокой сейсмической активностью, а также могут применяться на многолетнемерзлых грунтах Арктической зоны. Разработаны и соответствующие системы геотехнического мониторинга.

Как отмечают организаторы конференции, особое внимание привлек доклад генерального директора ООО «Монитрон» Алексея Симутина об опыте применения российских автоматизированных датчиков гидронивелира при геотехническом мониторинге вертикальных перемещений. Речь шла о новой технологии измерения квазистатических осадок. При использовании гидронивелира появляется возможность оценить реальные запасы прочности конструкции и прогнозировать дальнейшее изменение напряженно-



деформированного состояния как сооружений, так и основания.

Технический директор ООО «Архитектурная фотограмметрия» Александр Войнаровский в докладе «Фотограмметрические технологии мониторинга трещин в зданиях и сооружениях» рассказал о возможности и опыте применения системы PhotoMicrometer 3D. Он также представил новейшую разработку PhotoMicrometer 1D/2D, предназначенную для мониторинга трещин по одной и двум координатным осям. Эти системы нацелены на весь спектр задач по мониторингу трещин и деформационных швов в зданиях и сооружениях и могут работать дистанционно. При выполнении съемки в разных климатических условиях они к тому же позволяют учитывать температурную поправку, а высокий уровень автоматизации минимизирует влияние «человеческого фактора» на результаты наблюдений.

Технический эксперт АО «ВНИИЖТ» Сергей Дубинский посвятил свое выступление проектированию противопаводковой защиты сооружений с использованием гидродинамического моделирования. В частности, речь шла о разработанной и верифицированной на тестовых задачах методике трехмерного гидродинамического моделирования воздействий на ИССО с учетом рельефа, батиметрии и реальной формы конструкций и с возможностью учета переноса частиц и размыва грунта.

Андрей Харичкин, заведующий лабораторией механики опасных природно-техногенных процессов и разработки методов инженерной защиты № 18 НИИОСП им. Н. М. Герсеванова АО «НИЦ «Строительство», рассказал об особенностях использования СП 116.13330.2012 на примере инженерной защиты в условиях районов Эльбруса, Нижнего Новгорода и Москвы. На этапе проекти-

рования специалистами решили применять прямой метод определения прочностных свойств, основанный на сдвиге целиков грунта в природном сложении общей площадью контакта 5000 см<sup>2</sup> согласно ГОСТ 20276.4-2020. При этом актуальные углы фактических откосов в пределах рассматриваемой территории было решено получить на основе результатов анализа объемной модели местности, полученной при аэрофотосъемке с беспилотного летательного аппарата.

О достижениях в профильной области метростроения рассказал научный сотрудник лаборатории геомеханических исследований ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс» Евгений Степуков в докладе «Верификация расчетных численных моделей проходки тоннелей метрополитена на основании данных геотехнического мониторинга».

На конференции выступили представители еще ряда компаний и организаций, в том числе таких крупных и известных, как «НК «Роснефть» – НТЦ», «ГЕОИЗОЛ Проект», «Габионы Маккаферри СНГ».

В частности, была проведена оценка параметров карстовой опасности численными методами в соответствии с СП 116.13330.2012 на примере магистрального трубопровода «Сила Сибири», а также представлен анализ геологических опасностей, проводимый методом динамико-геофизических испытаний.

По словам участников, конференция была полезной и необходимой для специалистов, занимающихся вопросами инженерной защиты, проектированием и строительством, в том числе, подземных сооружений.

*По материалам Международной ассоциации фундаментостроителей*