

Подземные горизонты

Underground Horizons

Декабрь

№19

2018

www.techinform-press.ru



С Новым годом!

Дорогие друзья!

Институт «Ленметрогипротранс» сердечно поздравляет вас с Новым годом!

Пусть 2019 год станет для всех нас годом новых возможностей и достижений, будет наполнен яркими событиями, по-настоящему добрым и счастливым!

Желаю успехов и уверенности в завтрашнем дне!

**Владимир Маслак,
Генеральный директор ОАО «Ленметрогипротранс»**





Тоннельная ассоциация Северо-Запада (ТА СЗ) – общественная организация, объединяющая в своем составе ведущие юридические и физические лица, занятые в области проектирования, строительства и эксплуатации подземных сооружений и коммуникаций. Создание ассоциации стало необходимым шагом к объединению научного потенциала, человеческих и технологических ресурсов сторон, заинтересованных в развитии подземной инфраструктуры крупных городов.

Преимущества членства в Ассоциации:

Работа в экспертных группах, основанных на междисциплинарном подходе и совместной работе специалистов, занятых проектированием и строительством подземных объектов, градостроительным администрированием и планированием.

Участие в дискуссиях, специализированных мероприятиях, комитетах при Правительстве Санкт-Петербурга по актуальным проблемам и перспективам подземного строительства и проектирования России

Возможность получения актуальной информации об инновационных технологиях, оборудовании и материалах

Консультационная и экспертная поддержка членов Ассоциации

Включение в профессиональный реестр, который будет учитываться при проведении тендеров

Станьте частью специализированного профессионального объединения!

*С Новым годом и Рождеством,
дорогие друзья и коллеги!*

Пусть в наступающем году
осуществятся все ваши самые заветные
желания, пусть сбудутся мечты! Главное, чтобы они
обязательно были, ведь человек без мечты, как птица без
крыльев. Только самые высокие мечты дают нам ощущение
полета — пока мы движемся к ним — и обжигающее чувство
счастья — когда мы их достигаем. Хотите быть счастливыми —
мечтайте и держайте, и тогда все у вас получится!
Ваш успех в ваших руках!

*С искренней теплотой
и наилучшими пожеланиями,
коллектив журнала
«Подземные горизонты»*

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
Наталья Алхимова
(profi@techinform-press.ru)

Заместитель главного редактора
Сергей Зубарев
(redactor@techinform-press.ru)

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

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

Корректор Мила Дмитриева

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

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

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

За содержание рекламных материалов редакция ответственности не несет.

Подписку на журнал можно оформить по телефону (812) 905-94-36 и на сайте www.techinform-press.ru

Подземные горизонты

Underground Horizons

«ПОДЗЕМНЫЕ ГОРИЗОНТЫ»
№19 декабрь/2018

Официальный информационный партнер:

- Комитета по освоению подземного пространства НОСТРОЙ
- Тоннельной ассоциации Северо-Запада
- Международной Ассоциации Фундаментостроителей

В НОМЕРЕ:

СОБЫТИЯ

4 Новости отрасли



12 Владимир Маслак о двух столицах и технологическом прорыве (ОАО «Ленметрогипротранс»)



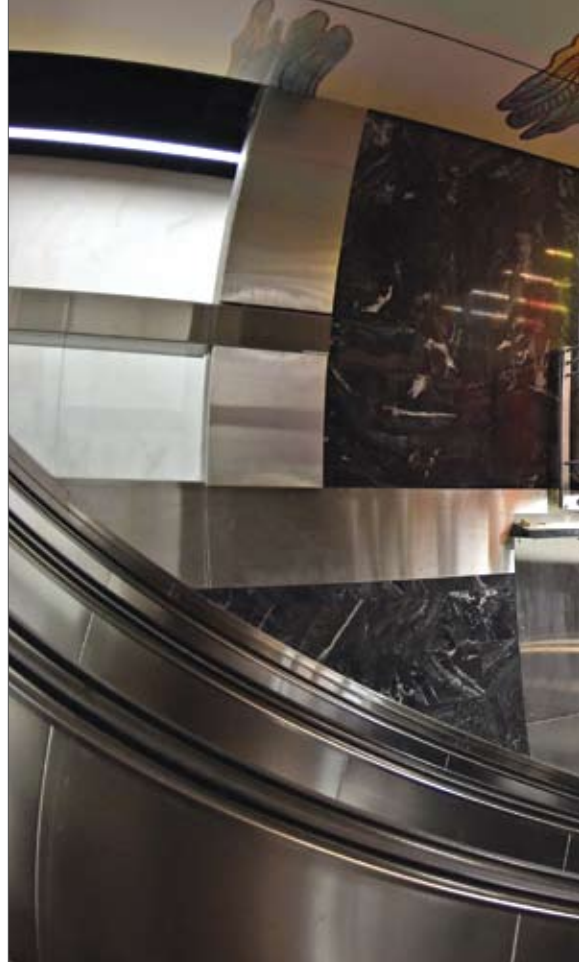
ЭКСПЕРТНОЕ МНЕНИЕ

6 **С.А. Гулый.** Подземные города — неизбежная перспектива жизни будущих поколений



МЕТРОПОЛИТЕНЫ

16 Ключевой проект развития столичной подземки





ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ:

В.Н. Александров, Заслуженный строитель РФ, Почетный житель Санкт-Петербурга

С.Н. Алпатов, генеральный директор СРО А «Подземдорстрой», президент Российского общества по внедрению бестраншейных технологий

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

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

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

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

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

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

Адрес редакции:
192 007, Санкт-Петербург,
ул. Тамбовская, 8, лит. Б, оф. 35
Тел.: (812) 490-47-65;
(812) 905-94-36,
+7 (931) 256-95-96
office@techinform-press.ru
www.techinform-press.ru

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

- 22 Сергей Кузнецов о новой архитектуре московского метро



- 26 Моделировать под землей



СТРОИТЕЛЬНЫЙ ПРАКТИКУМ

- 28 Г.В. Боос. Освещение — залог безопасности при движении в тоннеле

- 32 М.Л. Галкин. Современные системы термостабилизации многолетнемерзлых грунтов



- 35 А.Г. Алексеев, П.М. Сазонов. Перспективы использования буронабивных свай малого диаметра в многолетнемерзлых грунтах



НОВОСТИ ОТРАСЛИ

К НОВОМУ ГОДУ — ЕЩЕ ОДНА СТАНЦИЯ

20 декабря мэр Москвы Сергей Собянин открыл станцию метро «Беломорская» Замоскворецкой линии. Как отметил градоначальник, это долгожданный объект — в перспективных планах развития метрополитена он был обозначен еще в 1960-х годах. Он также напомнил, что «Беломорская» была включена в программу строительства по просьбе москвичей. Ее открытия особенно ждали более 140 тыс. жителей районов Левобережный и Ховрино.

«Беломорская» стала 260-й станцией Московского метрополитена (включая МЦК) и 16-й станцией, открывшейся в этом году. С запуском «Беломорской» уменьшится нагрузка на станцию «Речной вокзал». В часы пик пассажиром станет комфортнее пользоваться метро.

Пассажиропоток новой станции составит 110–150 тыс. человек в сутки. Ожидается также в целом улучшение транспортной ситуации

на северо-западе города при снижении потока машин на Ленинградском шоссе, Фестивальной, Беломорской и Смольной улицах.

Станция «Беломорская» расположена между станциями «Речной вокзал» и «Ховрино». Она мелкого заложения, колонного типа с одним подземным северным вестибюлем и двумя выходами из него на пересечении Беломорской и Смольной улиц к жилой застройке и остановкам наземного городского транспорта.



Главной темой интерьеров станции стала природа Беломорья. Подвесные потолки цвета морской волны вызывают ассоциации с летом, а белые мраморные колонны и стены напоминают о зиме. Платформу украшают панно с изображением достопримечательностей Поморья — Соловецкого монастыря, ансамбля «Кижы», северных пейзажей. Светодиодные инсталляции создают иллюзию северного сияния.

О СТРОИТЕЛЬСТВЕ В МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

14–15 ноября в Москве Международная ассоциация фундаментостроителей провела научно-практическую конференцию «Современные технологии проектирования и строительства фундаментов на многолетнемерзлых грунтах». В мероприятии приняли участие более 100 специалистов со всей России — эксперты, генподрядчики и субподрядчики по строительству различных объектов, представители проектных и научных институтов, а также компаний-производителей специализированного оборудования, техники, материалов.

Эта тема очень актуальна сегодня не только потому, что около 65% территории России расположено на многолетнемерзлых грунтах, но и ввиду пристального внимания правительства к освоению богатств Российского Севера, Сибири и Дальнего Востока. Существующие проблемы усугубляются глобальным потеплением климата. Таяние вечной мерзлоты приводит к осадкам грунта и неизбежным разрушениям, как показал, например, опыт эксплуатации автомобильной дороги Чита — Хабаровск. Поэтому прогнозы поведения грунтов и будущих объектов строительства в тех или иных условиях — не роскошь, а насущная необходимость. При

этом нормативно-правовая база при расчетах конструкций и прогнозировании играет ключевую роль.

Как сообщалось на конференции, в частности, в настоящее время ООО «ЦЛИТ» ведет разработку трех новых нормативных документов, касающихся фундаментов опор мостов, водопропускных труб и систем водоотвода, а также специфики строительства железных дорог в районах вечной мерзлоты. В этих документах впервые отражены проблемы, связанные с постановкой задачи по прогнозированию температурного режима, вписываемости объектов в природные условия, мероприятий по охлаждению грунтов, мониторинга

и учета глобального потепления климата. По мнению заведующего лабораторией «Строительство на вечной мерзлоте» ООО «ЦЛИТ», доктора технических наук Вадима Пассека, ошибки в определении главных параметров, влияющих на температурный режим, могут существенно исказить результаты прогноза.

На конференции обсуждались различные технологии строительства зданий и сооружений в условиях вечной мерзлоты — с применением свай большого и малого диаметра, ребристых висячих свай, теплоизоляции при устройстве фундаментов, методики расчета несущей способности сваи в многолетнемерзлых грунтах и системы мониторинга температуры таких грунтов, а также их термостабилизации, оптимизация технических решений по фундаментам на многолетнемерзлых грунтах в процессе строительства объектов и т. д.

На второй день конференции состоялась техническая экскурсия в лабораторию №8 «Механики мерзлых грунтов и расчет оснований» института «НИИОСП им. Н. М. Герсеванова», где участникам была предложена презентация Центра геокриологических исследований, а также продемонстрированы различные виды лабораторных испытаний.

В 2,5 РАЗА ВОЗРАСТЕТ ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ БАМА

В рамках работ по реконструкции Байкало-Амурской магистрали ударными темпами возводят Байкальский железнодорожный тоннель на границе Иркутской области и Бурятии. Его планируется ввести в эксплуатацию уже в 2019 году. Тоннель является важнейшим проектом модернизации БАМа и Транссиба. После завершения реконструкции пропускная способность БАМа на этом участке вырастет в 2,5 раза — с 13,2 млн до 32,4 млн т грузов в год, что позволит освоить дополнительные и перспективные объемы перевозок продукции отечественной промышленности.



Тоннель пересекает Байкальский хребет под перевалом Даван в районе высокой сейсмической активности (8–9 баллов), в скальных грунтах, осложненных многочисленными тектоническими зонами разломов.

В марте уходящего года специалисты предприятий Группы компаний «СК Мост» (АО «Строй-Трест», АО «БТС») закончили прокладку тоннеля на перегоне Дельбичинда — Дабан Восточно-Сибирской железной дороги км 1006 — км 1013 участка Усть-Кут – Северобайкальск. Команду на проходку последнего метра дал Президент РФ Владимир Путин в режиме видеоконференции на Съезде транспортников России в Москве.

Работы велись с октября 2014 года. Примечательно, что, по сравнению с первым Байкальским тоннелем, который строили 10 лет, на проходку потребовалось в несколько раз меньше времени. На объекте было задействовано 1,5 тыс. человек и более ста единиц горно-шахтного оборудования, строительного дорожных машин и иных транспортных средств. В частности, работал тоннелепро-

ходческий механизированный комплекс Lovat RM394DS с диаметром резания 10,2 м, который ранее успешно использовался при строительстве трассы Адлер — «Альпика-Сервис» в Сочи. Для проходки штолен, стартовой и приемной камер тоннеля буровзрывным способом использовались буровые установки Sandvik DC 120, Axera T11-215.

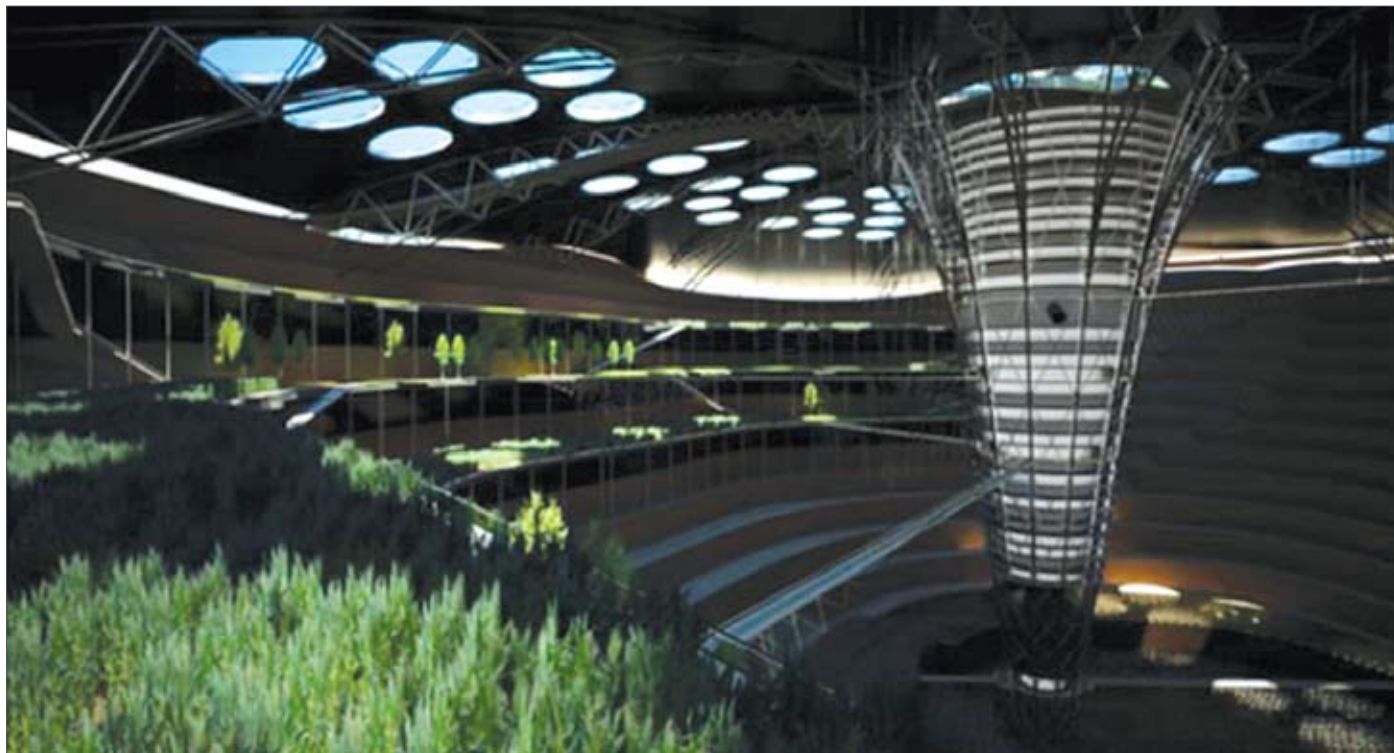
Протяженность объекта — 6682 м, вместе со вспомогательными выработками — 7642,5 м. Объем работ: проходка нового однопутного тоннеля параллельно существующему посредством ТПМК; монтаж сборной железобетонной обделки; устройство безбалластного бесстыкового пути на малогабаритных рамах с укладкой демпферных матов; строительство западной (1500 м) и восточной (1747 м) дренажных штолен; строительство околоствольных дренажных штолен №1 и №2 по 232 м каждая; бетонирование в западной и восточной дренажных штольнях постоянной обделки свода и стен; устройство вентиляционного ствола; устройство монолитных железобетонных порталов тоннеля.

ВТОРОЙ СЕВЕРО-МУЙСКИЙ: К РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТА

АО «Российские железные дороги» могут построить на БАМе второй Северо-Муйский тоннель, сообщил начальник департамента капитального строительства РЖД Андрей Макаров. По его словам, согласовано выделение около 200 млн рублей на разработку основных проектных решений. С учетом возможностей современных технологий строительство может занять восемь лет, тогда как первый Северо-Муйский тоннель строили с перерывами 26 лет. Сейчас проводится предварительная оценка проекта, по итогам которой будет принято решение о целесообразности его реализации.

Северо-Муйский тоннель открыт в декабре 2003 года в Бурятии на Байкало-Амурской магистрали. Название получил по одноименному хребту, сквозь который проходит. Это самый протяженный железнодорожный тоннель в России (15,3 км). Он позволил запустить безостановочное движение тяжеловесных грузовых поездов по БАМу. До его открытия такие составы приходилось расцеплять и перемещать через обход частями.





С.А. ГУЛЫЙ,
и.о. начальника Северо-Восточной научно-исследовательской мерзлотной станции, г. Магадан

ПОДЗЕМНЫЕ ГОРОДА — НЕИЗБЕЖНАЯ ПЕРСПЕКТИВА ЖИЗНИ БУДУЩИХ ПОКОЛЕНИЙ

В настоящее время подземное строительство у большинства людей ассоциируется со строительством метро, тоннелей, в крайнем случае, бомбоубежищ и фундаментов. И очень мало кто знает о существовании подземных городских комплексов в таких городах, как Монреаль и Торонто, подземных торговых центрах в Амстердаме и Москве, подземных спортивных центрах в Норвегии, Финляндии, Швеции, Швейцарии, Франции, Канаде, США, подземных гидроэлектростанциях. Мнение о том, что человек вышел из пещер на поверхность земли и уже никогда туда не вернется, ошибочно. По всей вероятности, в будущем человечество неизбежно будет вынуждено уйти под землю, особенно в северных регионах.

Ресурсов хватит не на всех

Оптимальная температура воздуха для жизни человека имеет достаточно узкие границы: она находится в промежутке между 22 и 26 °С. В этих условиях человек может жить без дополнительных затрат энергии, идущих как на отопление, так и на охлаждение. Если такая температура где-то сохраняется в течение года круглосуточно, это место для проживания человека можно считать идеальным. Анализ климатологической карты Земли показал, что таких районов на нашей планете не так много.

Эти территории расположены в пределах достаточно узкой полосы шириной не более 2000 км относительно экватора в Южной Америке, экваториальной Африке, южных оконечностях Северной Америки и Азии, а также островов, расположенных между Индийским и Тихим океанами (рис.1). Их площадь составляет всего 6% от всей поверхности суши (если учитывать и Антарктиду). Если поместить все человечество (численность которого к концу XXI века, по самым скромным прогнозам, достигнет 9 млрд человек) в районы с комфортным климатом,

то плотность населения там составит 1000 человек на квадратный километр. Это близко к плотности населения в таком мегаполисе, как Пекин.

Понятно, что на «благодатной земле» всех поселить невозможно, кому-то все-таки придется жить в не очень благоприятных температурных условиях, когда перепад температур между среднезимней и среднелетней превышает 10°C , и для того чтобы вернуться в оптимальные температурные рамки, необходимо тратить дополнительное количество энергии на отопление или охлаждение. Конечно, в северных регионах можно работать «вахтовым методом», как часто и делают. Но жить в таких условиях весьма затруднительно.

Кроме того, по оценкам экспертов, при нынешних темпах потребления ископаемых источников энергии, запасов угля на Земле осталось всего на 350–600 лет, нефти — на 160 лет, газа — на 170 лет, ядерной энергии, по разным источникам, на 500–1000 лет. Вместе с тем, предполагается, что через 300 лет население Земли будет насчитывать 13–18 млрд человек. И чтобы всем выжить, придется осваивать как северный, так и южный полюсы планеты — места, в настоящее время совершенно неблагоприятные для жизни человека и крайне энергозатратные для поддержания его жизнедеятельности в этих условиях.

Землянка эффективнее

Есть ли выход? Их несколько, и один из них — резкое сокращение расходов на отопление за счет строительства подземных сооружений. Особенно актуально это для криолитозоны — территории, на которой распространены вечномёрзлые грунты.

Как это ни парадоксально, но с точки зрения теплопотерь на севере наиболее экономично будет выглядеть здание, полностью заглубленное в грунт, в котором максимальное количество тепла будет уходить через крышу. Вдумайтесь: землянка более эффективна, чем современное здание, возведенное на поверхности! Поэтому предлагаемые сегодня проекты использования карьеров, оставшихся после разработки рудных тел, под строительство жилых и развлекательных комплексов, в ближайшем будущем будут иметь огромные перспективы.

Например, при использовании для этих целей карьера в городе Мирном авторами проекта предлагается перекрыть его светопрозрачным куполом, на котором будут установлены солнечные батареи. Они смогут вырабатывать около 200 МВт электроэнергии, что полностью обеспечит нужды будущего города. Дополнительно будет использовано тепло Земли на глубине ниже 150 м, где вечная мерзлота отсутствует. Пространство города предлагается разделить на три яруса: нижний использовать для выращивания сельхозпродукции (так называемая «вертикальная ферма»), средний — для лесопарковой зоны, очищающей воздух, и верхний — для постоянного пребывания людей. Этот слой будет иметь жилое назначение и служить для размещения административных и социально-культурных зданий и сооружений. Предполагается, что общая площадь такого горо-

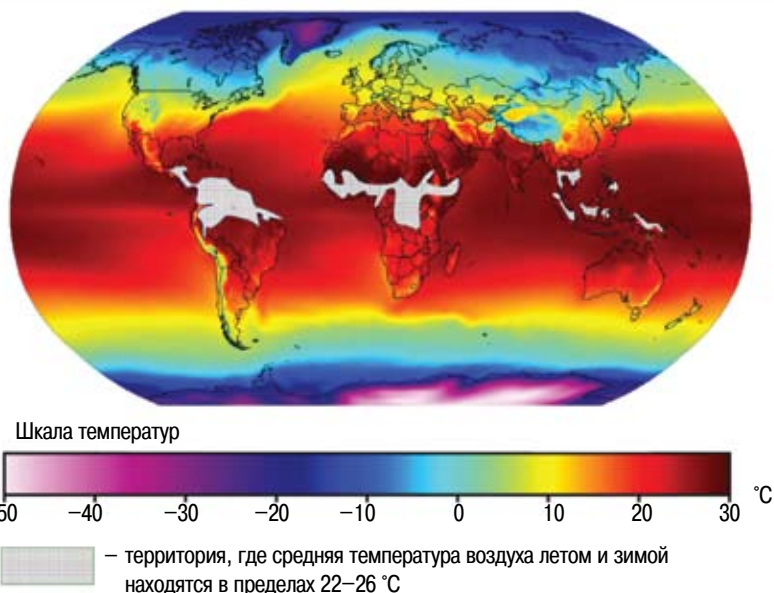


Рис. 1. Распределение среднегодовой температуры воздуха на уровне земной поверхности

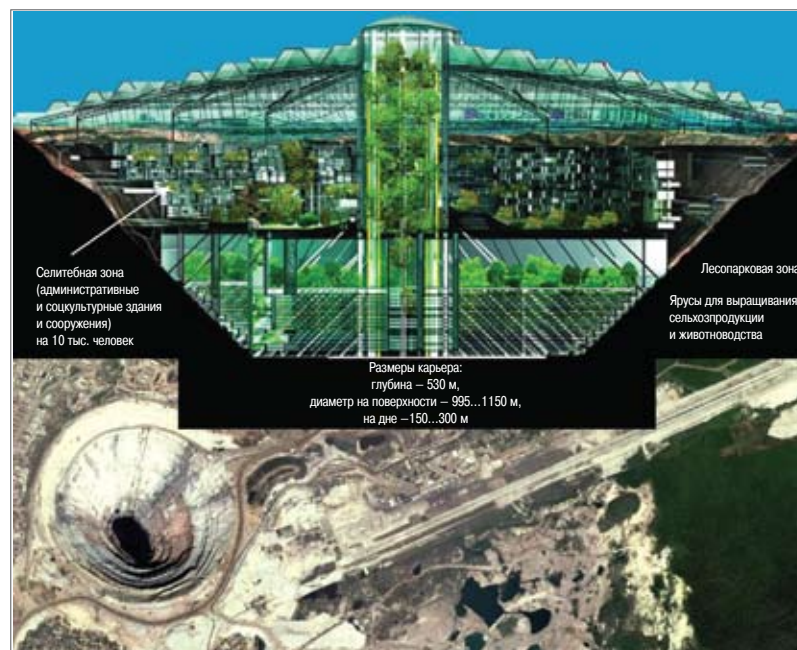


Рис. 2. Проект архитектурного бюро «Эллис» (г. Москва) подземного города в алмазном карьере около г. Мирный

да составит 3 млн м^2 . Здесь смогут жить и работать до 10000 человек — туристов, обслуживающего персонала и работников ферм (рис.2).

Следует признать, что форма жилища, которая сейчас повсеместно используется в северных районах, является нерациональной для этих условий. Типовые проекты жилых и общественных зданий в виде прямоугольных параллелепипедов, которые строились в период начала освоения севера, были чисто механически перенесены из среднего и южного климатических поясов. И хотя про-

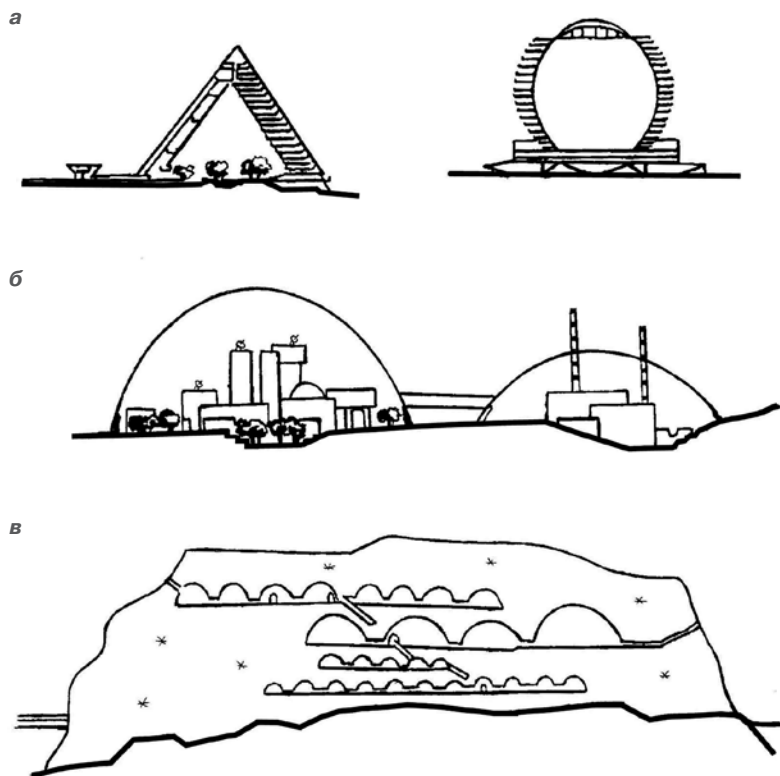


Рис. 3. Примеры архитектурных приемов, улучшающих условия обитания человека на Крайнем Севере: а — пирамидальное и шарообразное решение жилой группы; б — жилой и промышленный комплексы накрыты куполами; в — складской комплекс под снегом и льдом

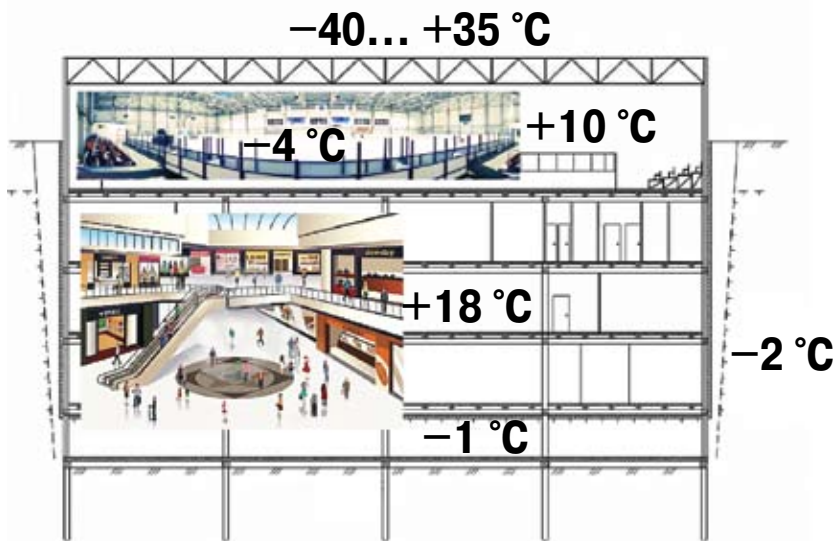


Рис. 4. Комплекс сооружений, совмещающий подземный развлекательный центр с надземным катком. Внешние температуры показаны для условий г. Якутска

екты конструктивно перерабатывались и привязывались к местным условиям, их архитектурно-планировочные решения оставались такими же, какие были приняты для южных районов и средней полосы. В СССР и России идеи архитекторов в 1960–1970 гг. придать конструкциям зданий на севере форму пирамиды, палатки, шара, купола (рис. 3), присущих жилищам аборигенов, или

уйти под землю и в лед по большому счету так и остались нереализованными.

Однако изменение формы зданий — это всего лишь полумера: переход с кубической на шарообразную конфигурацию пространства позволяет сократить теплопотери не более, чем на 20%. А вот «спрятанное» в грунт здание снижает те же теплопотери уже кратно.

А дальше возможны варианты: если мощность отопительной системы оставить на прежнем уровне, то можно сэкономить на толщине стен здания, существенно уменьшив его вес. Это, в свою очередь, позволит не опирать его на грунт нижней частью, а «повесить» на опорах, подобно носилкам. Это предотвратит вероятность его деформации при оттаивании мерзлых грунтов под ним и позволит исключить расходы на изготовление дорогостоящего фундамента. Такое здание также практически не будет подвержено разрушению при сейсмических воздействиях.

К бесспорным достоинствам подземного строительства также следует отнести неизменность температуры внешней среды (в данном случае грунта) в течение всего периода эксплуатации сооружения. Естественно, что при этом и температура теплоносителя, идущего на обогрев здания, также будет все время одинаковой — она не будет зависеть от времени года, похолоданий и оттепелей, усиления или ослабления ветровой нагрузки. А это очень удобно с точки зрения графика равномерности подачи теплоты и контроля за ее выработкой. К преимуществу подземной компоновки здания еще может быть отнесено более медленное старение теплоизоляционных материалов, не подвергающихся негативному воздействию ультрафиолета, кислорода, резким перепадам температуры и влажности.

Мерзлый грунт имеет не только постоянную температуру, по сравнению с температурой воздуха на поверхности, он обладает еще и водонепроницаемыми свойствами.

Еще более интересно для подземного здания использовать симбиоз двух и более сооружений, в которых эксплуатационные условия будут взаимовыгодны друг другу. При этом, если один из объектов необходимо охлаждать, а другой — отапливать, то за счет использования теплового насоса можно удовлетворить потребности обоих. Такими комплексами могут быть холодная стоянка для автомобилей, располагаемая на поверхности, и подземный холодильник, где круглый год будет сохраняться постоянная отрицательная температура; искусственный ледяной каток, располагающийся в мерзлых грунтах, и спортивный зал на поверхности, отопление которого будет осуществляться за счет тепла, вырабатываемого холодильным агрегатом; теплица и подземное овощехранилище и т.п.

О преимуществах симбиоза

В качестве объекта, на котором выполнялась проверка экономической выгоды от симбиоза двух и более сооружений со взаимовыгодными эксплуатационными условиями, нами был принят комплекс, включающий в себя четырехэтажное подземное и од-

ноэтажное надземное сооружение. Подземная часть предназначена для помещений развлекательного центра. В надземном этаже устроена ледовая площадка крытого катка (рис. 4). Место расположения объекта — в двух северных городах, на территории криолитозоны — Магадана и Якутска.

Целью исследований было определить, какие преимущества и недостатки имеет подземная компоновка здания в северных условиях, что можно дополнительно получить за счет совмещения двух разных по назначению и внутренней температуре сооружений (катка в надземной части, развлекательного комплекса под землей), повлияет ли это на общую экономию затрат, идущих на отопление всего комплекса, какие дополнительные преимущества появляются при применении теплового насоса вместо морозильного агрегата, обеспечивающего льдом каток.

Расчеты показали, что, несмотря на то что подземное здание требует круглогодичного обогрева, так как на его ограждающие конструкции будут постоянно воздействовать близкие к 0 °С отрицательные температуры (табл. 1), затраты теплоэнергии, которые потребуются для обогрева здания в целом при подземной компоновке будут меньше, чем при надземной (табл. 2). Эта экономия, как мы и предполагали, достигается за счет того, что максимальный перепад между внешней и внутренней температурами при подземной компоновке здания в зимнее время сокращается более, чем в два раза. За счет этого можно существенно уменьшить толщину теплоизоляции. Однако, если ее не менять, оставив принятое для Якутска термическое сопротивление ограждения, равное $R = 4,32 \text{ м} \cdot \text{°С/Вт}$ (для Магадана $R = 4,12 \text{ м} \cdot \text{°С/Вт}$) и принятую традиционную систему отопления зданий, то, как показывают результаты расчетов, подземная компоновка здания в этих двух городах позволит в среднем за год экономить 21–23% тепла по сравнению с надземным расположением (табл. 2).

Какие преимущества дает симбиоз двух зданий?

Основное назначение холодильной системы катка — это получение и сохранение льда. Обогрев помещения ледовой арены катка и его подсобных помещений (в зимнее время), как правило, осуществляется за счет обычной (водяной или воздушной) внешней системы отопления, принятой на этой территории. В обычных условиях при работе морозильной установки, необходимой для стандартного катка размером 30 × 60 м, воздух из ее конденсатора с расходом 60–70 тыс. м³/ч и температурой около 30 °С выбрасывается в атмосферу.

Среднее количество теплопритоков или тепла, которое можно извлечь с поверхности катка площадью 1800 м², приведено в табл. 3. Из нее видно, что летом этого тепла (в Якутске — 300 Вт/м², в Магадане — 280 Вт/м²) будет получено больше, чем в зимний период (в Якутске — 240 Вт/м², в Магадане — 250 Вт/м²).

В то же время для отопления помещения катка в Якутске нужно всего 200 кВт, в Магадане — 170 кВт (табл. 2). Получается, что собранное с поверхности

Таблица 1

Среднемесячные температуры воздуха (°С) на поверхности внешних ограждающих конструкций зданий для Магадана и Якутска в разное время года

Тип сооружения	Средняя за месяц температура на наружных ограждающих конструкциях за отопительный период (Т<8 °С)		Средняя за месяц температура на наружных ограждающих конструкциях при Т>8 °С	
	г. Якутск	г. Магадан	г. Якутск	г. Магадан
Подземное здание	-2,0	0	-2,0	0
Надземное здание, каток	-16,5	-9,5	16,3	11,3

Таблица 2

Сравнение среднегодовых потребностей в тепле рассматриваемых сооружений

	г. Магадан			г. Якутск		
	Подземное 4-этажное сооружение	Надземное 4-этажное сооружение	Каток площадью 1800 м ²	Подземное 4-этажное сооружение	Надземное 4-этажное сооружение	Каток площадью 1800 м ²
Потребности в тепле, кВт	520	630	170	550	680	200

Примечание. Для подземного сооружения потребности в тепле подсчитаны за год, для надземного сооружения и катка — только за отопительный период.

Таблица 3

Количество тепла (кВт), которое можно извлечь с поверхности катка площадью 1800 м²

г. Магадан		г. Якутск	
Зима	Лето	Зима	Лето
450	500	432	540

льда тепло (табл. 3) может не только на 100% обеспечить отоплением каток, но и еще на 45–50% — подземное здание. Летом, когда отопление катка не требуется, тепло, снимаемое с поверхности его льда, вообще может полностью обеспечить подземное здание теплом.

С помощью чего можно собрать тепло с катка и передавать его в отопительную систему? Для этой цели на рассматриваемом комплексе двух сооруже-

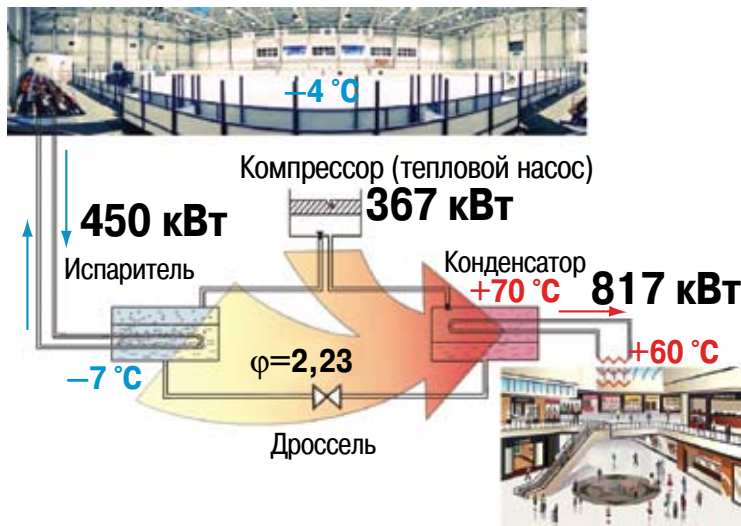


Рис. 5. Схема распределения тепловых потоков при работе теплового насоса в Магадане в зимний период в комплексе двойного назначения каток — подземный развлекательный центр

ний вместо обычной морозильной установки нужно использовать тепловой насос, который позволит на стороне испарителя формировать лед на катке, а на стороне конденсатора получать любую требуемую температуру теплоносителя, а не только +30 °C, как в морозильной установке. Кроме того, летом, в режиме кондиционирования, тепловой насос может обеспечить ледовую арену воздухом с температурой ниже 15 °C, что для льда катка в Якутске, где температура воздуха в июле может подниматься до 38 °C, будет весьма актуально. Зимой, повышая с помощью теплового насоса температуру теплоносителя в нагревательной системе до 60 °C и более, в помещении катка и подземном сооружении можно будет пользоваться обычным водяным отоплением (рис. 5).

Результаты расчетов экономической эффективности использования теплового насоса в подземном

здании для Магадана и Якутска, где низкопотенциальным источником тепла будет являться ледовая арена катка, представлены в табл. 4.

Из таблицы 4 видно, что если за критерий эффективности применения теплового насоса будет поставлен срок окупаемости, то возможность его внедрения в Якутске будет сильно ограничена.

Связано это с тем, что расчет его эффективности связан не только с рабочими температурами теплового насоса, но и с тарифами на электроэнергию и теплоснабжение, действующими в данный момент на территории, где проект внедряется. Для определения экономической целесообразности стоимость тепла, полученного от ледовой арены катка, необходимо сопоставлять с экономическими показателями систем теплоснабжения, традиционными для этой территории. Эффективность тепловых насосов будет выше там, где используется относительно дешевая электроэнергия при высокой стоимости органического топлива, расходуемого на теплоснабжение.

О спирали эволюции

Наверное, прочитав эту статью, читатель может подумать, что автор, приведя достаточно много аргументов в пользу подземных сооружений, призывает прямо сейчас вернуться к ним, несмотря на то, что человечество отказалось от них уже многие тысячи лет назад. Вовсе нет. Но не стоит забывать, что процесс эволюции идет по спирали. Рано или поздно традиционные источники энергии, используемые в настоящее время, иссякнут. И тогда потребуется оглянуться назад, чтобы посмотреть, как выжидали наши предки, и использовать тот опыт, который был накоплен человечеством за тысячи лет жизни на Земле. А может быть, этот момент уже наступил?

И еще один аргумент в пользу подземных городов. Если человечество переберется под землю, ядерное оружие станет бесполезным. Возможно, это не только поможет оптимизировать использование тепла на севере, но и вообще спасет нашу цивилизацию. ■

Таблица 4
Результаты расчетов технических характеристик ТН и сроков их окупаемости

	г. Магадан		г. Якутск	
	Зима	Лето	Зима	Лето
Коэффициент преобразования, φ	2,23	2,49	4,66	3,67
Тепловая мощность ТН, кВт (Гкал)	817 (0,7)	837 (0,7)	550 (0,5)	743 (0,6)
Мощность электропривода ТН ε, кВт	367	337	118	203
Стоимость ТН, руб.	7350000	7530150	4951385	6682500
Расход электроэнергии, кВтч	2068000	1010050	666388	607500
Затраты по ТН-отоплению, руб.	8664920	4232111	2832148	2581875
Затраты на обычную систему отопления, руб.	16633878	9064670	3657809	2625883
Эффект от использования ТН-отопления, руб.	7968958	4832559	825661	44008
Срок окупаемости, лет	1,1	2,0	11,8	Не окупается

ХVIII ЕЖЕГОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ-ЧЛЕНОВ МАС ГНБ

11 – 12 ФЕВРАЛЯ 2019, ОТЕЛЬ “УНИКС”, ГОРОД КАЗАНЬ



ОБЪЕДИНЕНИЕ ПРОФЕССИОНАЛОВ БЕСТРАНШЕЙНОГО ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

В ПРОГРАММЕ КОНФЕРЕНЦИИ:

11 ФЕВРАЛЯ 2019 ГОДА ЕЖЕГОДНОЕ СОБРАНИЕ РУКОВОДИТЕЛЕЙ ПРЕДПРИЯТИЙ-ЧЛЕНОВ МАС ГНБ, ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ КОНФЕРЕНЦИИ С ДОКЛАДАМИ ВЕДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ОТРАСЛИ ПО ВОПРОСАМ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВАМ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ ГНБ НА ПОСТСОВЕТСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ, НАГРАЖДЕНИЕ ЛУЧШИХ КОМПАНИЙ ЗА ЗАСЛУГИ В ОБЛАСТИ ГНБ, ПРИНЯТИЕ НОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В СОСТАВ АССОЦИАЦИИ.

12 ФЕВРАЛЯ 2019 ГОДА - КРУГЛЫЙ СТОЛ С ОБСУЖДЕНИЕМ ВОПРОСОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ БЕСТРАНШЕЙНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА ТРУБОПРОВОДОВ ПО ТЕХНОЛОГИИ ГНБ.

МАС ГНБ Г. КАЗАНЬ, УЛ. ТУРБИНАЯ, Д. 3,
ТЕЛ.: 278-75-08 EMAIL: INFO@MASGNB.RU

ВЛАДИМИР МАСЛАК О ДВУХ СТОЛИЦАХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОРЫВЕ

Научно-исследовательский и проектно-изыскательский институт «Ленметрогипротранс» знаменит, прежде всего, тем, что запроектировал всю петербургскую подземку. На сегодняшний день проектировщики Северной столицы активно работают и на московском рынке метростроения, и уходящий год можно назвать прорывным для института. Вместе с тем прорабатываются проекты и по другим направлениям подземного строительства. В интервью для нашего журнала генеральный директор ОАО «Ленметрогипротранс» Владимир Маслак подвел итоги уходящего года и поделился планами на будущее.



Беседовала
Наталья АЛХИМОВА

— Владимир Александрович, каких результатов удалось достичь Ленметрогипротрансу в уходящем году?

— Год для нас был очень насыщенным. Установлен своего рода рекорд. Впервые в истории института за один год по нашим проектам сдано семь станций метро — пять в Москве и две — в Санкт-Петербурге.

Московский метрополитен осенью 2018 года открыл для пассажиров участок Калининско-Солнцевской линии протяженностью около 11,3 км. Нашим институтом выполнены инженерные изыскания, а также разработка проектной и рабочей документации станционных комплексов «Терешково», «Солнцево», «Боровское шоссе», «Новопеределкино», «Рассказовка». Таким образом, у нас появился первый опыт масштабного сотрудничества со столицей. Государственным заказчиком являлся Департамент строительства города Москвы, заказчиком и генеральным проектировщиком — АО «Мосинжпроект».

Все пять станций — мелкого заложения, колонного типа с островной платформой с междупутьем 14,5 м, построены из монолитного железобетона. Платформенная часть, тягово-понижительная подстанция, венткамера, вестибюли и служебные помещения соорудились в одном подземном объеме шириной 20,3 м. По концам станционных комплексов котлованы имели ширину 23,4 м для возможности организации монтажных и демонтажных камер, необходимых для сооруже-

ния перегонных тоннелей из сборных железобетонных блоков. Проходка между станциями осуществлялась закрытым способом, с активным пригрузом забоя, посредством ТПК в однопутном исполнении.

В Санкт-Петербурге по нашим проектам к Чемпионату мира по футболу открылись «Беговая» и «Новокрестовская» на продолжении Невско-Василеостровской линии.

«Беговая» — трехпролетная станция мелкого заложения с двумя боковыми платформами. Она достаточно типовая, подобное решение можно использовать и развивать дальше.

Станция «Новокрестовская», открытая в тестовом режиме в мае 2018 года, стала работать в штатном режиме одновременно с «Беговой». Это мощный станционный комплекс, построенный, чтобы обеспечить пассажиропоток большого стадиона — до 40 тыс. человек в час. Там несколько групп эскалаторов, они разделены. По конструкции это эскалаторы-поэтажники, которые в эксплуатации достаточно надежны. Они эксплуатируются впервые, но особых проблем за время с момента пуска я не заметил.

Хочется также сказать о том, что открытия новых станций метро петербуржцам пришлось ждать пять лет и пять месяцев — предыдущие «Бухарестская» и «Международная» были открыты в декабре 2012 года. К сожалению, три станции на этом же Фрунзенском радиусе, которые планировалось ввести в эксплуатацию еще год назад, так пока и не запустили.

В нашем городе в уходящем году на строительство метрополитена было выделено только 25 млрд рублей, из которых лишь 4 млрд — средства федерального бюджета. Сравните: в то же время сумма, направленная на метростроение в Москве, составила 546 млрд рублей.

Тем не менее, интересная и сложная работа была проделана коллективом института и в Санкт-Петербурге. Нам было непросто. Но станции запущены, и это качественно построенные объекты.

— Какие инновационные технологии были заложены в проекты, реализованные в 2018 году?

— Станции, построенные в Петербурге, — это вообще новое слово в отечественном метростроении. Впервые в стране начали эксплуатироваться двухпутные тоннели. Причем станции сделаны оригинально, с разделением рабочей и пассажирской зон. Это позволило повысить безопасность эксплуатации, обеспечить комфорт для пассажиров. На станциях устроена отдельная вентиляция, а также намного более эффективное, чем при традиционных решениях, кондиционирование. Хочу отметить, что все эти методики разработаны и запатентованы нами. У зарубежных коллег заимствован только принцип дымоудаления, который в нашем метро применен также впервые. По всей длине тоннеля устроен подшивной потолок, где имеется зона воздухообмена, через каждые 100 м установлены клапаны. В любой его точке можно обеспечить дымоудаление, а также безопасный вывод людей с проблемного участка.

По моему убеждению, двухпутные тоннели — бесспорно, прогрессивное слово в области, как строительства, так и эксплуатации метрополитена. С 2006 года



я доказывал на всех уровнях, что это хорошая идея. В конце концов, удалось, и теперь мы можем убедиться, что в эксплуатации станции, построенные по такой технологии, надежнее и безопаснее.

Кроме того, получилось значительно — на 20–25% — сократить сроки работ. Двухпутные тоннели технологичнее в процессе строительства, позволяют существенно уменьшить количество ручного труда, а на перегонах можно обойтись без промежуточных створов. Это важное преимущество, так как притоннельные выработки, которые разрабатываются с применением ручных инструментов, как раз и требуют львиной доли времени. Сокращая сроки строительства, мы получаем и экономии общих затрат.

Если же говорить о московских станциях, то там для нас все было достаточно тривиально.

— Генеральным подрядчиком строительства станций «Беговая» и «Новокрестовская» был петербургский Метрострой. Как вы оценили бы его работу, а также сегодняшнюю сложную ситуацию с этой организацией?

— Метрострой вложил в двухпутную проходку много труда и терпения. Были, конечно, проблемы, но это нормально при освоении новой технологии.

Необходимо отдать должное Метрострою. Это организация настолько мощная, что она смогла даже при критическом недофинансировании силами своих подразделений и в частности СМУ-9 выполнить работы и вовремя сдать объекты в эксплуатацию. Последствия, однако, оказались удивительными. Город «отблагодарил» метростроевцев за пуск двух станций к чемпионату... угрозой банкротства. За свою 30-летнюю практику я такое наблюдаю впервые. А ведь вопрос, я полагаю, вполне разрешим при условии доброй воли и комплексном подходе со стороны власти. И поучителен, с точки зрения изучения негативного опыта и исключения повторения таких ошибок. Тем более что город настроен на активное метростроение.

Мы не можем себе позволить потерять основного подрядчика — Метрострой, который специализируется на строительстве объектов глубокого заложения, с его опытом производства и организации работ. Мы не сможем тогда развивать метрополитен вообще! Ведь если в Москве 80% строящихся станций — мелкого заложения, то у нас статистика обратная. Это объективные условия.

— **Какими вам в целом видятся перспективы комплексного освоения подземного пространства Петербурга?**

— Если руководство Северной столицы повернется лицом к метрополитену, то это даст импульс освоению подземного пространства в целом, строительству объектов иного назначения. За рубежом такие возможности активно используются. Кольцевая дорога вокруг Мадрида, например, на 70% проходит под землей, а тоннель проложен в десятке метров от королевского дворца. Кстати, автомобильные выхлопы, возникающие в тоннелях, там собираются и очищаются. Да, вложения в очистную систему большие, но это позволяет улучшить городскую экологию.

Развитие подземного пространства в Санкт-Петербурге я бы предложил начать, если не считать метрополитена, с подземных парковок в историческом центре. Кстати, несколько лет назад прорабатывалась программа строительства многоэтажных паркингов под центральными городскими площадями, но сейчас она, к сожалению, заморожена. Да, это дорого, но в больших городах уже необходимо.

Нам есть, что предложить. Например, подземный паркинг на 1200 машин в районе исторического здания Мариинского театра, который можно было бы построить одновременно с реконструкцией консерватории. Есть и другие идеи...

— **Как известно, от идеи до реального заказа — долгий путь, не всегда приводящий к цели. Часто ли находят понимание и поддержку ваши идеи? Насколько институт востребован на сегодняшний день?**

— В 2012 году за лучшее воплощение идей тоннельного строительства мы получили признание мировой технической общественности. К нам ездят учиться из других стран мира, мы внедряем все лучшее, что есть в тоннелестроении.

В настоящее время у нас много работы в Москве. Наша идеология, наконец, нашла там понимание. Хотя, надо сказать, ту же идею двухпутных тоннелей заказчик принял далеко не сразу. Теперь же идет поиск решений по использованию этой технологии, и в нем активное

участие принимают московские метростроители. Уже приобретен проходческий щит диаметром 10 м. Кроме этого, сейчас столица привлекает и китайских подрядчиков, которые уже сравнительно давно строят двухпутные тоннели и хорошо умеют это делать.

Если же говорить не только о метро, то мы продолжаем работать по Байкальскому тоннелю. Планируется также проектирование второго Северомуйского тоннеля. Я не знаю, учтут ли при распределении подрядов наш опыт проектирования первого, но участвовать в торгах будем.

К сожалению, современная тенденция не радует — заказчики все время ищут альтернативные варианты «подешевле», которые потом зачастую не проходят экспертизу. Но, в любом случае, наша задача — спроектировать то, что будет надежно работать, успешно строиться и эксплуатироваться.

— **Недавно Президент России Владимир Путин поставил перед обществом задачи, направленные на быстрый технологический прорыв. Как это, с вашей точки зрения, увязывается с подземным строительством?**

Для этого наше Правительство в целом должно обратить внимание на перспективы использования подземного пространства. Да, это сложнее именно в ходе освоения, но затем в городской среде получается хороший эффект, в том числе, и в части доходов: парковки, хранилища и т. д. Не последнее место занимают и социальные объекты. Подземные сооружения проще и дешевле в эксплуатации. А в горной местности тоннели — хорошая альтернатива мостам, ведь в них в любое время года поддерживается постоянная температура и влажность, к тому же они безопаснее как с точки зрения обеспечения движения транспорта, так и с точки зрения сейсмики.

Если говорить о метрополитене — то путь один — использование современных технологий и конструктивных решений. Мы хотим, чтобы метрополитен строился быстро, качественно и красиво. Я думаю, что варианты, позволяющие эти требования совместить, есть. Мы готовы дать предложения, которые могут ускорить процесс строительства, и это не только двухпутный тоннель, есть и другие передовые методы.

В городах одна из основных проблем связана с отсутствием свободных земельных участков. Сразу возникают имущественные, социальные вопросы, а конкретно в Петербурге особенно актуальна задача сохранения исторического наследия. Я уже не говорю про множество различных согласований, из-за которых возникает уйма проблем. Как от них уйти? Надо минимизировать сами выходы на поверхность, площади необходимых для этого участков. Мы к этому идем. Почему, например, в Москве приняли идею двухпутного тоннеля? Потому что он не требует устройства дополнительных площадок для вентшахт из-за отсутствия промежуточных стволов.

У заказчика, конечно, свой взгляд, и объекты, так или иначе, строятся. Но часто дороже и длительнее, чем можно, если рассмотреть все варианты, включая строительство тоннелей. Просто следует добросовестно реализовывать принцип вариантного проектирования. ■





MiningWorld
Russia

MiningWorld

23-я Международная выставка
машин и оборудования
для добычи, обогащения
и транспортировки
полезных ископаемых

23–25 апреля 2019
Москва, Крокус Экспо

Подробнее о выставке
miningworld.ru



Пройдет совместно
с выставками



Организатор
Группа компаний ITE
+7 (499) 750 08 28

12+



КЛЮЧЕВОЙ ПРОЕКТ РАЗВИТИЯ СТОЛИЧНОЙ ПОДЗЕМКИ

Большая кольцевая линия (БКЛ) столичной подземки замкнется к 2023 году. Такое уточнение сделал в конце октября руководитель Департамента строительства Москвы Андрей Бочкарев. Большая кольцевая линия планируется как самая длинная в мире. Ее протяженность в 69 км побивает сегодняшний китайский рекорд. Ожидается, что после полноценного запуска линии пассажиропоток составит до 380 млн человек в год. БКЛ соединит все радиальные ветки на расстоянии до 10 км от действующей сегодня Кольцевой. Этот проект станет, по меньшей мере, самым масштабным за всю историю российского метростроения.

Наталья ВЛАДИМИРОВА
Редакция выражает благодар-
ность за помощь в подготовке
материала пресс-службам
АО «Мосметрострой»
и АО «Ингеоком»

Большое кольцо: от планов к реальности

С ростом столичной подземки становилось все очевиднее, что одного «кольца» крайне мало. Москва развивается, количество и протяженность радиальных линий увеличивается, равно как и временные затраты, необходимые для того, чтобы попасть из одного конца города в другой. Если же построить еще одно «кольцо», соединив радиусы дальше от центра, то передвигаться на метрополитене станет быстрее и комфортнее, а также сократится пассажиропоток на центральных станциях, расположенных внутри Кольцевой линии. Это создаст очевидные преимущества для пассажиров.

Самый первый проект Большого кольца московского метро относится к 1985 году. Мало, кто знает сегодня, что первая его часть — это действующая Каховская линия, самая короткая в столичной подземке.

К сожалению, из-за последовавших проблем с финансированием проект был законсервирован более чем на 30 лет. Но пять десятков пересадочных станций в центре и на кольцевой линии все больше и больше требовали разгрузки. На заседаниях городского правительства неоднократно поднимались вопросы о перспективах, которые принесет с собой строительство Большого кольца. Говорили о возможности зонального принципа оплаты поездок, нового для столичной подземки, а также о непривычной для москвичей маршрутизации, когда поездка будет начинаться маршрут на одной, а заканчиваться — на другой ветке. Так, например, работает метро в Лондоне и Нью-Йорке. И все же решиться на такой грандиозный, дорогостоящий и

длительный по времени реализации проект городские власти долго не могли.

Дело решил мэр Москвы Сергей Собянин — и в ноябре 2011 года метростроители приступили к сооружению Большой кольцевой линии. Примечательно, что такое название выбрали сами жители столицы в ходе голосования в системе «Активный гражданин». В технической же документации метростроевцев это Третий пересадочный контур (ТПК). Уточним: вторым считается действующая Кольцевая линия, а первым — все пересадочные станции внутри нее. Ожидается, что ежедневно поездка по БКЛ в среднем сэкономит пассажиру до 30 минут времени. Если умножить это на пять дней — уже получится 2,5 часа, а если на все рабочие недели года, то эта цифра сложится в дни.

На Большой кольцевой линии будет располагаться 31 станция, можно будет сделать 19 пересадок на радиальные линии, 5 — на Московские центральные диаметры, 4 — на Московское центральное кольцо (МЦК) и 11 — на радиальные линии железной дороги. Заместитель мэра Москвы по вопросам градостроительной политики и строительства Марат Хуснуллин отмечает, что БКЛ также даст возможность построить другие радиальные ветки, добавок к существующим.

Исторический момент: первая пятерка

То, о чем говорили и думали в течение стольких лет в московском правительстве и чего долго ожидали москвичи, наконец, свершилось: 26 февраля 2018 года запущен в эксплуатацию первый участок БКЛ на северо-западе города протяженностью 10,5 км. Он включает в себя пять станций — «Деловой центр», «Шелепиха», «Хорошевская», «ЦСКА» и «Петровский парк», именно в такой последовательности. Временно на участке организовано так называемое вилочное движение поездов — от «Шелепихи» поезда идут по двум маршрутам, можно доехать до «Делового центра» или «Раменок» Калининско-Солнцевской линии. Плотная городская застройка, десятки километров инженерных коммуникаций, которые необходимо переносить, обводненные грунты — все это нужно было преодолеть, чтобы построить первый участок БКЛ.

«Участок очень важный, на каждой станции в течение суток будут проходить от 200 до 300 тыс. пассажиров», — сказал на церемонии открытия мэр Москвы Сергей Собянин. При этом, как отметил градоначальник, сохраняется традиция московского метро: чтобы станции не только были полезными, но и эстетически радовали глаз.

По словам первого вице-президента АО «Ингеоком» Ильи Маковского, весь район, где велось строительство, относится к числу участков повышенной карстовой опасности. То есть в ходе работ на глубине, в крепких грунтах, могли быть встречены полости, содержащие воду и неустойчивые грунты, что при столкновении с проходческими агрегатами чревато авариями. Поэтому, прежде чем принимать инженерные решения, тщательно изучалась геология.



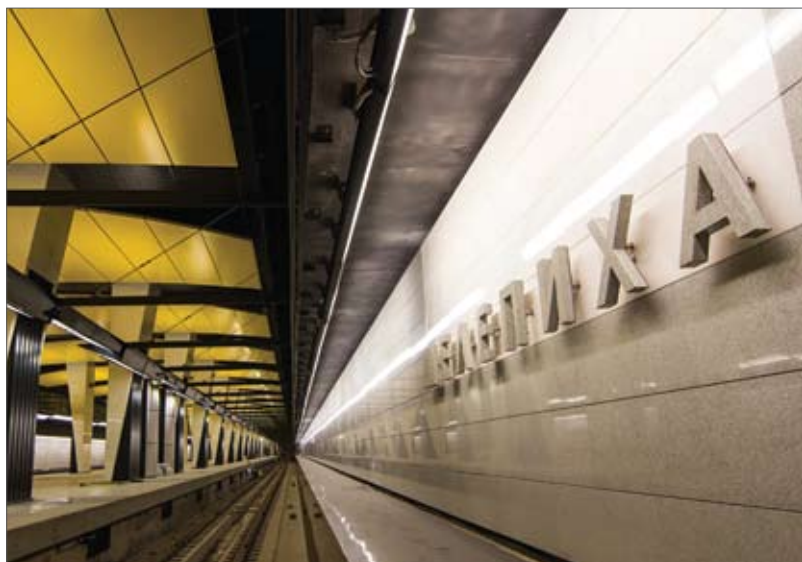
Станция «Деловой центр»



Станция «Хорошевская»

Станция «Деловой центр» — часть настоящего подземного города. Прямо под небоскребами «Москва-Сити» пересекаются сразу три линии метро. По художественному оформлению новая станция БКЛ — близнец «Делового центра» Калининско-Солнцевской линии. Через каждые 7–8 м платформа и колонны облицованы алюминиевыми трехслойными панелями с поверхностью из нержавеющей стали. По замыслу архитекторов, металл в едином пересадочном комплексе из трех станций является аллегорией бизнес-возможностей «Москва-Сити» — крупнейшего в России делового центра.

«Шелепиха» расположена на пересечении Шелепихинского шоссе и Шмитовского проезда и стала частью транспортно-пересадочного узла. Пассажиры смогут по закрытому переходу (по принципу «сухие ноги») перейти к поездам Московского центрального кольца. Этот принцип заложен в основу архитектурных решений всех строящихся ТПУ. Что касается дизайна, то в отделке применили белый, желтый и черный цве-



та. Поэтому «Шелепиху» москвичи называют «станция-пчелка» или «солнечная». А шестиметровые колонны неправильной формы создают иллюзию античного дворца еще и благодаря тому, что платформа отделана гранитом, а стены — мрамором.

Станция «Хорошевская» привязана к одноименному шоссе. Здесь также строится ТПУ с перехватывающей парковкой. В отделке станции использовали белый и фиолетовый мрамор. Эффект парения в воздухе создает подвесной потолок на платформе, который визуально увеличивает пространство зала. В вестибюлях пассажиры, подобно посетителям художественной выставки, могут любоваться композициями по мотивам картин Казимира Малевича, Александра Родченко и их последователей. «Хорошевская» стала первой станцией в столичной подземке, выполненной в стиле «авангард». Примечательно также то, что оригинально устроены современные системы дымоудаления — в виде красивых колонн. По мнению пассажиров, это тоже настоящие арт-объекты.



Два вестибюля станции «ЦСКА» обеспечивают выход к Дворцу спорта «Мегаспорт» и в новый парк на Ходынском поле. Кровля второго вестибюля одновременно является и смотровой площадкой для посетителей парка. Это отражено в архитектурной концепции. Плавные линии вестибюлей напоминают холмы, на кровле также разбит парк. Станция интересна и дизайном — она «оделась» в фирменные цвета футбольного клуба ЦСКА, красный и синий, да и вообще выдержана в спортивных мотивах. В частности, на платформе на гранитных круглых постаментах-колоннах установили четыре бронзовые пятиметровые скульптуры — лыжника, баскетболиста, хоккеиста и футболиста. Станция стала настоящим подарком от города болельщикам футбольного клуба ЦСКА, которому исполнилось 95 лет.



Станция «Петровский парк» примечательна специальными противопожарными шторами оригинальной выдвигной конструкции, которые «спрятаны» у перехода на «зеленую» ветку. Они сделаны из специальной ткани, которой не страшны дым, газ и огонь. В случае нештатной ситуации шторы экстренно отсекут «Петровский парк» от перехода на Замоскворецкую линию. А в интерьере применили уральский мрамор и гранит. Пол выложен плитами из серого и черного гранита. Путевые стены отделали белым мрамором, необычные колонны в форме факелов — зеленым.

В проекте БКЛ заложены технические решения, которые позволят присоединить к ней новые радиусы метро: Рублево-Архангельскую линию — от станции «Улица Народного Ополчения»; Коммунарскую линию — от «Улицы Новаторов»; перспективную линию в районе Восточное и Западное Бирюлево и Щербинку — от «Кленового бульвара».

На Большой кольцевой линии строятся в основном станции мелкого заложения. Однако при особо сложных условиях есть исключения. Среди глубоких — строящаяся станция «Шереметьевская» и «Нижняя Масловка». Нам удалось посетить стройплощадки и побеседовать со специалистами.

«Нижняя Масловка»

Следующей после «Петровского парка» станцией уже действующего участка Большой кольцевой линии станет «Нижняя Масловка» (рабочее название) с двумя вестибюлями. Транспортно-пересадочный узел свяжет ее с «Савеловской» Серпуховско-Тимирязевской линии метро, Савеловским вокзалом и первой линией Московского центрального диаметра, который пройдет от Лобни до Одинцово. По расчетам, пользоваться ТПУ ежедневно будут около 300 тыс. человек.

Планы строительства пересадочной станции на Бутырской заставе в составе хорды Солнцево — Мытищи появились еще в далеком 1989 году. Но им суждено было осуществиться лишь десятилетия спустя.

Генподрядчиком строительства станции и всего пускового участка стало ООО «СМУ Ингеоком». По конструкции «Нижняя Масловка» — станция пилонная (с массивными столбами для поддержания сводов), глубокого заложения (уровень платформенного участка — около 60 м).

Как рассказали специалисты «Ингеокома», сейчас, по новой программе строительства Московского метро, станции глубокого заложения сооружаются только там, где мелкое заложение невозможно. Район «Нижней Масловки» — это фактически центр города с мощной инфраструктурой. Здесь находятся площадь Савеловского вокзала, действующая станция «Савеловская», дорожные развязки, большое количество коммуникаций. Поэтому было принято решение уйти на глубину. Причем строить «Нижнюю Масловку» не над «Савеловской», а под ней решили в связи с тем, что благоприятствовали гидрогеологические условия. Проходка велась в мощных пластах устойчивых пород — мергелевых глинах и известняках 6–7 класса твердости, слабо водопроницаемых. Понятно, что «минус» их заключается в сложности разработки.

Осенью 2011 года началась организация стройплощадки, в январе 2012-го — сооружение 8,5-метрового рабочего ствола, по которому в шахту доставлялись рабочие и стройматериалы, а также выдавался разработанный грунт. Во второй половине 2012 года приступили к строительству 6-метрового вентиляционного ствола, который на момент сооружения станции также использовался для подачи материалов и выдачи грунта. Весной 2013 года завершили проходку рабочего ствола. Для сооружения стволов не применялся механизированный стволопроходческий комплекс, строили при помощи замораживающих скважин.

Осенью 2014 года станция «Нижняя Масловка», однако, была исключена из пускового участка БКЛ в связи с невозможностью завершения строительства в намеченный срок при имеющихся сложных условиях.

«Нижняя Масловка» и тоннели расположены ниже Серпуховско-Тимирязевской линии. Так как станция строится в непосредственной близости от действующей станции метро, буровзрывной метод можно было применять только до определенных пределов, установленных проектом. В их рамках проходка осуществлялась с применением специализированных немецких



горнопроходческих комбайнов на гусеничном ходу с гидромолотом, ковшом и конвейером для выработки породы.

За станцией «Нижняя Масловка» построены служебная соединительная ветвь между двумя линиями и оборотный тупик протяженностью около 2 км, где будут разворачиваться поезда, обслуживающие БКЛ. Там же расположатся пункты технических осмотров подвижных составов.

Для эскалаторных тоннелей построены два наклонных хода, глубина которых также 60 м, а длина — 100 м. Наклонный ход №1 примыкает к аванзалу, соединенному с западным торцом центрального зала станции, под прямым углом. Наклонный ход №2 выводит в аванзал, который сообщается двумя лестницами со средней частью центрального зала. Проходка левого и правого станционных тоннелей, тягово-понижительной подстанции, наклонного хода №2 была завершена за 2016 год, также пройдено более половины наклонного хода №1 и среднего станционного тоннеля, начаты работы на пересадочных коридорах к станции «Савеловская», к натяжной камере наклонного хода №2.



Строительство станции «Шереметьевская»

Перегонный тоннель от «Петровского парка» до «Нижней Масловки» проходили с использованием ТПМК Robbins EPB-2015-371 «Елена». Для демонтажа ТПМК на глубине 60 м на «Нижней Масловке» соорудилась демонтажная камера диаметром более 13 м. К январю 2015 года относится завершение проходки двух подходных штолен от рабочего ствола к демонтажным щитовым камерам на перегоне и к восточному торцу станции. Проходка левой демонтажной камеры была завершена в мае, тогда же началась проходка с западного торца правого станционного тоннеля.

В июле 2015 года завершилась проходка левого перегонного тоннеля, которая велась с декабря 2014 года. ТПМК «Елена» был перевезен обратно на «Петровский парк» для проходки правого тоннеля. Она завершилась в июле 2016 года.

Перепад высот между станциями «Петровский парк» и «Нижняя Масловка» — около 20 м. Протяженность перегонных тоннелей превышает 1,5 км.

Изюминка этой станции в архитектурном оформлении — пилоны не будут закрываться камнем, их по-

красят и закрывают мощным противопожарным стеклом. Таким образом, «скелет» станции будет доступен для обозрения пассажиров.

В минувшем октябре заместитель мэра Москвы по вопросам градостроительной политики и строительства Марат Хуснуллин объявил о решении (для удобства пассажиров) переименовать «Нижнюю Масловку» в «Савеловскую» Большой кольцевой линии. Открыть станцию планируется в начале 2019 года.

«Шереметьевская»

Ее строят на северо-востоке столицы на глубине 74 м, единственный вестибюль разместится на пересечении Сущевского Вала и 2-й ул. Марьиной Рощи. У станции «Шереметьевская» будет три независимых зала, разделенных рядом пилонов с проходами между ними. По расчетам инженеров, это позволит противостоять горному давлению.

Интересно, что первоначально, в 2013 году участок линии со станцией «Шереметьевская» был перепроектирован с глубокого на мелкое заложение. Тогда «Нижняя Масловка» осталась единственной глубокой на всем БКЛ. Однако в 2016 году весь этот участок до «Ржевской» был вновь перепроектирован на глубокое заложение.

«Шереметьевская» является пересадочной с «Марьиной Рощей» Люблинско-Дмитровской линии. По своей конструкции станция будет похожа на соседнюю «Нижнюю Масловку» («Савеловскую» БКЛ) — глубокого заложения, пилоновая, трехсводчатая с платформой островного типа. Ожидаемый пассажиропоток — 272 тыс. человек в сутки, в утренние часы пик — более 27 тыс. в час.

Подготовка территории для строительства началась здесь в 2017 году, основные виды работ — в текущем году. В АО «Мосметрострой», строящем этот объект, сообщили, что сооружение вертикального ствола, через который ведется основное строительство станционного комплекса «Шереметьевская», осуществлялись при помощи стволопроходческого комплекса немецкого производства VSM-10000 Herrenknecht. Это проверенная на практике технология для проходки стволов глубиной до 80 и диаметром до 16 м в обводненных и неустойчивых грунтах. Здесь заглабливаться на 80 м было необходимо, потому что рядом находится действующая станция «Марьиная Роща», и чтобы развести линии, решено было пройти на 10 м ниже ее.

Проходка ствола закончилась в ноябре 2017 года. Генеральный директор компании АО «Мосметрострой» Сергей Жуков пояснил, что для специалистов предприятия это был первый опыт такой работы на большой глубине. Проходка велась около двух месяцев в смешанных породах: по водонасыщенному песку, суглинку, глине, известняку средней прочности и мергелю. В период работ было пересечено три водоносных горизонта.

Следующим этапом стало сооружение околоствольного двора на глубине 74 м, а затем подходных выработок, предназначенных для дальнейшего строительства станционного комплекса. Здесь все выработки посто-

янные, а не временные. Они будут служить кабельным каналом — по ним проложат коммуникации.

Наклонный ход, в будущем эскалаторный тоннель, имеет сечение 10,5 м, что определяется необходимостью размещения здесь большого количества кабелей, около 10 тыс. единиц. Это один из самых сложных элементов работ при устройстве эскалаторов. Тоннель пересекает разные грунтовые пласты с неоднородными свойствами, он сооружается под защитой ледогрунтового цилиндра. Проходка наклонного хода в основном ручная, погрузка и выдача породы механизированы. Обделка состоит из тубингов, причем используются готовые плиты перекрытия, которые монтируются на монолитные опоры, специально для этого подготовленные. И уже поверх плит будут смонтированы эскалаторы. Монтаж монолитных плит перекрытия занимает намного меньше времени, чем при стандартном использовании железобетона.

Помимо основного эскалаторного тоннеля, для перехода на «Марьину Рощу» появится еще малый наклонный ход. Его проходка также будет осуществляться комплексом VSM-10000. По проекту на «Шереметьевской» будет четыре эскалатора.

Строительство станции ведется круглосуточно в три смены. Процесс организован так, что шумы, неизбежные в ходе горных работ, не выходят на поверхность. Это важно, потому что стройплощадка расположена в центре жилого массива.

Двигаться дальше

С вводом Большой кольцевой линии станции метро придут в четыре района столицы, где его раньше не было.

Сегодня работы по проектированию и строительству развернуты на всех участках Большого кольца. БКЛ строят 12 тоннелепроходческих щитов. По словам директора по проектированию АО «Мосинжпроект» Рустама Черкесова, проектирование всех участков завершится в первом квартале 2019 года. Основным критерием расположения станций была необходимость транспортного обслуживания районов, не охваченных системой метро, с возможностью организации пересадок на другие ветки подземки или виды транспорта. Рустам Черкесов сообщил, что на сегодняшний день из 69 км линий и 31 станции спроектировано 53 км и 24 станции. Продолжается разработка проекта восточного участка, от «Нижегородской» до «Каширской». Кроме того, готовится проект реконструкции действующего участка «Каховская» — «Каширская», он также будет включен в состав БКЛ.

В настоящее время активные работы продолжают на сооружении северо-восточного участка, в частности станции «Стромынка». По плану, он будет сдан в эксплуатацию в 2021 году. Строится также восточный участок БКЛ. Он проходит под улично-дорожной сетью районов Текстильщики и Нижегородский, а также под путями Курского направления МЖД, что осложняет работы. Особенность этого участка протяженностью 11,4 км состоит в комбинированной проходке. Он стро-

ится как при помощи традиционных тоннелепроходческих механизированных комплексов диаметром 6 м, так и с применением 10-метрового ТПМК: двухпутные тоннели будут проложены от станции «Текстильщики» до демонтажной камеры у станции «Каширская». Длина двухпутного тоннеля от «Текстильщиков» до «Нижегородской» составит 6,5 км. Здесь появятся четыре станции: «Текстильщики», «Печатники», «Нагатинский затон» и «Кленовый бульвар». 10-метровые ТПМК будут использованы и на строительстве части западного участка Большой кольцевой, на котором расположатся станции «Давыдково», «Можайская» и «Терехово».

С четырех станций БКЛ, по словам руководителя Департамента строительства города Москвы Андрея Бочкарева, планируется организовать пересадки на Московский центральный диаметр-2 (МЦД-2). Это станции «Шереметьевская» и «Ржевская» северо-восточного участка, а также станции «Текстильщики» и «Печатники» восточного участка. Крупнейшими транспортно-пересадочными узлами Большой кольцевой линии станут «Савеловская», «Нижегородская», «Деловой центр», «Улица Новаторов». ■



Станция «Кленовый бульвар» (визуализация)

СЕРГЕЙ КУЗНЕЦОВ О НОВОЙ АРХИТЕКТУРЕ МОСКОВСКОГО МЕТРО



В XXI веке Москва столкнулась с тяжелой транспортной проблемой. В какой-то момент город «застрял» в огромных пробках. Одним из главных методов спасения ситуации стало развитие метрополитена, оставшегося, несмотря на автомобилизацию, наиболее популярным видом транспорта для москвичей. В частности, сейчас реализуется самый крупный проект за всю историю столичного метростроения — сооружается Большая кольцевая линия (Третий пересадочный контур). При этом для облика новых станций ставится непростая задача: московская подземка при ее сегодняшнем беспрецедентном росте должна сохранить славу самого красивого метрополитена в мире. Но не разучились ли у нас создавать такие архитектурные шедевры, как «Маяковская», «Киевская», «Арбатская», «Площадь Революции»? Как новые станции вписываются в городскую среду и какую нагрузку, помимо транспортной, они призваны нести? Об этом мы побеседовали с главным архитектором Москвы Сергеем Кузнецовым.

Беседовала
Наталья АЛХИМОВА

— Сергей Олегович, архитектура Москвы 1990-х — начала 2000-х годов вызывала много вопросов. Давно надоели серые безликие жилые кварталы и такие же неузнаваемые станции метрополитена. Что с тех пор изменилось в подходах к созданию городской среды?

— Очевидно, что на рубеже XX-XXI веков вопросы, связанные с качеством российской архитектуры, стояли на повестке дня очень остро. Наблюдался большой разрыв между поколениями архитекторов, и профессионалов в городе на тот период работало немного.

Метро невозможно обойти стороной, говоря об архитектуре нашей столицы. Я москвич, вырос в Москве, и без метрополитена город представить себе не могу. Вместе с тем меня не радовало, что некоторое время назад фразой «я давно не ездил в метро» как бы стали заявлять о своей принадлежности к высоким социальным слоям. В качестве главного архитектора Москвы я ставил перед собой задачу изменить имидж подземки, чтобы в глазах всех горожан пользование метрополитеном представлялось не «лузерством», а отличительным признаком жителя столицы, обладающего транспортным сервисом высшего класса.

В Московском метрополитене на сегодняшний день 346 км линий и 206 станций. Через наше метро проходит ежегодно почти два населения Китая, это гигантские цифры — примерно 2,5 млрд пассажиров. Вместе с тем мы знаем, что сегодня архитектура не является выраженным признаком развития метрополитена, а на первый план, как правило, выходят современные технологии.

— Как же так случилось? Ведь первые станции московского метро по оформлению — яркие и самобытные...

— Московский метрополитен очень интересен для изучения с точки зрения эволюции архитектурных стилей. Самые впечатляющие станции находятся в центре. Первые из них строились в 30-х годах прошлого века, когда в архитектуре еще были сильны традиции конструктивизма. В частности, его образчиком является станция «Красные Ворота» Сокольнической линии.

Потом начинается период сталинского ампира. Образцы этого стиля: станции «Парк Культуры», «Кропоткинская» и другие. В течение нескольких лет метро имело яркую, насыщенную деталями архитектуру. Очевидно, что на метростроение в те годы не скупилась. Но подобная тенденция наблюдалась и на поверхности. Можно сказать, что архитектура подземки шла в ногу со временем, сочетаясь с ампиром сталинских высоток.

Период отрицания архитектурной мысли начался у нас в конце 50-х годов, когда Никита Сергеевич Хрущев объявил, что архитекторам не нужно мешать строите-

лям обеспечивать население квадратными метрами. Как следствие, на периферийных станциях, построенных тогда и позднее, архитектура гораздо менее богатая, а на некоторых, таких, как мой родной «Рязанский проспект», ее вообще нет. Кстати, эта тенденция так или иначе коснулась большинства стран, однако нигде не было такого мощного изменения тренда, причем мгновенного. У нас имел место серьезный перелом в подходах с потерей индивидуальности. Как дома перестали отличаться друг от друга, так и станции метро.

— Но ведь то, что архитектурная среда влияет на формирование человека, сегодня признано бесспорным...

— Да, и в этом смысле каждый день видеть красивую «Киевскую» или безликий «Рязанский проспект» — не одно и то же. Долгое время новые станции метрополитена были неотличимы друг от друга. Не прочитав названия, трудно понять, где находишься. И это проблемы не только из области эмоций. Ущерб от убогого окружения выражается в цифрах человеческого капитала, характеризующего уровень образования, здравоохранения, дохода на душу населения, продолжительности жизни, криминальности общества. Это вполне объективные данные, просчитанные по математическим формулам, учитывающим множество различных факторов.

— Но неужели и сегодня, в условиях больших ограничений по бюджету и срокам, возможно создавать шедевры, подобные станциям «Маяковская»?

— К сожалению, это практически нереально. Однако очень надеюсь, что в Москве все же найдутся ресурсы, чтобы одну-две станции в год такого уровня создавать. И, тем не менее, можно констатировать, что от станций типа «Рязанского проспекта» мы уже уверенно ушли. Нормой стали дизайнерские решения более яркие, чем это было еще пять лет назад. Хотя, когда мы начинали реализовывать амбициозную программу строительства московского метро, которая действует сегодня, была опасность скатиться к единообразию оформления станций, которые с технологической точки зрения похожи друг на друга. Очень рад, что этого нам удалось избежать.

Мы с командой пришли к тому, что следующим шагом в развитии метро должны стать архитектурные конкурсы с публичным обсуждением результатов, с выходом на референдум «Активный гражданин», в котором сами жители города участвуют в принятии решений.

Такие мероприятия очень важны и для развития архитектуры в целом, и с точки зрения создания конкуренции. На конкурсах по метро мы уже получили около 20 новых имен.

— Существуют ли единые принципы проектирования метро?

— Есть несколько технологических схем, они довольно сильно отличаются. Есть примеры уникальных инженерных решений, но в основном применяются накатанные, зарекомендовавшие себя технологии, в том числе, позволяющие экономить средства и обеспечивать сжа-



тые сроки при создании объектов. Вместе с тем в части дизайна мы относительно свободны и исходим обычно из того, что станция должна являться как бы продолжением городского ансамбля, определяемого историей и расположением района, где она находится. Причем стараемся сделать ее узнаваемой. Это особенно важно в так называемых спальных районах, где часто своего «лица» нет вообще. В таких случаях стараемся придумать для них «легенду», в ее духе оформить станцию и потом объяснить людям, почему мы так сделали. В наши ТЗ обязательно включаем наличие в проекте идентичности.

— Расскажите о результатах самых интересных конкурсов.

— Например, техническое задание на проектирование станций «Солнцево» и «Новопеределкино» устанавливало, что они должны быть современными и минималистичными, но при этом яркими и запоминающимися, с акцентом на световом и цветовом решениях, сочетании материалов. Лучшим проектом оформления «Солнцево» признана работа московского бюро Nefa Architects, за которую проголосовало большинство членов жюри. Она же стала фаворитом народного голосования на платформе «Активный гражданин». Архитекторы обыграли название станции, объединив перфорированные наземные павильоны с повторением круглых светящихся отверстий в пространстве подземных переходов и вестибюля, — все вместе это напоминает солнечные блики или лучи, проникшие под землю. Идея была признана оригинальной, зрелищной и реализуемой.

А на «Новопеределкино» авторы одного из проектов задумали сделать вдоль станции натуральный ландшафт, посреди довольно плотно застроенного района. Концепция бюро FAS(t) предлагала включить в бетонное пространство станционного комплекса настоящие деревья, участки парка, опустив их на уровень вестибюля на специальных пандусах. Это решение, надо сказать, очень поддерживало жюри конкурса, но мы от него отказались в силу сложности технической реализации. В результате заместитель мэра Москвы Марат Хуснуллин назначил победителем фаворита народного



интернет-голосования, прошедшего параллельно. В проекте латвийского архитектурного бюро United Riga Architects подземное пространство трактовано как вереница перетекающих в своды столбов, покрытых стилизованно русским орнаментом. Это решение сейчас реализуется. Оно тоже, на мой взгляд, весьма интересно.

На этот конкурс заявки подали около 600 российских и зарубежных архитектурных бюро. В процессе были выбраны десять финалистов, по пять на каждую из двух станций. Когда на наших конкурсах появляются команды из других городов России или даже других стран, это очень хорошо.

Кроме того, прошел также международный конкурс на станции «Нижние Мневники» и «Терехово», которые входят в западный участок Третьего пересадочного контура — самого масштабного проекта строительства метро, когда-либо реализовывавшегося в нашей стране. Был представлен целый ряд интересных проектов.

Лучшей художественной концепцией «Нижних Мневников» признана разработка архитектурной мастерской «АБТБ» Тимура Башкаева. Ведущая роль в проекте отведена комбинации материалов и освещению. В качестве основного материала применяется бетон — окрашенный и фактурный в виде лицевого монолита и панелей, а также конструктивный черновой с дополнительной обработкой. Общность материала в разных фактурах вместе с продуманным использованием света создает широкие возможности для локального зонирования и расстановки смысловых акцентов.

По станции «Терехово» выиграл проект BuroMoscov. Отличительной чертой здесь будет большой, но легкий по своей архитектуре наземный павильон, который украсит парящая в воздухе красная буква «М». Внутри все наполнено ярким, равномерным белым цветом, на столбы при помощи светоотражающих технологий нанесены крупные контуры человеческих фигур — образ

множества людей, которым предстоит ежедневно проходить через это пространство. Этот проект также находится в стадии реализации.

Недавно состоялся конкурс на архитектурный облик станций «Шереметьевская», «Ржевская» и «Стромынка». В нем участвовали даже коллеги из далекой Аргентины.

По «Шереметьевской» в основу дизайн-проекта легла эстетика фарфора. Ведь им славится дворянская усадьба графа Шереметева, находящаяся недалеко от будущей станции. Особенностью наземного вестибюля станут глянцевые шары белого цвета высотой 2,5 м, которые заменят классические колонны и будут напоминать натертые до блеска фарфоровые чайники на графском обеденном столе. Вечером на здании с панорамным остеклением должна загораться архитектурная подсветка. За счет трехметровых окон днем помещения вестибюля будут наполняться естественным светом. Тема фарфора присутствует и в дизайне платформы станции. Колонны, стены и пол здесь сделают из светлого гранита.

«Ржевская» — довольно сложная станция с точки зрения поиска идентичности, потому что она находится рядом с Рижским вокзалом, который сам по себе является памятником архитектуры. Поэтому некая сдержанность и скромность в оформлении была у жюри в почете. Анализ истории этого района также выявил его значимость именно как въезда в город на протяжении нескольких исторических периодов, что и повлияло на выбор москвичей. Проголосовавшие на портале «Активный гражданин» отдали предпочтение проекту российского бюро Blank Architects, в основе которого лежит идея «портала в город». Главным элементом, выражающим идею ворот, стала арка на входе в наземный павильон. Арки также построят на платформенной части станции.

Что касается «Стромынки», то наибольшее число участников обсуждения отдало предпочтение проекту

бюро MAParchitects. Это тоже станция «повышенной ответственности», в силу того, что она соприкасается с самой первой линией Московского метрополитена, отличающейся очень интересной архитектурой. В основе дизайна станции лежит концепция леса, что подчеркивает ее связь с парком «Сокольники». Платформенный зал выглядит объемно за счет контраста светлых и темных материалов. Павильон имеет прямоугольную форму, гармонично вписанную в окружающий ландшафт. Думаю, что на стадии исполнения будет много вопросов, которые придется решать. Но, я считаю, такая архитектура в удаленных от центра районах способна сделать станции подземки объектами притяжения не только потому, что метро как вид транспорта пользуется у москвичей высоким спросом, но и как самостоятельные арт-объекты. Жюри этого конкурса рассмотрело в общей сложности 56 заявок из России, Великобритании, Латвии, Италии, Армении, Аргентины, Португалии, Венгрии и Германии.

— Смогут ли подобные проекты в чем-либо соперничать со старыми станциями, признанными памятниками архитектуры?

— То, что мы выбираем, находится в тренде современной архитектуры. Тут вы не увидите дорогостоящих решений дворцового плана, как в центре Москвы. Это все гораздо скромнее также с точки зрения выбора материалов. Однако работа в ограниченных по многим параметрам условиях побуждает искать более выразительные цветовые решения, что и делают наши архитекторы. Это добавляет разнообразия новым объектам метрополитена. Конечно, сравнивать строящиеся сегодня станции с «топовыми» памятниками архитектуры рановато, но, тем не менее, мы надеемся по производимому впечатлению приблизиться к лучшим известным образцам.

Прилив положительных эмоций у меня вызывает то, что в условиях ограниченных средств нашим архитекторам удается создавать большое разнообразие форм и решений. Сегодня тенденция все делать быстрее и дешевле, с понятным набором элементов и инструментария является общемировой и вообще довлеет в архитектуре. Поэтому постоянный поиск идет вокруг возможности создания интересных решений путем того ограниченного набора средств, которые есть в нашем распоряжении.

Конечно, не все объекты у нас получаются одинаково яркими и выразительными с точки зрения оформления, но узнаваемость, безусловно, теперь присутствует везде. Например, освещение всегда является частью раздела проектирования, и бывает, что свет — это единственный инструмент, которым решается дизайн станции. Так, на «Тропарево» реализован проект отделки, в рамках которого потолочные конструкции представляют собой круглые люстры-светильники, окружающие кроны деревьев, поскольку один из выходов станции выводит прямо в Тропаревский парк. Кстати, после отказа от архитектурных «излишеств» — мозаичных панно, барельефов и прочего, световые решения для оформления станций метро стали использовать активнее.

— И все же, будут ли в ближайшие годы реализовываться принципы монументального искусства при строительстве новых станций?

— Все эти приемы используются в современной архитектуре, пусть и не так фронтально, как раньше. Так, барельефы есть на станции «Парк Победы», мозаика — на станции «Марьина Роща», скульптуры — на станции «Крылатское». Используются и иные элементы художественного оформления. Как идею для будущих конкурсантов могу предложить создать консорциум со скульптором для оформления очередной станции — это будет очень интересно.

Сегодня можно констатировать, что даже те метрополитены, которые изначально выглядели как утилитарные сооружения, стали очень серьезно обращаться к архитектуре. Из «свежих» объектов — станция «Окулус» в Нью-Йорке испанского архитектора Сантьяго Калатравы. Хотя назвать ее просто станцией метро — это все равно, что сказать про собор Святого Петра в Ватикане «церковь»: слова никак не передают масштаб и значения того и другого.

— В советское время метро, помимо своего транспортного назначения, дополнительно выполняло и ряд идеологических, образовательных и воспитательных функций. Вкладывается ли подобный смысл в оформление современных станций?

— Одна из задач наших конкурсов — поиск идеи для той или иной станции. Это очень сложно и крайне важно. Одна из наших амбициозных задач — создать станцию, которая прославится во всем мире и станет национальной гордостью россиян.

Что же касается идеологии, то для формирования патриотизма крайне важна любовь к месту, где мы живем. Осознание малой родины принципиально для каждого человека. У этого места должна быть адресность и узнаваемость. Собственно, патриотизм с того и начинается, и воспитывается он, в том числе, через архитектуру. И с этим опосредованно связана смысловая нагрузка современных станций, которые мы стараемся, при всем ограниченном наборе возможностей, сделать красивыми и узнаваемыми.

— Есть ли станция, появившаяся в последние годы, которой вы гордитесь?

— Я очень критически отношусь к тому, что мы делаем. И не могу не признать, что станции, которые действительно вызывают трепет — это все еще старые, и любимая из них у меня — «Маяковская». Так, как она, сегодняшние не потрясут. Хотя мне действительно нравится, например, проект «Шереметьевской».

Я очень верю в то, что уникальные станции появятся и в наше время, просто сейчас мы еще в начале пути. Ведь нельзя из неолита прыгнуть сразу в эпоху освоения космоса. Советская и российская архитектура очень сильно откатилась назад под действием мер по чудовищному упрощению всего и вся, и для того чтобы вернуться на «топовые» позиции в этом вопросе, необходимо время и кропотливый труд. Чудес не бывает. Дать поручение делать шедевры нельзя. ■



МОДЕЛИРОВАТЬ ПОД ЗЕМЛЕЙ

VIM-технологии получают все более широкое распространение и в подземном строительстве, их развитие и совершенствование стало мировым трендом. В частности, инновационные возможности информационного моделирования недавно были эффективно использованы на двух масштабных азиатских проектах. В Дели программное обеспечение OpenRail Designer помогло в строительстве самой протяженной линии метрополитена, а в Сингапуре при помощи и AECOsim Building Designer нашли оптимальное решение для расширения подземного депо опять же в увязке с метростроением.

Новая ветка метро в Дели

Для улучшения транспортного сообщения между столицей Индии Дели и другими районами Национального столичного региона компания Delhi Metro Rail Corporation работает над IV этапом проекта по расширению метрополитена. К концу 2022 года планируется построить новую наземно-подземную линию протяженностью 104 км, которая соединит станции Majlis Park и RK Ashram Marg. В настоящий момент проект находится в стадии разработки. Новый железнодорожный коридор, в частности, включает в себя девять пересадочных станций, шесть из которых расположены под землей, а три — на поверхности.

В процессе реализации проекта возникло множество трудностей, связанных с высокой плотностью населения в агломерации Дели и смешанным транспортным сообщением на территориях, где должна пройти новая линия. По данным на 2016 год, в этой зоне тяготения метрополитена проживает около 28 млн человек. Чрезмерная загруженность дорог приводит к тому, что доступной земли для строительства крайне мало, поэтому Delhi Metro Rail Corporation необходимо было разработать альтернативные варианты конструкции железной дороги, чтобы избежать самых проблемных участков. Кроме этого, следовало обеспечить безопасное расстояние от исторических памятников, чтобы не допустить их разрушения.

Проектная группа Delhi Metro Rail Corporation для решения стоящих задач интегрировала сервис Google Maps с программным обеспечением OpenRail Designer (ранее известное как Power Rail Track от компании Bentley). Комплексная и понятная визуализация при этом обеспечила точность проектирования, что помогло повысить эффективность и сэкономить время при утверждении предложенной схемы.

По материалам
компании Bentley



Изменения, внесенные в схему, касались местоположения и габаритов станций и тоннелей, прокладки линии в обход густонаселенных жилых районов и т. п. В частности, было просчитано безопасное расстояние от охраняемых памятников и одновременно сведена к минимуму необходимость приобретения имущества в месте расположения станционных комплексов. В результате железная дорога будет интегрирована в районы с высокой плотностью населения без ущерба культурному наследию города.

Использование географического функционала ПО OpenRail Designer помогло сократить временные и финансовые затраты по проекту и реализовать его в установленные сроки. На 3D-выравнивание схемы проектной группе понадобилось менее трех месяцев. Возможности приложения упростили и ускорили процесс внесения необходимых изменений. Визуализация конечного продукта и взаимодействие со всеми участниками проекта не вызвали никаких затруднений благодаря 3D-возможностям программного обеспечения, ориентированного как на метростроение, так и на все железнодорожное строительство.

Этот проект также стал частью долгосрочных мероприятий Delhi Metro Rail Corporation, направленных на снижение негативного воздействия на окружающую среду. Благодаря системе Делийского метрополитена загрязняющие выбросы удалось сократить на 630 тыс. т в год.

Реализация IV этапа расширения метро позволит повысить уровень транспортной доступности и качество жизни населения агломерации индийской столицы.

Подземное депо в Сингапуре

Сингапурское подземное депо Kim Chuan, официально открытое в 2009 году, в своем классе является крупнейшим в мире. Общая площадь — 11 га, длина — 800 м, глубина — 23 м. Кроме того, над ним в комплексе расположен многоэтажный автобусный парк.

Государственное Управление наземного транспорта (Land Transport Authority, LTA), чтобы обеспечить дополнительное пространство, приняло решение расширить депо Kim Chuan в рамках масштабного проекта создания более экологичной и разветвленной транспортной системы. Для оптимизации процесса и завершения его в сжатые сроки было использовано программное обеспечение AECOSim Building Designer.

Расширение депо LTA анонсировало совместно с проектом завершения кольцевой линии (CCL6). Участок протяженностью 4 км замкнет транспортное кольцо, соединив станции Harbour Front и Marina Bay. В настоящий момент идет строительство, а его завершение ожидается в 2026 году. В итоге кольцевая будет состоять из 33 станций, включая 12 пересадочных на другие линии MRT и расширенную железнодорожную сеть.

Для реализации проекта CCL6, однако, было необходимо расширить депо Kim Chuan, чтобы практически удвоить его вместимость — от 70 до 133 поездов, увеличив его габариты на 1 км в длину и 160 м в ширину.

Двумя основными проблемами, с которыми столкнулась проектировщица, были ограниченные сроки реализации проекта и необходимость объединения при этом нескольких технических сфер и локаций. Членам команды требовалась гарантия того, что у них будет достаточно времени на обучение исполнителей особенностям моделирования сложных структур.

На помощь пришло программное обеспечение AECOSim Building Designer от компании Bentley. Команде удалось сэкономить время, повысить эффективность работы и уложиться в сроки, объединив всех участников процесса в понятной и единой цифровой среде. Многие из разработчиков уже имели опыт работы с MicroStation. В основе этого более раннего ПО лежит та же комплексная среда моделирования, что и в AECOSim Building Designer. В результате удалось обеспечить плавный переход к новой технологии и использовать ее преимущества как единого интегрированного приложения для проектировщиков. Сэкономленное время, в свою очередь, помогло и Управлению наземного транспорта начать строительство в намеченные сроки.

Для улучшения взаимодействия между всеми участниками проекта команда создала информационные модели iModel с помощью AECOSim Building Designer. Благодаря этому появилась возможность работать в смешанной среде, используя приложения Bentley и стороннее ПО. Эта функциональная совместимость позволила улучшить координацию действий, выявить проблемы, предотвратить возникновение ошибок проектирования и излишних дорогостоящих затрат. При этом также удалось сократить негативное влияние на окружающую среду, в частности, снизить показатели по энергопотреблению.

В ПО AECOSim Building Designer встроены процессы BIM, позволяющие в режиме реального времени полностью интегрировать все технологические дисциплины, задействованные при проектировании. Приложение разработано таким образом, что в нем можно прослеживать все этапы жизненного цикла проекта. Это помогает повысить эффективность как работы проектной команды, так и инвестиций заказчика. ■



Г.В. БООС,
Президент Международной светотехнической корпорации «БООС ЛАЙТИНГ ГРУПП» (МСК «БЛ ГРУПП»),
действительный член Российской Академии естественных наук

ОСВЕЩЕНИЕ — ЗАЛОГ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ДВИЖЕНИИ В ТОННЕЛЕ

Мировая практика показывает, что одним из эффективных путей решения территориальных и транспортных проблем мегаполисов является комплексное освоение подземного пространства. Поэтому при проектировании транспортных развязок в разных уровнях большое внимание уделяется тоннельному варианту, что связано с его градостроительными, архитектурными и техническими преимуществами. Вместе с тем, автотранспортные тоннели являются сложными и опасными участками с точки зрения видимости дорожного полотна, обстановки на полосах движения и препятствий на пути следования.

Безопасность движения автотранспорта в тоннеле, определяемая условиями видимости, обеспечивается искусственным освещением. В настоящее время тема освещения, в том числе, и в тоннелях в части методов проектирования, применения нормативной документации, использования современного светотехнического и электротехнического оборудования получила в нашей стране свое новое развитие.

Появление современных технологий в строительстве сделало возможным сооружение протяженных тоннелей с повышенной интенсивностью движения транспорта, что, в свою очередь, приводит к повышенным требованиям к качеству и надежности всех осветительных установок в тоннеле. В последние годы разработана и введена в действие серия национальных стандартов, в которых изложены требования к нормам освещения автодорожных тоннелей и методам его измерения, соответствующие европейским стандартам (рис.1).

Количество визуальной информации, которая воспринимается водителем при управлении транспортным средством, напрямую влияет на принятие адекватных действий при изменении дорожно-транспортной ситуации. Такой фактор, как наличие освещения в неосвещенных местах, входит в первую группу факторов, влияющих на риск ДТП. Анализ влияния мер повышения транспортно-эксплуатационного состояния дорожной сети показывает, что среднее снижение числа ДТП с пострадавшими в процентном соотношении к исходно-

му уровню — до устройства искусственного освещения — составляет не менее 25%.

В светлое время суток очень высока вероятность ДТП из-за разницы в уровнях яркости дневного света и сравнительно темного пространства тоннеля. При въезде в тоннель днем у водителя происходит адаптация зрения к другому уровню освещенности, что требует большого зрительного напряжения. При выезде имеет место обратный процесс, который также требует зрительной работы. Глаза могут быть на короткий промежуток времени ослеплены ярким светом, что также резко повышает риск ДТП. Таким образом, освещение этих объектов должно учитывать адаптивные способности человеческого глаза. Единственное разумное техническое решение в этой ситуации заключается в интенсивном наружном освещении, которое плавно уменьшается в переходной зоне въезда. Для внутреннего участка тоннеля достаточно относительно низкой освещенности, которая, тем не менее, должна быть несколько выше, чем обычное уличное освещение для снижения давящего действия подземного пространства. Перед выездом из тоннеля рекомендуется повышать освещенность для более безопасного перехода к дневному свету.

Постепенное повышение или снижение уровня освещенности в пределах переходной и выездной зон тоннеля достигается за счет изменения шага светильников или установки светильников разной мощности.

Основная задача рабочего освещения состоит в создании условий, при которых транспорт в дневное и ночное время мог бы въезжать в тоннель, проходить его и выезжать на установленной скорости с комфортом и безопасно. Системы освещения тоннелей имеют два основных режима работы — дневной и ночной. Для освещения в дневном режиме въездных зон протяженных туннелей преимущество имеет система «встречного» освещения, как наиболее экономичная. Встречное освещение выполняется светильниками, имеющими асимметричное светораспределение в поперечной плоскости, то есть вдоль проезжей части, при этом максимальная сила света ориентирована в направлении водителя. Это позволяет заметно поднять яркость дорожного полотна и обеспечить высокий отрицательный контраст объекта с фоном. В итоге для обеспечения одинаковой средней яркости количество светильников в этом варианте снижается на 25–30% по сравнению с альтернативной схемой симметричного освещения.

Зрительные задачи водителя во въездной и внутренней зоне несколько отличаются. Во въездной зоне важнее видеть препятствия впереди. Во внутренней зоне, когда уже не видны порталы тоннеля, важнее общий обзор пространства. В связи с этим для внутренней и выездной зон используют систему так называемого симметричного или «равномерно-продольного» освещения, которое реализуется светильниками с кривой силы света в поперечной плоскости типа «batwing», при этом плоскость максимума силы света направлена вдоль тоннеля.

Для освещения транспортной зоны применяются, как правило, специальные тоннельные светильники со

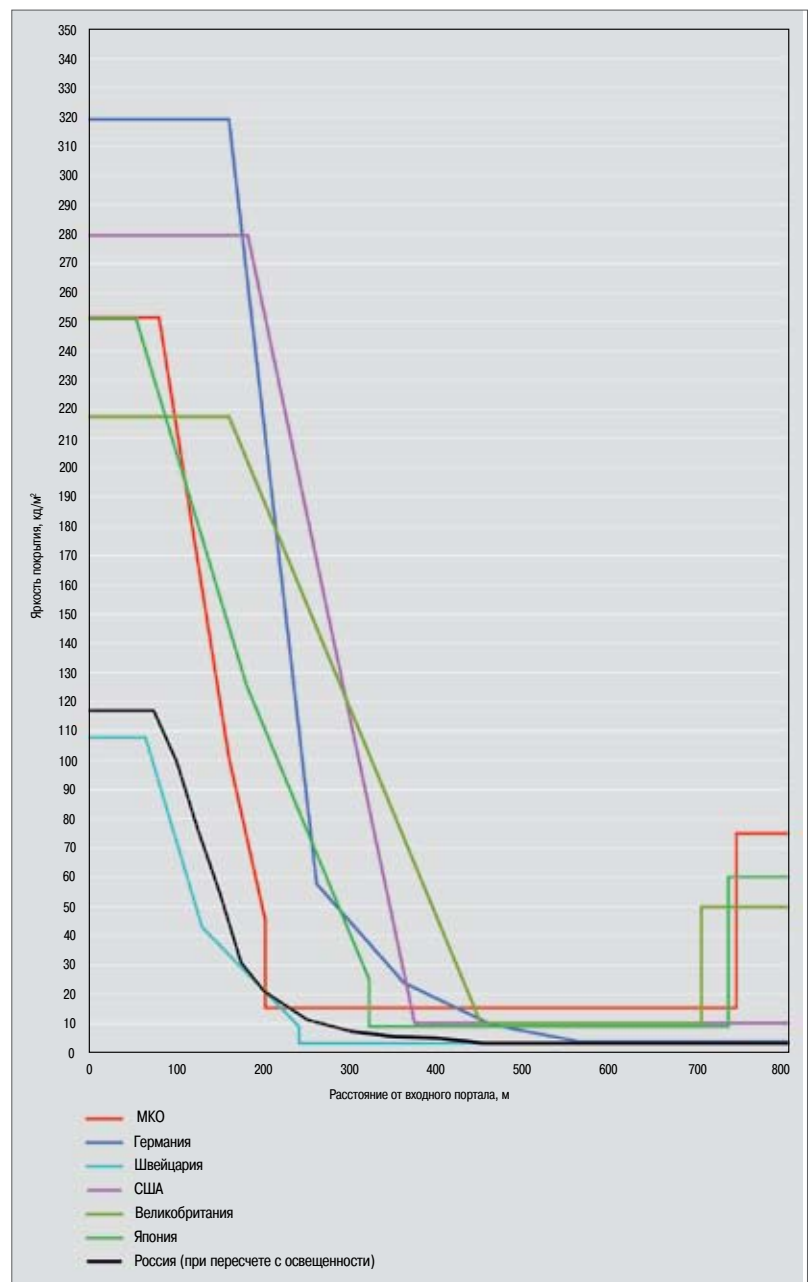


Рис. 1. Сравнительные графики распределения яркости по тоннелю по нормам разных стран

светораспределением, соответствующим выбранной системе освещения.

Для пороговой и переходной зон рекомендуется использовать систему встречного освещения, для внутренней и выездной зон, а также во всем тоннеле в ночном режиме — систему симметричного освещения (рис. 2).

Ночной режим освещения следует предусматривать независимо от длины тоннеля. При этом средняя яркость дорожного покрытия по всей длине тоннеля должна быть постоянна и не может быть менее средней яркости участков улицы или дороги, примыкающих к въездному и выездному порталам.

В дневном режиме для облегчения зрительной адаптации водителей должен быть обеспечен плавный пере-

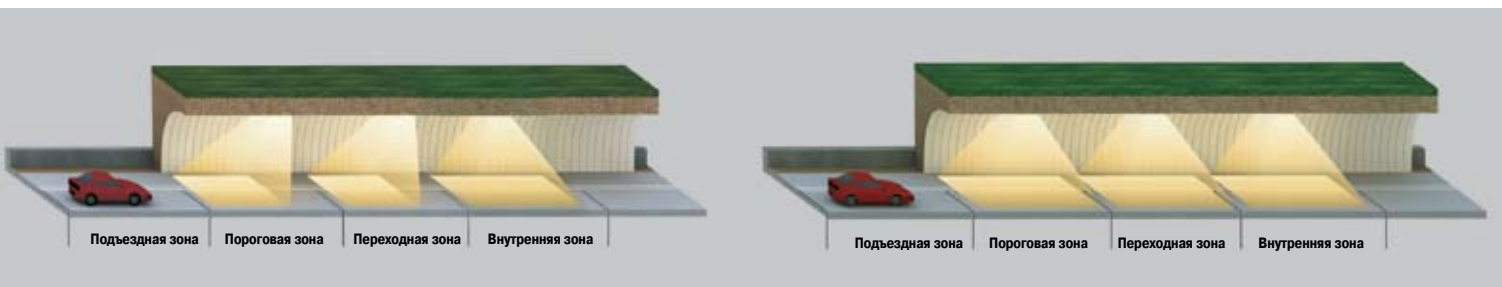


Рис. 2. Системы встречного и симметричного освещения

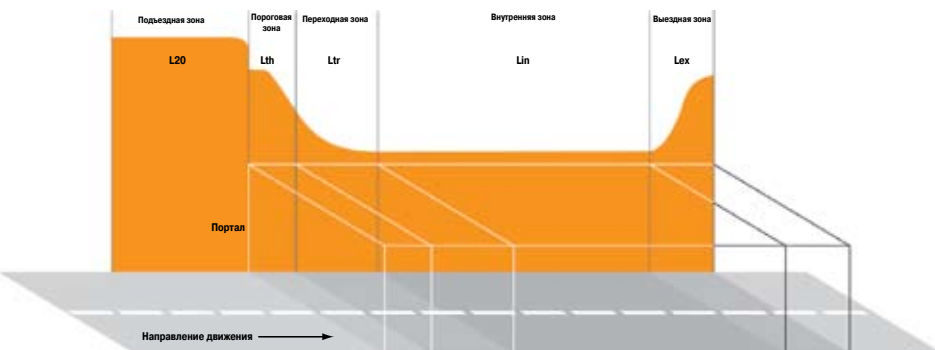


Рис. 3. Схема распределения яркости по зонам тоннеля



Рис. 4. Варианты освещения тоннелей с использованием светильников с натриевыми лампами (а) и светодиодных светильников (б)

ход от высокого уровня естественного освещения при въезде в тоннель к более низкому уровню искусственного освещения основной части тоннеля и увеличению на выезде (рис. 3). С этой целью в тоннеле выделяют четыре яркостные зоны: пороговую, переходную, внутреннюю и выездную. Перед въездным порталом выделяют подъездную зону, которая характеризуется яркостью адаптации. Яркостной режим и длина каждой зоны определяется с учетом расстояния безопасного торможения, интенсивности движения, длины тоннеля, его кривизны в плане и яркости адаптации.

Не менее важной задачей является обеспечение освещения при авариях и чрезвычайных ситуациях для эвакуации людей в безопасные места и сохранения их жизни и здоровья. За это отвечает система аварийного освещения (освещение зон повышенной опасности и эвакуационное). Аварийное освещение транспортной зоны тоннелей проектируют в соответствии с ГОСТ Р 55843.

Освещение зон повышенной опасности обеспечивается частью светильников рабочего освещения, в которых все или часть ламп подключают к источнику, независимому от источника питания основного рабочего освещения.

Для обеспечения безопасной эвакуации людей из тоннеля необходимо создать достаточные условия видения путей эвакуации, направления эвакуации, а также эвакуационных выходов. С этой целью в тоннелях должна разрабатываться система оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ), в состав которой могут входить динамические световые указатели направления движения, световые указатели «ВЫХОД», светильники для освещения путей эвакуации.

Объем выполнения эвакуационного освещения решается в каждом конкретном случае и зависит от протяженности тоннеля, его конструктивных особенностей, конфигурации, наличия централизованных систем управления при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Питание эвакуационных светильников и указателей в нормальном режиме осуществляют от источника, не зависящего от сети рабочего освещения, а в аварийном режиме — от третьего независимого источника. Для этого должно быть предусмотрено автоматическое переключение на питание от аккумуляторных батарей или другого, предназначенного для этой цели, источника. Продолжительность работы освещения путей эвакуации в аварийном режиме должна быть достаточной для эвакуации людей из зоны аварии тоннеля, но не менее одного часа.

При проектировании освещения тоннелей важен правильный выбор осветительного оборудования. Поскольку проведение работ по его обслуживанию нарушает обычный режим работы и ведет к большим затратам, система освещения должна была отличаться длительным сроком службы. Наконец, система должна отвечать стандартам яркости и равномерности и позволять избежать стробоскопического эффекта. Для решения этих задач используют светильники с натриевыми лампами низкого давления, а в последнее время в проектах все чаще применяют светодиодные осветительные приборы (рис. 4). ■



Messe München

Connecting Global Competence

В СЕРДЦЕ ИНДУСТРИИ

bauma, Мюнхен, 8-14 апреля, 2019



ВАШ ВИЗИТ.
ВАШ БИЛЕТ НА
ВЫСТАВКУ.
www.bauma.de



Фокус нашей деятельности – бизнес.

bauma – ведущее отраслевое событие в мире и идеальная обстановка для успешного бизнеса в горнодобывающем секторе. Выставка привлекает около 600,000 экспертов, объединяет международных ключевых игроков в горнодобывающей промышленности, строительной промышленности и представляет инновационные технологии. Исследуйте новые бизнес возможности над и под землей.



Контакт: ООО «Мессе Мюнхен Консалтинг», info@messe-muenchen.ru, Тел.: +7 495 697 16 70

bauma



М.Л. ГАЛКИН,
 профессор кафедры «Холодильная и криогенная техника, системы кондиционирования и жизнеобеспечения» МГТУ
 им. Н. Э. Баумана, д.т.н., Заслуженный изобретатель РФ, Почетный химик РФ

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

В зарубежной и отечественной практике освоения зоны вечной мерзлоты при сооружении нефте- и газопроводов, объектов инфраструктуры и др. широко используется метод свайного строительства с термостабилизацией грунта вокруг каждой опорной сваи с целью сохранения природного мерзлого состояния грунта. Для этих целей применяют капсулированные погружные устройства — термостабилизаторы с хладагентом.

Термостабилизаторы грунта помещают в специальные скважины, пробуренные рядом с опорными сваями для создания мерзлотного массива. По сведениям производителей, радиус зоны замерзания грунта вокруг такого термостабилизатора при среднезимней температуре $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ составляет 1,5 м и имеет вид усеченного конуса на глубину промерзания с диаметром в основании около 0,5 м.

Даже при наличии хороших по термодинамическим свойствам хладагентов (сжиженный аммиак, диоксид углерода) эти термостабилизаторы недостаточно эффективны. Неравномерность плотности и теплопроводности в точке прилегания грунта к корпусу термостабилизатора, а также структуры грунта по высоте скважины, нестабильный, турбулентный и хаотичный режим кипения/конденсации хладагента в системе грунт — корпус термостабилизатора — хладагент — конденсатор искажают и снижают интегральное значение теплового потока и коэффициента теплопередачи. Важно отметить, что в настоящее время разработан и

успешно применяется на практике инновационный и высокоэффективный метод термостабилизации вечномерзлых грунтов, лишенный указанных недостатков. Он позволяет существенно расширить зону промораживания на единицу осваиваемой площади при значительной экономии материально-технических средств, трудозатрат и времени строительства, а, следовательно, понизить вероятность растепления грунта в летнее время.

Его «секрет» заключается в том, что обычный термостабилизатор помещают в полугерметичную гильзу, в которую заливают определенное количество специального низковязкого теплоносителя на основе пропиленгликоля в качестве буферного теплообменного агента. Это позволяет повысить интегральное значение теплоотдачи от грунта и коэффициент теплопередачи термостабилизатора. Такого рода комбинированные устройства далее используют по традиционной схеме.

Наиболее подходят для этих целей экологически безопасные и энергоэффективные теплоносители на основе пропиленгликоля с ПАВами, снижающими вязкость, и гибридными комплексами ингибиторов коррозии, обеспечивающими стабильную, эффективную и длительную (более 15 лет) работу термостабилизаторов. (ТУ 2422-011-11490846-07 с изм. №1 «Хладагенты на основе пропиленгликоля с низкой вязкостью (антифризы) ХНТ-НВ»).

Недостатками других известных теплоносителей являются их агрессивная коррозионность по отношению к конструкционным материалам и необходимость искусственного охлаждения в теплообменниках холодильных машин, что удорожает процесс заморозки. Кроме того, при протечке подобного теплоносителя в грунт заморозка последнего становится невозможной из-за резкого изменения его теплофизических свойств.

Известен также теплоноситель — трихлорэтилен (C_2HCl_3), который используется в колонках для замораживания грунта. Этот термостабилизатор предварительно охлаждается в контакте с криоагентом (твердой углекислотой). Его использование улучшает условия заморозки и термостабилизации грунта, однако эффективность этого теплоносителя невысока из-за сложностей заготовки и поставки в зону работ промышленных партий криоагента и обслуживания систем заморозки в отдаленных нежилых зонах вечной мерзлоты. Кроме того, необходимость электроснабжения насосов для перекачки теплоносителя удорожает техническое решение и не позволяет использовать его автономно, что исключительно важно на магистральных трубопроводах Заполярья и Крайнего Севера.

Теплоноситель на основе пропиленгликоля заливают в промежуток между испарителем с хладагентом и внешней трубой (гильзой) комбинированного, автономного от источников энергоснабжения, термостабилизатора, и используют для замораживания и термостабилизации грунта в зоне вечной мерзлоты. Такое техническое решение позволяет улучшить рабочие и эксплуатационные характеристики процесса замораживания и термостабилизации грунта.

Предлагаемое устройство позволяет получить новый технический результат, заключающийся в увеличении эффективности работы теплоносителя с термостабилизатором по объему замораживания массива грунта,

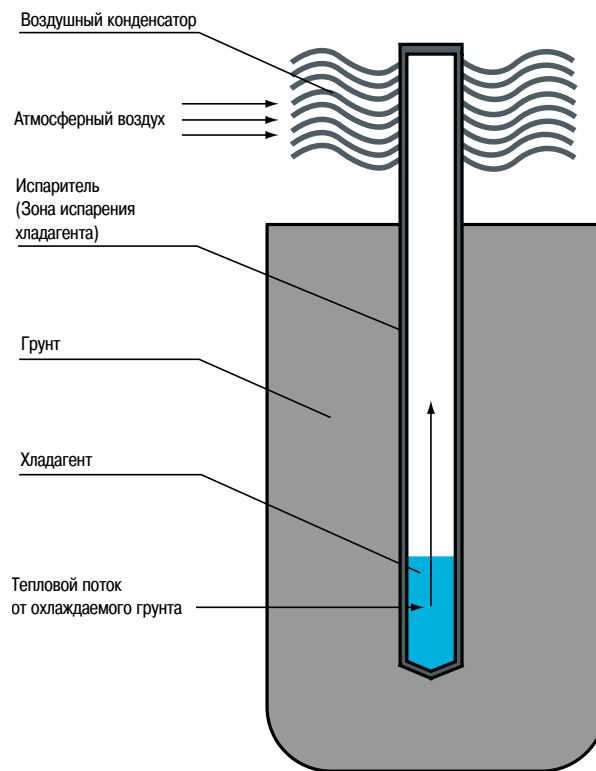


Рис. 1. Схема работы стандартного термостабилизатора грунта

а также по времени его отепления. В целом это приводит к сокращению количества опор на единицу площади замораживаемого грунта, трудозатрат и материалов при строительстве сооружений, объектов и систем трубопроводного транспорта в зоне вечной мерзлоты, а также позволяет устранить аварийные ситуации из-за сезонных колебаний температуры.

Инновационное сочетание предлагаемого теплоносителя, обладающего высокими теплофизическими свойствами и стабильными техническими характеристиками в широком временном и температурном диапазонах, с конструктивом комбинированного термостабилизатора позволяет получать результат, лучший, чем у известных аналогов.

Высокая эффективность работы нового теплоносителя заключается в следующем. Эмпирически установлены и теоретически обоснованы особенности недостаточно высокой эффективности работы известных автономных термостабилизаторов или сезонно-охлаждающих устройств (СОУ) с хладагентом без внешнего теплоносителя, размещаемого между испарителем и гильзой. Такого рода устройства массово используются при строительстве объектов в Заполярье, на Крайнем Севере и в Сибири. Вот почему важно разрабатывать и применять новые высокоэффективные теплоносители, которые, в сочетании с хладагентами, в термостабилизаторах комбинированного типа дают лучшие результаты по заморозке и термостабилизации грунтов в криолитозоне.

Известные устройства такого назначения из-за сложного, часто непредсказуемого механизма испарения и

конденсации хладагента, соответственно, в испарителе и конденсаторе недостаточно эффективны по отбору тепла от грунта как по вертикали, так и по поперечному сечению испарителя вследствие неравномерности потока конденсата внутри испарителя и структуры грунта, а значит, и теплового потока от него.

В процессе эксплуатации термостабилизатора в потоке конденсата хладагента могут появляться газовые разрывы и сухие участки внутренней поверхности испарителя, что резко изменяет термосопротивление такого участка, снижая теплоприток от грунта и нарушая его равномерность. Это обстоятельство связано с вариациями режима кипения хладагента, которое может быть пузырьковым, снарядным и кольцевым, что, в свою очередь, приводит к разбалансировке работы всей системы охлаждения.

Следует отметить также, что все расчеты механизма и ожидаемого результата заморозки грунта базируются на среднезимней температуре $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Однако реально бывают повышения температуры до $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и резкие ее колебания, вызванные естественным изменением метеоусловий. В результате также происходит разбалансировка работы термостабилизатора, в том числе, и за счет нарушения баланса между теплопритоком от грунта и выносом тепла на поверхность через конденсатор.

Стекающая пленка жидкого хладагента внизу испарителя (в зоне испарения) под давлением паровой фазы хладагента может прерываться, не доходя до поверхности жидкого хладагента, в особенности в снарядном режиме кипения. В этой зоне превалирования паровой фазы резко возрастает разница теплопередачи между верхней частью испарителя с пленкой в жидкой фазе, и нижней, с преобладанием паровой фазы испаряющегося хладагента. Это также причина разбалансировки работы термостабилизатора.

Механизм работы подобной конструкции с теплоносителем на основе пропиленгликоля согласуется с теоретическим обоснованием теплообмена комбинированной системы «труба в трубе», схематично показанной на рис. 2. В нашем случае, донная часть внутренней трубы (стандартный термостабилизатор грунта) заполняется требуемым количеством хладагента, а кольцевой про-

межутком между его корпусом и полугерметичной гильзой заливается до определенного уровня специальным теплоносителем. Далее отбор тепла при помощи нового, комбинированного термостабилизатора от замораживаемого грунта происходит через стенку гильзы.

В общем случае для расчета количества теплоты Q , передаваемого через теплообменную поверхность S , справедлива формула:

$$Q = \int_B k \Delta T dS \quad (1)$$

где k — коэффициент теплопередачи, $\text{Вт}/\text{м}^2\cdot\text{К}$, характеризующий процесс передачи тепла между его начальным источником и конечным поглотителем тепла (в нашем случае — грунт и хладагент с последующим выносом в атмосферу) через разделяющую их преграду (в нашем случае — стенка гильзы–промежуточный теплоноситель либо стенка испарителя — хладагент с выводом тепла в атмосферу), ΔT — разность температур грунта и хладагента.

Коэффициент теплопередачи k для цилиндрических стенок рассчитывается по формуле:

$$k = 1 \left(\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{1}{2\lambda_{cm}} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_2} \right)^{-1} \quad (2)$$

где λ_{ct} — теплопроводность стенки, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; d_1, d_2 — внутренний и наружный диаметры трубы, м; $\alpha_{1,2}$ — коэффициенты теплоотдачи, $\text{Вт}/\text{м}^2\cdot\text{К}$; l — длина трубы, м.

Конкретные значения коэффициента теплопередачи для теплообменника типа «труба в трубе» в нашем случае вычисляются на основе аналогичной формулы для стандартного термостабилизатора грунта и для новой конструкции.

Ориентировочные расчетные значения коэффициента теплопередачи от грунта к хладагенту для стандартного термостабилизатора составили $5,7\text{ Вт}/\text{м}^2\cdot\text{К}$, а с теплоносителем — $12,1\text{ Вт}/\text{м}^2\cdot\text{К}$.

Расчет теплового потока системы термостабилизатора грунта с теплоносителем в сравнении со стандартным показал, что отбор тепла от грунта у нового комбинированного устройства в 2 раза выше, чем у стандартного, и, соответственно, больше радиус и объем промерзания грунта. Практические испытания подтвердили эффективность работы нового термостабилизатора. В 2012 году они успешно прошли промышленную апробацию. Система показала высокую эффективность при прокладке магистрального нефтепровода на трассе Ванкор — Пурпе.

Площадь замороженного вокруг нового термостабилизатора пятна удалось увеличить в 1,5–2 раза, что позволило уменьшить количество этих устройств на единицу замораживаемого массива. В целом достигнута значительная экономия опорных труб, крепежного металла и монтажных материалов. Соответственно, уменьшились и трудозатраты строителей и монтажников нефтепровода, сократилось время строительства и ввода в эксплуатацию объектов, что исключительно важно в условиях короткого полярного лета. ■

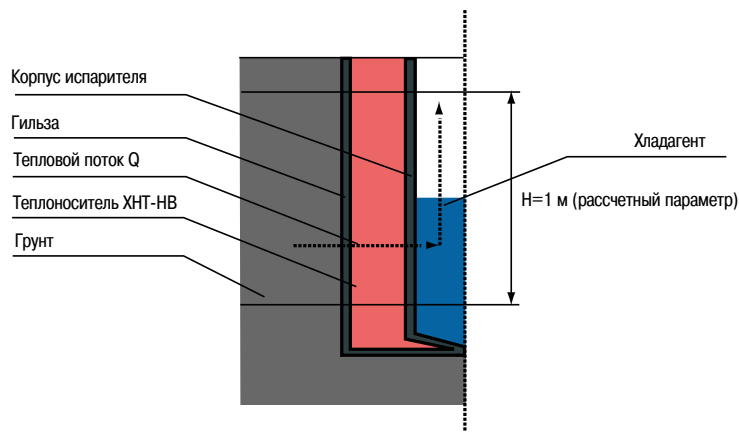


Рис. 2. Схема работы комбинированного термостабилизатора грунта



А. Г. АЛЕКСЕЕВ,
заведующий лабораторией
П. М. САЗОНОВ,
младший научный сотрудник
НИИОСП им. Н.М. Герсевича — АО «НИЦ «Строительство»

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ МАЛОГО ДИАМЕТРА В МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

При забивке свай в прочные многолетнемерзлые грунты, их, как правило, погружают в скважины, диаметр которых больше наибольшего размера поперечного сечения сваи. Перед погружением скважина заполняется раствором в объеме, рассчитанном, исходя из геометрических параметров сваи и скважины с учетом заполнения пазухи между стенкой скважины и поверхностью сваи раствором до уровня сезонного промерзания-оттаивания. Способ устройства свай таким образом называется буроопускным. Типовые схемы устройства, требования и рекомендации по бурению скважин, заливке раствора, погружению свай, а также по расчету несущей способности буроопускных свай приводятся во многих источниках литературы.

Несмотря на широкое распространение и изученность буроопускных свай, сегодня появился целый ряд вопросов, связанных, в первую очередь, с использованием цемента при приготовлении раствора для заполнения пазухи между стенкой скважины и свайей.

Гидратация цемента в период схватывания характеризуется выделением теплоты. Скорость схватывания зависит от температуры окружающей среды. При низких температурах схватывание замедляется, а при отрицательных — прекращается. В связи с этим применение цементно-песчаного раствора вместо песчаного или глинистого растворов увеличивает время вмерзания сваи в мерзлый грунт и, соответственно, сдвигает сроки строительства надземной части сооружения. Раствор, имеющий в своем составе цемент, сильнее растекает грунт вокруг скважины, увеличивая радиус оттаивания мерзлых грунтов.

Следует понимать, что схватывание цемента происходит только до замерзания раствора. Поэтому в случае небольшого объема раствора, заливаемого в скважи-

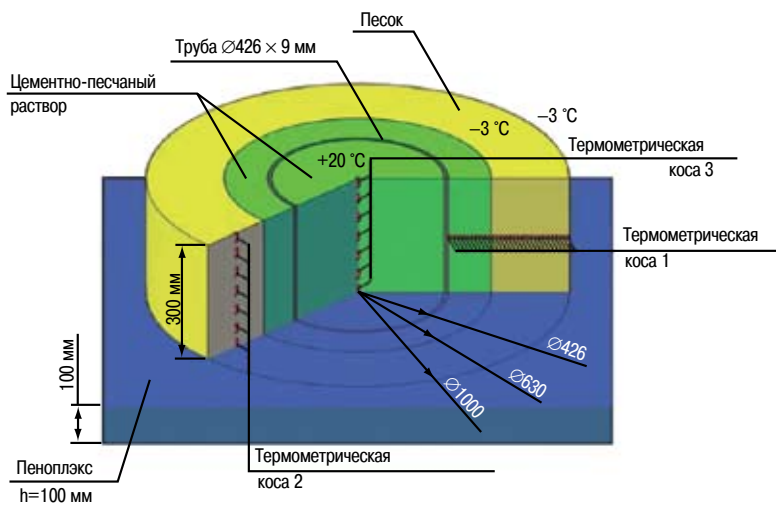


Рис. 1. Схема цилиндрического лотка (верхняя плита пеноплекса условно не показана)

ну, например, при погружении железобетонной сваи в скважины, диаметром, немного превышающим диаметр сваи, а также при низких значениях температуры грунта, раствор сравнительно быстро замерзает, а гидратация цемента не происходит.

Совсем иная картина наблюдается при погружении полых трубчатых свай с открытым нижним концом в скважины большого диаметра, пробуренные в высокотемпературных грунтах. В этом случае значительный объем раствора длительное время сохраняет положительную температуру благодаря тепловыделению цемента, который при гидратации поддерживает тепло. Из-за этого период вмерзания сваи в грунт увеличивается, а при устройстве свайных полей наблюдается общее повышение температуры участка строительства. В этом случае восстановление природных температур без применения дополнительных мероприятий по охлаждению грунтов не произойдет или затянется на длительное время.

Характер теплового взаимодействия буроопускной сваи с окружающим массивом мерзлого грунта (температура, радиус оттаивания, время замерзания, состав раствора, протекание и отсутствие процесса гидратации цемента) напрямую влияет на формирование прочностных связей по контактам грунт-раствор и раствор-свая, что определяет несущую способность сваи.

Определение срока вмерзания сваи (время восстановления расчетных температур грунта) представляет собой сложную задачу. Ориентировочная продолжительность вмерзания буроопускных свай приводится в книгах известных ученых-мерзлотоведов Л.Н. Хрусталева, Ю.О. Таргуляна, а также в рекомендациях НИИОСП по устройству свайных фундаментов в вечномерзлых грунтах. По данным этих источников при температуре грунта $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ срок вмерзания сваи составляет 4–5 суток. Однако это время не учитывает использование цементно-песчаного раствора, а, соответственно, и гидратацию цемента при

его твердении/замерзании, так как во времена издания этой литературы в основном использовались песчаные, глинистые и известково-песчаные растворы.

Для исследования теплового взаимодействия металлической буроопускной сваи с цементно-песчаным раствором проведен эксперимент в лабораторных условиях в лотке, схема которого показана на рис. 1.

Лоток состоит из трех коаксиально установленных цилиндрических колец. Внутри внешнего кольца диаметром 1000 мм из оцинкованной стали толщиной 1 мм находится временное среднее кольцо диаметром 630 мм, внутри которого, в свою очередь, располагается стальное кольцо диаметром 426 мм с толщиной стенки 9 мм.

Цилиндрический лоток моделирует участок буроопускной сваи высотой 300 мм. Лоток устанавливается в морозильной камере, в которой постоянно поддерживается отрицательная температура требуемого значения. Внешнее кольцо служит ограждением объема грунта, а выполнение его из оцинкованной стали позволяет грунту беспрепятственно проводить тепло и контактировать с окружающим холодным воздухом в морозильной камере. Среднее временное кольцо формирует стенки лидерной скважины и извлекается после замерзания грунта. Внутреннее кольцо представляет собой фрагмент стальной трубы диаметром 426×9 мм и моделирует сваю, погруженную в лидерную скважину. Цилиндрические кольца устанавливаются скобно на плиту пеноплекса толщиной 100 мм. После заполнения колец грунтом, раствором и установки температурных датчиков кольца сверху накрываются такой же плитой пеноплекса. Теплоизоляция нижней и верхней граней колец исключает тепловое влияние окружающего лоток воздуха на грунт и раствор по этим поверхностям.

Объем между внешним и средним кольцами заполняется грунтом. После промораживания грунта до нужной температуры временное среднее кольцо извлекается, после чего оставшееся свободное пространство за и внутри малого кольца заполняется цементно-песчаным раствором температурой $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. После заливки раствора фиксируется начало эксперимента — начинают замерять температуры грунта и раствора.

Эти замеры выполняют тремя термометрическими косами с точностью определения температуры $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$. Первая коса (ТК1) состоит из 28 датчиков температуры с шагом 1 см и устанавливается в горизонтальной плоскости на высоте 15 см. Первый датчик находится у сваи, последний — у внешней стенки наружного кольца. Две косы (ТК2, ТК3) с семью датчиками температуры с шагом 5 см закладываются вертикально, одна в массиве грунта, вторая в массиве раствора по центру лотка.

Распространение тепла в радиальном направлении фиксируется ТК1. По показаниям ТК2 и ТК3 отслеживается градиент тепла по высоте. Показания температуры считываются в автоматическом режиме: в течение первых суток эксперимента интервал снятия отчетов составляет 10 мин, в дальнейшем — 8 ч.

В результате эксперимента установлено, что для свай из стальной трубы диаметром 426 мм, устраиваемой в многолетнемерзлые грунты с температурой $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$,

при заполнении цементно-песчаным раствором пазухи между стенкой скважины и сваей, а также внутреннего пространства трубы время охлаждения раствора до 0 °С может составить до 12 суток, при понижении температуры от 0 °С до -3 °С — до 16 суток. Общее время вморзания сваи от заливки раствора при температуре 20 °С до его охлаждения и замерзания до температуры -3 °С может составить 28 суток, то есть почти месяц (рис. 2). В процессе охлаждения раствора происходит гидратация цемента с выделением тепла, на что указывает участок на гиперболической кривой повышения температуры раствора на 2 °С. После замерзания раствора скорость понижения его температуры увеличивается. Кривая начинает выполаживаться при приближении температуры раствора к температуре эксперимента (-3°С).

Как видно из рис. 2, тепловое влияние сверху и снизу лотка отсутствует, так как датчики температуры, установленные на разной высоте, в том числе на боковых поверхностях, показывают одинаковые значения температуры. Максимальный радиус оттаивания мерзлого песка при этом может достигать 8 см. Восстановление отрицательной температуры мерзлого грунта с одновременным охлаждением, а затем и замерзанием цементно-песчаного раствора начинается через двое суток после начала эксперимента.

Таким образом, техническая литература, касающаяся буроопускного способа устройства свай в многолетнемерзлых грунтах, в том числе, ориентировочных сроков вморзания свай в грунт, не учитывает современные условия возведения такого фундамента, а именно, использование цементно-песчаного раствора, выделяющего тепло при гидратации цемента, и бурение лидерных скважин большого диаметра, приводящее к заливке в грунт значительного объема теплого раствора.

Ориентирование на более короткие сроки вморзания при проектировании фундаментов из буроопускных свай приводит к срыву сроков возведения надземной части сооружений. По результатам эксперимента в цилиндрическом лотке продолжительность вморзания сваи при температуре грунта -3 °С составило 28 суток, вморзание сваи при более высоких температурах, очевидно, займет еще больше времени. В связи с угрозой срыва сроков строительства из-за длительного восстановления температуры грунтов, возникает необходимость осуществления дополнительных мероприятий по охлаждению грунтов, что удорожает строительство.

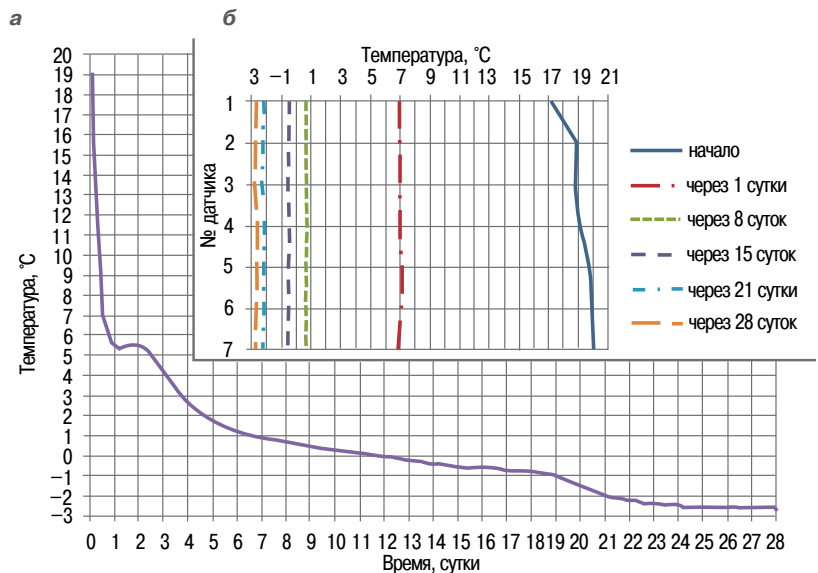


Рис. 2. График распределения температуры раствора во времени (а) и по высоте (б) (ТКЗ)

При проектировании сооружений больших размеров в плане на фундаментах в виде свайных полей следует рассчитывать время восстановления расчетных температур грунта с учетом массового погружения свай. Устройство большого количества буроопускных свай растепляет массив мерзлого основания, что замедляет восстановление природных температур и увеличивает срок вморзания свай.

Прочностные связи в системе свая-раствор-грунт, которыми определяется несущая способность сваи, зависят от времени замерзания и твердения раствора. Оценка прочности на сжатие и сил сопротивления раствора сдвигу по поверхности смерзания при различной степени гидратации цемента является важным вопросом, требующим изучения.

В заключении следует сказать, что актуальность изучения вопроса устройства буроопускных свай с применением цементно-песчаного раствора не вызывает сомнения. В условиях стремительного темпа строительства сооружений на многолетнемерзлых грунтах вопросы сокращения сроков возведения фундамента, обеспечения его надежности, высокой несущей способности и упрощения технологии производства работ требуют должного внимания и обсуждения. ■

