

**Подземные  
горизонты**  
*Underground Horizons*

Декабрь

№31

2022

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



191002, Санкт-Петербург, ул. Большая Московская д.2

Тел: +7 (812) 316-20-22

[www.lmgt.ru](http://www.lmgt.ru)



# НОВЫЙ



## GeoStab

расчет  
УСТОЙЧИВОСТИ  
ОТКОСОВ



Malin|n soft

этапность проекта

новые возможности  
анализа

3D визуализатор

экспорт в DXF

новый дизайн  
в темном и светлом  
оформлении

Российская  
программа

(342) 204-02-08  
info@malininsoft.ru  
www.malininsoft.ru



Ограждение  
котлованов  
**GeoWall**



Склоны  
и откосы  
**GeoStab**



2D  
МКЭ  
**Alterra**



Свайно-плитный  
фундамент  
**GeoPlate**

### Журнал «ПОДЗЕМНЫЕ ГОРИЗОНТЫ»

Официальный информационный партнер:

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

#### №31 декабрь/2022

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

Учредитель **Регина Фомина**

Издатель **ООО «Техинформ»**

Генеральный директор **Регина Фомина**

#### РЕДАКЦИЯ:

Главный редактор:

**Регина Фомина** (info@techinform-press.ru)

Выпускающий редактор:

**Сергей Зубарев** (redactor@techinform-press.ru)

Дизайнер, билд-редактор

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

Руководитель отдела подписки

**Полина Богданова** (post@techinform-press.ru)

Корректор:

**Инна Спиридонова**

#### ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ:

**В.Н. Александров**, Почетный гражданин Санкт-Петербурга

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

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

**А.И. 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**, первый вице-президент АО «Объединение «ИНГЕОКОМ»

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

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

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

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

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

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

Установочный тираж 8 тыс. экз. Цена свободная.  
Отпечатано в типографии «Премиум Пресс», г. Санкт-Петербург,  
ул. Оптиков, д. 4  
www.premium-press.ru

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

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

Подписку на журнал можно оформить по телефону

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



КОНФЕРЕНЦИЯ  
**АСФАЛЬТОБЕТОН**  
2023

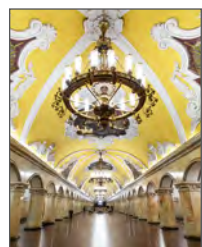
**Airportcity Plaza**  
г. Санкт-Петербург  
ул. Стартовая, д. 6, литер А



Оргкомитет конференции:  
**+7 921 743-47-23**  
**+7 921 960-93-27**  
info@asphaltconcrete.ru  
www.asphaltconcrete.ru

## СОДЕРЖАНИЕ

### МЕТРОПОЛИТЕНЫ



СТР. 4–7

4 *В. А. Гарбер.* Экономика строительства и эксплуатации Московского метрополитена



СТР. 8–10

8 Пекинский метрополитен — мировой технологический лидер

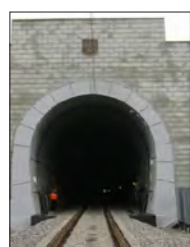


СТР. 12–15

12 Ленметрогипротранс: от Москвы до самых до окраин... (интервью с В.А. Маслаком)

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

16 Платформы цифрового строительства MStroy



СТР. 20–22

### ТОННЕЛИ

20 *Л. В. Маковский, В. В. Кравченко.* Из истории строительства железнодорожных тоннелей в России



СТР. 23–25

23 *В. А. Гарбер.* О совершенствовании управления строительством транспортных тоннелей и метрополитенов



СТР. 26–27

### СТРОИТЕЛЬНЫЙ ПРАКТИКУМ

26 *А. Г. Малинин, И. А. Салмин.* Негативное влияние струйной цементации грунтов на фундаменты близкорасположенных зданий и сооружений

28 О строительных технологиях для развития Арктики

Организатор:



Соорганизатор:



При поддержке:



Информационные партнеры:



# ЭКОНОМИКА СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

В. А. ГАРБЕР,  
д. т. н. (НИЦ «ТМ» АО «ЦНИИТС»)

**В ОТКРЫТОЙ ПЕЧАТИ ПОСЛЕДНЕЕ ВРЕМЯ НЕОДНОКРАТНО СООБЩАЛОСЬ, ЧТО МОСКОВСКИЙ МЕТРОПОЛИТЕН ЯВЛЯЕТСЯ ДОТАЦИОННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ, ТО ЕСТЬ НЕ ПРИНОСИТ ПРИБЫЛИ, А РАСХОДЫ НА ЕГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПРЕВЫШАЮТ ДОХОДЫ ОТ ЭКСПЛУАТАЦИИ. ВМЕСТЕ С ТЕМ ТАК БЫЛО НЕ ВСЕГДА. ПОПРОБУЕМ ПРОАНАЛИЗИРОВАТЬ СИТУАЦИЮ И ПРЕДЛОЖИТЬ ТЕОРЕТИЧЕСКИ ВОЗМОЖНЫЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ.**

## ВВЕДЕНИЕ

При рассмотрении темы обязательно следует вспомнить, что в 2009 году начальник Московского метрополитена Д. В. Гаев охарактеризовал деятельность столичной подземки как прибыльную. По его сведениям, прибыль с каждой поездки составляла на тот момент около 6 рублей. При ежесуточной перевозке 7 млн пассажиров ежедневная прибыль оценивалась суммой около 42 млн рублей, реинвестируемых в развитие.

С учетом того, что стоимость одной поездки составляла в 2009 году 22 рубля, рентабельность должна была равняться минимум 27%. Это показатель валовой рентабельности, а уровень чистой рентабельности — 5%. Чистая прибыль от хозяйственной деятельности Московского метрополитена в 2009 году составила 4,2 млрд рублей.

Исходя из представленных расчетов, автор и написал эту статью, чтобы специалисты попытались выяснить причины того, что за 12 лет превратило метрополитен из прибыльного предприятия в дотационное, и задумались над способами его возвращения к эксплуатационной доходности.

Все статистические данные, использованные в этой работе, получены из источников открытого доступа, в основном из Интернета.

Вопрос об определении фактической конечной стоимости метрополитенов с учетом стоимости проекти-



рования, строительства и последующей эксплуатации является актуальным для планирования развития метрополитенов в России.

## ПОЧЕМУ МОСКОВСКИЙ МЕТРОПОЛИТЕН — ДОТАЦИОННЫЙ ВИД ТРАНСПОРТА?

Чтобы ответить на поставленный вопрос, надо понять, из чего складывается балансовая стоимость метрополитена, и выявить влияющие на нее факторы.

Как известно, бухучет включает в себя актив и пассив.

В актив входят:

- внеоборотные активы (нематериальные активы; основные средства; финансовые вложения; отложенные налоговые активы; прочие внеоборотные средства);

- оборотные активы (запасы; дебиторская задолженность; денежные средства и денежные эквиваленты; прочие оборотные активы).

В пассив входят:

- капитал и резервы: уставной капитал (складочный капитал; уставной фонд; вклады товарищей); переоценка внеоборотных активов; резервный капитал (без переоценки); нераспределенная прибыль (непокрытый убыток);

- долгосрочные обязательства: отложенные налоговые обязательства; прочие обязательства;

- краткосрочные обязательства: заемные средства; кредиторская задолженность; доходы будущих периодов; оценочные обязательства; прочие обязательства.

В численном выражении за 2020 год:

- актив — 2,976 млрд рублей;
- пассив — 3,076 млрд рублей;
- баланс — 3,076 млрд рублей.

Таким образом, пассив превышает актив на 0,1 млрд рублей.

Отсюда следует, что для превращения Московского метрополитена из дотационного в прибыльный надо увеличивать его активную составляющую более чем на 0,1 млрд рублей (по состоянию на 2020 год).

Чтобы наметить пути увеличения активов метрополитена, рассмотрим стоимостные компоненты.

## СТРУКТУРА СТРОИТЕЛЬНОЙ СТОИМОСТИ МЕТРОПОЛИТЕНА

Известно, что структура стоимости строительства объекта метрополитена включает в себя следующие затраты: стоимость материалов — 45-51%; оплата труда — 17-25%; расход на эксплуатацию машин — 10%; амортизация основных средств и материальных активов — 8%; накладные расходы — 12%; сметная прибыль — 8%; прочие затраты — 2%.

Одним из важных показателем снижения затрат при этом является то, что строительство двухпутного тоннеля обходится дешевле строительства двух однопутных тоннелей на 15-30%. Здесь решающим фактором является то, что площадь поперечного сечения одного двухпутного тоннеля примерно на 30% меньше площади двух однопутных тоннелей. Соответственно, эксплуатация одного двухпутного тоннеля обходится дешевле эксплуатации двух однопутных тоннелей на 30-50%.



В целом же из приведенных данных следует, что для снижения строительной стоимости метрополитена следует обратить наибольшее внимание на снижение стоимости материалов и оплаты труда.

## СТРУКТУРА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СТОИМОСТИ МЕТРОПОЛИТЕНА

По открытым данным, в 2012 году эксплуатационная стоимость Московского метрополитена включала в себя:

- фонд оплаты труда — 40,7%;
- выручка метрополитена — 60% от дохода от перевозки пассажиров;
- субсидии по оплате проезда льготных категорий граждан — 35%;
- доходы от подсобно-вспомогательной коммерческой и прочей деятельности — 5%.

Структура себестоимости перевозки пассажиров:

- фонд оплаты труда с отчислениями на социальные нужды — 51%;
- электро- и теплоэнергия — 13%;
- амортизация — 14%;
- материалы — 11%;
- текущий и капитальный ремонт — 5%;
- прочие затраты — 6%.

В 2020 году эксплуатационные расходы включали в себя:

- материальные затраты — 35,9%;
- оплата труда — 29,2%;
- амортизация основных средств — 19,2%;
- отчисления на социальные нужды — 6,8%;
- прочие расходы — 8,9%.

Стоимость основных фондов Московского метрополитена составляет около 1 трлн рублей. Основные фонды на 85% состоят из зданий и сооружений. Транспортные средства — 10%; машины и оборудование — 5%.

Таким образом, наиболее весомыми факторами, влияющими на эксплуатационную стоимость метрополитена, являются:

- материальные затраты;
- оплата труда с отклонениями на социальные нужды;
- амортизация основных средств.

Однако в 2020 году специалистами делалось предположение, что снизить стоимость эксплуатации Московского метрополитена можно только по статье «Прочие расходы». Заявлялось, что экономия по остальным пунктам приведет к снижению уровня безопасности, а это недопустимо.

## АМОРТИЗАЦИОННЫЕ ОТЧИСЛЕНИЯ

Рассмотрим более подробно статью расходов «Амортизационные отчисления», как одну из самых весомых составляющих структуры затрат.

Амортизация — это перенос стоимости актива по мере его износа на стоимость продукции. Она нужна, чтобы равномерно распределять расходы в бухучете. Амортизация — инструмент снижения налога на прибыль. При его расчете из доходов вычитают суммы начисленной амортизации.

Амортизационные отчисления (А) должны компенсировать затраты на полное восстановление основных фондов, равные разности полной и ликвидационной стоимости основных фондов (Ф — Л), а также затраты на капитальный ремонт (К).

Рассчитываем по формуле

$$A = \frac{\Phi - Л + К + М}{Т}$$

где: Ф — полная стоимость основных фондов; Л — ликвидационная стоимость основных фондов; К — затраты на капитальный ремонт; М — затраты на модернизацию; Т — срок службы основных фондов.

Возмещение физически изношенного и морально устаревшего оборудования происходит за счет амортизационных отчислений.

Амортизационные отчисления — это часть стоимости основного капитала, которая ежегодно входит в стоимость производимой продукции. Отношение суммы амортизационных отчислений к стоимости основного капитала, выраженное в процентах, называется нормой амортизации.

Годовая норма амортизации: здания — 1,7%; основное технологическое оборудование — 16%; прочие объекты (основные фонды производства) — 10%.

Соответственно, наиболее весомый вклад в годовую норму амортизации вносят технологическое оборудование и прочие фонды производства.

## ЧИСЛЕННОСТЬ ПЕРСОНАЛА

Естественно, весомый вклад в эксплуатационную стоимость метрополитена вносит и численность персонала.

В 2009 году численность работников Московского метрополитена составляла 40 тыс. человек, в том числе: руководители — 5%; специалисты — 22%; служащие — 3%; рабочие — 70%.

С 2020 года в Московском метрополитене численность персонала составляет более 66 тыс. человек. Это представители более 200 профессий.

Как видим, за 20 лет штат сотрудников Московского метрополитена увеличился более чем в 1,5 раза. Это, несомненно, влияет на эксплуатационные расходы.

## РАСЦЕНКИ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Для численного выражения строительных и эксплуатационных расходов метрополитена выпущен специальный Сборник 4, глава 4 «Метрополитен и объекты его инфраструктуры» (МРР-4.6.02-19 с изменениями на 26.03.2020).

В этих расценках предусмотрены следующие наиболее важные (весомые) расходы:

■ п. 1.7.18 «Проектирование специальных методов строительства (водопонижение, замораживание, химическое закрепление грунтов, гидромеханизация и др.);»

■ п. 1.7.19 «Прогнозирование и моделирование условий изменения окружающей среды (прогноз изменения НДС грунтового массива, оценка геологических опасностей и рисков, прогноз изменения гидрогеологических условий и др.);»

■ п. 1.7.20 «Техническое обследование и мониторинг зданий, сооружений и инженерных коммуникаций, попадающих в зону влияния строительства, и проектирование мероприятий по обеспечению их сохранности;»

■ п. 1.7.21 «Проектирование мероприятий в связи с пересечением линиями метрополитена крупных инженерных коммуникаций и сооружений, ЛЭП, железных и автодорог и т. д.»;

■ п. 1.7.22 «Техническое обследование объектов метрополитена и его инфраструктуры, подлежащих реконструкции (в том числе, обмерные работы)».

Кроме того, имеется Сборник МРР-3.7.02-18 (Глава 3. «Изыскательские работы», «Обследование и мониторинг

технического состояния строительных конструкций подземных сооружений метрополитена, попадающих в зону влияния строительных объектов»).

При анализе возможностей уменьшения строительных и эксплуатационных расходов метрополитена следует пользоваться этими нормативными документами.

## ПУТИ СНИЖЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ СТОИМОСТИ МЕТРОПОЛИТЕНА

На основе приведенной выше информации рассмотрим возможные пути снижения строительной и эксплуатационной стоимости метрополитена.

Эффективными представляются следующие меры:

■ полный переход от строительства двух однопутных тоннелей Ø 6 м к одному двухпутному тоннелю Ø 10 м;

■ переход на систему, когда строятся один двухпутный перегонный тоннель и две станции открытого способа работ в глубоком котловане (до 30 м) методом up-down;

■ строительство линий монорельсового транспорта вместо подземного метро (такой опыт получил широкое распространение за рубежом, например в США).

Далее, применение конструкционных крепежей из высокопрочных сталей дает снижение забойных затрат до 20%. Можно произвести также пересмотр стоимости машино-смен общешахтных и забойных машин, вообще пересмотр норм накладных расходов в строительстве.

Напомним, накладные расходы включают в себя: затраты на управление; обслуживание контракта; обеспечение необходимых условий для функционирования процессов строительного производства. Немаловажным фактором уменьшения издержек может при этом стать рост масштабов строительства.

В сметной стоимости доля строительных материалов составляет около 50%. Возможна минимизация транспортных расходов с разработкой сметных норм на местные стройматериалы.

## ПУТИ СНИЖЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СТОИМОСТИ МЕТРОПОЛИТЕНА

Предлагается исключить практику закрытия участков действующих линий на время строительства в их технических и охранных зонах новых линий метро или других объектов.

Здесь метрополитен теряет существенный доход от прекращения пассажиропотока, плюс повышаются расходы (за счет метрополитена) на бесплатную перевозку



пассажиров по закрытому участку на наземном транспорте.

Вместо закрытия действующего метро организовать заблаговременные защитные мероприятия, исключая негативное воздействие строительства новых объектов. При этом обязательно вести мониторинг технического состояния действующего метрополитена в процессе нового строительства и заблаговременно предупреждать о возможности негативного воздействия (см.: Сборник МРР-3.7.02-18).

Другие предлагаемые мероприятия:

■ увеличить активную составляющую баланса метрополитена за счет увеличения основных средств и финансовых вложений;

■ более активно применять энергосберегающие технологии для снижения затрат на электрическую и тепловую энергию;

■ рассмотреть возможность увеличения амортизационных отчислений, чтобы уменьшить срок полной амортизации основных средств;

■ рассмотреть возможность оптимизации численности персонала Московского метрополитена за счет более полного внедрения автоматизации управления движением и внедрения АСУ ТП эксплуатации метрополитена. Здесь следует обратить внимание на возможность снижения накладных расходов (затраты на управление и обслуживание контракта).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**В последних двух разделах данной работы приведен ориентировочный перечень мероприятий по «превращению» Московского метрополитена из дотационного предприятия в прибыльное.**

**Автор надеется, что при обсуждении поднятой проблемы специалистами будут найдены и другие возможности решения этой важной государственной задачи. ■**

# ПЕКИНСКИЙ МЕТРОПОЛИТЕН — МИРОВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ЛИДЕР

Подготовила Лариса ДУБРОВСКАЯ  
(портал «Подземный эксперт»)



**ПЕКИН — СТОЛИЦА И ТРЕТИЙ ПО ЧИСЛУ ЖИТЕЛЕЙ ГОРОД КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ. МЕГАПОЛИС, НАСЕЛЕНИЕ КОТОРОГО ПРЕВЫШАЕТ 22 МЛН, ОБЛАДАЕТ РАЗВИТОЙ СИСТЕМОЙ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА, КОТОРАЯ ВКЛЮЧАЕТ В СЕБЯ АВТОБУСНЫЕ И ТРОЛЛЕЙБУСНЫЕ МАРШРУТЫ, ЛИНИИ ЛЕГКОРЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА, РЕЧНОЙ ТРАНСПОРТ, ТАКСИ, ВЕЛОСИПЕДЫ. НО ОСОБОЕ МЕСТО ЗАНИМАЕТ МЕТРО.**

Самый быстрый и удобный способ перемещения по городу — метрополитен — охватывает уже практически весь огромный Пекин. С помощью подземки можно добраться фактически в любую точку города, в том числе — к историческим памятникам. На сайте компании BJMTR для этого есть специальный раздел Travel Guide.

## ИЗ ИСТОРИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И РАЗВИТИЯ

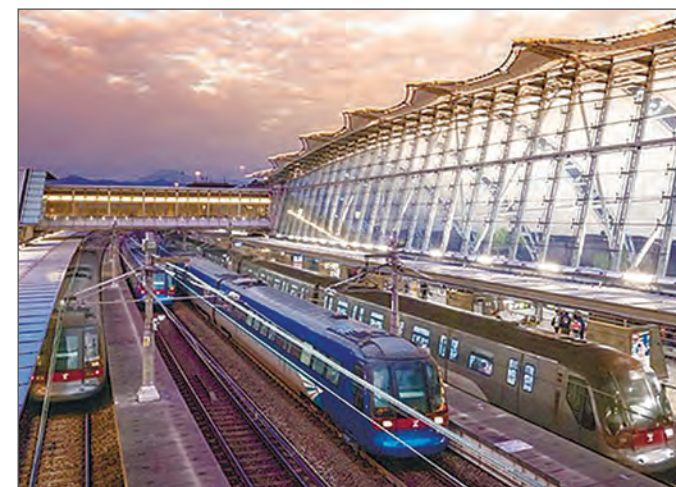
В середине 1950-х гг. китайцами очень тщательно изучался опыт московского метроостроения, советские специалисты были приглашены в Пекин для совместной работы над планированием будущей подземки. Од-

нако в 1963 году произошел советско-китайский раскол, который привел к прекращению этих контактов. Строительные работы начались через два года под личным контролем Мао Цзэдуна.

Первая линия Пекинского метрополитена протяженностью 21 км в составе 16 станций открылась для пассажиров 1 октября 1969 года. На сегодняшний день система метро насчитывает 428 станций на 24 линиях общей протяженностью 727 км. Годовой пассажиропоток превышает 3,85 млрд человек.

В первые годы после ввода в эксплуатацию новая транспортная система использовалась военными, до 80-х гг. иностранцам вход в метро был строго запрещен, а гражданам Китая — значительно ограничен.

Мощным толчком к развитию метрополитена стала Олимпиада 2008 года. Специально к мероприятию были



Линия MRT. Источник: [www.mtr.com.hk](http://www.mtr.com.hk)

установлены кондиционеры на станциях и в вагонах, появились лифты, телевизоры и электронные табло.

В конце 2017 года в системе открыты первые автоматизированные линии метро и пекинского маглева — железнодорожной линии на магнитном подвесе.

Пекинское метро можно назвать одним из самых комфортабельных и удобных в мире. Линии имеют сквозную нумерацию, а названия станций на китайском дублируются на английском языке. На каждой станции есть схема выходов, которые обозначаются латинскими буквами, и карта ближайшего района.

## СТОИМОСТЬ ПРОЕЗДА

Стоимость билета в Пекинском метро рассчитывается индивидуально и зависит от дальности поездки. Для пассажиров, путешествующих на расстояние от 0



Экспресс-поезд Airport Express, Пекин, Китай. Источник: [lori.ru](http://lori.ru)

до 6 км, стоимость составит 3 юаня (эквивалентно 30 рублям); от 6 до 12 км (включая 12 км) — 4 юаня, от 12 до 32 км (включая 32 км) — 6 юаней. Если дальность поездки превышает 32 км, за каждые 20 км сумма увеличивается на 1 юань.

Пользователям универсальной карты городского железнодорожного транспорта предоставляется скидка 20% на каждую поездку после оплаты 100 юаней по карте в течение 1 месяца и скидка 50% после 150 юаней.

Дети ростом до 1,3 м могут ехать бесплатно, но рекомендуется, чтобы их сопровождал взрослый. Для пенсионеров, школьников и студентов льготного проезда в метро не предусмотрено. В качестве штрафа за нарушения порядка уплачивается десятикратная максимальная цена разового билета.

## ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ

Почти все поезда Пекинского метро выпускаются государственной компанией China North Locomotive and Rolling Stock Industry Corporation (CNR). Только на линии в аэропорт курсируют составы, произведенные совместно с канадской компанией Bombardier.

Поезд состоит из шести вагонов вместимостью около 300 пассажиров каждый. На линиях курсируют современные вагоны, оснащенные кондиционерами. Индикаторы над дверями показывают местоположение поезда на линии. Для удобства пассажиров проход между вагонами в современных моделях сквозной. Названия моделей обычно содержат буквенное обозначение DKZ — diandong keche zu, или «пассажирские электропоезда».

Составы развивают скорость до 80 км/ч, но есть и такие, которые разгоняются до 100 км/ч.

## БЕЗОПАСНОСТЬ

Для обеспечения безопасности при входе в метрополитен проводится досмотр пассажиров и багажа.

К провозу запрещены любые предметы весом более 30 кг, длиной более 1,8 м или шириной/высотой более 0,5 м, а также другие предметы, которые могут мешать в поезде или на станции или влиять на безопасность эксплуатации.

Домашние животные не допускаются в метро. Перед посадкой в поезд люди с нарушениями зрения должны предоставить соответствующее свидетельство и документ о собаке-поводыре.

Также запрещено провозить огнестрельное оружие, взрывчатые вещества, легко воспламеняющиеся и горючие предметы, токсичные изделия, коррозионно актив-



Досмотр багажа на станции метро.  
Источник: russian.china.org.cn

ные вещества, радиоактивные вещества и другие предметы, которые могут представлять угрозу общественной безопасности и безопасности движения поездов метрополитена — например, предметы с сильным магнитным полем, которые могут мешать сигналам поездов.

На станциях не запрещено движение скутеров, но запрещено катание на самокатах, роликовых коньках и велосипедах. Персонал имеет право остановить нарушителей порядка, которые получают предупреждение и штраф в размере от 50 до 1000 юаней.

## ЛИНИИ

В системе Пекинского метрополитена имеются кольцевая и полукольцевая линии, а север и юг мегаполиса соединяет вторая по протяженности в Китае (после линии 3 Гуанчжоуского метро) линия, общая протяженность которой составляет порядка 50 км.

В Пекинском метро линии и станции преимущественно подземные, мелкого заложения, хотя имеются и наземные участки, проходящие на эстакадах. К их числу относится скоростная линия New Daxing Airport Express Line в аэропорт «Дасин», которая является второй полностью автоматизированной и беспилотной линией пекинского метро после линии Яньфан в юго-западном пригороде столицы, а также Пекинский маглев — железнодорожная линия на магнитном подвесе, входящая в систему метрополитена как линия S1.

## СТАНЦИИ

Отделку и дизайн станций отличает минимализм. На полу платформ имеются указатели направления движения, специальная разметка указывает месторасположение дверей в прибывающих поездах.

На новых станциях рабочая и пассажирская зоны разделены по принципу горизонтального лифта, чтобы исключить попадание пассажиров под поезд. Некоторые станции оборудованы LCD-мониторами с информацией об оставшемся времени до ближайшего поезда и следующего за ним.

На всех станциях Пекинского метро есть бесплатные туалеты, почти на всех — лифты для маломобильных пассажиров или пассажиров с багажом.

Видеорекламу транслируют во время поездки на стене тоннеля, панели синхронизируются со скоростью поезда и показывают ролики, которые можно наблюдать сквозь окна вагона.

Мобильная связь и мобильный интернет в метро Пекина работает абсолютно на всех станциях и во всех тоннелях.

## ЭКСПЛУАТИРУЮЩАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

Основанная 16 января 2006 года, Beijing MTR Corporation Limited (далее именуемая «BJMTR») является совместным предприятием Beijing Infrastructure Investment Co., Ltd. (BIIC, 2% акций), Beijing Capital Group (BCG, 49%) и MTR Corporation (MTR, 49%). В настоящее время BJMTR участвует в инвестировании, строительстве и эксплуатации линий 4, 14 и 16 пекинского метро, приняв модель ГЧП, и отвечает за эксплуатацию и управление линиями «Дасин» и линией 17 (с арендой подвижного состава). Общая протяженность маршрута составляет более 200 км, из них 148,5 км и 91 станция находятся в эксплуатации.



Поезда в депо. Источник: www.mtr.bj.cn

MTR обладает более чем 40-летним опытом реализации железнодорожных проектов от проектирования, планирования и строительства до ввода в эксплуатацию, технического обслуживания и эксплуатации. Более 50 тыс. высококвалифицированных сотрудников компании работают в Гонконге, Великобритании, Швеции, Австралии, Макао и на материковом Китае. ■



КОНФЕРЕНЦИЯ И ВЫСТАВКА

# ДОРОЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО В РОССИИ

ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНАЯ  
ТЕХНИКА И ОБОРУДОВАНИЕ:  
ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ,  
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

24 ЯНВАРЯ 2023 ГОДА  
МОСКВА

innodor.ru



По вопросам участия  
и партнерства:

+7 (495) 766-51-65;  
+7 (926) 550-63-71;  
+7 (926) 133-18-88;  
office@jcomm.ru;  
v.ishkhanov@jcomm.ru

При поддержке



Стратегический партнер

Партнер

Партнер

Партнер

Партнер



Партнер



Организатор



Генеральные информационные партнеры



Оператор



# ЛЕНМЕТРОГИПРОТРАНС: ОТ МОСКВЫ ДО САМЫХ ДО ОКРАИН...

**ПО ЗАГРУЗКЕ ВЕДУЩЕГО В СТРАНЕ ИНСТИТУТА В ОБЛАСТИ ТОННЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОЖНО СУДИТЬ О СОСТОЯНИИ ЭТОГО ТРАНСПОРТНОГО СЕГМЕНТА В ЦЕЛОМ. КАКИМ БЫЛ УХОДЯЩИЙ ГОД ДЛЯ ПИТЕРСКИХ ТОННЕЛЬНЫХ ИНЖЕНЕРОВ И КАКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ОТКРЫВАЮТСЯ НАШИМ ПРОЕКТИРОВЩИКАМ В ОБОЗРИМОМ БУДУЩЕМ, НАШЕМУ КОРРЕСПОНДЕНТУ РАССКАЗАЛ ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ДИРЕКТОР НИПИИ «ЛЕНМЕТРОГИПРОТРАНС» ВЛАДИМИР МАСЛАК.**



— Владимир Александрович, в этом году в Москве сдается ряд станций Большой кольцевой линии (БКЛ). Какие из них запроектировали вы? Расскажите о своей работе в рамках этих проектов.

— Да, в Москве строится хорошая, большая линия метрополитена длиной около 40 км. На этой линии нами запроектированы пять станций. Документацию по четырем из них полностью выполняли мы, по пятой — «Каширской» — в основном делали пересчеты и доводили проектную документацию до логического завершения. Три из этих станций — пересадочные: «Текстильщики», «Печатник» и «Кленовый бульвар». Станция же «Нагатинский затон» будет проходная. Кроме того, у нас уже заключен договор на пересадочную станцию «Кленовый бульвар-2». Мы давали в свое время предложение по ней, как по пересадочному узлу, и заказчик посчитал возможным начать там работы.

— Какие интересные решения были предложены для БКЛ вашими инженерами?

— Решения, которые предложены по БКЛ, достаточно стандартные. Там был заложен десятиметровый щит, который впервые использовался на Кожуховской линии для прокладки двухпутного тоннеля. Это, как вы знаете, наше изобретение, наше детище. Когда велась проходка под национальным парком «Коломенское», где при строительстве было невозможно выделить землю ни для вентиляционных стволов, ни для каких-либо других сооружений, даже временных, мы предложили пройти этот участок десятиметровыми щитами, и заказчик нашу идею одобрил. В данном случае это было очень

верное решение. Диаметр тоннеля позволяет сделать подвесной потолок, над которым устраиваются системы вентиляции и дымоудаления, поэтому можно обойтись без вентстволов.

Я думаю, эта технология в принципе даже меняет доктрину эксплуатации метрополитена. Ведь в двухпутных тоннелях метрополитена отсутствует стойка, которая делит два пути на разные направления, внизу посередине находится только коллектор, а сети раскинуты по стенкам тоннеля. Именно поэтому и среднюю часть основания тоннеля, и встречный путь можно использовать как пути эвакуации. А если еще учесть, что в десятиметровом тоннеле больше внутренний объем, и плюс каждые 100 м устроено дымоудаление, то при возникновении задымления он будет заполняться дымом и газами дольше, чем тоннель меньшего диаметра, а значит, у пассажиров появляется дополнительное время для эвакуации. В этой связи я считаю, что использование «двухпутки» в метрополитене — это достаточно перспективное решение, в первую очередь, с точки зрения безопасности эксплуатации.

— Расскажите о тех программных комплексах, которые сегодня используют ваши инженеры. Как отразились санкции на процессе автоматизации проектирования?

— Санкции на процессе автоматизации проектирования отразились. Надеемся, что не фатально. Но очень жестко, потому что де-факто стандартом для систем проектирования и черчения была продукция фирмы Autodesk. Причем мы использовали это ПО не только

как чертежный инструмент, а как глубоко внедренные технологии автоматизированного трехмерного проектирования. И здесь реально все остановилось. По пересадочной станции «Кленовый бульвар-2» возникла проблема с программным обеспечением, в котором надо проектировать с применением 3D-технологий. Оно на сегодняшний день отсутствует.

Российские IT-специалисты разработали отечественный аналог — программный комплекс «Нанокад». Утверждают, что продукты совместимы. Да, на уровне черчения они действительно совместимы, но на уровне каких-то современных технологий, к сожалению, это не так. Серьезное объектное трехмерное проектирование пока остается нерешенной проблемой. Чтобы такие сложные вещи разработать, нужны тысячи разработчиков и пару лет на разработку. Но радует, что «Нанокад» стремительно развивается. Ждем от них новых продуктов, другого варианта нет. А для расчета тоннелей и подземных конструкций у нас есть и свои собственные разработки.

— В чем принципиальные отличия в подходах к проектированию и строительству московского и петербургского метрополитенов?

— Для московского метрополитена, проектированием которого мы занимаемся с 2013 года, мы практически предлагаем только станции мелкого заложения. При этом применяли разные типы станций. Первый вариант — это когда при устройстве станции вплотную к ограждающей, примыкает основная конструкция, при этом их разделяет только слой гидроизоляции. Но такой метод не нашел широкого распространения в Москве из-за низкого уровня квалификации рабочих. В основном там ограждающая конструкция с внешнего контура вскрывается, потом делается гидроизоляция, потом отсыпка, а потом уже сооружается и внутренняя несущая конструкция. Образовавшаяся пазуха позволяет минимизировать последствия допущенного брака. В нашем же случае нужно очень точно соорудить стену в грунте, ведь малейшие ее отклонения от проектных отметок приводят к изменению объема внутренней конструкции. А были случаи, когда и на 600 мм стена уходила! И как потом решать вопросы с внутренними конструкциями, с внутренними проходами и всем остальным? Сразу на всю длину станции увеличенные объемы создавать? Это приведет к увеличению стоимости работ.

Мы же, наоборот, стремимся к тому, чтобы выполнять задачу, которую в свое время ставил Марат Хуснуллин — минимизировать объемы капиталовложений, поэтому и предложили нашу технологию. Ее применение на Калининско-Солнцевской линии позволило сэкономить 22 % строительного объема. И это не только сэкономленные



средства, но и время. Но реализовать такое техническое решение могут только специалисты, имели высшую квалификацию. В Москве, к сожалению, как и везде сейчас — это проблемный вопрос.

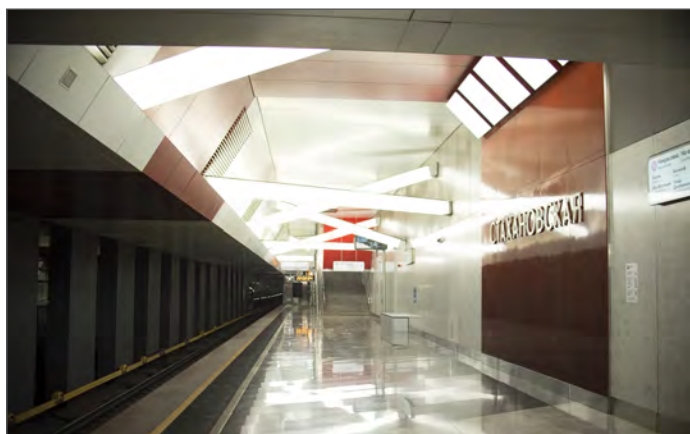
Что же касается петербургского метро, как вы знаете, оно у нас в основном глубокого заложения. На сегодняшний день строится по большому счету всего четыре станции: «Горный институт», «Театральная» (наш проект и наша рабочая документация), «Казаковская» и «Путиловская». Проект станции «Путиловская» делали мы, а рабочую документацию и корректировку проектной документации выполняли специалисты Метрогипротранса. С 2018 года они пытаются откорректировать ПД, трижды заходили в Госэкспертизу, но по сей день положительного заключения получить не могут. При этом то решение, которое предлагали мы, прошло экспертизу. Оно было оптимальным, так как использовало поперечную действующую камеру, построенную еще в 1955 году. Уж лучшего-то варианта в принципе не может быть!

В июле наш губернатор сказал, что надо успеть построить к сентябрю 2024 года хотя бы две-три станции. Мы в этой связи еще в августе дали предложение, которое ускоряет процесс строительства, в том числе, по этой пересадке. И вот до сих пор топчемся на месте, никто ничего решить не может.

Недавно в Комитете по развитию транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга (КРТИ) поменялся руководитель, но специалистов в области метростроения ни в КРТИ, ни в Дирекции транспортного строительства как не было, так и нет. И пока не будет в органах государственного заказчика и в органах технического заказчика специалистов, которые разбираются в метростроении, проблемы по проектированию и строительству останутся. В этом году, к сожалению, не проведено ни одного конкурса на проектные работы в городе!

Что касается нашего института, то мы выжили не благодаря нашей городской власти, а вопреки. Только по-





тому, что работали в Москве все эти годы. Пока у нас в городе строится пять станций, мы, фактически, с 2014 года в Москве запроектировали и уже запустили 14!

И еще по Санкт-Петербургу хотел бы добавить, что мы стремимся к тому, чтобы использовать десятиметровые щиты, которые позволят выйти на линии мелкого заложения. Это, во-первых, ускоряет процесс строительства. На строительстве перегона «Зенит» — «Беговая» мы сэкономили, как минимум, полтора года! Кроме того, эта технология помогает улучшить качество строительства при меньших трудозатратах за счет увеличения механизации процесса до 70%. На сегодняшний день уровень механизации строительства линий глубокого заложения считается равным 50 % только благодаря механизированной проходке тоннелей. А сами станции строятся вручную. Нужно стараться уходить от тяжелого ручного труда, ведь на дворе уже XXI век.

В этой связи мы стараемся максимально использовать более современные технологии двухпутных тоннелей, предлагаем заказчику рассмотреть возможность проходки таких на глубине до 50 м со строительством в них станций глубокого заложения. Для этого хотели бы предложить для строительства кольцевой линии использовать 13-метровый щит, который позволяет строить станции прямо в тоннеле. Это еще больше увеличивает механизацию труда, в большей степени снимает нагрузку на поверхность и минимизирует ту площадь, которая нужна на поверхности для выхода со станции. В Барселоне таким образом уже построено 25 % метрополитена, а всего у них 150 станций.

При этом мы предлагаем использовать биметаллические рельсы. Да, они дороже, но позволят сэкономить на одной станционной тяговой подстанции (СТП). Сначала обнаружили проблемы с маневрированием подвижного состава, с перестановкой поездов с одного пути на другой, но мы нашли решение, которое, я надеюсь, удовлетворит метрополитен. Основная задача сейчас в том, чтобы заказчик начал понимать — что ему надо проек-

тировать и как ему надо строить, и самое главное — с помощью каких технологий.

**— Как сегодня себя проявляет Тоннельная ассоциация Северо-Запада? Есть диалог с заказчиком?**

— Ассоциация объединяет все наши имеющиеся силы по подземному строительству и проектированию. В нее входит достаточно много организаций и физических лиц, обладающих хорошим опытом и знаниями в области подземного строительства. С приходом в КРТИ Александра Михайловича Федотова ее роль значительно повысилась. Новый исполняющий обязанности главы комитета прислушивается к мнению членов ассоциации, неоднократно общался и с ее руководителем Сергеем Николаевичем Алпатовым. Я думаю, что ассоциация будет хорошим экспертом, советником в делах по строительству и проектированию метрополитена, и надеюсь, что мнение ассоциации будет учитываться при принятии решений заказчиком. Но, чтобы служба заказчика была эффективной, ее необходимо реформировать: под эгидой КРТИ создать специализированную структуру — дирекцию строящегося метрополитена. Такая дирекция должна финансироваться за счет строительства той или иной линии метрополитена, и в нее нужно набрать специалистов, которые раньше занимались подземным строительством. Однако те, кто занимались строительством и проектированием, разбираются только в этих вопросах. А ведь функции заказчика несколько сложнее. Они обязаны увязывать с городскими властями, с городскими эксплуатирующими службами и с метрополитеном вопросы подготовки юридических основ для начала проектирования, непосредственно само проектирование и строительство, и потом еще они должны принять эти работы. Но самое сложное в работе заказчика — организовать строительство. Для этого ему нужно иметь утвержденные лимиты. А для этого — утвержденный проект. А чтобы начать стройку, надо иметь площадки, договоры и, в том числе, рабочую документацию. Значит, проекты нужно начинать готовить заранее.

**— Вы также принимаете участие в работах на Восточном полигоне. Расскажите об этом подробнее.**

— Восточный полигон, как известно, относится в большей степени к РЖД. Еще в 1987 году было выпущено распоряжение МПС, которое утвердило наш институт, как основного проектировщика тоннелей для РЖД. Прежде всего, это было связано с тем, что начиная с 1956 года ЛМГТ проектировал тоннели на участке Абакан — Тайшет, а начиная с 1973 года — тоннели на БАМе. Два года назад закончили работы по второму Байкальскому тоннелю. Там мы разрабатывали технологию. Года три

назад, когда встал вопрос о проектировании Северомуйского тоннеля-2, мы тоже дали свои предложения.

В настоящее время по Восточному полигону небольшие тоннельные задачи решаются, но основной вопрос, который там остается нерешенным — это второй Северомуйский тоннель длиной 15,3 км.

И еще обсуждается строительство тоннеля на Сахалин. Мы по нему тоже сделали предварительные проработки. Длина тоннеля без штольни составит 12 км. ТПК должен быть 13-метровый. Необходима двойная обделка, так как это сейсмическая зона. Мы сделали предварительные проработки и по вентиляции, и по несущей способности. Считаем, что альтернативы тоннелю там нет. Тоннель на Сахалин начинали строить еще в 1950 году, а после смерти Сталина он был заброшен. К тому моменту были пройдены ствол на материковой части и половина ствола на Сахалине, были сделаны отсыпки для начала проходки, были построены все строительные городки. Уже было дотянуто железнодорожное полотно до того места, откуда должны были строиться тоннели. Полотно это есть и сейчас, а вот рельсы все разобрали. Я думаю, что тематика строительства тоннеля в скором времени возродится.

**— В последние годы все больше и больше поднимаются вопросы, связанные с Северным Кавказом. Какие вы видите там для себя перспективы?**

— Два года назад мы закончили проект четвертых тоннелей в Сочи и защитили его в Госэкспертизе. Это обход Мамайского оползня. Там запроектировано два железнодорожных тоннеля длиной 5,7 км. Общая стоимость строительства на тот момент оценивалась в 64 млрд рублей.

Еще один вопрос. Известно, что в Сочи сейчас ведет тупиковая ветка, а сразу за Сочи начинается территория другого государства. Поэтому там необходимо закольцевать движение, это вопрос стратегический. Кроме этого, кольцевое движение обеспечит транспортную связь в случае возможных оползней. 1 ноября Президент РФ дал поручение рассмотреть возможность строительства дороги от Красной Поляны до Архыза. Замечу, что мы эту идею давно высказывали — возможно, наконец ее донесли до главы государства. Там у нас было предложено два варианта: во-первых, можно протянуть железную дорогу до ближайшего населенного пункта (тоннель получается 30 км). Или построить автомобильный тоннель длиной 24 км в направлении Архыза. А с другой стороны, до Архыза дорога уже протянута. Основной проблемой там является биосферный заповедник. Надо построить тоннель под Главным Кавказским хребтом, при этом не нарушив территории заповедника.



Замечу, что строительство автомобильного тоннеля такой протяженности — очень сложная техническая задача. Самый важный вопрос там связан с вентиляцией тоннеля. Но мы, в принципе, нашли решение — там есть возможность поставить четыре промежуточных ствола.

В последнее время обсуждается строительство обхода Адлера с 4-километровым тоннелем и третий этап обхода Сочи. Надеемся, что сможем поучаствовать в проектировании. Это для нас немаловажный объем и очень интересная работа.

**— До последнего времени метростроители, в основном, применяли ТПК немецкого производства. А как в дальнейшем будет осуществляться проходка тоннелей, с помощью каких щитов?**

— На сегодняшний день, в принципе, есть ТПК, которые разрабатывают китайцы. У них имеется несколько заводов, которые они создали вместе с немцами. Сегодня эти заводы полностью отошли к китайцам. По большому счету, они производят вполне приемлемое оборудование. Однако я не очень доверяю китайским щитам и планирую обсуждать сотрудничество напрямую с нашими немецкими коллегами. При всех сложностях отношений между странами люди там вполне адекватные.

**— Ваши планы на будущее?**

— Преодолевать трудности и идти дальше. Будем активно участвовать в тендерах, но только в тех, которые нам подходят, и с учетом той загрузки, которая у нас есть. Перспектив достаточно много...



# ПЛАТФОРМЫ ЦИФРОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА MSTROY

**ВО ВСЕМ МИРЕ СТРОИТЕЛЬНАЯ ОТРАСЛЬ ПОДВЕРЖЕНА ЭКОНОМИЧЕСКИМ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ РИСКАМ, КОТОРЫЕ ВЛЕКУТ ЗА СОБОЙ СРЫВ СРОКОВ И ПЕРЕРАСХОД БЮДЖЕТА. РАЗЛИЧНЫЕ ФАКТОРЫ ВЫЗЫВАЮТ НЕОБХОДИМОСТЬ ПОСТОЯННО АДАПТИРОВАТЬСЯ К ИЗМЕНЕНИЯМ. ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ В ЦИФРОВОМ ВИДЕ, ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ БОЛЬШИМ КОЛИЧЕСТВОМ ПРОЕКТОВ И УВЕЛИЧЕНИЯ ПРИБЫЛИ КОМПАНИИ ЗА СЧЕТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ, СКОРОСТИ ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ И СТРУКТУРИРОВАНИЯ ОТЧЕТОВ, РАЗРАБОТАН ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС MSTROY.**

Цифровая платформа MStroy — программное обеспечение, состоящее из набора «мозаичных» технологий, интегрированных в производственные процессы. 100% отечественная разработка, соответствует критериям импортозамещения и устойчивости к внешним санкциям.

Основными целями и результатами внедрения программного комплекса являются:

- исполнительная документация в цифровом виде с электронной цифровой подписью;
- производственная и экономическая отчетность онлайн;
- фото- и видеоаналитика;
- оптимизация использования ресурсов;
- вся документация в одном месте.

MStroy включает в себя 10 модулей для управления строительными процессами: управление трудовыми ресурсами, управление машинами и механизмами, управление материалами, строительство (график производства работ), строительный контроль, исполнительная документация, документооборот, управление стоимостью, управление задачами, библиотека эффективных решений.

## ОТЛИЧИЯ ОТ АНАЛОГОВ

Хотелось бы отметить основные отличия MStroy от аналогов:

1. Отраслевая ориентация — строительство мостов и уникальных искусственных сооружений. Однако отдельные модули могут интегрированы в другие отрас-

ли, что повышает коммерческую привлекательность программы.

2. Функционал — аналоги предлагают среду общих данных для доступа всех участников строительства и ориентированы на ценности для заказчика — удобная визуализация результата (графики, отклонения, документооборот и т. п.). Преимущество MStroy заключается в том, что, дополнительно к функционалу аналогов, комплекс дополнен функционалом для управления «строительной экономикой», которая создается на стройплощадке — технология, способ производства работ и количество ресурсов (люди, материалы, машины).

3. Используемое ПО — начиная с марта 2022 года, MStroy не использует зарубежное ПО и компоненты. До этого времени использовались компоненты Microsoft Azure, однако инженеры MStroy создали собственную разработку и исключили зависимость от иностранного ПО. В настоящее время идет процедура регистрации прав на интеллектуальную собственность (импортозамещение), система протестирована и запущена в промышленную эксплуатацию.

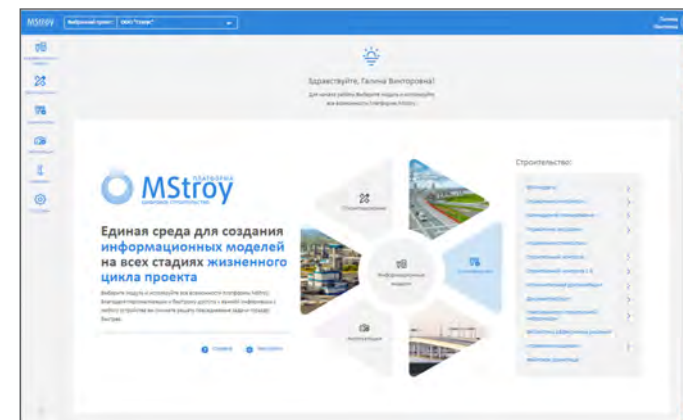
4. Цель, отличная от аналогов — управление рисками. Самый существенный риск — это риск срыва сроков и перерасход сметы (за последние три года, по данным КПМГ, 25% проектов были выполнены в пределах первоначальных сроков и 31% всех проектов уложились в бюджет. Крупные проекты обычно занимают на 20% больше времени, чем запланировано, и превышают бюджет на 80% (McKinsey)). Причины перерасхода и срыва сроков — постоянные изменения на стройке. Цель MStroy — минимизировать влия-

ние изменений за счет оперативного реагирования на них. Изменению подлежат проектные решения, чертежи, материалы и, следовательно, технологии и ресурсы. На управление этим и сфокусированы инженеры, занятые разработкой MStroy.

Таким образом, функционал MStroy гораздо шире, чем у аналогов, поскольку сфокусирован на решении производственных задач на стройплощадке. Алгоритмы и данные комплекса могут использоваться как для управления экономикой подрядчика, так и для контроля со стороны заказчика и проверяющих организаций. Система управления рисками, аналитика и прогнозирование являются инновационными решениями, которые соответствуют мировым тенденциям. Учитывая национальную задачу строительства дорог, практическую возможность тестирования продукта на предприятиях строительной отрасли, интеграцию с имеющимися решениями, взаимодействие с научным сообществом, федеральными агентствами и органами власти, потенциал развития MStroy можно оценить очень высоко: разработчики считают, что программный комплекс позволит вплотную приблизиться к мировым лидерам рынка как в строительстве, так и в программном обеспечении.

MStroy создан из набора мозаичных технологий, интегрированных в процессы строительного производства, что обеспечивает уникальность и инновационность проекта как на российском, так и на мировом рынке.

Интернет вещей и компьютерное зрение для сбора данных, моделирование и автоматизации процессов при помощи нотации BPMN, BIM-проектирование и создание среды общих данных для обеспечения работы «сквозных технологий», цифровая электронная подпись для согласования документов, web-доступ и мобильное приложение для совместной работы всех участников процесса, нейронные сети для создания рекомендаций и аналитики с целью повышения эф-

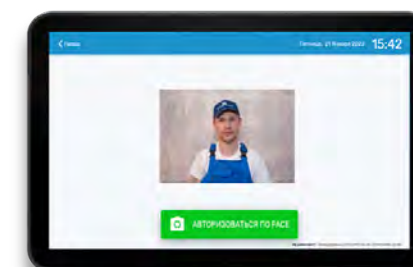


фективности работы на стройплощадке — все эти возможности открывает программный комплекс.

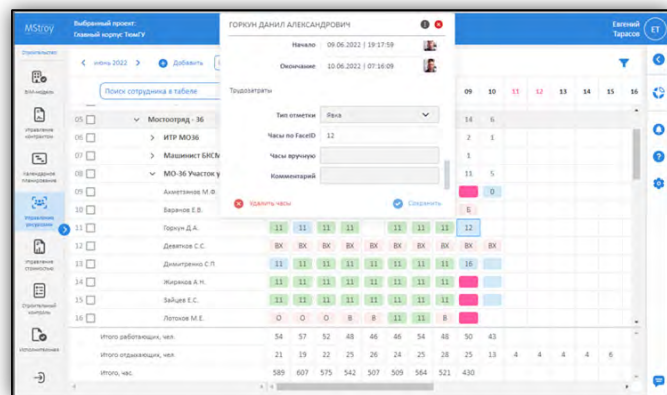
## АСПЕКТЫ ИННОВАЦИОННОСТИ

Инновационность и ключевые отличия заключаются в том, что MStroy специализируется на решении проблем при помощи план-фактного анализа происходящего на стройплощадке при помощи цифровых технологий в режиме онлайн (сейчас план-фактный анализ осуществляется ручным методом, при помощи записей на бумаге, в журналах, передаче по телефону, электронной почте, частично при помощи excel и иных программ):

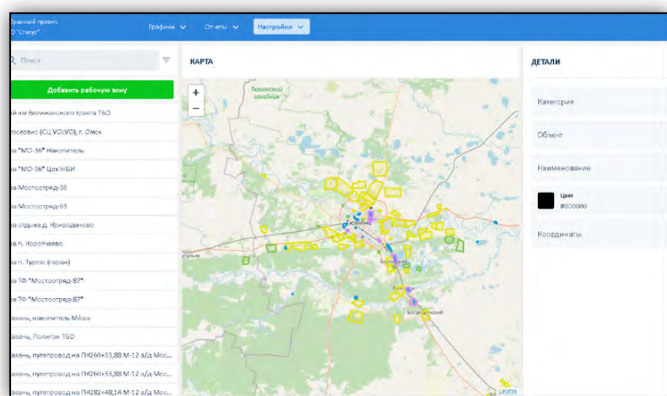
1. Способ внесения информации. Большинство аналогов предлагают пользователю внести информацию вручную, заполнив соответствующие поля в интерфейсе программы. Это вызывает ошибки и задержки ввода, влекущие за собой снижение качества информации и оперативности доступа к ней и, следовательно, снижает качество принимаемых управленческих решений. MStroy ориентирован на получение информации без участия человека — компьютерное зрение, датчики. Так, например, для получения информации о количестве персонала используется технология распознавания лиц — при начале и окончании рабочего дня каждый сотрудник компании проходит идентификацию личности с помощью технологии Face ID.



Далее формируется автоматический табель рабочего времени сотрудников.



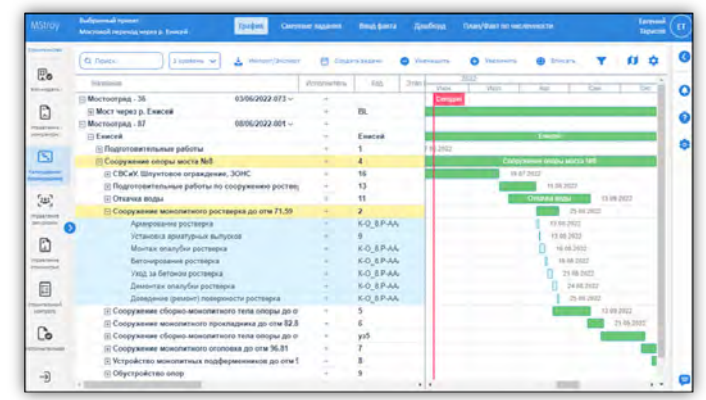
Для получения информации о количестве машино-часов машины и механизмы оборудуются датчиками (MStroy интегрирован с имеющимися на рынке решениями), информация с которых при помощи интернета вещей передается в базу данных MStroy PostgreSQL, тем самым осуществляя его идентификацию с объектом, длительностью работы машины и видом производимых работ. Идентификация с объектом строительства осуществляется за счет сопоставления координат объекта и датчиков автоматически, а вид выполняемых работ фиксирует менеджер в полях пользовательского интерфейса MStroy, указав время их выполнения в графике производства работ.



2. Система поддержки принятия решений. MStroy содержит в себе алгоритмы для обработки первичной информации о ресурсах на стройплощадке, при помощи которых осуществляется быстрый анализ отклонений и поиск соответствующих решений (например, о перераспределении персонала между процессами или объектами). Система имеет ряд решений в отношении управления персоналом, машинами, материалами, стоимостью.

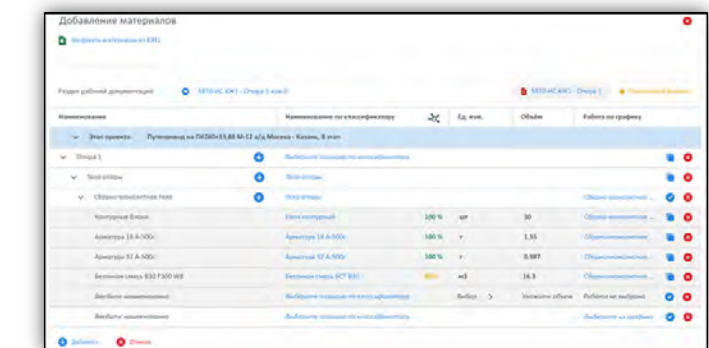
3. Технологии прогнозирования рисков и поддержки принятия решений. Инженеры MStroy создают перечень внешних и внутренних факторов, которые влияют на скорость производства работ и их стоимость и формируют запросы к источникам данных для обогащения базы соответственно. Например: внутренние факторы — стаж работы персонала, возраст, зарплата за предыдущий период, семейное положение, продолжительность рабочей смены, квалификация и пр.; коммуникации (проектировщик, заказчик, стройконтроль и пр.); внешние — погода, социальное окружение, экономические известия, макроэкономические факторы и пр. После накопления статистической базы производится обработка информации при помощи различных аналитических методов с целью создания системы прогнозирования рисков и выдачи рекомендаций.

4. График производства работ. Технология позволяет через пользовательский интерфейс загружать информацию из графиков производства работ, созданных в специализированном ПО, в базу данных PostgreSQL. При загрузке в базе данных формируются связанные и структурированные записи о плановых работах: единицы измерения и объемы, даты начала и окончания, назначенные ресурсы (людские ресурсы, машины и механизмы, материалы), стоимостные составляющие. Факт вносится через пользовательский интерфейс по каждому виду работ и сохраняется в базе данных PostgreSQL.



5. Управление материалами. Наиболее ресурсозатратной статьей в строительной экономике являются «Материалы» (от 50 до 85% в зависимости от вида объекта). Таким образом, крайне эффективным для экономики является обеспечение поставки материалов нужного количества (без перерасхода точно в срок к началу производства работ). Это обеспечит сокращение цикла «деньги-товар-деньги». В системе MStroy это достигается при помощи сопоставления данных, получаемых из проектной документации, смет, графиков, систем бухгалтерского учета.

| Наименование материала       | Ед. изм. | Объем      | Статус        | Планируемые поставки | Фактически поставлено | Планируемые работы | Фактически выполнено |
|------------------------------|----------|------------|---------------|----------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| Арматура А400 Ø 12мм (25Г2С) | тн       | 0,3240     | ✓             |                      |                       |                    |                      |
| Арматура А400 Ø 14мм (25Г2С) | тн       | 0,9912     | ✓             |                      |                       |                    |                      |
| Арматура А400 Ø 16мм (25Г2С) | тн       | 1,8652     | ✓             |                      |                       |                    |                      |
| Арматура А400 Ø 25мм (25Г2С) | тн       | 3,9749     | ✓             |                      |                       |                    |                      |
| Ростверк                     |          | 1,200      |               |                      |                       |                    |                      |
| Тело опоры                   |          | 1,500      |               |                      |                       |                    |                      |
| Ригель                       |          | 1,2749     |               |                      |                       |                    |                      |
| Версия                       | Объем    | Дата       | Цена, без НДС | Стоимость, без НДС   |                       |                    |                      |
| ВПОСМ                        | 1,2790   | 01.01.2020 | 10 000        | 12 790               |                       |                    |                      |
| ПД                           | 1,3755   | 10.02.2020 | 12 736        | 12 736               |                       |                    |                      |
| РД                           | 1,2749   | 27.03.2020 | 13 466        | 13 466               |                       |                    |                      |
| Закуп                        | 1,3294   | 06.06.2020 | 16 735        | 16 735               |                       |                    |                      |



6. Управление персоналом, механизмами. Основано на тех же принципах, что и управление материалами — поиск отклонений и корректировки решений за счет онлайн-аналитики, план-факт. Не нужно собирать информацию о персонале в excel и сравнивать с планами — отчеты создаются автоматически. На основе анализа этой информации актуализируются производственные нормы и осуществляется подбор наиболее эффективной технологии и способа производства работ на основе накопленной статистики.

7. Ценообразование. Имея в базе MStroy накопленные данные о количестве ресурсов по разным объектам, обо-

гатив ее информацией об их стоимости, можно выполнить расчет справедливой стоимости строительства, что является приоритетной задачей для строительной отрасли в России и мире. В настоящее время активно обсуждаются технологии составления смет ресурсным методом, методом «открытая книга», методом контроля целевого использования средств со стороны Минстроя, Минфина.

8. Библиотека эффективных решений. Создается при помощи особого способа формирования и структурирования плановых и фактических данных о ресурсах, задействованных на проекте. Данная библиотека является набором данных для обучения нейронной сети, которая, получая на входе список конструктивных элементов, вернет перечень видов работ с необходимыми ресурсами для сооружения данных конструктивных элементов. Это нейросетевые алгоритмы и оптимальные критерии, обученные на основе дата-сетов, созданных командой инженеров (в частности, система классификаций материалов и ресурсов); система поддержки принятия решений при помощи сценарного моделирования.

9. Удаленный контроль производства работ. Эффективность визуального контроля, когда менеджер, находясь на территории стройплощадки, оценивает ситуацию и принимает решение «по месту», снижается по мере появления новых объектов, удаленных друг от друга. Видеокамеры и фотосъемка, отчеты в excel требуют большого количества времени для анализа. Предписания, выданные на бумаге, могут потеряться, что влечет за собой штрафы и необходимость переделывать работы (сроки и перерасход средств). Комбинация визуального контроля, видео- и фотосъемки и компьютерных технологий позволит достичь максимального эффекта, например, при помощи компьютерного зрения, сфокусировать внимание на проблеме — отклонение от эталонных (плановых) значений.

Таким образом, создание системы поддержки решений, основанной на обработке данных, полученных с использованием технологий компьютерного зрения и интернета вещей, позволит решить вышеперечисленные проблемы и повысить производительность, эффективность и минимизировать риски.

Основными потребителями продукта MStroy являются строительные организации. Но также потребителем отдельных модулей может выступать практически любая компания (например, модуль «Система мониторинга трудозатрат», позволяющий осуществлять мониторинг персонала). В настоящий момент деятельности основной рынок сбыта — это территория РФ. Помимо этого, с 1 января 2022 года в РФ стало обязательным применение технологий информационного моделирования (ТИМ), что расширяет рынок сбыта. ■

# ИЗ ИСТОРИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ В РОССИИ

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

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

**В СТАТЬЕ ПРОАНАЛИЗИРОВАН ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА ПЕРВЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ В РОССИИ НА ТРАССЕ ПЕТЕРБУРГ – ВАРШАВА, РАССМОТРЕНЫ ОСОБЕННОСТИ ИХ ПРОХОДКИ ГОРНЫМ СПОСОБОМ С ВОЗВЕДЕНИЕМ ОБДЕЛКИ ИЗ БУТОВОЙ И КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ. ПРИВЕДЕНЫ ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЯДА КРУПНЫХ ТОННЕЛЕЙ, В ТОМ ЧИСЛЕ НА КАВКАЗЕ И В СИБИРИ, ПОСТРОЕННЫХ ДО 1917 ГОДА. ОТМЕЧЕНО ЗНАЧЕНИЕ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ТОННЕЛЕСТРОЕНИЮ, ПРОВОДИМЫХ КРУПНЕЙШИМИ ИНЖЕНЕРАМИ И УЧЕНЫМИ ТОГО ВРЕМЕНИ. УДЕЛЕНО ВНИМАНИЕ ТАКЖЕ ПРОГРЕССИВНЫМ ТЕНДЕНЦИЯМ С СЕРЕДИНЫ XX ВЕКА ДО НАШИХ ДНЕЙ И ПЕРСПЕКТИВНЫМ НАПРАВЛЕНИЯМ.**

Тоннели на европейских железных дорогах начали строить еще до появления паровой тяги. В 20-х гг. XIX века на рельсовых путях с конной тягой было сооружено несколько таких объектов длиной до 1,5 км [1]. С появлением в 1830-х гг. паровой тяги протяженность железных дорог непрерывно возрастала, что обуславливало и необходимость строительства тоннелей. В России развитие железнодорожной сети началось в середине XIX века.

## КОВЕНСКИЙ ТОННЕЛЬ

В 1851 году ввели в эксплуатацию железную дорогу длиной 645 км, соединившую Петербург и Москву, а в 1852 году приступили к строительству железной дороги между Петербургом и Варшавой протяженностью 1300 км. По трассе магистрали для преодоления контурных препятствий были построены мосты, а высотные препятствия пересекли два тоннеля: Виленский длиной 427 м и Ковенский длиной 1248 м [1, 2]. Ковенский тоннель в плане расположен частично на прямой (816,9 м) и частично на кривой радиусом 958,5 м (461,1 м). Уклон в сторону г. Ковно составляет 1,5‰ (рис. 1).

Глубина заложения тоннеля изменяется от 28 до 35 м. Тоннель сводчатого очертания с обделкой из кирпичной кладки в три кирпича в пятах и в 2,5 — в замке свода. В кладку стен заложены стальные дренажные трубы. Для укрытия обслуживающего персонала устроены ниши.



Рис. 1. Портал Ковенского тоннеля

Зазоры между кирпичной кладкой и грунтом заполняли камнем или кирпичным боем. Этот тоннель был построен с использованием передовых для того времени технологий. Руководил работами известный инженер путей сообщения Ф. Ф. Перрот.

Обычно в то время при строительстве тоннелей за рубежом по мере раскрытия выработки сначала возводили стены, на которые затем опирали свод. Перрот предложил вначале возвести свод, под который подвести стены. Это позволило сократить сроки и стоимость строительства.

Проходку тоннеля в слабоустойчивых грунтах вели с раскрытием выработки по частям. Вначале была пройдена верхняя штольня и четыре шахтных ствола на взаимном расстоянии 170,4 м. Таким образом, организовали шесть забоев: два с порталов и четыре из стволов. После раскрытия калоттного профиля возводили свод, а затем в шахматном порядке — стены.

Очертание и толщина обделки были приняты с учетом ожидаемого горного давления. В связи с тем, что горно-геологические условия по трассе тоннеля изменялись, пришлось запроектировать и выполнить несколько видов конструкций обделки с разными толщинами свода и стен.

Проходку тоннеля вели в три смены, круглосуточно со средней скоростью 160 м/мес, и завершили в конце 1859 года. [4]. Объект был сдан в эксплуатацию в 1862 года и функционирует до настоящего времени.

Во время Великой отечественной войны в июле 1944 года при отступлении германской армии тоннель был частично разрушен: на припортальных участках и в четырех местах по длине.

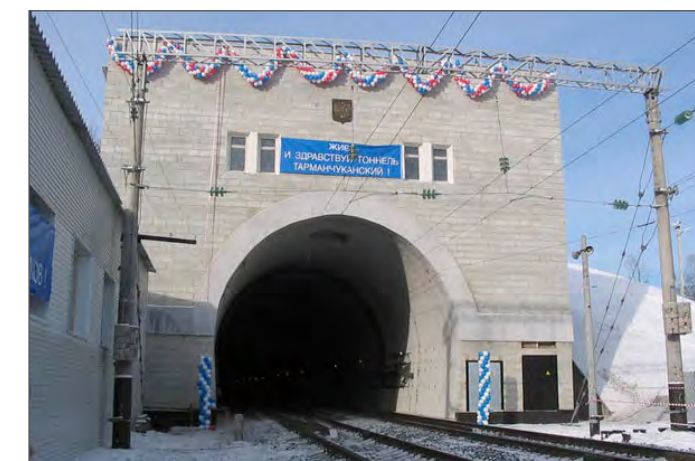
Для восстановления тоннеля потребовалось разработать около 55 тыс. м<sup>3</sup> грунта и уложить около 1,2 тыс. м<sup>3</sup> бетона. Работы заняли порядка месяца. По восстановленному сооружению перебрасывались на запад советские войска и техника. Ковенский тоннель эксплуатировался до 1969 года, когда один из путей был демонтирован. В 1974 году тоннель электрифицировали. Последнюю реконструкцию объекта провели в 2009 году, заменив кирпичную обделку бетонной и оставив оригинальную конструкцию только на участке длиной 100 м. Кроме того, были отреставрированы оба портала с приданием им первоначального вида.

## XX ВЕК В ДОРЕВОЛЮЦИОННОЙ РОССИИ

В период с 1905 по 1917 год в связи со строительством ряда крупных железных дорог в гористых местностях Крыма, Кавказа, Урала и Сибири были построены многочисленные тоннели различной протяженности.

С 1890 по 1904 год на Китайско-Восточной дороге проложили девять двухпутных тоннелей общей протяженностью 4,3 км, в числе которых Хинганский длиной 3 км через одноименный хребет [4]. В 1905 году завершили постройку 39 Кругобайкальских тоннелей на южном берегу озера Байкал суммарной длиной 7,3 км [4]. При строительстве Амурской дороги от станции Куэнга до Хабаровска при преодолении водоразделов построили двухпутные тоннели длиной до 2 км — Керакский, Архаренский, Тмарчуканский (рис.2, а) и Лагар-Аульский

а



б



Рис. 2. Порталы Тмарчуканского (а) и Лагар-Аульского (б) тоннелей

(рис. 2, б). Тоннель у станции Облучье впервые в мировой практике построен в вечномёрзлых грунтах.

В тот же период велось интенсивное строительство железнодорожных тоннелей на Кавказе. На линии Армавир — Туапсе были сооружены три кольцевых тоннеля, один из которых имеет длину 986 м. Пять однопутных тоннелей длиной до 2 км построены на линии Казань — Екатеринбург. Таким образом, в России к 1917 году эксплуатировались 143 тоннеля общей протяженностью более 52 км.

Строительство таких объектов в указанный период велось горными способами с раскрытием выработки по частям и применением деревянной веерной крепи. В зависимости от степени прочности и устойчивости грунтов использовали способы полностью раскрытого профиля, опертого свода и опорного ядра. Скальные породы разрабатывали с помощью колонковых бурильных перфораторов, а слабые неустойчивые — преимущественно

вручную. В крепких скальных породах, не подверженных выветриванию, выработку оставляли без отделки, а во всех остальных случаях возводили отделку из бутовой, либо кирпичной кладки, а позднее из монолитного бетона. Отделку из бутового гранитного камня возводили отдельными кольцами шириной от 6 до 12 м, между которыми оставляли зазоры порядка 3 см (деформационные швы). На участке с односторонним боковым давлением грунта устраивали несимметричную отделку.

Одновременно со строительством тоннелей в России проводились теоретические и экспериментальные научные исследования. Они касались конструирования тоннельных отделок, определения горного давления, методики расчета конструкций на неблагоприятные воздействия как на стадиях строительства, так и эксплуатации тоннеля.

В исследованиях участвовали крупные инженеры и ученые: А. В. Ливеровский, Ф. Ю. Левинсон-Лессинг, Л. Ф. Николаи, Ф.Ф. Перрот, А. Н. Пассек, М. М. Протоdjяконов, С. И. Белзецкий и др.

Ф. Ф. Перрот внес ряд конструктивных предложений по рациональному очертанию тоннельных отделок, по технологии раскрытия тоннельного профиля.

В 1908 году проф. М. М. Протоdjяконов разработал гипотезу разгружающего свода над тоннельной выработкой. Рассматривая все породы условно как несвязные и введя понятие коэффициента крепости, он вывел формулу определения высоты свода обрушения, которой пользуются до настоящего времени для предварительных расчетов.

В 1915 году в лаборатории Петроградского политехнического института под руководством акад. Ф. Ю. Левинсон-Лессинга впервые применили метку оптического моделирования для исследования статической работы тоннельных отделок различных форм поперечного сечения.

Заслуживают внимания и исследования проф. Л. Ф. Николаи, который предложил метод расчета свода тоннеля как упругой системы.

Анализ опыта сооружения железнодорожных тоннелей в дореволюционной России свидетельствует о непрерывном развитии рассматриваемой отрасли.



Рис. 3. Порталы Северо-Муйского (а) и второго Байкальского (б) тоннелей

### ПОСЛЕДУЮЩИЕ ДОСТИЖЕНИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ ПЛАНЫ

В последующие годы был достигнут существенный прогресс в транспортном тоннелестроении.

Это касается объемно-планировочных и конструктивно-технологических решений, а также методов расчета отделок на основе математического моделирования. С применением современных технологий в нашей стране построен ряд крупных железнодорожных тоннелей: Северо-Муйский (рис. 3, а) длиной 15,3 км, второй Байкальский (рис. 3, б) длиной 6,4 км, Меградзорский длиной 8,3 км, Сурамский длиной 4 км, Расвумчоррский длиной 5 км, Сусамырский длиной 2,5 км и др. [4].

В настоящее время ведутся работы по модернизации и реконструкции БАМа, которые коснутся и расположенных по трассе тоннельных сооружений. Разработаны проекты скоростных железнодорожных магистралей Москва – Санкт-Петербург, Москва – Казань и др., где также намечено строительство новых и реконструкция действующих тоннелей.

При этом должны использоваться как существующие, так и инновационные технические решения, обеспечивающие надежность и долговечность тоннелей, повышение темпов и снижение стоимости строительства, а также минимизацию нарушений окружающей среды в соответствии с новыми нормативными документами. ■



## О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВОМ ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ И МЕТРОПОЛИТЕНОВ

В. А. ГАРБЕР,  
д. т. н. (НИЦ «ТМ» АО «ЦНИИТС»)

**УСПЕХИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТНОГО ТОННЕЛЕСТРОЕНИЯ ВО ВРЕМЕНА СССР ОБЕСПЕЧИВАЛО, В ТОМ ЧИСЛЕ, СУЩЕСТВОВАНИЕ ЕДИНЫХ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ СТРУКТУР. ПОСТПЕРЕСТРОЕЧНЫЙ И ПОСЛЕДУЮЩИЙ МНОГОЛЕТНИЙ ОПЫТ ДЕМОНИСТРИРУЕТ, ЧТО БЕЗ ПРЯМОГО УЧАСТИЯ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОРГАНОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ВЛАСТИ, В ЧАСТНОСТИ, РАЗВИТИЕ МЕТРОПОЛИТЕНОВ В РОССИЙСКИХ ГОРОДАХ-МИЛЛИОННИКАХ, ЗА ИСКЛЮЧЕНИЕМ МОСКВЫ, В СЕГОДНЯШНЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ НЕ МОЖЕТ БЫТЬ ЭФФЕКТИВНЫМ.**

### В СОВЕТСКИЕ ВРЕМЕНА

В составе Минтрансстроя СССР долгие годы существовало Главное управление по строительству железнодорожных тоннелей и метрополитенов (Главтоннельметрострой), а затем в МПС СССР до распада Советского Союза было Главное управление метрополитенов (Главметрополитен).

Главтоннельметрострой объединял все тоннеле- и метростроительные организации в стране, осуществлял централизованное планирование и финансирование всех строек, во всех городах и регионах.

Были достигнуты впечатляющие результаты. Строились метрополитены в Москве, Ленинграде (Санкт-Петербурге), Нижнем Новгороде, Новосибирске, Екатеринбурге. Были утверждены перспективные планы

#### Литература

1. Маковский В.Л. Тоннели. Проектирование и строительство. Издательство академии архитектуры СССР. — М.: 1947, 763 с.
  2. Тоннели и метрополитены. Под редакцией В.П. Волкова. — М.: «Транс-порт», 1975, 552 с.
  3. Макаров А.В., Павлова М.А., Дегтярева Л.В. Первые российские транс-портные тоннели: история и современность. — «Инновационная наука», 2018, № 11. — с. 31-33.
  4. Выгов И. Первые российские железнодорожные тоннели. — «Метро», 1996, № 1. — с. 38-40.
- Интернет-ресурсы:  
 URL: Режим доступа <https://pandia.ru/text/77/185/10136.php>, свободный;  
 URL: Режим доступа <https://www.amurnews.ru/society/125011/>, свободный;  
 URL: Режим доступа <https://undergroundexpert.info/issledovaniya-i-tehnologii/nauchnye-stati/novyi-baikalskiy-tunnel/>, свободный;  
 URL: Режим доступа <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1572822&archive=2021.07.22>, свободный.

строительства метрополитенов в Красноярске, Омске, Челябинске, Ростове на Дону.

Построили тоннели Байкало-Амурской магистрали, горные тоннели на Кавказе, на Дальнем Востоке, тоннели железнодорожной линии Абакан — Тайшет.

В это же время была создана нормативно-техническая база транспортного подземного строительства, активно развивалась отраслевая, в профильных вузах каждый год выпускали по 40-50 инженеров-тоннелестроителей. Здесь надо отдать должное и вспомнить таких крупных руководителей- организаторов отрасли, как Ю.А. Кошелев, С. Н. Власов, В. А. Бессолов.

Главметрополитен объединял все метрополитены страны, и, в том числе, существовала Объединенная дирекция строящихся метрополитенов.

Были разработаны и утверждены единые Правила технической эксплуатации (ПТЭ), которыми регламентировались все соответствующие мероприятия для всех подразделений метрополитенов. Особое внимание было уделено обеспечению безопасности движения и пассажиров.

Главметрополитен также стандартизировал подвижной состав во всех городах и все технические средства эксплуатации. Вагоны для метрополитенов изготавливались на Мытищинском машиностроительном заводе (ММЗ).

Говоря об этом периоде, надо отдать должное и вспомнить таких крупных руководителей-организаторов, как Ю. Е. Крук, Е. Г. Дубченко, Д. В. Гаев.

В советский период системы Главтоннельмостростроя и Главметрополитена надежно обеспечивали строительство и эксплуатацию транспортных тоннелей и метрополитенов.

## ПОСТПЕРЕСТРОЕЧНЫЙ ПЕРИОД И СОВРЕМЕННАЯ СИТУАЦИЯ

С распадом СССР, соответственно, были ликвидированы и все союзные министерства. Перестали существовать и такие профильные структуры, как Главтоннельмострострой и Главметрополитен.

По инициативе С. Н. Власова была создана Тоннельная ассоциация России (ТАР), которая, являясь общественной организацией, пыталась привлечь к сотрудничеству все тоннелестроительные предприятия и компании, оказавшиеся без централизованного руководства. Существует за счет членских взносов, которые не являются стабильными и, насколько известно, последние годы только уменьшаются, поскольку многие члены ТАР сами испытывают трудности с финансированием.

ТАР входит в Международную тоннельную ассоциацию и организует участие России в междуна-



ных симпозиумах и конференциях, которые проходят в разных странах.

ТАР сформировала, утвердила и выпустила современные единые правила техники безопасности при подземном строительстве.

По последним данным, сейчас в России активно функционирует около 27 компаний по строительству тоннелей и метрополитенов. В числе самых крупных: Мосмострой, Трансинжстрой, Ингеоком, Мосинжпроект, Казмострой, Бамтоннельстрой.

С переводом из государственной (муниципальной) собственности в частную каждая из этих организаций самостоятельно «добывает» себе работу и финансирование, без какой-либо координации с коллегами, сама обеспечивает себя техникой и кадрами. Основной целью акционеров при этом, естественно, является получение прибыли, а не развитие научно-технического прогресса. В результате тоннельная наука деградировала, резко снизились объемы и качество отраслевых исследований.

Понижилась и результативность проектных организаций, зачастую также сокращающих объемы работ и количество сотрудников, которые, в конечном счете, тоже вынуждены ориентироваться на получение акционерами прибыли, а не на улучшение качества своих проектов и их разработку на перспективу.

Схожая ситуация и с подготовкой кадров в вузах. Большая часть инженеров-тоннельщиков готовится на платной основе для зарубежных организаций (Китай и другие азиатские государства).

Министерство путей сообщения фактически трансформировалось в ОАО «РЖД», при этом исчез и Главметрополитен. Метро во всей стране, как известно, передали в ведение городских властей. Были, в том числе, разрушены и сложившиеся на государственном уровне связи между метрополитенами.

Вся эта ситуация сказалась на состоянии безопасности движения: регулярно происходили аварии по техническим и организационным причинам, некоторые — с человеческими жертвами.

Нельзя сказать, что описанная ситуация в отрасли не обеспокоила руководящие органы. Начали проявляться попытки решения возникших проблем и устранения недостатков.

Так, в столице при разработке масштабной программы мостростроения, которая реализуется на сегодняшний день, была создана принципиально новая единая структура (но некоторым мнениям, однако, вопреки антимонопольному законодательству) — стопроцентное предприятие Правительства Москвы. Обычный институт «Мосинжпроект», ранее занимавшийся проектированием городских коммуникаций, наделили в одном лице функциями заказчика, генерального проектировщика и генерального подрядчика по строительству метрополитена и городских тоннелей.

Руководством города, при поддержке руководства страны, были разработаны грандиозные планы по строительству новых линий метро в Москве. Для реализации этих планов «мобилизовались» проектировщики и тоннелестроители со всех регионов России. Кроме того, были на контрактной основе привлечены специалисты из Китая, Испании, Беларуси.

Первоначально при отсутствии необходимого организационно-технического опыта концентрация власти по принятию решений, однако, наряду с положительными результатами по объемам и срокам строительства в Москве, имела и существенные недостатки. В частности, не удалось избежать крупных аварий с пострадавшими. В прессе есть свидетельства о том, что проявлялись и коррупционные тенденции.

Кроме того, сосредоточению финансирования больших объемов мостростроения в Москве, бюджет которой один в стране имеет соответствующие возможности, сопутствует хронический кризис и даже полная остановка строительства метрополитенов в других городах-миллионниках России. Даже в Санкт-Петербурге не наблюдается регулярного строительства новых линий и объектов метро.

Следует, однако, отметить, что Минстрой России пытается координировать работу отрасли, совершенствуя нормативно-техническую базу: пересматриваются СНиПы «Метрополитены» и «Тоннели железнодорожные и автомобильные». К актуализации этих нормативных документов привлекаются на добровольной основе все специализированные проектные, строительные и научно-исследовательские организации, а также профильные вузы.

Сравнивая положение дел в транспортном подземном строительстве в доперестроечный период с ситуацией в настоящее время, можно отметить гипертрофированные достижения в Москве и многолетний упадок в

остальных городах России. В целом это мало способствует научно-техническому прогрессу в отрасли. Требуется установить причины такого положения и принять меры по их устранению, в том числе, взяв из доперестроечного периода все позитивное для мостростроения и, по возможности, не повторяя ошибок, которые и тогда имели место.

## КАК УСОВЕРШЕНСТВОВАТЬ СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ

Анализ положения в области транспортного подземного строительства позволяет сделать ряд рекомендаций.

В структуре Минстроя России было бы целесообразно создать орган, аналогичный Главтоннельмострострою, которому должны подчиняться все тоннелестроительные организации. Эта структура должна быть наделена правом распределения объемов подземного транспортного строительства в стране с соответствующим бюджетным финансированием.

В системе ОАО «РЖД» уместно создать орган, аналогичный Главметрополитену, включая подобие Объединенной дирекции строящихся метрополитенов. Эта организация должна обеспечивать единую техническую политику, в том числе стандартизацию подвижного состава и всех технических средств, и должна быть обеспечена соответствующим бюджетным финансированием.

Для преодоления ситуации и решения накопившихся проблем Минстрой России и ОАО «РЖД» также должны создать совместную научно-техническую базу по развитию технического прогресса в отрасли строительства и эксплуатации подземных транспортных объектов. Эта организация может быть образована в виде НИИ с бюджетным финансированием. Такой специализированный институт мог бы объединить оставшиеся научные кадры из продолжающих переживать тяжелые времена научно-исследовательских учреждений отрасли. Причем эта организация не должна зависеть от частного капитала.

Государственные органы, курирующие высшее техническое образование, должны обеспечивать на бюджетной основе обучение в транспортных вузах необходимое количество специалистов-подземщиков для удовлетворения потребности в кадрах проектных, строительных, научных и эксплуатационных организаций.

Есть все основания полагать, что реализация предложенной программы позволила бы возродить в России отрасль подземного транспортного строительства на высоком научно-техническом уровне.

# НЕГАТИВНОЕ ВЛИЯНИЕ СТРУЙНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ ГРУНТОВ НА ФУНДАМЕНТЫ БЛИЗКОРАСПОЛОЖЕННЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

А. Г. МАЛИНИН,  
И. А. САЛМИН

(ООО «Строительная компания «ИнжПроектСтрой»)

**В СТАТЬЕ ПРЕДСТАВЛЕНЫ РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО УСТРОЙСТВУ ГРУНТОЦЕМЕНТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ БЛИЗИ ЗАГЛУБЛЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, МОДЕЛИРУЮЩИХ ФУНДАМЕНТЫ ЗДАНИЯ. ПОКАЗАНО НЕГАТИВНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОСНОВАНИЕ ФУНДАМЕНТОВ, КОТОРОЕ ПРИВЕЛО К ЗНАЧИТЕЛЬНЫМ БОКОВЫМ ПЕРЕМЕЩЕНИЯМ КОНСТРУКЦИЙ.**

Технология струйной цементации грунтов появилась в нашей стране в «нулевые» годы. За этот практически 20-летний период реализовано огромное количество проектов в различных областях подземного строительства — устройство ограждений и фильтрационных завес в глубоких котлованах, укрепление слабых грунтов под плитными фундаментами, откосов, оснований автодорог, грунтов при проходке тоннелей и др.

К сожалению, высокая эффективность решения многих практических задач заслонила имеющиеся недостатки этой технологии. Выражаясь известной фразой, произошло «головокружение от успехов».

Одним из существенных недостатков технологии является ее влияние на фундаменты близкорасположенных зданий и сооружений. В первую очередь это касается производства работ по укреплению аварийных фундаментов, а также по усилению фундаментов перед прокладкой городских коллекторов или тоннелей метрополитенов.

Не скроем, много лет назад, на этапе своих первых шагов один из авторов статьи в порыве внедрения этой технологии в одном из российских городов предложил для усиления фундаментов жилых зданий вдоль строящейся линии метрополитена использовать струйную цементацию с применением сжатого воздуха. По счастливой случайности разработанные проекты попали на экспертизу опытному зарубежному специалисту и были отклонены.

Можно было бы с улыбкой вспоминать этот случай, если бы авторам в настоящее время периодически не встречались аналогичные проекты. И это, напомним, происходит спустя 20 лет. На рынок выходит новое мо-

лодое поколение геотехников, которое предпочитает учиться исключительно на собственных ошибках.

Существует два основных режима струйной цементации — однокомпонентный, когда грунт разрушают исключительно струей цементного раствора, и двухкомпонентный — с дополнительным применением сжатого воздуха. Наиболее опасен второй режим, хотя существует множество примеров, когда и более щадящий однокомпонентный режим приводил к негативным последствиям.

Струйную цементацию при двухкомпонентном режиме (Jet2) выполняют с применением двойных коаксиальных штанг. По внутренней трубе нагнетают цементный раствор. По межтрубному зазору — сжатый воздух. Подробное описание режимов струйной технологии, а также используемого оборудования приведено в монографии [1], которая находится в открытом доступе на сайте [www.jet-grouting.info](http://www.jet-grouting.info). Здесь же отметим, что в мониторе, оснащенный двойными форсунками, происходит формирование цементной струи, окруженной воздушной рубашкой, которая снижает трение цементной струи об окружающий грунт и, тем самым, способствует увеличению дальности вылета струи в несколько раз.

Для численной оценки негативного влияния струйной цементации на фундаменты близко расположенных зданий было решено провести натурный эксперимент. Он осуществлен в рамках технической обкатки нового технологического оборудования, выпускаемого предприятием «Специальная строительная техника», а именно — высоконапорного насоса ССТ400, оснащенного двигателем Ярославского моторного завода ЯМЗ-7511.10 мощностью 400 л. с. (294 кВт).

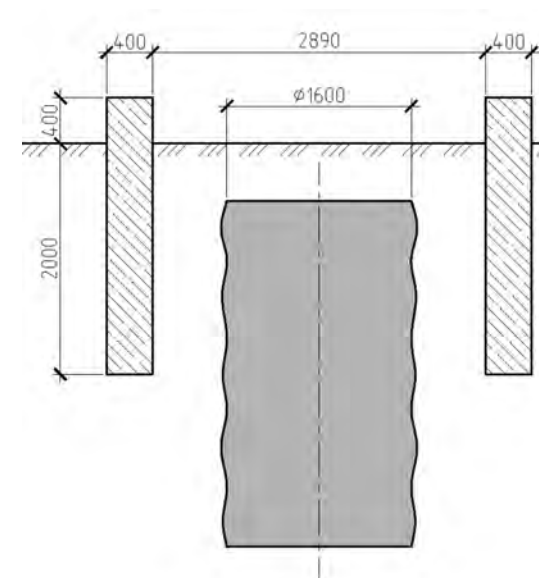


Рис. 1. Схема эксперимента

Грунтоцементный элемент предполагалось устроить с применением двухкомпонентной технологии струйной цементации. Схема эксперимента показана на рис. 1.

Сущность эксперимента заключалась в следующем. Перед устройством ГЦЭ с применением вышеописанной двухкомпонентной технологии по обе стороны от проектного расположения оси лидерной скважины были заглублены два вертикальных железобетонных блока размерами 400 x 600 x 2400 мм, имитирующих фундаменты. Расстояние между блоками «в свету» составляло 2890 мм.

После бурения лидерной скважины на глубину 5 м обратным ходом выполняли струйную цементацию грунта с целью формирования в нем цилиндрической грунтоцементной колонны.

Параметры струйной цементации: диаметры форсунок — 2,5 мм, количество форсунок — 2 шт., водоцементное отношение — 1.0, давление нагнетания — 42 МПа, давление сжатого воздуха — 0,7 МПа, расход сжатого воздуха — 8 м<sup>3</sup>/мин, расход цемента в сухом состоянии — 900 кг/пог. м.

Сразу после окончания работ было выполнено измерение расстояния «в свету» между блоками, которое составило 2980 мм, то есть увеличилось на 90 мм. Принимая симметричность схемы расположения блоков, можно предположить, что каждый блок получил горизонтальное смещение на 45 мм (!).

После недельной выдержки был откопан шурф с целью визуального обследования результата работ (рис. 2).

## Литература

1. Малинин, А.Г. Струйная цементация грунтов. — М.: «Стройиздат», 2010.

Установлено, что диаметр грунтоцементной колонны составил приблизительно 1600 мм, а расстояние от края колонны до железобетонного блока — 700 мм.

Таким образом, можно сделать вывод, что даже при отсутствии контакта струи цементного раствора с поверхностью блока горизонтальное перемещение фундамента составило значительную величину.

Понимая всю условность эксперимента, следует констатировать значитель-

ное воздействие технологии на близкорасположенные подземные части фундаментов. Это требует не только осторожного подхода к подобным работам, но даже, по мнению авторов, требует внесения в нормативные документы полного запрета на применение струйной технологии с применением сжатого воздуха при наличии близко расположенных фундаментов зданий и сооружений.

В том случае, когда применение технологии технически оправдано, следует ограничиться применением только однокомпонентного режима с пониженным уровнем давления нагнетания до 15–20 МПа с обязательным мониторингом деформаций фундаментных конструкций. Однако при этом следует иметь в виду, что понижение уровня давления приведет к резкому уменьшения диаметра ГЦЭ — до 300–400 мм.

Считаем, что при усилении фундаментов зданий следует полностью отказаться от классического варианта струйной цементации. В этом случае предпочтительнее применять так называемую технологию MiniJet (название пока не устоялось) в сочетании с одновременной установкой винтовых анкеров, которые и должны воспринять на себя всю действующую нагрузку от надфундаментных конструкций.



Рис. 2. Фото откопанного грунтоцементного элемента



Тел.: 8 495 220-10-48,  
+7(499) 372-51-64  
E-mail: [mail@maliningroup.com](mailto:mail@maliningroup.com)  
Тел.: +7 (342) 204-01-15  
E-mail: [perm@maliningroup.com](mailto:perm@maliningroup.com)  
[www.jet-grouting.info](http://www.jet-grouting.info)

## О СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ДЛЯ РАЗВИТИЯ АРКТИКИ

**РЕАЛИЗАЦИЯ МАСШТАБНОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ОСВОЕНИЯ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РФ ПРЕДПОЛАГАЕТ, В ТОМ ЧИСЛЕ, РЕШЕНИЕ СПЕЦИФИЧЕСКИХ «СЕВЕРНЫХ» ВОПРОСОВ ГЕОТЕХНИКИ, ФУНДАМЕНТОСТРОЕНИЯ, ГРУНТОУКРЕПЛЕНИЯ, ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАЩИТЫ. В СВЯЗИ СО СТОЯЩИМИ ЗАДАЧАМИ ПОЯВЛЯЮТСЯ И ПРОФИЛЬНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ. 5-7 ОКТЯБРЯ В МОСКВЕ ПРОШЛИ I МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ «АРКТИКА» И ВЫСТАВКА «СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, СПЕЦТЕХНИКА, ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АРКТИКИ».**

Организатором форума выступила Международная ассоциация фундаментостроителей. Официальную поддержку мероприятию оказали АО «НИЦ «Строительство», АО «ЦНИИТС» и ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова». Генеральным спонсором стала компания Zinker. Также спонсировали проведение мероприятия ГК «Петромоделинг», АО «ИЭПИ», ООО «Тепофол».

В форуме приняли участие более 250 экспертов и специалистов, так или иначе причастных к работе строительной отрасли. В их число, например, вошли представители структур Газпрома и Роснефти, а также ведущих организаций дорожников и мостовиков страны (РОСДОРНИИ, «Институт Гипростроймост — Санкт-Петербург», Госкомпания «Автодор»).

В первый и второй день форума были представлены технические и коммерческие доклады, подразделенные на десять тематических секций. Большое внимание при этом постарались уделить всем основным вопросам инфраструктурного строительства в Арктике.

В частности, генеральный директор компании Zinker Василий Бочаров представил доклад о технологии цинкования, способной надежно защитить металлические конструкции от коррозии. Цинкерное покрытие наносится даже при температуре ниже  $-35^{\circ}\text{C}$ , что делает вероятным его применение в Арктической зоне.

Финансовый директор компании «ИЭПИ» Иван Королев в рамках пленарной сессии представил доклад об экологических рисках при реализации арктических проектов и путях их минимизации.

О возможностях применения возобновляемых источников энергии для термостабилизации грунтов рассказал Егор Локтионов, заведующий лабораторией МГТУ им. Н.Э. Баумана. Таяние вечной мерзлоты — одна из самых обсуждаемых тем. Эксперт предложил обратить внимание на надежность мер защиты и представил решение, благодаря которому тепло не проникает в грунт.

В рамках секции «Проектирование оснований и фундаментов на многолетнемерзлых грунтах» выступили представители НИИОСП им. Н.М. Герсеева АО «НИЦ «Строительство». Руководитель центра геокриологических и геотехнических исследований Андрей Алексеев выступил модератором секции и представил свою работу «Обеспечение устойчивости сооружений при морозном пучении грунтов». Также с докладом о деформировании свай в пластично-мерзлых грунтах выступил Дмитрий Зорин, младший научный сотрудник сектора проектирования и геокриологических исследований.

Участники форума отмечали доклад научного сотрудника лаборатории математического моделирования внешних воздействий на объекты мониторинга ООО «НИИ Транснефть» Александра Кислова «Об адаптации прогнозных моделей теплового взаимодействия в системе «грунт — сооружения» на период всего жизненного цикла зданий и сооружений на ММГ». Такая модель создается на этапе проектирования и является многокомпонентной. Докладчик рассказал обо всех нюансах ее аппаратной реализации.

В рамках секции «Развитие фундаментальной науки в Арктике» выступил консорциум экспертов из Института криосферы Земли Сибирского отделения Российской академии наук. Главный научный сотрудник, д. г.-м. н. Александр Васильев представил доклад о деградации мерзлоты западного сектора Российской Арктики в условиях меняющегося климата. Эксперты показали, как изменились температурные показатели на различных участках. По результатам проведенного мониторинга ученые увидели динамику опускания кровли и изменение несущей способности ММП. Последствия деградации мерзлоты были продемонстрированы на объектах промышленной инфраструктуры.

Большое внимание участников форума вызвали доклады ведущего научного сотрудника ФГБУ ВНИИ ГОЧС

(ФЦ) МЧС России Геннадия Нигметова об оценке опасности обрушения систем «грунт — здание» и технического эксперта ВНИИЖТ Сергея Дубинского, чья работа была посвящена базам данных климатических характеристик и построению карт прогноза рисков для зданий и сооружений в Арктической зоне.

Также актуальный доклад о необходимости лабораторных исследований грунтов сезонномерзлого и сезонноталого слоя при проектировании линейных и площадных сооружений представил Алексей Усов, управляющий партнер лаборатории компании «Петромоделинг ЛАБ» — спонсора форума. Он рассказал, как такие исследования проводят специалисты предприятия, с какими сложностями они сталкиваются, и какие характеристики важно учитывать при проведении анализа.

Представители компании «ГЕОИЗОЛ Проект» Иван Богданов, технический директор, и Павел Александров, главный конструктор, модерировали секцию «Инженерная защита территорий, зданий, сооружений в криолитозоне». Как отметил Иван Богданов, при реализации масштабных проектов негативное влияние на вечноммерзлые грунты неизбежно — например, при комплексном освоении территории, при строительстве портов, транспортных терминалов, других крупных производственных и инфраструктурных объектов. С 70-х гг. прошлого века среднегодовые температуры в Арктической зоне превысили норму на  $2,8^{\circ}\text{C}$ , а среднегодовая сумма осадков увеличилась на 5-10%. Докладчик отметил основные причины растепления многолетнемерзлых грунтов, последствия этого процесса, представил этапы проектирования мероприятий инженерной защиты, компенсирующие мероприятия и проведение контраварийных мероприятий на существующем сооружении.

Актуальный доклад о литодинамических исследованиях и мониторинге динамики арктических берегов на участках промышленного освоения представила компания «ИЭПИ». Руководитель Управления геологических работ Александр Ермолов рассказал об изучении проблемы разрушения берегов арктических морей. Целью исследований являлось получение характеристик литодинамических процессов, необходимых для проектирования, оценки надежности эксплуатации сооружений и их влияния на морфологию и динамику береговой зоны.

В секции «Инженерные изыскания для строительства в арктических регионах» с докладом о бурении малоуглубинных инженерно-геологических, пилотных и стратиграфических скважин на шельфе выступила Анна Пелевина, главный менеджер компании «Росгео» (холдинг «Росгеология»). Эксперт отметила, что в настоящее время на российском шельфе существует нехватка информации о литологии и свойствах изучаемого разреза. А страти-



графическое и пилотное бурение, по сравнению с разведочным, требуют менее значительных финансовых и временных затрат.

В секции «Геотехнический мониторинг» участники отметили доклад Дмитрия Погоржальского, ведущего инженера сектора организации и проведения геотехнического мониторинга «НК «Роснефть» — НТЦ». По мнению эксперта, внедрение нейронных сетей на этапе обработки и анализа полученных данных, а также последующей разработки управляющих решений, позволяет своевременно выявлять отклонения контролируемых параметров и инициировать процесс разработки компенсационных мероприятий. Это, в свою очередь, повышает общую эксплуатационную надежность зданий и сооружений.

Также вызвал интерес у слушателей доклад финансового директора компании «Русгеотех» Алексея Шаркова «Автоматизированные системы как инструмент для непрерывного температурного мониторинга грунтов оснований зданий и сооружений повышенного уровня ответственности, расположенных в Арктической зоне РФ».

В секции «Строительные материалы, оборудование и спецтехника для Арктики» обсуждались различные технологии, благодаря которым специалистам удастся решить ряд проблем Крайнего Севера. Так, доклад Андрея Свидерских, аспиранта НИИОСП им. Н.М. Герсеева АО «НИЦ «Строительство», был посвящен оценке эффективности применения многолопастных винтовых свай в пучинистых грунтах.

Участники форума отмечали актуальность и разнообразие тем в деловой программе и высокий уровень организации мероприятия.

*По материалам Международной ассоциации фундаментостроителей*