

## Журнал

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

## Председатель редакционной коллегии

К. Н. Матвеев, председатель правления ТАР

## Зам. председателя редакционной коллегии

И. Я. Дорман, доктор техн. наук

## Ответственный секретарь

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

## Редакционная коллегия

В. В. Адушкин, академик РАН

В. Н. Александров

М. Ю. Беленький

А. Ю. Бочкарев, канд. экон. наук

В. В. Внутских

С. А. Жуков

Б. А. Картозия, доктор техн. наук

Е. Н. Курбацкий, доктор техн. наук

М. О. Лебедев, канд. техн. наук

И. В. Маковский, канд. техн. наук

Ю. Н. Малышев, академик РАН

В. Е. Меркин, доктор техн. наук

А. Ю. Старков

Б. И. Федунец, доктор техн. наук

Т. В. Шепитько, доктор техн. наук

Ш. К. Эфендиев

## Тоннельная ассоциация России

тел.: (495) 608-8032, 608-8172

факс: (495) 607-3276

www.rus-tar.ru

e-mail: info@rus-tar.ru

## Издатель

ООО «Метро и тоннели»

тел./факс: +7 (495) 981-80-71

127521, Москва,

ул. Октябрьская, д. 80, стр. 3,

оф. 4206

e-mail: metrotunnels@gmail.com

## Генеральный директор

О. С. Власов

Журнал зарегистрирован

Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов журнала только с письменного разрешения издательства

© ООО «Метро и тоннели», 2021



Мосметрострой



## № 4 2021

### Юбилеяры отрасли

Ленметрогипротранс: технологичность, комфорт, безопасность и безупречный петербургский стиль **4**

85 лет ОАО «Уралгипротранс»: надежность, проверенная годами **10**

### В Тоннельной ассоциации России

О научно-технической конференции ТАР «Освоение подземного пространства мегаполисов и транспортные тоннели» (Екатеринбург) **13**

И. А. Смотров, А. Ю. Долгих, Д. С. Конюхов

Отчетно-выборная конференция ТАР **20**

### Исследования

Защита от промерзания вентиляционных стволов метрополитена с устройством конструкционно-теплоизоляционной рубашки из пеностеклобетона **21**

Д. Л. Бурин, А. Л. Новиков, Ю. А. Филонов

### Проектирование

Развитие метрополитена в Екатеринбурге **24**

Е. А. Клементьев

### Обобщая опыт

Опыт строительства зданий над подземными сооружениями метро в Минске **28**

Г. Н. Протасов

Перспективные технологии разработки скальных пород в тоннелестроении **34**

Л. В. Маковский, В. В. Кравченко

### Безопасность метрополитена

О решениях проблемы физической защиты пассажиров метрополитена от падения с пассажирских платформ **37**

В. И. Паутов

### Уникальный проект

Транспортный переход в тоннельном варианте на о. Сахалин **40**

Н. И. Кулагин, К. П. Безродный, М. О. Лебедев, В. В. Космин, В. Е. Меркин

### Подземная урбанистика

Развитие подземной урбанистики на Ближнем Востоке **44**

С. А. Матушевская, Алсих Абдулсалам

### О тоннелях и тоннельщиках

Свистать всех в забой! **47**

Б. А. Картозия

# СОДЕРЖАНИЕ



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ

Станция «Юго-Восточная» Московского метрополитена (с. 4)



**Уважаемые коллеги, друзья!**

**Поздравляю вас с Новым 2022 годом!**

Прошедший год ознаменовался большими достижениями в строительстве метро и транспортных тоннелей. Впервые сданы десять станций Большой кольцевой линии Московского метрополитена, и это в условиях разгула коронавирусной инфекции. Несмотря на пандемию, Президентом и Правительством определены основные направления развития отрасли, предусмотрено финансирование для интенсивного проектирования и строительства метрополитенов не только в Москве и Санкт-Петербурге, но и в Красноярске, Челябинске, Нижнем Новгороде, Екатеринбурге, Новосибирске, Казани, а также для развития строительства горных тоннелей в Сибири и на Дальнем Востоке.

**Желаю вам, дорогие друзья, доброго здоровья и успехов в нашем трудном, но таком необходимом людям деле!**

**Председатель правления  
Тоннельной ассоциации России**

**К. Н. Матвеев**





*Уважаемые коллеги!*

Тоннельная ассоциация России сердечно поздравляет коллектив ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс» со знаменательной датой – 75-летием со дня образования организации!

История вашего научно-исследовательского, проектно-изыскательского института богата великими свершениями, связанными с развитием транспортной инфраструктуры Северной столицы, а также промышленным освоением других регионов нашей страны. По вашим проектам построены и электрифицированы тысячи километров железных и автомобильных дорог, метрополитенов, сооружены вокзалы, мосты и транспортные развязки на важнейших транспортных магистралях, обеспечивающих надёжные связи между большими и малыми промышленными регионами, населёнными пунктами страны. Высшим приоритетом вашей деятельности является обеспечение стабильно высокого качества выпускаемой проектной и научно-технической продукции, а также оказываемых услуг.

Всем членам Тоннельной ассоциации России особенно приятно отметить неоценимый вклад изыскателей, учёных, инженеров и проектировщиков вашей организации в решение актуальных проблем, связанных с обеспечением комплексного подхода к вопросам освоения подземного пространства. Ваши уже оконченные и текущие проекты всегда направлены на улучшение транспортной инфраструктуры, причем не только в практическом, но и в эстетическом плане.

Искренне поздравляем коллектив «НИПИИ «Ленметрогипротранс» с юбилеем организации и желаем всем сотрудникам здоровья, счастья и дальнейших творческих успехов в вашем благородном деле – качественном преобразении Северной столицы и многих городов России.

*Председатель правления ТАР*

*Руководитель Исполнительной дирекции ТАР*

**К. Н. Матвеев**

**А. Б. Лебедев**

# ЛЕНМЕТРОГИПРОТРАНС: ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ, КОМФОРТ, БЕЗОПАСНОСТЬ И БЕЗУПРЕЧНЫЙ ПЕТЕРБУРГСКИЙ СТИЛЬ

## Краткий исторический экскурс

75-летняя история ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс», начавшаяся 3 декабря 1946 г., ознаменовала собой активное возрождение прерванного войной строительства Ленинградского метрополитена. Созданный первоначально как филиал института Метрогипротранса, сегодня он превратился в крупную самостоятельную проектно-исследовательскую и научную организацию, успешно осуществляющую проектное обеспечение строительства метрополитенов и транспортных тоннелей высококачественной проектной документацией.

За прошедшие годы петербургские проектировщики создали не только подземку, достойную Северной столицы, но и уникальные тоннели – к Сочинской олимпиаде и Чемпионату мира по футболу 2018 г. Они трудились над объектами БАМа, а также сложнейшим Рокским тоннелем под Главным Кавказским хребтом, помогали создавать метрополитены на Кубе и в Индии, железнодорожные тоннели в Алжире. Многие перспективные технические решения, разработанные проектировщиками Ленметрогипротранса, являются уникальными и применены впервые в мире.

Институт является пионером в разработке и внедрении инновационных технических решений, таких как обжатые в породе обделки перегонных и станционных тоннелей, резко уменьшающие осадки земной поверхности, закрепление неустойчивых грунтов методом замораживания.

Разработанные специалистами института механизмы для возведения обделок и конструкций тоннелей, позволили метростроителям Санкт-Петербурга добиться высоких скоростей проходки перегонных тоннелей механизированными щитами, сооружать в условиях плотной городской застройки и сложных геологических условиях подземные выработки для станций метрополитена пролетом до 30 м.

По проектам института, помимо линий метрополитена в Санкт-Петербурге, построена первая линия Новосибирского метрополитена, а в горных районах нашей страны и за рубежом – более 40 железнодорожных, автодорожных, гидротехнических и коммунальных тоннелей общей протяженностью свыше 100 км.

Сегодня институт активно занимается проектированием автодорожных, железнодорожных и гидротехнических тоннелей, имея за плечами огромный опыт по созданию этих уникальных и сложных проектов. За время работы институтом запроектировано около 800 км подобных сооружений.

Начиная с 1957 г. и по настоящее время коллектив института разработал уникальные



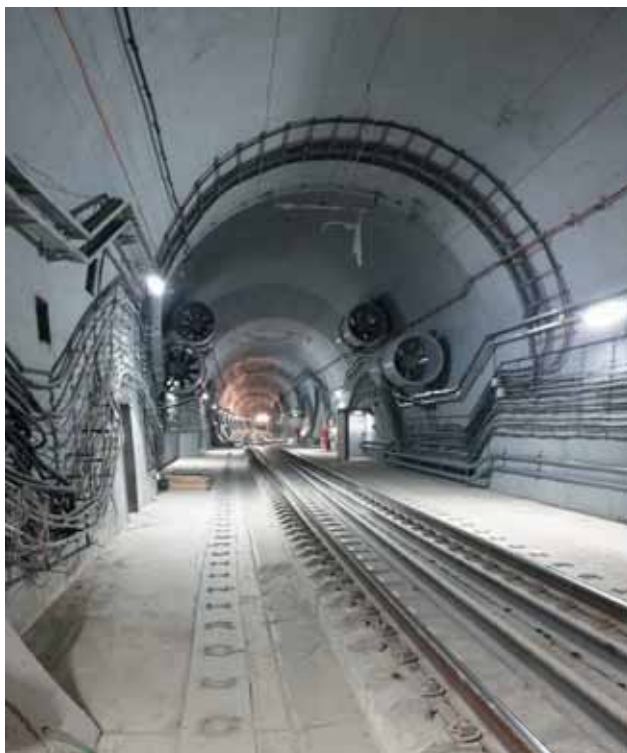
Рис. 1. Большой Новоросийский тоннель

проекты: автодорожные тоннели на Канонерский остров под Морским каналом и под площадью Победы в Ленинграде, Рокский тоннель под Главным Кавказским хребтом, Лысогорский железнодорожный тоннель недалеко от Туапсе длиной 3 км, Большой Новоросийский тоннель (рис. 1), Нагорный тоннель на «Малом БАМе», Байкальский (рис. 2) и Северомуйский тоннели на Бурятском участке Байкало-Амурской железнодорожной магистрали, четыре Мысовых тоннеля, Кодарский тоннель, транскавказский двухпутный Архотский перевальный тоннель, самый длинный в стране, гидротехнические тоннели на водоподводящих каналах Ставропольского края и т. д.

По проектам ОАО «ЛМГТ» велось строительство тоннельных комплексов № 1, 2, 3 совмещенной (автомобильной и железной) дороги Адлер – горноклиматический курорт «Альпика-Сервис» (рис. 3), железнодорожные тоннели № 6 бис (на участке Сочи – Адлер СКЖД), тоннели № 1 и 2 (с дренажной штольней) на участке Адлер – аэропорт СКЖД (Олимпийские объ-

екты «Сочи 2014»), строительство железнодорожных тоннелей по вторым путям на участке Туапсе – Сочи – Адлер, Большой Новоросийский тоннель СКЖД и др. Причем технические и проектные решения строительства тоннелей совмещенной дороги не имеют аналогов в мировой практике, они

Рис. 2. Байкальский тоннель на БАМе



включают в себя самые современные и передовые технологии мира. Проект строительства тоннелей на совмещенной дороге признан «Лучшим проектом года» в конкурсе, который Всемирная тоннельная ассоциация провела в Гонконге.

Специалисты института активно принимают участие в обосновании строительства тоннельных переходов на о. Сахалин; тоннель под Беринговым проливом трансконтинентальной дороги между Чукоткой (Россия) и Аляской (Америка); тоннель между Сахалином и о. Хоккайдо (Япония).

### Цифровизация как залог сохранения передовых позиций

Современный мир стремительно развивается и институт старается идти в ногу со временем, именно поэтому на протяжении нескольких десятилетий в НИИ постоянно ведется работа по цифровизации и комплексной автоматизации проектных работ, разрабатывается программное обеспечение для решения специализированных задач подземного строительства.

За последние годы реализовано несколько объектов с частичным применением BIM-технологий на различных стадиях проекта. Например, при проектировании Некрасовской линии Московского метрополитена создана информационная модель двухпутного перегонного тоннеля с водоотливной установкой в жестком основании пути с привязкой элементов модели к ПОС (4D-модель). А при строительстве Невско-Василеостровской линии Петербургского метрополитена специалистами института применены технологии лазерного сканирования для поиска участков с нарушением габарита в тоннеле и определения фактического плана и профиля трассы.

Специфика проектируемых сооружений накладывает ряд ограничений на возможность использования популярных программных продуктов, которые хорошо зарекомендовали себя в наземном строительстве. Для решения задач подземного строительства программистами института разработаны дополнительные модули к используемым программным продуктам Autodesk, позволяющие адаптировать их функционал под задачи института. В качестве примера можно привести модуль для Civil3D, позволивший ввести принятую на объектах метрополитена систему пикетажа, правила расчета переходных кривых и габаритов приближения, автоматизирующий создание геометрической схемы трассы и выпуск ведомостей путевых реперов.

Институтом разработан программный комплекс для проектирования системы тягового электроснабжения и расчета пропускной способности линий метрополитена – БМТ. Ядром системы является единая база данных, в которой хранится информационная модель линии, содержащая данные по трассе, применяемому подвижному составу и его характеристикам, оборудованию подстанций и параметрам кабельных линий. На основе этих данных программный комплекс



Рис. 3. Железнодорожный тоннель № 2 Олимпийской трассы Адлер – «Альпика-Сервис»

БМТ позволяет выполнять тяговые расчеты для перегонов с любым режимом ведения, расчет нагрузок фидеров и подстанций с помощью моделирования реального графика движения поездов, моделировать работу тяговой подстанции с накопителями энергии, оценивать общее энергопотребление при заданном графике с учетом или без учета рекуперации, выполнять расчет токов короткого замыкания в тяговой сети и расчет максимальных длин рельсовых цепей для заданной пропускной способности, определять пикеты установки изолирующих стыков и точек подключения бесстыковых рельсовых цепей, рассчитывать тормозные пути АРС и «факкультативы», оценивать пропускную способность перегонов и оборота поездов. Предусмотрен интерфейс обмена данными по трассе с Civil3D и возможность автоматизированного выпуска чертежей по результатам расчетов. Применение данного программного решения позволяет институту при проектировании тяговой сети и систем АТДП проводить сравнительный анализ множества вариантов реализации этих систем и подбирать оптимальные проектные решения в сжатые сроки, а также дает возможность моделирования различных нештатных ситуаций и сложных сценариев на существующих линиях, что может быть полезно при реконструкциях или частичном перевооружении существующих объектов. В настоящий момент ведутся работы по расширению функционала БМТ в части проводимых расчетов, а также по обеспечению возможности обмена данными с программным обеспечением для информационного моделирования через открытые форматы данных.

### Вклад в развитие Московского метрополитена

В 2020–2021 гг., несмотря на пандемию, строительство транспортных сооружений

шло достаточно высокими темпами, и большую лепту в создание новых линий метрополитена обеих столиц внес НИПИИ «Ленметрогипротранс». Так, в Москве открыт участок Некрасовской (Кожуховской) линии метрополитена от ст. «Нижегородская» до ст. «Юго-Восточная», включая ст. «Стахановская» и «Окская». При проектировании этого участка специалисты института использовали множество современных технических приемов, позволяющих оптимизировать объемно-планировочную структуру станций, обеспечить экономические преимущества при строительстве, а также реализовать ряд новаторских инженерных решений для двухпутных перегонных тоннелей, влияющих на безопасность эксплуатации метрополитена.

Для ст. «Стахановская», «Окская» и «Юго-Восточная», последовательно расположенные на участке линии, институтом разработаны проектные решения станций мелкого заложения в сочетании с двухпутными перегонными тоннелями.

Надо сказать, что двухпутные тоннели, в которых поезда движутся одновременно в одном тоннеле, платформы находятся по бокам, а пути – посередине, в столичном метро строили еще при советской власти. Вот только прокладывались они практически вручную, долго и трудно. Новая отечественная технология – проходка тоннелей метро механизированными щитами большого диаметра от 10 м – впервые была спроектирована, отработана и внедрена в городе на Неве. Она позволяет не только прокладывать двухпутные перегонные тоннели, но и размещать в объеме тоннеля станционный комплекс (рис. 4).

Проекты нового типа станций основаны на формировании объемно-планировочного решения, позволяющего минимизировать строительный объем и общую площадь станции при сохранении нормативных



Рис. 4. Размещение станционного комплекса в тоннеле большого диаметра



Рис. 5. Станция «Юго-Восточная»

Рис. 6. Станция «Нижегородская»



комфортных пассажирских пространств, а также на унификации составных элементов станционных комплексов. Основными преимуществами такого подхода являются возможность свободной планировки в зависимости от градостроительных условий, а также возможность типизации каждого из блоков. При этом типизация объемно-планировочного решения не влияет на архитектуру метро: при свободных планировках с открытыми пассажирскими пространствами возможна реализация разнообразных решений, обладающих запоминающейся индивидуальностью, что является важным критерием комфортной эксплуатации метрополитена.

Так, ст. «Стахановская», «Окская» и «Юго-Восточная» (рис. 5) в московской подземке отличаются как стилистически, так и по архитектурно-художественным решениям, в том числе приемам освещения.

«Окская» освещена прямым светом колец-светильников, на «Юго-Восточной» закарнизный свет отражается от потолочных белых матовых плафонов, а на «Стахановской» световые балки создают комбинированное освещение. Наиболее сложным объектом на этом участке является станционный комплекс «Нижегородская» (рис. 6), представляющий собой пересадочный узел двух станций метро и входящий в состав крупнейшего транспортно-пересадочного узла столицы.

В 2021 г. проектным институтом осуществляются завершение рабочей документации и авторский надзор участка БКЛ Московского метрополитена от ст. «Нижегородская» до ст. «Каширская». На этом участке спроектированы четыре станции: «Текстильщики», «Печатники», «Нагатинский затон», «Кленовый бульвар», три из них – пересадочные. При этом на ст. «Текстильщики» и «Печатники» пересадочные сооружения интегрируются на действующие станции метро, а «Нагатинский затон» сооружается практически в русле Москвы-реки на наносном грунте. Этот участок линии является одной из наиболее ответственных строек Москвы, поскольку с его реализацией БКЛ будет замкнута и начнет полноценно функционировать. Следует обратить внимание, что двухпутные перегонные тоннели позволят никак не затронуть историко-архитектурный музей-заповедник «Коломенское», за периметром которого с двух сторон появятся две станции метро.

### Развитие Петербургского метрополитена

Для развития Петербургского метрополитена в настоящее время ведется работа по проектированию ряда перспективных объектов по нескольким направлениям: продление линий метро в Приморском районе, создание вторых вестибюлей на существующих станциях, а также ряд сопутствующих работ по развитию транспортной инфраструктуры города. Наиболее крупный и значимый проект – продление Невско-Василевской линии метро на север. Проектируемые ст. «Яхтенная» («Богатырский прос-



**Рис. 7. Станция «Зенит» («Новокрестовская»)**



**Рис. 8. Станция «Горный институт»**

пект») и «Зоопарк» («Каменка») должны решить транспортные проблемы Приморского района. Главная особенность этой линии в том, что она станет продлением двухпутного участка метро, спроектированного ОАО «Ленметрогипротранс» в 2015 г. и открытого в 2018 г. к Чемпионату мира по футболу в РФ, со ст. «Беговая» и ст. «Зенит» («Новокрестовская») (рис. 7) – самой вместительной и пропускающей максимальный пассажиропоток в Петербургском метрополитене (до 60 тыс. пасс./ч). Кстати, именно эта технология позволила ускорить строительство тоннеля и запустить станции к ЧМ-2018 – на полтора года раньше в сравнении с технологиями прокладки двух тоннелей.

Новый проектируемый участок и новые станции Невско-Василеостровской линии предполагается создать еще более технологичными, комфортными и безопасными, отвечающими всем современным требованиям транспортной инфраструктуры.

В настоящее время по проекту ОАО «Ленметрогипротранс» ведется также строительство участка Лахтинско-Правобережной линии метрополитена. Это участок глубокого заложения с двумя пилонными станциями, рассчитанными на восьмивагонный подвижной состав: «Театральная» и «Горный институт» («Большой проспект») (рис. 8).

Особенностью этого участка является его расположение под историческими кварталами Адмиралтейского и Василеостровского районов Санкт-Петербурга. В непосредственной близости от подземных выработок расположены крупные исторические ансамбли, памятники архитектуры, в том числе Мариинский театр. Технические решения, принятые в проекте, позволяют сохранить историческую застройку в зоне влияния метрополитена. Спецификой данного участка также является необходимость интеграции наземных объектов метрополитена (входных павильонов и киосков вестибюлей) в существующую градостроительную ситуацию при максимальном сохранении исторического контекста.

Одним из новаторских проектных достижений в данном направлении стало объемно-планировочное решение вестибюля ст. «Горный институт». Вестибюль представляет собой трехуровневое подземное цилиндрическое сооружение диаметром 40 м и глубиной

16,5 м. Благодаря компоновке эскалаторного и кассового залов в разных уровнях обеспечена максимальная компактность в плане, что позволило расположить объект под улично-дорожной сетью, сохранив историческую застройку.

### Новые проекты транспортных тоннелей

В этом году введен в эксплуатацию второй Байкальский тоннель, где основную часть работ по проектированию инженерных систем выполнил Ленметрогипротранс. Современные технические решения позволяют тоннелю выдержать 9-балльное землетрясение, а внутри, за автоматическими термоворотами, даже при  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  на улице, сохраняется тепло, а значит и инженерные сети и строительные конструкции эксплуатируются в оптимальных условиях. Автоматизированная система контролирует сразу 16 параметров. Реализованная при строительстве тоннеля современная автоматизированная система геодинамической безопасности имеет практическую и научную ценности, такие, например, как возможность прогноза технического состояния обделки, оценка воздействия на несущие конструкции сейсмических событий природного и техногенного характера, получение новых научных результатов по взаимодействию несущих конструкций подземных сооружений с вмещающим массивом в условиях эксплуатации.

В 2020 г. институт закончил очень масштабный и сложный проект – 4-й тоннель на входе в г. Сочи.

Кроме того, сегодня предложения Ленметрогипротранса по прохождению тоннелям от Ставрополя до Сочи рассматривает крупнейший заказчик скоростных трасс России – ГК «Автодор», в ведомстве обсуждают два варианта строительства трассы Джубга – Сочи, один из которых и предусматривает строительство тоннелей в стесненных горных условиях.

В рамках концепции проекты сформированы по степени приоритетности. В их числе реализация проекта строительства скоростного дублера А 147 Джубга – Сочи, предусматривающая строительство трассы в новом створе за пределами береговой полосы и жилой застройки, в обход крупных населенных пунктов с учетом рельефа местности, границ Сочинского национального парка, границ ООПТ и магистральных сетей. Реали-

зация проектов позволит значительно улучшить транспортную и экологическую ситуацию в крупнейших населенных пунктах черноморского побережья на территории Краснодарского края, обеспечив скоростное транзитное движение. Расстояние от Джубги до Сочи составит не 270 км, а 120 км, время в пути сократится до одного часа. В ГК «Автодор» обсуждается также применение автоматизированной системы управления технологическими процессами в железнодорожных тоннелях Олимпийской трассы и создание системы геодинамической безопасности на период эксплуатации, разработанной и реализованной при строительстве тоннелей совмещенной (автомобильной и железной) дороги Адлер – горноклиматический курорт «Альпика-Сервис». Эта система собирает и обрабатывает информацию одновременно с девяти транспортных тоннелей – автодорожные тоннели № 1, 2 и 3 и железнодорожные тоннели № 1–6 общей протяженностью подземных выработок около 32,5 км.

### Взгляд в будущее

Начиная с 2020 г. организация активно занимается разработкой программы развития метрополитена в два этапа – до 2030 г. и до 2045 г. По перспективным направлениям развития метро в Санкт-Петербурге институтом ведутся работы, связанные с обоснованием приоритетности тех или иных направлений, определением наиболее приемлемых технических решений для реализации будущих объектов. Эти работы ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс» осуществляет под руководством профильных комитетов города. Таким образом, сегодня институт по праву занимает почетное место в авангарде отрасли, участвует в проектировании метрополитенов Москвы и Санкт-Петербурга, к его специалистам обращаются при реализации наиболее сложных проектов.

ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс» – постоянно развивающийся и новаторский проектный институт, высшим приоритетом деятельности которого является обеспечение стабильно высокого качества выпускаемой проектной и научно-технической продукции и оказываемых услуг в области проектирования метрополитенов, железнодорожных и автомобильных тоннелей, объектов их инфраструктуры.





**10 ноября 2021 г. Владимиру Александровичу Маслаку, генеральному директору ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс» исполнилось 65 лет.**

Трудовой путь Владимира Александровича начался в 1980 г. после окончания Ленинградского горного института им. Плеханова. Будучи молодым инженером, он получил ценный опыт проектирования и строительства подземных сооружений и предприятий горной промышленности, проработав около десяти лет в Тресте «Сев-Запцветметремонт» Минцветмета, институте «Гипроникель» в Ленинграде, на горном предприятии в Мончегорске, на ряде других объектов подземного строительства.

С 1989 по 2009 гг. В. А. Маслак занимал должность главного инженера Службы капитального строительства Унитарного предприятия

«Петербургский метрополитен» (ГУП «Петербургский метрополитен»). За этот период работы Владимир Александрович проявил себя как блестящий инженер. Он является одним из руководителей разработки и внедрения новой для того времени технологии зонального азотного замораживания сантехнических скважин большого диаметра и напорных артезианских скважин – технологии, не имевшей аналогов на Российском строительном рынке и значительно сократившей стоимость строительства.

В марте 2009 г. Владимир Александрович был назначен первым заместителем генерального директора ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс», а с мая 2010 г. возглавил эту организацию и вот уже более 11 лет бессменно руководит ею.

Под руководством В. А. Маслака коллектив института «Ленметрогипротранс» успешно решает сложнейшие вопросы по всему комплексу изысканий и проектирования метрополитенов и подземных сооружений в Санкт-Петербурге, Москве и других городах, автодорожных и железнодорожных тоннелей на всей территории России и за рубежом. Свидетельством этому является тот факт, что по проектам, выполненным ОАО «Ленметрогипротранс», за последние годы введены в эксплуатацию девять станций Московского метрополитена: пять на Калининско-Солнцевской линии и четыре на Кожуховской линии. В настоящее время институтом ведется проектирование четырех станций на Большой кольцевой линии Московского метрополитена, в перспективе ожидается проектирование и других линий.

В. А. Маслак ведет активную общественно-научную и организаторскую работу. Он является академиком Международной ассоциации Холода, на протяжении ряда лет входил в состав правления Тоннельной ассоциации России.

Успешная трудовая деятельность Владимира Александровича отмечена многими государственными и ведомственными наградами.

***Уважаемый Владимир Александрович!***

***Правление и Исполнительная дирекция Тоннельной ассоциации России сердечно поздравляют Вас со знаменательной датой в Вашей жизни – 65-летием со дня рождения! Желаем Вам крепкого здоровья, большого счастья в личной жизни, значимых творческих успехов в профессиональной деятельности, которой Вы посвятили свою жизнь!***

Председатель правления ТАР

Руководитель Исполнительной дирекции ТАР

**К. Н. Матвеев**

**А. Б. Лебедев**





***Поздравляем МГСУ со 100-летним юбилеем!  
Уважаемые преподаватели, сотрудники, студенты и выпускники университета!***

От имени коллектива Тоннельной ассоциации России примите искренние поздравления с замечательной датой – 100-летней годовщиной со дня основания Московского государственного строительного университета!

За годы своего существования ваш университет подготовил десятки тысяч высококвалифицированных специалистов, принимая активное участие в формировании научного и кадрового потенциала России. Традиционно в его стенах обучаются и проходят стажировку и представители многих зарубежных стран, ведь НИУ МГСУ – головной вуз Международной ассоциации строительных высших учебных заведений.

Глубокие и профессиональные знания и практический опыт преподавателей и сотрудников университета, бережное отношение к классическим традициям высшего учебного заведения, современная научно-техническая база обеспечивают высокий уровень подготовки специалистов и позволяют университету вносить неограничиваемый вклад в решение актуальных задач, стоящих не только перед высшей школой, но и всем инженерным сообществом.

Благодарим за добросовестный труд, за многолетнее плодотворное сотрудничество, в ходе которого достигаются высокие результаты в сфере проектирования и строительства тоннелей и метрополитенов, а значит и в реализации социально значимых проектов во благо жителей многих городов нашей Родины!

Искренне желаем вам здоровья, новых идей и удачных проектов в образовании и науке, успехов в благородном и важном деле подготовки инженерных и научных кадров для подземного строительства в России.

*Председатель правления ТАР*

*Руководитель Исполнительной дирекции ТАР*

**К. Н. Матвеев**

**А. Б. Лебедев**

## 85 ЛЕТ ОАО «УРАЛГИПРОТРАНС»: НАДЕЖНОСТЬ, ПРОВЕРЕННАЯ ГОДАМИ

**ОАО «Уралгипротранс» – одному из крупнейших в России институтов по инженерным изысканиям и проектированию объектов транспортного строительства – в этом году исполнилось 85 лет!**

**Э**то солидный возраст, за которым стоят успехи созидания, творческий поиск, осмысление пройденного пути и планирование дальнейшего развития. Институт по праву может гордиться яркими страницами биографии, именами тех, кто стоял у истоков его создания, и тех, кто обеспечивает его достижения, авторитет и востребованность сегодня.

Создание и становление института были тесно связаны с индустриализацией восточных районов страны, развитием Уральского региона как важнейшего звена в транспортной сети страны. В последнее время коллектив института трудился над созданием больших комплексных проектов, определяющих перспективы развития основного хода Транссиба, в том числе и трех крупнейших узлов Свердловской железной дороги: Тюменского, Екатеринбургского и Пермского.

В тематике института по-прежнему лидируют объекты инфраструктуры железных дорог общей сети. Тем не менее, всё большую долю портфеля заказов стали занимать объекты городской транспортной инфраструктуры, метрополитена, транспортной инфраструктуры промышленных предприятий.



Транспортный тоннель на пересечении улицы Углеуральской с Транссибирской магистралью в г. Перми, предназначенный для пропуска двухполосной проезжей части для автомобильного движения и двухпутной трамвайной линии

**Высокоскоростная железнодорожная магистраль «Москва – Казань – Екатеринбург» (ВСМ-2). Общий вид на транспортно-пересадочный узел на станции Екатеринбург-Пассажирский**





Реконструкция моста через р. Исеть по ул. Челюскинцев и прилегающей к нему улично-дорожной сети в Екатеринбурге

Большое внимание в институте уделяется современному техническому оснащению и вопросам автоматизации производства во всех сферах деятельности – изысканиях, проектировании, планировании работ, управленческой и информационной деятельности.

Для комплексной автоматизации проектно-изыскательских работ по линейным и площадным объектам используются программные средства, позволяющие создавать трехмерные цифровые модели местности и проектируемых объектов, расчетные программы по специальностям (расчет несущих конструкций здания и мостов, геотехнических конструкций, для моделирования транспортного потока и др.).

Изыскательские экспедиции укомплектованы по последнему слову техники. В их распоряжении мощная база автотранспорта и буровой техники с широким диапазоном возможностей, современные электронные геодезические приборы, программно-аппаратный GPRS-комплекс, позволяющий с высокой точностью определять координаты любой точки на местности, оборудование для определения свойств грунтов в полевых условиях, в том числе установки для статического и динамического зондирования, а также собственная лаборатория грунтов.

Стоит отметить, что успех предприятия – это, в первую очередь, заслуга крепкого, сплоченного коллектива единомышленников. В институте созданы все условия для того, чтобы каждый мог приобрести необходимый опыт работы и профессиональные навыки, проявить свои способности, инженерную инициативу и творческий подход. Несмотря на экономические потрясения в нашей стране в 90-е годы, Уралгипротрансу удалось преодолеть последствия разрыва поколений

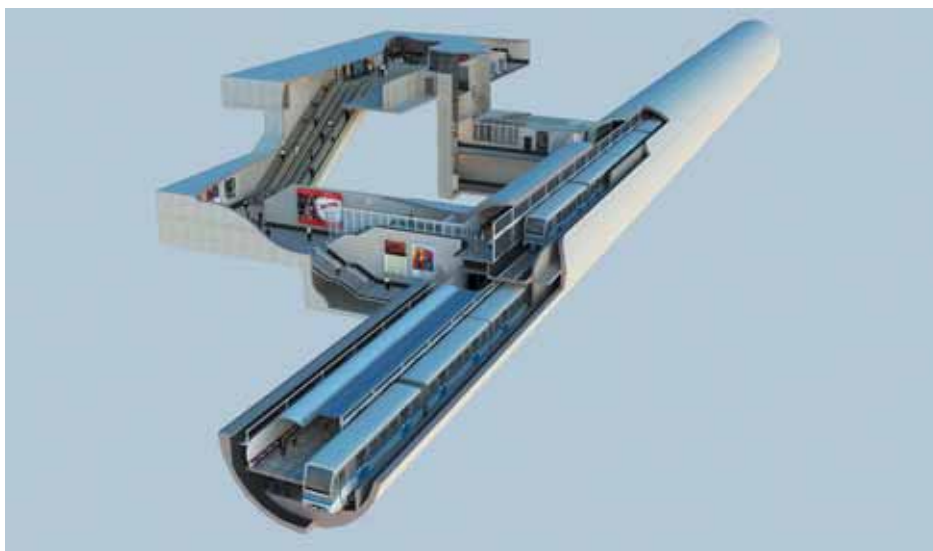
и организовать на сегодняшний день постоянный приток молодых перспективных сотрудников.

В компании существует проверенная временем система наставничества, направленная на активное участие молодых специалистов в решении организационных вопросов и производственных задач посредством осуществления инновационной, проектной и рационализаторской деятельности.

Благодаря многолетнему опыту и внушительному штату высококвалифицированных специалистов институт ОАО «Уралгипротранс» приобрел достойную репутацию и играет значительную роль в инфраструктурном и экономическом развитии страны.

За последние годы был выполнен целый ряд значимых проектов федерального и регионального масштаба:

- комплексные инженерные изыскания и разработка обоснований инвестиций и проектной документации строительства высокоскоростной железнодорожной магистрали «Москва – Казань – Екатеринбург»;
- третий путь участка Косулино – Баженово Транссибирской магистрали;
- железнодорожная инфраструктура особой экономической зоны «Титановая долина»;
- транспортные тоннели на пересечении улиц Героев Хасана, Вишерской, Углеуральской с Транссибирской магистралью в г. Перми;
- трамвайная линия в г. Краснодаре;
- грузовой двор на станции Гипсовая Свердловской железной дороги;
- инновационные системы СЦБ в четном сортировочном парке станции Челябинск-Главный;
- развитие транспорта промышленных предприятий ПАО «Метафракс» и ГК «Норильский Никель»;



Объемно-планировочное решение станционного комплекса второй линии метрополитена в Екатеринбурге, предполагающее размещение перегонов и станций в двух ярусах в одном тоннеле диаметром 12,5 м



Транспортная развязка в разных уровнях по типу «клеверный лист» на пересечении проектируемого мостового перехода через Нижнетагильский пруд с автомобильной дорогой в г. Нижнем Тагиле

- паромный комплекс в порту Курык Республики Казахстан;
- реконструкция участка Хойт – Замын-Ууд Улан-Баторской железной дороги в Республике Монголии.

Ведётся реконструкция парка приема и сортировочной горки четной сортировочной системы станции Екатеринбург-Сортировочный, являющейся основной станцией Екатеринбургского железнодорожного узла по формированию и распределению различных категорий поездов. Реализация проекта позволит значительно повысить пропускную способность станции и сократить задержки поездов на подходах к нему.

В связи со значительным ростом транспортного движения в Екатеринбурге и его спутников и необходимостью формирования сбалансированной транспортной системы институт стал наиболее востребован на местном рынке проектных работ. В данный момент успешно реализуется несколько крупных объектов, выполненных по проектам Уралгипротранса.

Близится к завершению реконструкция моста через р. Исеть по ул. Челюскинцев в Екатеринбурге и прилегающей к нему улично-дорожной сети. Необходимость реконструкции Макаровского моста, являющегося самым крупным в пределах города, была вызвана серьезным ослаблением несущей способности его конструкций вследствие физического износа, кроме того остро назрела необходимость увеличения пропускной способности данного участка дороги. Проектом предусмотрено расширение проезжей части до шести полос движения автотранспорта и вынос трамвайных путей на обособленное полотно за счет строительства двух новых рядов арок с полным демонтажем существующего моста.

Для обеспечения транспортной связи между Екатеринбургом и Верхней Пышмой ведется строительство единственной на Урале междугородней трамвайной линии. Соединение двух городов общественным транспортом, способным обойти заторы на

дорогах, послужит толчком для экономического развития территорий.

В г. Нижний Тагил возводится автодорожный мостовой переход через Нижнетагильский пруд и сопутствующая дорожная и инженерная инфраструктура. На пересечении автодороги с Нижнетагильским прудом будет устроен мостовой переход, с железной дорогой – автодорожный путепровод, со Свердловским шоссе – транспортная развязка по типу «клеверный лист».

Коллектив Уралгипротранса выполняет не только поставленные заказчиком задачи, но и самостоятельно выступает с инициативой необходимых преобразований.

Специалистами института подготовлена концепция создания Средне-Уральского широтного хода по направлению Большесельская – Тавда – Егоршино – Смычка – Кукуштан – Пибанышур с обходом крупнейших на Свердловской железной дороге Пермского, Екатеринбургского и Тюменского железнодорожных узлов, который позволит с минимальными затратами увеличить пропускную способность железнодорожных магистралей, обеспечивающими транспортировку экспортных грузов из Восточной Сибири в направлении Дальнего Востока.

Подготовлены материалы для обоснования проекта развития железнодорожной инфраструктуры участка Тобольск – Тавда, который будет способствовать развитию внутреннего рынка, уходя от сырьевого экспортного характера отечественной экономики.

Значительный вклад Уралгипротранс внес в развитие метрополитена своего родного города – Екатеринбурга, начиная с проектно-изыскательских работ для самых первых станций и заканчивая выполнением обоснований экономической целесообразности реализации планов по строительству второй линии Екатеринбургского метрополитена, появление которой крайне важно для жителей и гостей столицы Среднего Урала.

Другой знаковой вехой в истории института стало выполнение проектных работ для Московского метрополитена, являющегося флагманом развития метростроения в России. В частности, были выполнены работы для станционного комплекса «Проспект Вернадского», на котором запланирована организация нового транспортно-пересадочного узла на Большую кольцевую линию.

Успешное воплощение в жизнь проектов Уралгипротранса – это источник новых возможностей для жителей всей России. Благодаря многолетнему качественному труду специалистов Уральский проектно-изыскательский институт транспортного строительства занимает лидирующие позиции на проектом рынке. Ответственное отношение, любовь к своему делу и стремление идти в ногу со временем были и остаются сильными сторонами коллектива, обеспечивающими качество, функциональность, надежность и эстетичность проектов и открывающими хорошие перспективы в будущем.

# О НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ТАР «ОСВОЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА МЕГАПОЛИСОВ И ТРАНСПОРТНЫЕ ТОННЕЛИ» (ЕКАТЕРИНБУРГ)

И. А. Смотров, А. Ю. Долгих, Тоннельная ассоциация России  
Д. С. Конюхов, к. т. н., АО «Мосинжпроект»



Участники конференции на экскурсии в Екатеринбурге (станция метро «Площадь 1905 года»)

**В рамках работы Форума и выставки «100+ TechnoBuild» 7 октября 2021 г. в Екатеринбурге состоялась Международная научно-техническая конференция «Освоение подземного пространства мегаполисов и транспортные тоннели», организованная Тоннельной ассоциацией России.**

**В** конференции было задействовано 73 участника, представлявших 29 проектных, изыскательских, научно-исследовательских, строительных и эксплуатирующих организаций, заслушано 22 доклада по четырем основным тематическим направлениям:

- проектирование метрополитенов и эксплуатация подземной инфраструктуры в мегаполисах;
- применение новейших технологий, материалов и конструкций при подземном строительстве;
- научно-техническое сопровождение и опыт подземного строительства;
- строительство и эксплуатация горных транспортных тоннелей.

Перед конференцией участники посетили действующие сооружения Екатеринбургского метрополитена. Экскурсию по пристанционный сооружением станции «Площадь 1905 года» провел директор Екатеринбургского метрополитена Андрей Михайлович Панаютиди.



Конференцию открывают К. Н. Матвеев и М. Н. Волков

Модератором конференции выступил декан горно-технологического факультета, ведущий кафедрой шахтного строительст-

ва Уральского государственного горного университета Максим Николаевич Волков. С приветственным словом к участникам кон-

ференции обратился председатель правления Тоннельной ассоциации России Константин Николаевич Матвеев.

Первая секция «Проектирование метрополитенов и эксплуатация подземной инфраструктуры в мегаполисах» открылась докладом Д. С. Конохова (АО «Мосинжпроект») об основных принципах комплексного освоения подземного пространства мегаполисов РФ.



**Д. С. Конохов, АО «Мосинжпроект»**

В докладе были рассмотрены основные принципы, цели и задачи комплексного освоения подземного пространства крупных городов РФ на примере Москвы, закрепленные в Своде Правил «Здания, сооружения и комплексы подземные. Правила градостроительного проектирования». Докладчиком был приведен обзор имеющегося опыта строительства и эксплуатации жилых районов Москвы, построенных по автономному принципу «города в городе» и рассмотрены методы обеспечения сохранности и технологической безопасности существующей застройки при комплексном освоении подземного пространства.

Тему продолжил доклад Е. А. Клементьева (ОАО «Уралгипротранс») «Вторая линия метрополитена в Екатеринбурге». Проектирование второй линии метрополитена в Екатеринбурге было начато в 2010 г. для участка ст. «Металлургическая» – ст. «Площадь 1905 года» и приостановлено в феврале 2014 г. в связи с отсутствием финансирования. Запланировано выполнить в 2020–2021 гг. обоснование экономической целесообразности, объема и сроков осуществления капитальных вложений для строительства второй линии метрополитена на участке от ст. «Янтарная» до ст. «Каменные палатки».

О современном проектировании метрополитена в Москве и Санкт-Петербурге рассказал Д. А. Бойцов (ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»). Им было показано, что в XXI в. развитие метрополитенов в двух крупнейших мегаполисах России способствует высоким темпам освоения подземных пространств.



**Е. А. Клементьев, ОАО «Уралгипротранс»**

Изучены и опробованы новые технологии, реализованы объекты, не имеющие исторических аналогов и прототипов. Наиболее интересными, знаковыми объектами докладчиком были обозначены: траволаторный переход под р. Невой, позволяющий выходить со станции на разные острова Северной столицы, а также станции, построенные к ЧМ по футболу, отличающиеся особой спецификой в плане пропускной способности и безопасности. Особый интерес представляют объекты, реализация которых проводилась с уче-



**Д. М. Бойцов, ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»**

том сложных градостроительных условий (вестибюли ст. «Адмиралтейская» и «Спортивная» в исторической застройке Санкт-Петербурга). При этом была отмечена проблема комплексного развития подземных пространств из-за разрозненности заказчиков по смежным объектам (частные и государственные) и отсутствия синхронизации по срокам реализации и техническим возможностям.

Затем И. А. Сиваков (ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс») рассказал об опыте проектировщиков Санкт-Петербурга в применении технологий информационного моделирования при проектировании объектов метрополитена, вопросах адаптации ПО и автоматизации проектирования трассы, построения модели тяговой сети и АТДП.

В докладе В. Е. Русанова (ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации») «Влияние нового строительства на эксплуатационную надежность действующих сооружений метрополитена» проанализированы требования современных нормативно-технических документов в части безопасной эксплуатации метрополитенов. Так, по критериям несущей спо-



**И. А. Сиваков, ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»**

собности, условиям нормальной эксплуатации и долговечности основных конструкций метрополитена требования нормативных документов достаточны для оценки влияния нового строительства. В то же время, для оценки наблюдаемых дополнительных



**В. Е. Русанов, ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации»**



**Д. Л. Бурин, ГУП «Петербургский метрополитен»**

**Йоханнис Хеннинг Петер, ООО «Херренкнехт тоннельсервис»**

деформаций верхнего строения пути и эскалаторных тоннелей необходимо выработать однозначное определение их предельно допустимых значений в результате возможного влияния нового строительства с учетом требований нормативных документов и Инструкций метрополитена.

Закрыв секцию Д. Л. Бурин (ГУП «Петербургский метрополитен») с докладом «Защита от промерзания вентиляционных стволов метрополитена с устройством конструкционно-теплоизоляционной рубашки из пеностеклобетона».

Для исключения негативного влияния отрицательных температур на техническое состояние вентиляционных стволов проводятся исследования конструктивно-технологических решений реновации вентиляционных стволов метрополитена с устройством конструкционно-теплоизоляционных рубашек из пеностеклобетона. Исследования выполняются кафедрой тоннелей и метрополитенов совместно с кафедрой инженерной химии и естествознания Петербургского государственного университета путей сообщения (ФГБОУ ВО ПГУПС) и ГУП «Петербургский метрополитен» с 2016 г. Применение технологии защиты стволов от промерзания с устройством внутренней рубашки из пеностеклобетона может быть рекомендовано для капитального ремонта эксплуатируемых вентиляционных стволов метрополитена.

Вторая секция «Применение новейших технологий, материалов и конструкций при подземном строительстве» началась с доклада Х. П. Йоханниса (ООО «Херренкнехт тоннельсервис») «Автоматизированное производство железобетонных блоков обделки».

Автоматизация производственного процесса на заводе ЖБИ – это работа карусельной линии без персонала, гидравлическое открытие и закрытие форм, роботизированная очистка форм. Она обеспечивает следующий экономический эффект:

- сокращение численности персонала карусельной линии примерно на 50 %;
- круглосуточная работа и выходные без дополнительных затрат;
- стоимость одного робота-манипулятора около 150 тыс. евро;

- возможность повторного использования манипулятора на других объектах, обратный выкуп по окончании проекта, возможна в будущем и аренда;

- без времени на обучение в начале проекта;
- повышение производственной безопасности;

- исключение ошибок из-за незнания языка.

Выступивший следом А. И. Данилов (ООО «Центр исследований опасных факторов пожаров») рассказал о результатах экспериментальных исследований противопожарной защиты несущих конструкций метрополитена, проведенных в рамках выполнения научно-исследовательских работ для правительства г. Москвы.

Как отметил докладчик, согласно проведенному анализу данных о произошедших пожарах за последние 10 лет в метрополитенах России, вопрос противопожарной защиты строительных конструкций метрополитена по-прежнему остается актуальным на сегодняшний день. По-прежнему сохраняется в служебных помещениях большое количество горючих материалов, составляющих пожарную нагрузку. К наиболее пожароопасным помещениям метрополитена относятся кладовые ГСМ – бо-



**А. И. Данилов, ООО «Центр исследований опасных факторов пожаров»**

ле 1,8 МВт/м<sup>2</sup>. Пиковое значение мощности пожара вагона составляет 12,3 МВт. Мощность пожара хозяйственных поездов варьируется в пределах 2,0–2,5 МВт. При указанных значениях мощности пожаров для исследованных помещений метрополитена и подвижного состава будут реализованы стандартные температурные режимы пожаров по ГОСТ 30247.0. По результатам проведенных огневых экспериментов с чугунными тубингами под нагрузкой установлено, что предел огнестойкости чугунного тубинга без огнезащиты, испытанного под воздействием постоянной статической нагрузки равной 150 кН, составляет 54 мин. При этом зафиксирован рост температуры на его наружной поверхности до 654 °С к моменту нарушения целостности опытного образца. В данном случае это демонстрирует уровень критической температуры, которая может использоваться при определении фактических пределов огнестойкости чугунных обделок инженерным анализом. Также выявилась существенная особенность чугунных тубингов, которая заключается в том, что прогреваясь практически насквозь, тубинг часть тепла передает в грунт и тем самым повышает свой предел огнестойкости. Гипотетически этот феномен зависит от влажности заобделочного грунта и типа пород, что требует дальнейших экспериментальных исследований. Результаты огневых экспериментов несущих колон и плит показали, что несущие железобетонные конструкции метрополитенов из тяжелых бетонов без огнезащиты или без добавления полипропиленовой микрофибры, склонны к взрывообразному разрушению бетона, что ставит под сомнение возможность обоснования фактического предела огнестойкости несущих конструкций расчетным способом. При этом эксперименты подтвердили факт того, что введение полипропиленовой микрофибры в количестве 1 кг/м<sup>3</sup> практически полностью исключает взрывообразное разрушение защитного слоя бетона. Но предел огнестойкости наступает по мере прогрева конструкции до арматуры. Огнезащитные покрытия повышают предел огнестойкости железобетонной конструкции за счет увеличения времени прогрева кон-

струкции. Однако взрывообразное разрушение бетона все-таки проявляется, но значительно позже (на 150–120-й минутах эксперимента), что не влияет на предел огнестойкости конструкций. Эксперименты с чугунными конструкциями показали, что обделка из чугуна весьма эффективно (в сравнении со сталью) сопротивляется воздействию высоких температур за счет большой теплоемкости. Вместе с тем, предел прочности тубинга наступает после 54-й минуты, следовательно требуется дополнительная защита таких конструкций.

В. А. Смирнов (ООО «Динамические системы») рассказал о результатах исследования систем виброизоляции верхнего строения пути (далее – ВСП) метрополитена, выполненных по системе «масса – пружина» (далее – СМП) за период с 2019 по 2021 г. СМП является одним из самых эффективных решений по виброизоляции ВСП и применяется на новых участках метрополитена, где пути расположены ближе 25 м



**В. А. Смирнов, ООО «Динамические системы»**

от зданий. Испытания, выполненные совместно с Тоннельной ассоциацией России, Российским университетом транспорта и АО «Мосинжпроект», были проведены на различных конструкциях СМП, прошедших опытную эксплуатацию в метрополитене в 1970-х гг., а также новое поколение таких систем, разработанных компанией «Динамические системы» и внедренных начиная с 2019 г. В докладе были представлены результаты натурных измерений динамических нагрузок, создаваемых подвижным составом метрополитена в зависимости от скорости его движения, а также ускорений колебаний пути и тоннельной обделки. По результатам испытаний предложены рекомендации для проектирования и дальнейшего усовершенствования указанных конструкций.

Производители строительных материалов (ООО «Промэнергоресурс», ООО «НПО «Па-

коль», ООО «МБС Строительные системы») рассказали об особенностях и областях применения их продукции.

Так, К. В. Добровольский посвятил свой рассказ производимой ООО «Промэнергоресурс» деформационно-устойчивой негорючей гидроизоляции на основе полимер-минеральных композитов.



**К. В. Добровольский, ООО «Промэнергоресурс»**

Он рассказал, что нанокompозит в смеси ГСН – многофазный твердый материал, имеющий нанометровые расстояния повторения между различными фазами, составляющими материал, в т. ч. модифицированными наноглинами. Тампонаж за обделку производится композитом ГСН-2 в растворе героторным насосом. Гидроизоляция горизонтальных защищаемых поверхностей производится со стороны водопритока по съемным направляющим с последующей защитой из стяжки. Гидроизоляция вертикальных и наклонных поверхностей производится в несъемную трудноразлагаемую опалубку с послойным трамбованием. Экономический эффект обеспечивается увеличением производительности труда на монтаже до 40 %, снижение трудозатрат в 1,6 раз, снижение стоимости строительства в 1,4 раза, в т. ч. особо опасных и технически сложных объектов по СП 120.13330.2012 «Метрополитены».

Затем О. В. Хохряков доложил о производимых ООО «НПО «Паколь» сухих строительных смесях на основе цементов низкой водопотребности для выполнения инъекционных работ. Как было отмечено докладчиком, в настоящее время технология инъектирования широко распространена при ремонте и реконструкции промышленных и гражданских зданий. Этот метод наиболее удобен для заделки трещин и пустот в теле различных конструкций, укрепления оснований, заполнения узких трещин и др. Наибольшее распространение получили



**О. В. Хохряков, ООО «Научно-производственное объединение «Паколь»**

инъекционные составы на минеральной основе, изготавливаемые путем смешивания вяжущих и тонкодисперсных наполнителей с химическими добавками. Несмотря на это, они обладают рядом недостатков: недостаточная прочность; для сохранения однородной консистенции требуется непрерывное перемешивание затворенной смеси; слабая проникающая способность; сложность работы при отрицательных температурах окружающей среды. По мнению докладчика, наиболее целесообразно их изготовление по технологии цементов низкой водопотребности, в которых при помолке исходных компонентов эффективнее работают добавки и существенно возрастают реологические показатели, проникающая способность и прочность затвердевшего материала.

Закончил работу секции доклад Р. О. Вязовых о применяемой ООО «МБС Строитель-



**Р. О. Вязовых, ООО «МБС Строительные системы»**




**А. Ю. Глущенко, ООО «РусИнжект»**

ные системы» напыляемой гидроизоляционной мембраны MasterSeal 345 при строительстве тоннелей по технологии NATM.

Третью секцию «Научно-техническое сопровождение и опыт подземного строительства» открыл доклад А. Ю. Глущенко (ООО «РусИнжект»), продолживший поднятую в предыдущих докладах тему ремонта железобетонных конструкций в сложных гидрогеологических условиях и рассказавший об опыте ремонтных работ, выполненных ООО «РусИнжект» на объектах Московского метрополитена, Загорской ГАЭС и Чиркейской ГЭС.

Г. Н. Протасов (ОАО «Минскметропроект») поделился с участниками конференции опытом строительства зданий над подземными сооружениями Минского метрополитена на примере концертного зала «Верхний город» и здания торгово-развлекательного центра.


**Г. Н. Протасов, ОАО «Минскметропроект»**

Концертный зал «Верхний город» размещен в здании церкви, которое было разрушено в 1938 г. и вновь воссоздано в 2011 г. над двумя действующими тоннелями метрополитена. Конструктивные решения нового здания позволили обеспечить безопасность эксплуатации метрополитена, сохранить уцелевшие исторические фундаменты, обеспечив при этом виброизоляцию наземных конструкций. Над станцией метро «Вокзальная» построено здание 6-этажного торгово-развлекательного центра. Здание опирается непосредственно на станцию и, частично, на сваи. При проектировании станции были заранее учтены предполагаемые нагрузки от здания, проектирование которого к тому моменту еще не было начато. Впоследствии оптимальная компоновка здания и рациональная конструкция фундаментов позволили обеспечить давление на основание, соответствующее ранее учтенным нагрузкам.

П. С. Мильчевский рассказал о разработанной ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации» системе комплексного автоматизированного геотехнического мониторинга «Мониторон», а также об интегрированных с ней системах измерения вибраций и напряженно-деформированного состояния конструкций и опыте ее применения при строительстве подземных сооружений.

Н. С. Островский (АО «Мосинжпроект») рассказал об опыте проходки тоннелей метрополитена в сложных инженерно-геологических и градостроительных условиях, а также контроле ведения проходческих работ с помощью созданной в АО «Мосинжпроект» системы «Центральное Управление Проходки».

Тему продолжил выступивший в on-line режиме А. З. Тер-Мартirosян (НИУ «МГСУ»), рассказавший об опыте математического моделирования проходки двухпутного перегонного тоннеля Некрасовской линии Московского метрополитена от ст. «Стаханов-

ская улица» до ст. «Нижегородская улица», проведенного с использованием программного комплекса PLAXIS. Как показали расчеты, фактический коэффициент перебора грунта для данного участка варьируется в диапазоне от 0,1 до 1,2 %, что значительно меньше нормативных значений. Поскольку фактическая осадка зданий оказалась меньше, чем расчетная, возможно уменьшить стоимость строительства тоннелей закры-


**П. С. Мильчевский, ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации»**

тым способом за счет снижения стоимости защитных мероприятий зданий и сооружений окружающей застройки, попадающих в зону влияния проходки тоннеля, без нарушения техники безопасности. При этом происходит снижение количества сооружений, попадающих в расчетную зону влияния, и, соответственно, снижение затрат на ведение геодезического мониторинга за смещениями данных сооружений.


**Н. С. Островский, АО «Мосинжпроект»**



Участники конференции

Закрывает секцию доклад Д. С. Конюхова, посвященный ведению научно-технического сопровождения строительства объектов метрополитена в АО «Мосинжпроект». О разработанной в АО «Мосинжпроект» системе интерактивного управления технологическими параметрами строительства было рассказано на примере проходки двухпутного перегонного тоннеля Большой кольцевой линии Московского метрополитена под действующей ст. «Печатники». Еще одно направление научно-практической деятельности АО «Мосинжпроект» – это проведение научно-практических исследований и разработка инновационных технических решений. В 2020 г. специалисты АО «Мосинжпроект», совместно с Московским государственным университетом, Горным институтом НИТУ «МИСИС», ООО «СпецГеоТрансПроект» и АО «УРСТ» принимали участие в разработке «Руководства по контролю качества скрытых

работ геофизическими методами при строительстве подземных объектов, включая объекты метрополитена, на территории Москвы». Был выполнен большой объем исследований на натурных моделях. В частности, на строительной площадке ст. «Можайская» БКЛ впервые в РФ была создана натурная модель кольца тоннельной обделки из сборных высокоточных железобетонных блоков диаметром 6 м. На основании систематизации дефектов заобделочного пространства, возникающих при проходке и эксплуатации тоннелей метрополитена в нескальных грунтах, были созданы модели этих дефектов, изготовлен тампонажный слой, выполнена обратная засыпка и уплотнение заобделочного пространства. На этой модели проведены исследования с применением импакт-метода, виброакустического метода и георадиолокационного профилирования. В 2021 г. по заказу ФАУ ФЦС Минстроя РФ, АО

«Мосинжпроект» с привлечением ведущих вузов и научно-исследовательских центров России проводятся научно-исследовательские работы, направленные на обеспечение безопасности проходки тоннелей с применением ТПМК и горного способа, а также пожарной безопасности метрополитенов. Их результаты нашли отражение в перерабатываемом СП 120.13330 «Метрополитены».

Четвертая, заключительная секция конференции, была посвящена строительству и эксплуатации горных транспортных тоннелей и открылась докладом М. О. Лебедева (ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс») «Актуальные вопросы обеспечения несущей способности крепей и обделок при строительстве и эксплуатации горных транспортных тоннелей».

Как отметил докладчик, от надежности несущих конструкций тоннелей зависит их безопасная эксплуатация в течение заданного срока. Опыт строительства и эксплуатации тоннелей показывает, что далеко не все они эксплуатируются без необходимости выполнения капитальных ремонтов до окончания нормативных сроков эксплуатации. Происходит потеря несущей способности обделок по разным причинам. Выявлено, что вибродинамические нагрузки, передаваемые от транспорта на основание тоннеля, влияют на исключение временной незамкнутой крепи из работы с вмещающим массивом, представленного не только породами с выраженными реологическими свойствами, но и для полускальных пород.

Тему продолжил К. Е. Минин (ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации»), рассказавший о расчёте на трещиностойкость фибробетонных обделок транспортных тоннелей, возводимых горным способом в скальных грунтах. Анализ результатов выполненных исследований позволили докладчику сделать следующие выводы:

- подтверждена возможность использования линейной механики разрушения для



М. О. Лебедев, ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»



К. Е. Минин, ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации»



Во время доклада Р. А. Гусева



А. Б. Лебедев, Тоннельная ассоциация России

Вручение М. Н. Волкову книги «Метро без границ»



анализа распространения трещин в фибробетонных тоннельных обделках сводчатой формы;

- на распределение напряжений в фибробетонной обделке тоннеля, сооружаемого горным способом, и следовательно на ее трещиностойкость, может повлиять способ раскрытия сечения выработки, что требует проведения дополнительных аналогичных исследований при других способах производства работ.

Выступивший за ним Р. А. Гусев (ООО ТД «Гидромикс») рассказал об эффективных решениях для герметизации трубных проходов, в том числе для территорий с повышенной сейсмической активностью. Герметизация трубных проходов является важной деталью при проектировании и устройстве гидроизоляции заглубленных или подземных конструкций зданий и сооружений, а также при проектировании и строительстве резервуаров, градирен, бассейнов и других гидротехнических сооружений. Правильное решение в этом вопросе обеспечивает надежность, долговечность и водонепроницаемость системы гидроизоляции.

Завершил секцию второй доклад М. О. Лебедева (ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс») о тоннельных вариантах строительства транспортного перехода на о. Сахалин. Рассматривались следующие варианты сооружения транспортного перехода на о. Сахалин под проливом Невельского:

- вариант I. Тоннель Дн = 9,5 м и сервистоннель Дн = 5,5 м с щитовой проходкой;
- вариант II. Тоннель Дн = 11,5 м с щитовой проходкой;
- вариант III. Тоннель из опускных секций;
- вариант IV. Тоннельно-мостовой переход;
- вариант V. Комбинированный тоннель с обделками из опускных секций на береговых участках и кругового очертания в русловой части.

Мировой опыт тоннелестроения показывает, что длина проектируемых тоннелей является технологически реализуемой. Так, железнодорожный тоннель между островами Хонсю и Хоккайдо составляет 54 км. Открытый в 1988 г. Сэйкан стал самым длинным подводным железнодорожным тоннелем в мире и держит этот рекорд до сих пор. Тоннель под проливом Ла-Манш длиной 51 км между Англией и Францией, из которых 39 км – под проливом Ла-Манш, свидетельствует о высоком уровне развития науки и техники тоннелестроения и о возможности реализации еще более грандиозных тоннельных проектов.

Завершая конференцию, заместитель председателя правления ТАР А. Б. Лебедев поблагодарил всех ее участников и организаторов, выразив отдельную благодарность Уральскому государственному горному университету в лице декана горно-технологического факультета, зав. кафедрой шахтного строительства Уральского государственного горного университета канд. техн. наук М. Н. Волкова и вручил памятный подарок.



# ОТЧЕТНО-ВЫБОРНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ТАР

**25 ноября 2021 г. состоялась очередная отчётно-выборная конференция Тоннельной ассоциации России, на которой были подведены итоги работы организации за период с 28 февраля 2017 г. по 25 ноября 2021 г., проведены выборы новых составов правления и Ревизионной комиссии ассоциации, утверждены план работы и бюджет организации на 2022 г.**

В связи с ограничениями, действующими в период пандемии коронавируса, конференция проводилась в заочном режиме.

В работе конференции приняли участие 76 делегатов из 46 организаций из 58 числящихся в Реестре членов Тоннельной ассоциации России. Всем делегатам конференции по электронной почте были разосланы необходимые для работы материалы и бюллетени для голосования.

Приоритетные направления работы Тоннельной ассоциации России в отчётный период были связаны с реализацией:

- масштабной программы развития Московского метрополитена;
- программы развития Санкт-Петербургского метрополитена, в том числе при подготовке города к проведению Чемпионата мира по футболу в 2018 г.;
- программы увеличения пропускной способности Байкало-Амурской железнодорожной магистрали и Транссиба.

Работа велась в соответствии с утверждёнными планами. Наиболее актуальные вопросы текущей деятельности Тоннельной ассоциации рассматривались на заседаниях

правления и президиума правления ТАР. Всего за отчётный период проведено 11 заседаний правления (в том числе 4 заседания в заочном режиме) и 22 заседания президиума правления (в том числе 5 заседаний в заочном режиме). Проведение заседаний правления и президиума правления в заочном режиме диктовалось ограничениями, действующими в период пандемии коронавируса.

Большое внимание уделялось вопросам повышения эффективности деятельности ассоциации. Так, на заседании президиума правления ТАР, состоявшемся 9 ноября 2017 г., были рассмотрены и одобрены «Основные направления совершенствования деятельности руководящих органов ТАР», которые легли в основу деятельности ассоциации в отчётный период.

Выполнен большой объём работы по организации научно-технических конференций, форумов и круглых столов. Проведено 11 таких мероприятий, на которых представлено более 160 докладов, отражающих современное состояние метро- и тоннелестроения, перспективы развития этой отрасли строительства, вопросы подготовки кадров.

В целях развития творческой активности инженерно-технического персонала организаций – членов ТАР ежегодно проводились конкурсы «На лучшее применение передовых технологий при освоении подземного пространства» и им. С. Н. Власова «Инженер года Тоннельной ассоциации России». С 2018 г. организовано проведение Конкурса дипломных (научных) работ студентов по проблематике освоения подземного пространства, которое направлено на развитие творческой активности студентов высших учебных заведений.

Делегаты конференции в целом одобрили работу правления и Исполнительной дирекции ТАР в отчётный период.

Важным итогом работы конференции стало формирование новых составов руководящих органов ТАР. Сформированы правление и Ревизионная комиссия ТАР, избран председатель правления ТАР – им вновь стал Константин Николаевич Матвеев, сумевший за сложный отчетный период сохранить тесную творческую связь и координацию между членами ассоциации по строительству объектов метро-тоннелестроения на современном научно-техническом уровне.

## Новый состав правления Тоннельной ассоциации России

Матвеев Константин Николаевич – председатель правления

Бабушкин Николай Фёдорович  
Беленький Михаил Юрьевич  
Беляков Владимир Алексеевич  
Бочкарёв Андрей Юрьевич  
Бурин Дмитрий Леонидович  
Внутских Владимир Валентинович  
Волков Максим Николаевич  
Георгиев Владимир Васильевич  
Дорман Игорь Яковлевич  
Драгун Владислав Феликсович  
Ершов Александр Владимирович  
Жуков Сергей Анатольевич  
Кавказский Владимир Николаевич  
Кивлюк Валерий Петрович  
Кубышкин Андрей Александрович

Лебедев Михаил Олегович  
Лебедев Александр Борисович  
Ломоносов Сергей Михайлович  
Маковский Илья Вениаминович  
Максимов Андрей Алексеевич  
Меркин Валерий Евсеевич  
Меркулова Анна Дмитриевна  
Панкратенко Александр Никитович  
Пискунов Александр Алексеевич  
Полянкин Геннадий Николаевич  
Рахимов Марат Мулахмедович  
Старков Алексей Юрьевич  
Усольцев Игорь Александрович  
Цюпа Дмитрий Александрович  
Чумаков Евгений Федорович  
Шипицын Сергей Валерьевич

## Новый состав Ревизионной комиссии Тоннельной ассоциации России

Барин Александр Львович  
Прудников Андрей Дмитриевич  
Титов Евгений Юрьевич

Пожелаем новым составам правления и Ревизионной комиссии ТАР успехов в работе.

Формирование президиума правления и распределение обязанностей между членами правления и Ревизионной комиссии будет произведено в течение декабря 2021 г.

В заключение своей работы конференция ТАР рассмотрела и утвердила план работы и бюджет организации на 2022 г.

# ЗАЩИТА ОТ ПРОМЕРЗАНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СТВОЛОВ МЕТРОПОЛИТЕНА С УСТРОЙСТВОМ КОНСТРУКЦИОННО-ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ РУБАШКИ ИЗ ПЕНОСТЕКЛОБЕТОНА

## VENTILATION SHAFTS OF THE SUBWAY FREEZING PROTECTION USING STRUCTURAL AND THERMAL INSULATION JACKET MADE OF FOAM GLASS CONCRETE

Д. Л. Бурин, ГУП «Петербургский метрополитен»

А. Л. Новиков, ФГБОУ ВО ПГУПС

Ю. А. Филонов, ФГБОУ ВО ПГУПС

D. L. Burin, St. Petersburg Metro SUE

A. L. Novikov, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

Yu. A. Filonov, Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University

Для исключения негативного влияния отрицательных температур на техническое состояние вентиляционных стволов проводятся исследования конструктивно-технологических решений реновации вентиляционных стволов метрополитена с устройством конструктивно-теплоизоляционных рубашек из пеностеклобетона. Применение технологии защиты стволов от промерзания с устройством внутренней рубашки из пеностеклобетона может быть рекомендовано для капитального ремонта эксплуатируемых вентиляционных стволов метрополитена.

*In order to exclude the adverse effect of negative temperatures on the technical condition of ventilation shafts, research is being conducted on structural and technological solutions for the renovation of metro ventilation shafts with the installation of structural and thermal insulation jackets made of foam glass concrete. The use of technology to protect lining from freezing with the using of an inner jacket made of foam-glass concrete can be recommended for major repairs of operated ventilation shafts of the subway.*

### Актуальность проблемы

Одной из важнейших проблем, влияющих на эксплуатационную надежность и безопасность функционирования линий метрополитена, является надежная работа вентиляционных систем.

Вентиляция перегонных тоннелей и станций производится через вентиляционные стволы, расположенные у станций и на перегонах. В зимний период стволы на перегонах работают в режиме приточной вентиляции при отрицательных температурах воздуха, которые могут опускаться до  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  и ниже, что приводит к промерзанию как отделки, так и грунтов по ее контуру. Это приводит к повреждению отделки (рис. 1) и является предпосылкой к возникновению аварийных ситуаций.

Для ремонта и усиления отделки существующих стволов на данный момент применяется технология устройства железобетонных рубашек (рис. 2).

Достоинством данного способа является применение стандартных технологий устройства рубашки из монолитного железобетона с устройством гидроизоляции и высокая прочность конструкции. Недостатками являются значительное количество тех-

нологических операций, длительные сроки возведения, высокая стоимость выполнения гидроизоляционных работ и полное отсутствие теплоизоляции, что со временем приведет к повреждению обоймы.

В рамках решения данной проблемы для исключения негативного влияния отрицательных температур на техническое состояние вентиляционных стволов с 2016 г. проводятся исследования конструктивно-технологических решений реновации вентиляционных стволов метрополитена с устройством конструктивно-теплоизоляционных рубашек из пеностеклобетона.

Исследования осуществляются кафедрой тоннелей и метрополитенов совместно с кафедрой инженерной химии и естествознания Петербургского государственного университета путей сообщения (ФГБОУ ВО ПГУПС) и ГУП «Петербургский метрополитен».



Рис. 1. Повреждение отделки вентиляционного ствола из-за замерзания воды за отделкой в зимний период

Идея конструктивно-технологического решения состоит в том, чтобы совместить железобетонную рубашку (усиление) и теплоизоляцию в единую конструкцию на базе специальных видов бетона. Бетонирование рубашки происходит с одновременным заполнением ячеек тюбингов, т. е. исключается достаточно длительная и трудоёмкая операция по предварительному заполнению яче-

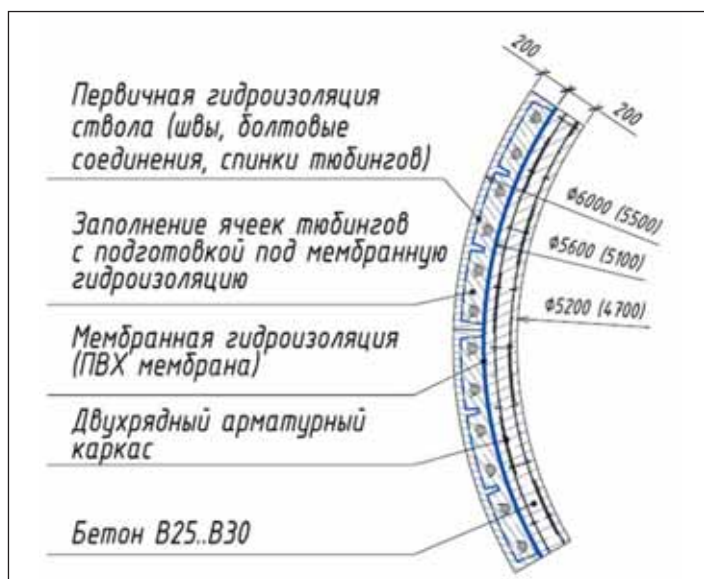


Рис. 2. Устройство железобетонной рубашки ствола

ек, а напыляемая гидроизоляция наносится на поверхность тубингов до начала бетонирования (рис. 3).

### Расчетно-теоретические исследования

В результате анализа вариантов применения различных видов бетонов, обладающих теплоизолирующими свойствами, было установлено, что наиболее приемлемым вариантом является использование пеностеклобетона.

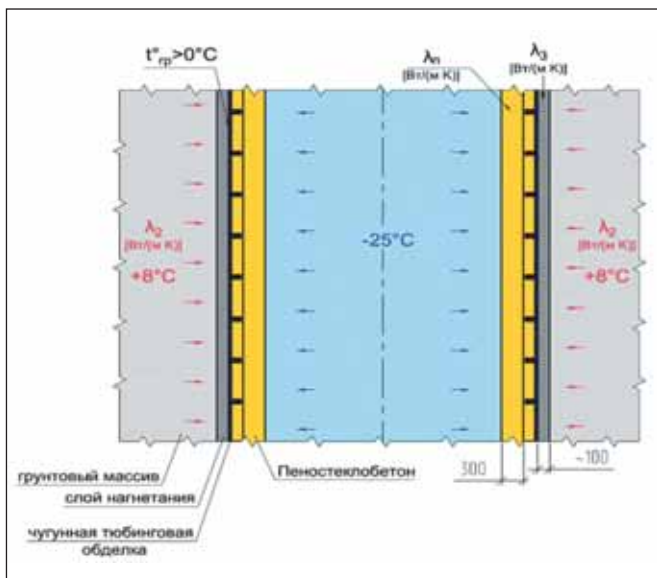


Рис. 4. Расчетная математическая модель



Рис. 5. Устройство физической модели

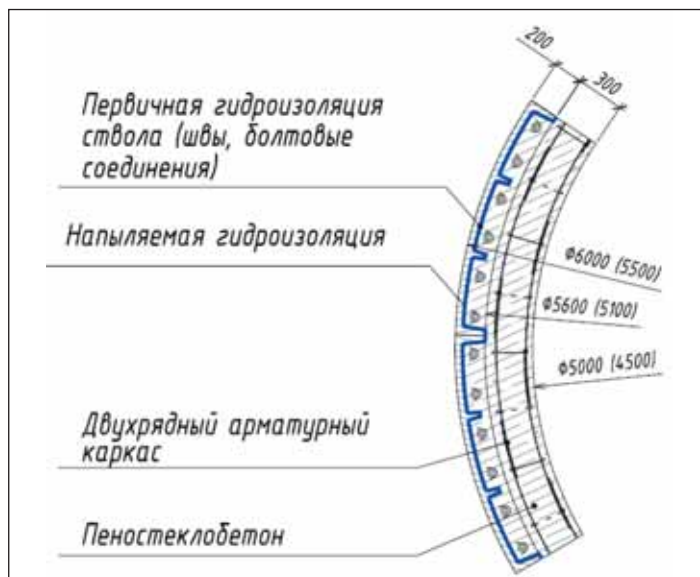


Рис. 3. Устройство конструкционно-теплоизоляционной рубашки ствола

Для определения необходимых параметров по теплоизоляционным свойствам рубашки из пеностеклобетона была разработана расчетная математическая модель (рис. 4).

Расчетно-теоретические исследования показали, что для формирования теплоизоляционной обоймы внутри вентиляционных стволов метрополитена необходимо применение материала со следующими техническими характеристиками:

- прочность на сжатие – не менее 7,5 МПа;
- морозостойкость – не менее F100;
- теплопроводность – не более 0,2 Вт/(м·К);
- водонепроницаемость – не менее W6.

В ходе дальнейшей работы был произведен подбор состава пеностеклобетона, удовлетворяющего приведенным выше показателям.

### Экспериментальные исследования

Экспериментальные исследования процессов заполнения теплоизоляционной обоймы и теплоизоляционной способности подобранного со-

става пеностеклобетона проводились на специальной физической модели в масштабе 1:1, представляющей собой участок вентствала из чугунных тубингов наружным диаметром 5,49 м с устройством армированной обоймы из пеностеклобетона, работающей в режиме разнопеременных температур.

Устройство модели начиналось со сборки чугунных тубингов, моделирующих участок ствола. Затем устраивалась модель напыляемой гидроизоляции и установка арматурного каркаса. После монтажа температурных датчиков производилось бетонирование обоймы (рис. 5).

Для проведения исследований была устроена специальная климатическая установка, позволяющая поддерживать температуру воздуха с внутренней стороны рубашки в диапазоне  $-25...-30^{\circ}C$ . При проведении эксперимента фиксировалась температура модели при различных уровнях температурных воздействий в разных точках по глубине – на внутренней поверхности рубашки, в уровне первого и второго ряда арматуры, в уровне ребер и спинки тубингов, за обделкой в грунтовом массиве (рис. 6).

Результаты проведенных исследований позволили сделать следующие выводы.

1. При задании температуры внутри камеры ниже  $-10^{\circ}C$  (в том числе до  $-25...-30^{\circ}C$ ) продолжительностью 24 дня полного промораживания тела рубашки не произошло.



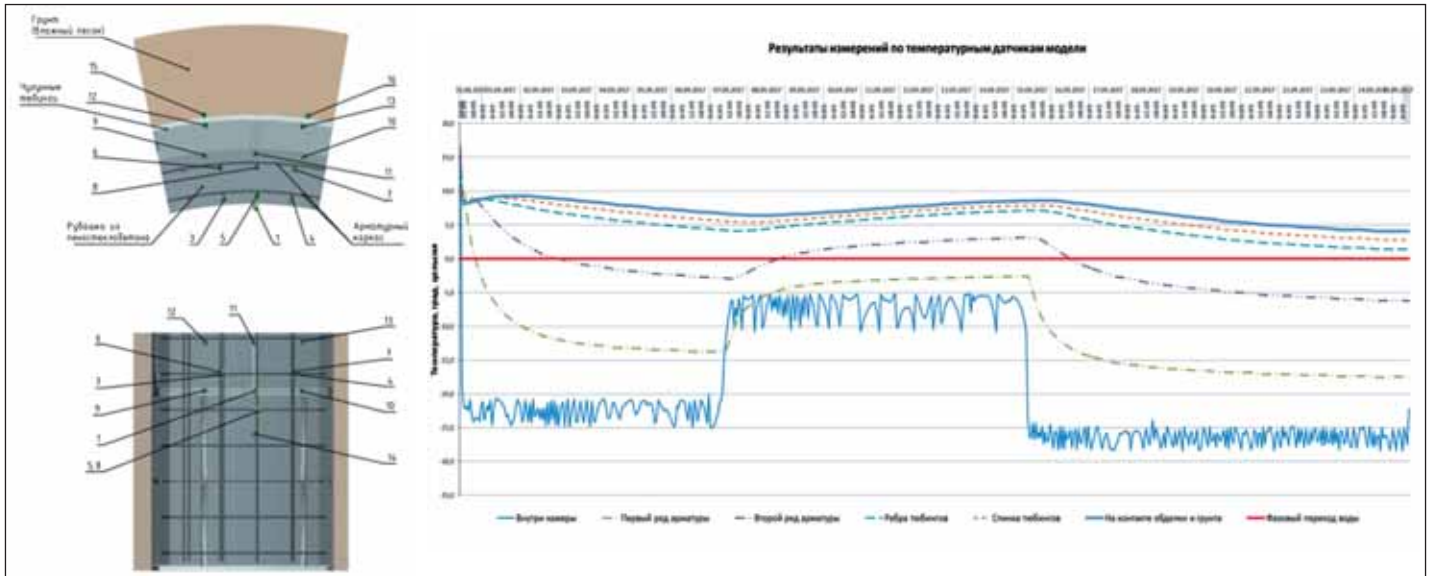


Рис. 6. Расположение и результаты измерения температурными датчиками

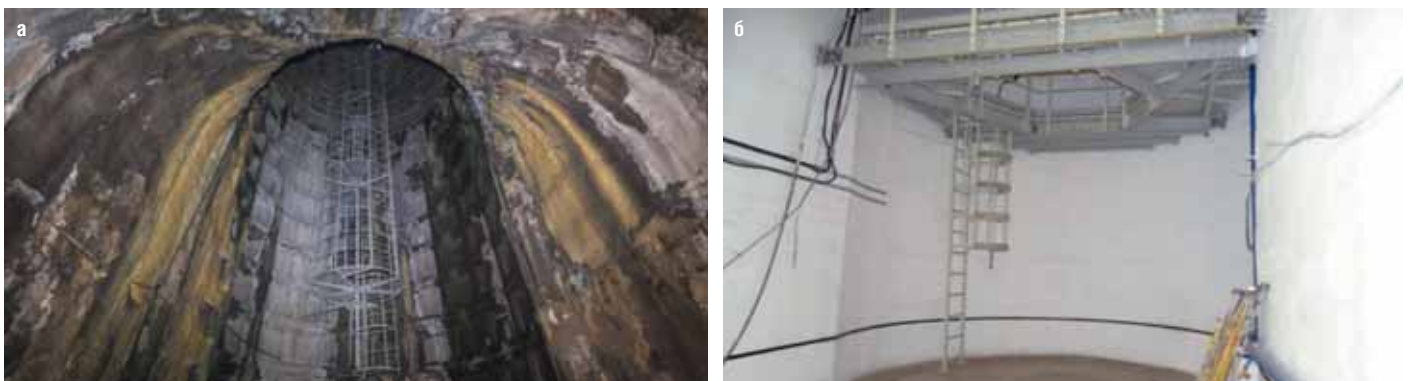


Рис. 7. Вид вентиляционного ствола: а – до капитального ремонта; б – после капитального ремонта

2. Температура на контакте наружного контура обделки и обводненного грунта не опустилась до температуры замерзания воды.

### Внедрение технологии

Полученные результаты по предыдущим этапам научно-исследовательских и экспериментальных работ были применены на действующем вентиляционном стволе метрополитена. В рамках работ по плановому капитальному ремонту была создана конструкционно-теплоизоляционная рубашка из пеностеклобетона (рис. 7) и система мониторинга температур внутри ствола, за обделкой и в различных уровнях по глубине рубашки.

В рамках мониторинга температур в течение зимнего периода с декабря 2020 по март 2021 г. примененная технология полностью доказала свою эффективность. Так при максимальной температуре внутри ствола от  $-17,6$  до  $-19,8$  °С температура за обделкой составила от  $+3,62$  до  $+8,01$  °С, что не допускает замерзания воды в заобделочном пространстве (рис. 8).

### Заключение

В настоящее время силами ФГБОУ ВО ПГУПС была продолжена работа по оптимизации конструктивно-технологических ре-



Рис. 8. Результаты наблюдения по системе мониторинга температур

шений для реновации вентиляционных стволов. В результате была создана формула модифицированного самоуплотняющегося пеностеклобетона с применением циркониевой фибры, что позволяет повысить теплоизоляционные свойства, увеличить прочность бетона и отказаться от арматурных каркасов.

Считаем, что применение технологии защиты стволов от промерзания с устройством внутренней рубашки из пеностеклобетона может быть рекомендовано для капитального ремонта эксплуатируемых вентиляционных стволов метрополитена.

### Ключевые слова

Метро, вентиляционные шахты, защита от замерзания, пеностеклобетон.  
*Subway, ventilation shafts, freezing protection, foam-glass concrete.*

### Для связи с авторами

Бурин Дмитрий Леонидович  
Burin.D@metro.spb.ru  
Новиков Анатолий Леонидович  
snoval@pgupstm.ru  
Филонов Юрий Александрович  
parad11@mail.ru



# РАЗВИТИЕ МЕТРОПОЛИТЕНА В ЕКАТЕРИНБУРГЕ

Е. А. Клементьев, ОАО «Уралгипротранс», Екатеринбург



В связи с ускоренными темпами автомобилизации крупные российские города столкнулись с необходимостью решения проблем организации дорожного движения, в том числе перевозок городским общественным транспортом. При этом те виды общественного транспорта, которые осуществляют перевозки пассажиров по автомобильным дорогам в городах (автобусы, троллейбусы, коммерческие маршрутные перевозки, такси), испытывают те же самые сложности в передвижении, что и личный автотранспорт, и не способны оказывать приемлемых по качеству транспортных услуг населению. Зарубежный опыт показывает, что решением данных проблем является развитие внеуличного пассажирского транспорта, конкурентоспособного по качеству (скорости передвижения, доступности, комфорту) и стоимости транспортных услуг.

Екатеринбург является главным административным, культурным, научно-образовательным центром Уральского региона, одним из крупнейших в стране транспортно-логистическим узлом и важным промышленным центром. Часто неофициально его ещё называют «столицей Урала».

Екатеринбург – четвертый по численности населения город в России. На текущий момент население города составляет около 1,5 млн человек. В соответствии со «Стратегическим планом развития Екатеринбурга», численность населения на начало 2025 г. планируется 1 611,1 тыс. человек.

По данным агентства «Автостат» на 2020 г. на территории Екатеринбурга уровень обеспеченности легковыми автомобилями составляет 305 шт./1000 жителей – пятое место по России, по парку легковых автомобилей на третьем месте после Москвы и Санкт-Петербурга и составляет 465,5 тыс. шт.

Анализ существующего и прогноз перспективного транспортного обслуживания пассажиров в Екатеринбурге показывают, что пропускная способность улиц исчерпана: происходит увеличение уровня автомобилизации, увеличение подвижности населения и рост объемов пассажиро-перевозок. А это, в свою очередь, обосновывает необходимость и целесообраз-

Вторая линия метрополитена в городе Екатеринбурге				
Статистика пассажироперевозок в Екатеринбурге 2019				
Показатель	Трамвай	Троллейбус	Автобус	Метро
Протяженность сети, км	166	165	446	12,7
Количество транспорта, ед.	455	238	431	70
Количество пассажиров, перевезенных за год на 1 км. пути, тыс. чел.	474	173	79	3 646

Рис. 1. Сопоставление перевозок различными видами транспорта

ность решения проблемы за счет строительства внеуличных видов скоростного пассажирского транспорта, который позволит снять транспортную напряженность в городе. В качестве внеуличных видов скоростного пассажирского транспорта могут быть рассмотрены надземные или подземные виды.

Основным параметром, определяющим востребованность и место транспортной системы в структуре массовых перевозок, является его провозная способность. Транспортные системы с малой провозной

способностью, такие как монорельсовые и канатные системы, а также автобусные и троллейбусные системы, используются как подвозочный транспорт к магистральным видам транспорта, имеющим большую провозную способность.

Трамвай, как рельсовый транспорт, имеет большую провозную способность, однако в случае работы в общем транспортном потоке она резко снижается. Поэтому в современных транспортных системах он используется как подвозочный в зоне жилой застройки.





Провозная способность скоростного трамвая составляет 15–17 тыс. пасс. в час. Однако строительство скоростного трамвая в центре города не представляется возможным по следующим причинам:

- ширина улиц и дорог не позволяет выполнить устройство выделенного земполотна с многочисленными автодорожными развязками на пересечениях с другими улицами;
- строительство эстакад под скоростной трамвай потребует также расширения улиц и дорог со сносом капитальной застройки на участках строительства станций скоростного трамвая. В центральной части города при плотной застройке и большом количестве объектов культурного и исторического наследия не представляется возможным;
- для перевозки расчетного пассажиропотока (30,2 тыс. пасс. в час.) потребуются 161 сочленённых трёхсекционных трамвайных вагонов (составов) при номинальном заполнении с интервалом попутного следования порядка 22 сек. Путевые и электротехнические устройства не обеспечат безопасность движения с указанным интервалом движения поездов. Следует заметить, что оптимальные условия эксплуатации скоростного трамвая в городах создаются при курсировании на линии составов, следование которых возможно с наименьшим интервалом движения, равным 1 мин.

Провозная способность канатного метро составляет 3 тыс. пасс. в час, в связи с чем он не может рассматриваться в качестве магистрального для массовых пассажироперевозок.

Единственно возможным в сложившейся ситуации видом скоростного внеуличного транспорта, удовлетворяющим потребности в пассажироперевозках, является метрополитен.

Несмотря на скромные размеры, наш метрополитен в 2019 г. обеспечил 25 % объема пассажироперевозок муниципального общественного транспорта города (рис. 1). В сравнении с наземными видами транспорта, Екатеринбургский метрополитен перевёз самое большое количество пассажиров за год на 1 км пути – 3 млн 646 тыс. человек (при протяженности линии 12,7 км и имея в наличии всего лишь 70 вагонов). 2020 год не является показательным в связи с падением пассажиропотоков на всех видах транспорта из-за пандемии.

Существующая ветка отличается высоким удельным пассажиропотоком, как в расчёте на километр путей, так и на одну станцию, занимая по этим показателям четвертое место в России, уступая Москов-

скому, Петербургскому и Новосибирскому метрополитенам. В настоящее время метрополитен насчитывает девять станций и за 30 лет осуществил перевозку более 1 млрд пассажиров. Из этого можно сделать вывод, что данный вид транспорта пользуется у населения города большим спросом.

Проектно-исследовательский институт (ОАО «Уралгипротранс»), являясь генеральным проектировщиком метрополитена Екатеринбурга, не только следит за развитием и новыми тенденциями освоения подземного пространства с профессиональной точки зрения, но и всей душой радуется за развитие метрополитена, который является перспективной альтернативой наземному транспорту в своем родном городе. Мы не оставляем надежды на то, что

Рис. 2. Схема линий Екатеринбургского метрополитена с зоной притяжения городских комплексов





Рис. 3. Схема второй линии метрополитена с 11-ю станциями



Рис. 4. Варианты конструктивных решений станции

Рис. 5. Картограмма предполагаемого пассажиропотока



метрополитен в Екатеринбурге не ограничится девятью станциями.

Метрополитен выступает катализатором в развитии общественных центров города, повышая эффективность использования имеющегося потенциала существующих территорий и создания новых общественных центров и зон, которые напрямую зависят от транспортной доступности.

Так, для первой линии метрополитена, направление север-запад, предусматривается создание мультимодальных транспортных узлов с коммерческими площадями в районе станции «Бакинских Комиссаров», «Уральская» и «Ботаническая». На данном направлении метро стимулирует реконструкцию и развитие существующих и строительство новых торговых комплексов в районе станций «Бакинских Комиссаров», «Площадь 1905 года», «Геологическая» и «Ботаническая». Продление первой линии на юг до станции «Уктусские горы» позволит вдохнуть новую жизнь в рекреационную зону и развитие спортивной зоны зимних видов спорта.

На перспективной второй линии, направление запад-восток, сосредотачиваются торговые узлы регионального типа, объекты спорта и отдыха, общественно-деловая застройка, историко-культурные зоны, ТПУ с автовокзалом Западный, на завершении научно-образовательные центры и технопарк университетский. Также в зоне влияния расположена рекреационная зона – жемчужина города Екатеринбурга – озеро Шарташ.

Перспективная третья линия, направление с юго-запада на северо-восток (рис. 2), характеризуется большим жилым районом Академический, учебным и медицинским кластером, рекреационной зоной, а также комплексами с торгово-административными и торгово-развлекательными функциями.

Транспортная доступность становится главным критерием при выборе площадок для строительства жилья, т. к. развитие транспортной инфраструктуры сокращает время на дорогу, повышает доступность товаров и услуг во всех районах города и обеспечивает связность района проживания с местами отдыха и приложения труда. Всего по трём линиям в зоне 15-минутной доступности будет находиться более 1 млн жителей, что составляет порядка 67 % от планируемого населения Екатеринбурга.

Совместно с действующей первой линией вторая линия обеспечит скоростным пассажирским транспортом около 600 тыс. жителей, проживающих в зоне влияния метрополитена, что соответствует 40 % от общего количества жителей города.

Проектирование второй линии метрополитена в Екатеринбурге было начато в 2010 г. для участка ст. «Металлургическая» – ст. «Площадь 1905 года» и приостановлено

в феврале 2014 г. в связи с отсутствием финансирования. В период с 2010 по 2014 г. для участка ст. «Металлургическая» – ст. «Площадь 1905 года» был выполнен ряд предпроектных работ, определивших основные решения для второй линии метрополитена: комплексные инженерные изыскания, разработаны проектная документация мероприятий по подготовке территории строительства, несколько разделов (этапов) проектной документации по указанному участку линии.

В связи с положительным решением Президента России В. В. Путина об оказании помощи правительству Свердловской области при строительстве Екатеринбургского метрополитена в 2019 г. было принято Постановление администрации г. Екатеринбурга о выделении средств на выполнение предпроектных работ по второй линии метрополитена.

В 2020 г. проектные работы по второй линии возобновились, но только на участок не с четырьмя станциями, а с одиннадцатью (рис. 3). А для того, чтобы Правительство Российской Федерации приняло решение о предоставлении средств из федерального бюджета на реализацию инвестиционного проекта и включения объекта в федеральную программу согласно Постановлению Правительства РФ от 12 августа 2008 г. № 590 «О порядке проведения проверки инвестиционных проектов на предмет эффективности использования средств федерального бюджета, направляемых на капитальные вложения», необходимо провести обоснование экономической целесообразности и прохождение публичного технологического и ценового аудита.

Было выполнено большинство предусмотренных этапов: сведения об объемно-планировочных, архитектурных и конструктивных решениях, сведения о технологических решениях инженерных систем, сведения о внешних инженерных сетях и коммуникациях; мероприятия по сохранению существующих зданий и сооружений, попадающих в зону строительства метрополитена; сведения об организации строительства второй линии метрополитена и всё это в двух вариантах. Так же была выполнена работа по обоснованию пассажиропотоков.

В 2021 г. планировалось выполнить сравнительную оценку двух вариантов, посчитать стоимость строительства, определить риски и зайти в экспертизу, но работы вновь приостановили...

Рассматривали два варианта: первый традиционный – два однопутных тоннеля со станциями, сооружаемыми открытым способом работ, и второй вариант с одним тоннелем диаметром 12,5 м, который предполагает размещение перегонов и станций на двух этажах, что способствует вести проходку всей линии закрытым механизированным способом. Современ-

ные технологии позволяют это выполнить. С поверхности будут сооружаться только вестибули станций с наклонными ходами для устройства эскалаторов. Пассажиры платформы станции будут размещаться в двух уровнях друг над другом. Такое расположение платформ позволяет легко обеспечить переход между платформами в районе выхода на эскалатор (рис. 4).

Такие объемно-планировочные решения позволяют сократить длину котлованов в несколько раз по сравнению с традиционным строительством метро. Вестибули размещают за пределами проезжих частей улиц, что значительно сокращает объемы работ по выносу инженерных коммуникаций, переустройству дорог и не нарушают работу наземного транспорта. При скорости проходки горнопроходческого комплекса 300 м в месяц самая ответственная и трудоёмкая часть станции – наружная обделка – возводится значительно быстрее по сравнению с традиционным способом для станции открытого способа работ.

Преимущества принятых объемно-планировочных решений:

- исключение строительства оборотных камер, съездов и межтоннельных сбоек, которые выполнялись бы вручную горным способом или в котловане с мощным ограждением типа «стена в грунте» (в данном решении съезды выполняются внутри сечения тоннеля);
- меньший строительный объем станционных комплексов за счёт размещения платформенного участка, блока технических помещений и тягово-понижительной подстанции во внутренних объёмах перегонного тоннеля;
- значительное сокращение влияния строительства линии метрополитена на городскую среду обитания за счёт сокращения отчуждаемой городской территории для организации строительных площадок;
- сокращение зоны влияния строительства линии на существующую застройку, в том числе на памятники культурного и исторического наследия.

Максимальная суммарная (в обе стороны) величина потока (в режиме обычного буднего дня) во все периоды эксплуатации исследуемого участка второй линии ожидается на перегоне от ст. «Площадь 1905 года» до ст. «Театральная» (в первый период эксплуатации – 18,8 тыс. пасс., во второй период эксплуатации – 26,7 тыс. пасс., в третий период эксплуатации – 30,2 тыс. пасс. в утренний максимальный час), рис. 5. Результаты расчётов показывают, что метрополитен может стать одним из основных видов транспорта и взять на себя до трети всех пассажироперевозок общественным пассажирским транспортом в Екатеринбургской агломерации. Максимального объёма пассажироперевозок метрополитен достигнет при условии ввода

в эксплуатацию всех планируемых линий, при работе в качестве полноценной системы магистрального транспорта. Кроме того, необходима организация подвозящих маршрутов уличного общественного транспорта к вестибулям метрополитена, обустройство и синхронизация работы пригородной и городской пассажирской железной дороги, метрополитена и уличного общественного транспорта в ТПУ, благоустройство пешеходно-транзитных зон у вестибюлей, максимальное развитие территорий города в зонах пешеходной доступности станций.

В результате ввода в эксплуатацию участка второй линии метрополитена от станции «Янтарная» до станции «Каменные палатки» планируется проживание около 290 тыс. человек, размещение 270 тыс. мест приложения труда и 49 тыс. мест очной учёбы.

Зона транспортной доступности второй линии, помимо территорий в границах Екатеринбурга, охватывает также территории иных муниципальных образований Екатеринбургской агломерации. В первый период эксплуатации проектируемых станций зона будет иметь площадь более 490 га. В 2035 г. в зоне транспортной доступности проектируемых станций планируется проживание около 1,1 млн человек и размещение 470 тыс. мест приложения труда и учёбы, из них около 40 % – вне административных границ Екатеринбурга.

Хотелось бы отметить, что компактный Екатеринбург динамично развивается, а дополнительным импульсом и катализатором послужит строительство новых станций метрополитена.

И инвестиции, вложенные в проект, годами будут служить на благо города, улучшая качество жизни населения и создавая комфортную среду для жителей и для развития бизнеса.

С социально-экономической точки зрения строительство метрополитена позволит:

- перераспределить транспортные потоки личного автомобильного транспорта;
- разгрузить улицы, увеличить их пропускную способность;
- сформировать комфортную жилую среду в зоне влияния метрополитена;
- улучшить экологическую ситуацию за счет снижения количества бензинового транспорта.

Хочется надеяться, что в соответствующих структурах федеральной власти будет найдено понимание, что проблема метрополитена в России – проблема общегосударственная, непосильная для решения ни одному отдельно взятому региону, тем более, муниципальному образованию, и в сложившихся условиях является наиболее приоритетной.

#### **Для связи с автором**

Клементьев Евгений Анатольевич  
omp@uralgiprottrans.ru



# ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ НАД ПОДЗЕМНЫМИ СООРУЖЕНИЯМИ МЕТРО В МИНСКЕ

Г. Н. Протасов, главный инженер ОАО «Минскметропроект»

Одной из важнейших задач развития современного крупного города является расширение транспортной инфраструктуры, в частности – скоростных видов транспорта, таких как метрополитен. Линии метро часто приходится строить в условиях сложившейся городской застройки. Точно также новое строительство наземных городских объектов часто осуществляется в технической зоне метрополитена, а иногда – непосредственно над тоннелями.

Такое тесное «соседство» наземных зданий и метрополитена ставит перед строителями ряд задач, связанных с ограничением взаимного влияния наземных и подземных сооружений различного назначения и принадлежности. Взаимное влияние обычно проявляется в виде изменения напряженно-деформированного состояния основания, которое вызывает дополнительные напряжения в строительных конструкциях.

Следует отметить влияние вибраций от движения поездов метро. Эти вибрации обычно не опасны для строительных конструкций и в соответствии с белорусскими нормами классифицируются как «нижний предел чувствительности вибраций, не вызывающий дополнительных осадок фундаментов и повреждений в наземных конструкциях».

Иначе обстоит дело с влиянием вибрации на человека. Допустимые по условию воздействия на здоровье уровни вибраций установлены санитарными нормами в зависимости от функциональной принадлежности зданий. Для жилья, больниц и санаториев эти требования наиболее жесткие. Поэтому в случае, если здание расположено на небольшом расстоянии от тоннеля, может возникнуть необходимость устройства виброизоляции – сложного и дорогостоящего конструктивного мероприятия.

В статье рассмотрено два примера строительства зданий над подземными сооружениями метрополитена в г. Минске: концертный зал «Верхний город» и торгово-развлекательный центр «Минск Сити Молл» над станцией метро «Вокзальная».

Концертный зал «Верхний город» построен в 2011 г. на месте бывшей церкви Святого Духа, практически полностью уничтоженной в 30-е годы прошлого века. Здание было воссоздано по рисункам и чертежам на сохранившихся старых фундаментах. В разработке конструктивных решений принимали участие специалисты ОАО «Минскметропроект».

Строительство было связано с рядом осложняющих факторов:



Рис. 1. Площадь Свободы. Фото из сервиса Google Earth: а – 2007 г. На месте бывшей церкви расположен газон. Контуры фундамента выделены мощением; б – фото 2020 г.

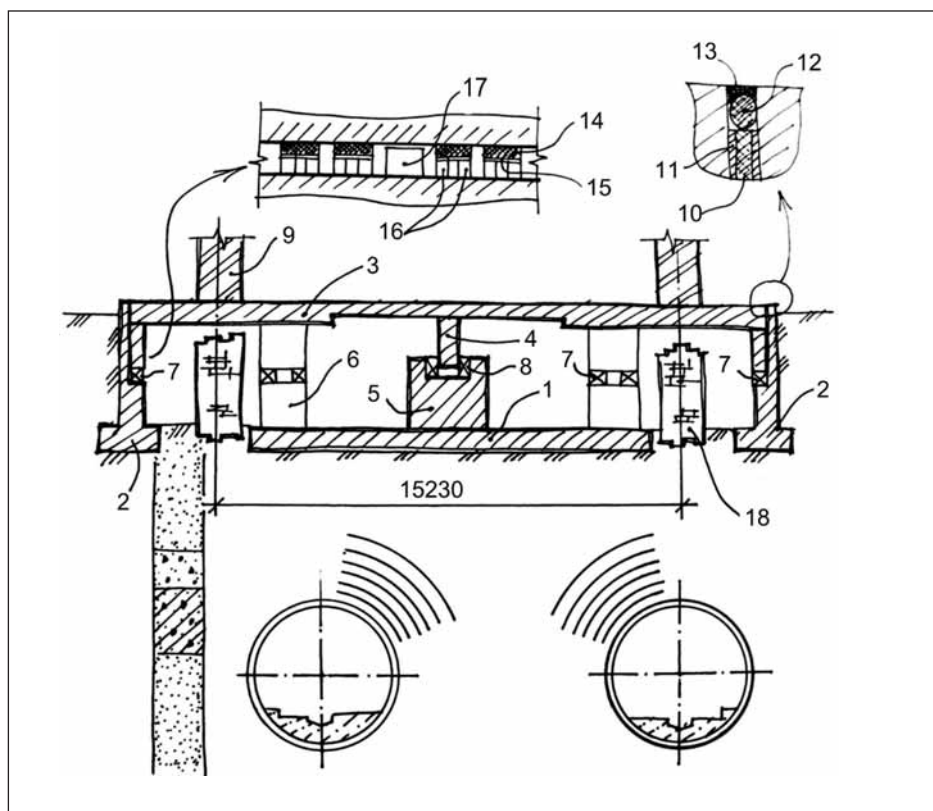


Рис. 2. Принципиальная схема виброизолированного фундамента воссоздаваемого здания церкви Святого Духа (концертный зал «Верхний город»): 1 – фундаментная плита внутреннего контура; 2 – наружный ленточный фундамент; 3 – распределительная плита; 4 – «маятник»; 5 – упор; 6 – пилон; 7 – узел вертикальной виброизоляции; 8 – горизонтальный виброизолятор; 9 – стены вновь возводимого здания; 10 – вспененный полиэтилен; 11 – асбестоцементные листы; 12 – пористый уплотнитель; 13 – герметик; 14 – виброизолятор из специального полимерного материала; 15 – стальная пластина; 16 – опора виброизолятора; 17 – страховочная опора «ловушка»; 18 – сохранившиеся конструкции старых фундаментов

- на глубине около 10 м под старыми фундаментами проходят два перегонных тоннеля действующей линии метрополитена;

- требовалось сохранить дошедшие до нашего времени исторические конструкции подземной части. При этом техническое со-

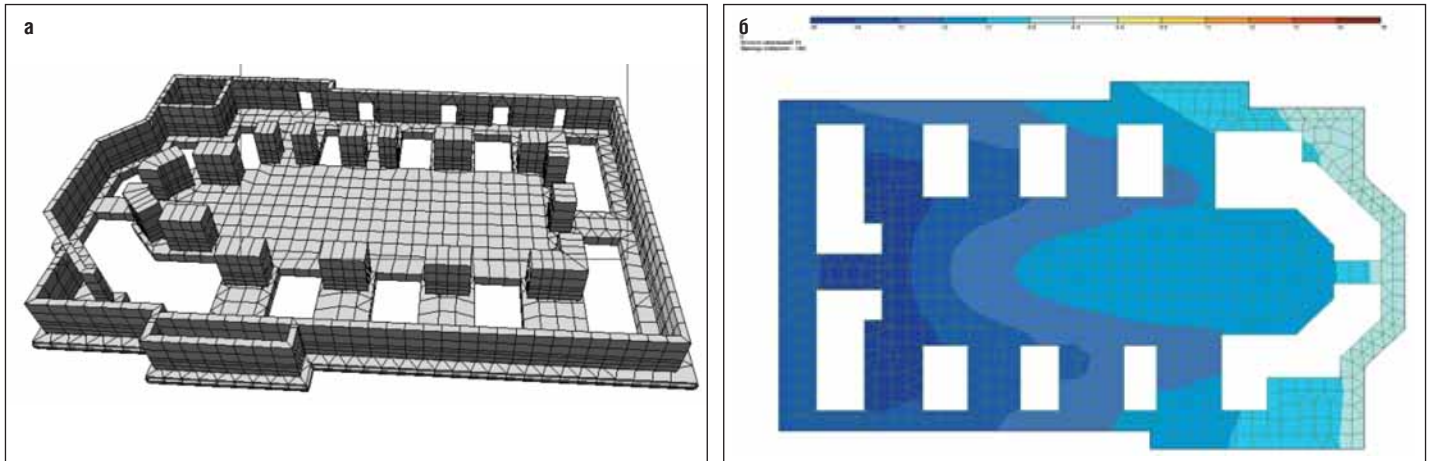


Рис. 3. Конечно-элементная модель фундамента (а); изополя реактивного давления по фундаментной плите (б)

стояние данных конструкций не позволяло передавать на них нагрузки;

- здание проектировалось непосредственно над тоннелями метро, поэтому ожидаемый уровень вибраций превышал допустимые величины более чем на 10 дБ. Такой уровень был не опасен для строительных конструкций, но не позволял использовать здание в качестве концертного зала. Потребовалась разработка системы виброизоляции.

Для здания был разработан уникальный фундамент, принципиальная схема которого приведена на рис. 2. Несущие конструкции подземной части представляют собой единую пространственную систему с упругоподатливыми сопряжениями верхнего опорного диска жесткости и вертикальных несущих элементов. Наземные конструкции опираются на железобетонную распределительную плиту (3), которая передает нагрузку на стены и пилоны подземной части. Пилоны (6) передают нагрузку на основание посредством плитного фундамента (1), повторяющего внутренний контур сохраняемых исторических конструкций (18). Роль внешнего контура опирания выполняют несущие стены и ленточные фундаменты (2). Для того чтобы обеспечить равномерность деформа-

ций основания, ленточные фундаменты и плита в нескольких местах были объединены монолитными участками, которые прошли под существующими историческими конструкциями.

При проектировании были использованы материалы археологических раскопок, выполненных в 1984 г.

Решения по виброизоляции здания разрабатывались совместно с Белорусским национальным техническим университетом. Узлы вертикальной виброизоляции (7) расположены в несущих стенах и пилонах подземной части. Горизонтальная виброизоляция здания церкви запроектирована по «маятниковой» схеме. Выступ монолитной распределительной плиты (4) через систему горизонтальных виброизоляторов (8) связан с массивным железобетонным упором (5), выполненным на фундаментной плите. Такое решение позволяет ограничить подвижность плиты в горизонтальном направлении и обеспечить демпфирование колебаний по направлениям горизонтальных осей. По вертикальным поверхностям наружных стен на участках контакта с грунтом была предусмотрена дополнительная виброизоляция в виде

прокладок из вспененного полиэтилена (10). Для создания полной акустической развязки надземной и подземной частей здания дополнительно предусматривалась установка виброизоляторов в уровне лестничных площадок. Виброизоляторы размещались в соответствии со схемой распределения напряжений в опорных элементах фундамента.

В процессе эксплуатации здания доступ к виброisolatorам для обслуживания и ремонта обеспечен из помещений подвальной части.

Для снижения нагрузок на основание и повышения жесткости наземной части было принято решение – заменить кирпичный свод перекрытия монолитной железобетонной конструкцией с ребрами жесткости в виде балок-стенок.

Крепление котлована в стесненных условиях выполнялось с применением грунтовых нагелей и набрызг-бетона. На весь период производства работ было установлено маркшейдерское наблюдение за деформациями обделки тоннелей, расположенных под зданием.

Воссоздание здания бывшей церкви Святого Духа (концертный зал «Верхний го-

Рис. 4. В местах прохода фундаментной плиты под старыми фундаментами устроены специальные «окна». Сами старые фундаменты укреплены стенками из буронабивных свай



Рис. 5. Установка виброизоляторов. Деревянные рамки, заполненные песком, на страховочных опорах использовались для равномерного включения в работу виброизоляторов. Каждый виброизолятор установлен на стальной пластине и лежит на двух небольших бетонных блоках. При необходимости замены виброизолятора между блоками может быть размещен домкрат



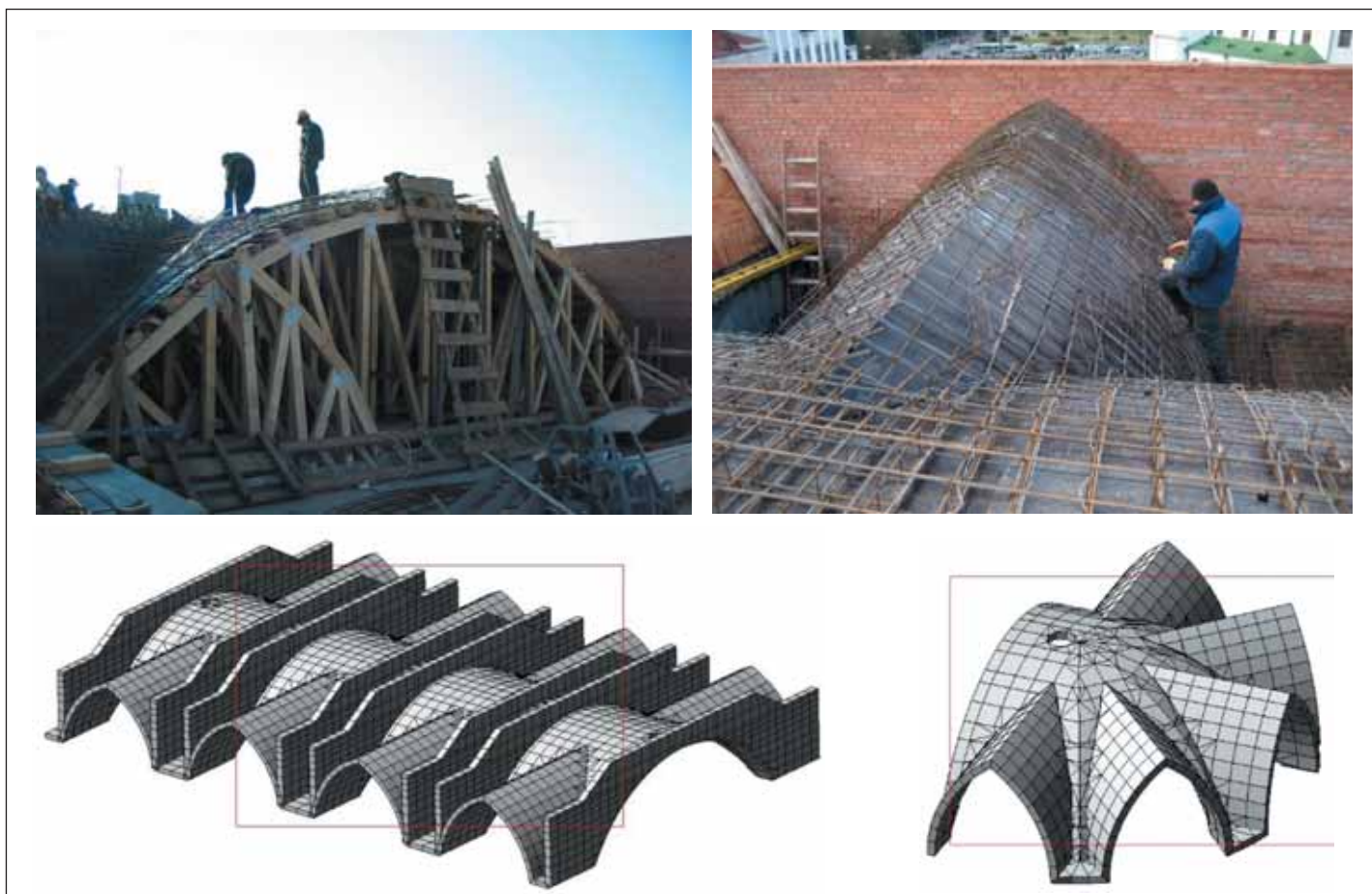


Рис. 6. Монолитное сводчатое перекрытие в процессе строительства и его конечно-элементная модель

род») над двумя действующими тоннелями метро в 2011 г. стало уникальным опытом в практике строительства г. Минска. Конструкция фундамента позволила снизить напряжения в основании до уровня, приемлемого

для тоннелей, расположенных под зданием. Здание воссоздано практически в своём первоначальном облике. Работы велись без остановки действующего метрополитена с минимальным риском для безопасности движе-

ния. Система вертикальной и горизонтальной виброизоляции позволила защитить концертный зал от вибраций, вызываемых поездами. Исторические фундаменты не только не пострадали, но стали доступны для осмотра посетителей. Улучшен архитектурный облик центра города, увеличена его туристическая привлекательность.

Рис. 7. Концертный зал «Верхний город», 2020 г.



Задачи иного рода пришлось решать при строительстве торгово-развлекательного комплекса «Минск Сити Молл» над станцией метро «Вокзальная». Оба объекта проектировались с участием ОАО «Минскметропроект».

Станция метро «Вокзальная» входит в состав первого участка третьей линии Минского метрополитена. Она расположена в крупном пассажирообразующем узле – на площади рядом с железнодорожным вокзалом «Минск Пассажирский». «Вокзальная» – станция мелкого заложения с островной платформой и одним наземным вестибюлем. Пересадка на станцию «Площадь Ленина» первой линии метро реализована посредством двух пешеходных тоннелей, построенных под железнодорожными путями. Станция частично расположена над действующими тоннелями первой линии, для защиты которых была предусмотрена монолитная распределительная плита. Строительство основных конструкций начато в 2015 г. Ввод в эксплуатацию – ноябрь 2020 г.

Появление на привокзальной площади такого значимого объекта транспортной инфраструктуры как станция метро, при-



Рис. 8. Подвал концертного зала, 2020 г.: а – сохранившиеся фундаменты; б – опорные пилоны в апсидной части. За съемными экранами расположены виброизоляторы

вело к необходимости разработки плана комплексной реконструкции прилегающей территории. Данный проект решено было реализовать с привлечением негосударственных инвесторов. Одним из элементов данной программы стало строительство многофункционального торгово-развлекательного комплекса с паркингом, который должен был разместиться непосредственно над станцией.

К моменту начала рабочего проектирования станции инвестор строительства многофункционального комплекса не был определен. Проектирование здания не осуществлялось. Поэтому увязать конструктив станции с расположенным над ней наземным объектом на тот момент не представлялось возможным.

Разработка единой конструктивной схемы с унифицированной сеткой колонн для под-

земной станции метро и наземного торгово-развлекательного комплекса с парковкой является непростой задачей для архитектора и конструктора. Объемно-планировочные решения станции метро во многом определяются трассировкой путей, габаритами приближения строений, размерами междупутья, площадями пассажирских зон. Объемно-планировочные решения наземного здания продиктованы требованиями размещения

Рис. 9. Ситуационная схема сооружений в районе ст. «Вокзальная»: 1 – торгово-развлекательный комплекс с многоярусным паркингом; 2 – торговый центр; 3 – станция метро «Вокзальная»; 4 – распределительный зал пересадочного узла; 5 – пешеходные тоннели; 6 – тоннели первой линии метро; 7 – железнодорожные пути



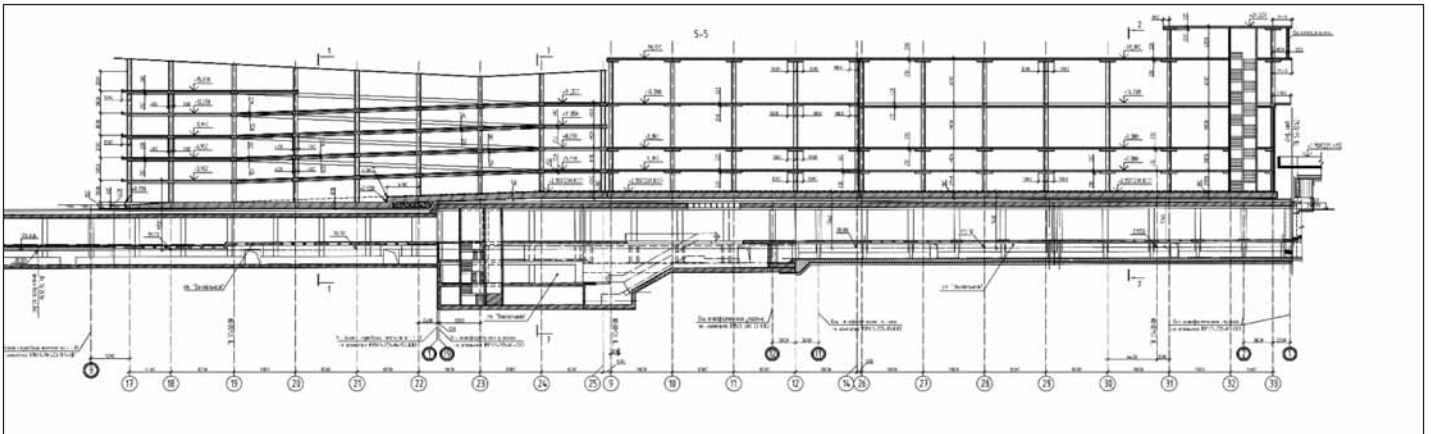


Рис. 10. Продольный разрез по наземному зданию и станции метро

парковочных и торговых мест и прочими технологическими особенностями.

Не менее сложной задачей является разработка двух независимых конструктивных схем для наземного здания и расположенной под ним станции. Это связано с необходимостью перекрытия больших (более 25 м) пролетов и организации мощных опор вблизи станционной обделки.

Станцию «Вокзальная» требовалось запроектировать так, чтобы впоследствии над ней можно было возвести наземное здание. При этом требовалось соблюсти директивные сроки строительства метро, а государственный заказчик не должен был понести дополнительных затрат, связанных со строительством объекта, не относящегося к метрополитену.

Было принято решение – в качестве основания для наземного здания использовать плиту покрытия станции. Расчеты станционной обделки выполнены с учетом дополнительных нагрузок. Это позволило разработать максимально независимые объемно-планировочные и конструктивные схемы для станции и наземного здания. Дополнительные нагрузки можно бы-

ло с достаточной достоверностью оценить, зная пролеты, этажность и функциональную принадлежность здания. Для четырехэтажного здания торгово-развлекательного комплекса с паркингом была принята величина расчетного давления на основание, равная  $12 \text{ т/м}^2$ . Данная нагрузка была учтена в расчетах станции. Наземное здание предстояло запроектировать таким образом, чтобы давление на основание не превысило  $12 \text{ т/м}^2$ .

В основании станции «Вокзальная» залегают пески крупные и средней крупности. Грунтовые воды отсутствуют. Осадки в таких грунтах, как правило, затухают достаточно быстро. Этот фактор был очень важен для успешной реализации принятой концепции строительства.

К моменту начала проектирования наземного здания основные строительные конструкции станции «Вокзальная» были возведены в полном объеме.

При проектировании наземного здания необходимо было минимизировать давление на основание и не превысить предельную величину, принятую в ранее выполненных расчетах. Фундамент здания должен был

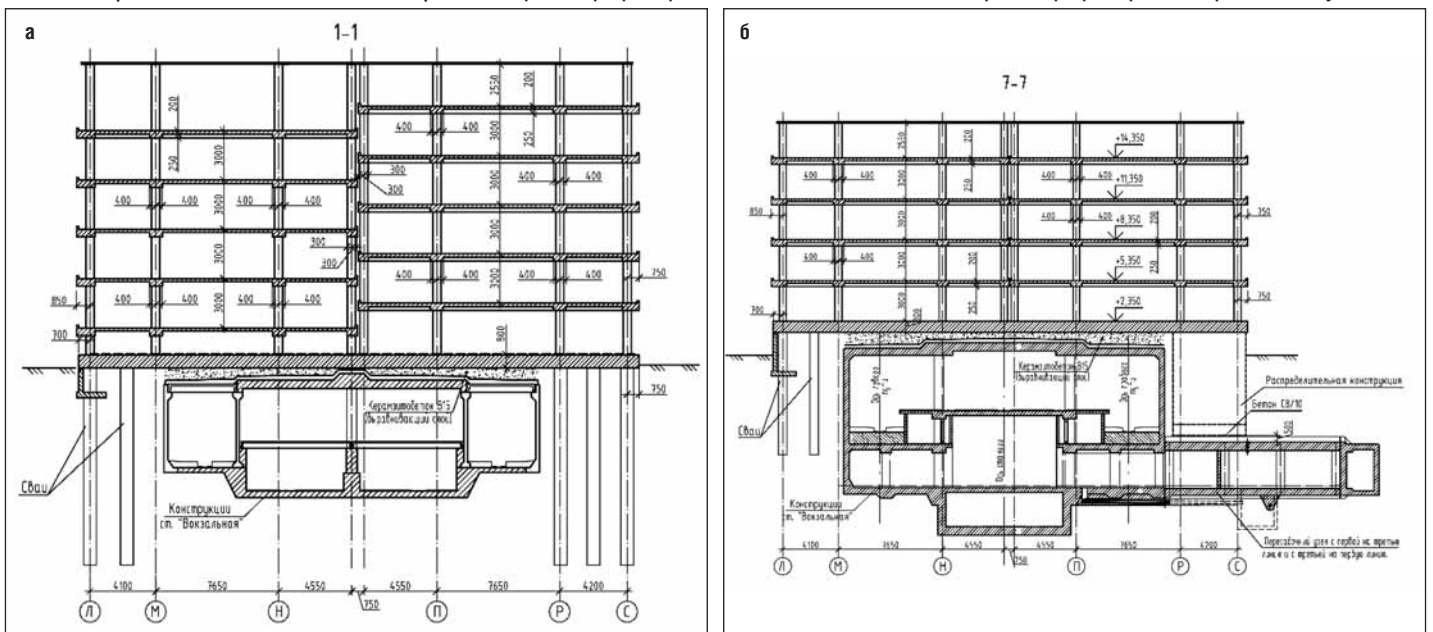
обеспечить максимально равномерную передачу давления на покрытие станции.

Здание торгово-развлекательного комплекса включает в себя шестиэтажный надземный паркинг открытого типа и четырехэтажный торговый центр. На первом и втором этажах торгового центра также расположены стояночные места. Эти этажи являются функциональным продолжением паркинга. Два верхних этажа занимают магазины, фудкорты и служебные помещения.

Размеры здания в плане –  $149 \times 51 \text{ м}$ . Конструктивная схема – монолитный каркас с балочными и безбалочными перекрытиями. Сетка колонн и расположение деформационных швов наземного здания и станционных сооружений метро независимы.

В качестве фундамента здания была принята сплошная монолитная плита толщиной  $0,8 \text{ м}$ . В пределах контура станции плита опирается непосредственно на ее покрытие. На остальных участках в основании плиты запроектированы буронабивные сваи. Расположение и длины свай подбирались таким образом, чтобы максимально выровнять деформации основания под ростверком и сгладить изополя реактивного давления под плитой.

Рис. 11. Опираение здания ТРК на станцию метро: а – поперечный разрез в районе тяговой подстанции; б – поперечный разрез в районе пересадочного узла





Чтобы добиться равномерного распределения давления, в конструктивную схему было внесено множество изменений. Оптимизирована глубина и расположение свай, размещение монолитных стен и диафрагм жесткости. Для снижения нагрузок монолитное покрытие в зоне паркинга было заменено на покрытие из профнастила по стальным балкам. Запроектированы проемы в диафрагмах жесткости. Уменьшены толщины полов. В качестве наружных ограждающих конструкций применены легкие стены из сэндвич-панелей. Подбетонки, пандусы и разуклонки запроектированы из керамзитобетона.

Расстояние от верха покрытия распределительного зала до низа фундаментной плиты здания составляет около 8 м. В этой части фундамент состоит из двух монолитных плит, соединенных между собой массивными монолитными стенами. Нижняя плита опирается непосредственно на покрытие распределительного зала. Верхняя плита – единый плитный фундамент здания.

На всех этапах строительства проводился тщательный мониторинг деформаций станции и здания. Было установлено наблюдение за всеми трещинами, выявленными до начала строительства. Отслеживалось взаимное смещение элементов, примыкающих к деформационным швам.

Максимальные деформации марок, установленных на покрытии станции составили от 6 до 12 мм (суммарные деформации от осадок и прогибов). Это не превышает предельно допустимых значений. Приращение деформаций за последний месяц строительства каркаса здания составило 1–3 мм. За это время были забетонированы последние уровни перекрытий и последние ярусы колонн. Соответствующая осадка основания станции составила 3–5 мм. Разность осадок смежных элементов лотка станции в зонах деформационных швов не превысила 1 мм.

К моменту укладки на станции верхнего строения путей были построены все несущие монолитные конструкции здания. Деформации основания при этом достигли условной стабилизации. К моменту ввода станции в эксплуатацию были сооружены кровля, стены и перегородки. Существенных дополнительных деформаций основания и конструкций станции выявлено не было.

Наблюдения за деформациями будут продолжаться до окончания строительства и в течение года после ввода в эксплуатацию здания торгово-развлекательного комплекса.

Описанный подход не является универсальным и, конечно, не может быть рекомендован к повсеместному внедрению. Его применение требует осторожности и учета ряда необходимых условий:

- должны быть выполнены комплексные, статические расчеты, учитывающие все факторы совместной работы обоих сооружений на всех этапах строительства;
- грунты основания должны обладать необходимыми прочностными и деформаци-



**Рис. 12.** Здание торгово-развлекательного комплекса и вход на ст. «Вокзальная», 2019 г. В наземном здании закончено сооружение монолитного каркаса. На станции заканчиваются отделочные работы



**Рис. 13.** Здание торгово-развлекательного комплекса и вход на ст. «Вокзальная», 2021 г.

онными характеристиками, осадки в этих грунтах должны быть минимальными и быстро стабилизироваться;

- графики строительства обоих объектов должны быть четко увязаны между собой;
- должна быть обеспечена высокая культура производства строительно-монтажных работ и четкое соблюдение проектных решений;
- должен быть обеспечен мониторинг деформаций и технического состояния строительных конструкций в течении всего периода строительства и на начальном этапе эксплуатации обоих объектов;
- если в здании размещаются помещения с постоянным пребыванием людей, может потребоваться устройство виброизоляции.

Хотя подобный способ строительства в практике Минского метрополитена применялся впервые, при его реализации удалось достигнуть поставленных целей. Размещение торгово-развлекательного комплекса с паркингом над станцией метро позволило экономно и выгодно использовать территорию в центре города. Объемно-планировочные решения наземного здания удалось сделать практически независимыми от компоновки размещенной

под зданием станции. При этом конструктивные решения фундаментов здания получились относительно простыми и экономичными. Удалось избежать проектирования большепролетных конструкций и массивных опор рядом со станцией. Четкая координация строительства обоих объектов позволила обеспечить директивные сроки пуска метро.

Описанные объекты являются примерами различных инженерных подходов к решению задачи застройки территории над действующим или строящимся метрополитеном. Но в обоих случаях успех при реализации был достигнут за счет всестороннего анализа исходных данных, полного и точного расчетного обоснования, детальной проработки конструктивных решений и способов строительства, качественного производства работ, строгого соблюдения требований Норм и проектной документации.

**Для связи с автором**

Протасов Георгий Николаевич  
protasov@metropri.by  
protasovg@gmail.com



# ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ СКАЛЬНЫХ ПОРОД В ТОННЕЛЕСТРОЕНИИ

## ADVANCED ROCK DEVELOPMENT TECHNOLOGIES IN TUNNEL ENGINEERING

**Л. В. Маковский**, к. т. н., проф., МАДИ, кафедра мостов, тоннелей и строительных конструкций

**В. В. Кравченко**, к. т. н., доцент МАДИ, кафедра мостов, тоннелей и строительных конструкций

**L. V. Makovskij**, Professor, PhD, MADI, Department of Bridges, Tunnels and building constructions

**V. V. Kravchenko**, PhD, MADI, Department of Bridges, Tunnels and building constructions

**Рассмотрены вопросы создания и внедрения инновационных способов разработки породы в тоннелестроении. Приведены гидравлические, термические, электрофизические, химические и другие способы. Отмечено, что они могут применяться как самостоятельно, так и совместно с механическими способами. Приведены примеры из мировой и отечественной практики тоннелестроения по использованию тоннелепроходческих машин с комбинированным механогидравлическим рабочим органом. Обозначены предпосылки дальнейшего совершенствования этого оборудования, которое связано с возможностью его применения в более крепких и абразивных породах. Отмечена необходимость проведения дополнительного технико-экономического обоснования и опытно-экспериментальных исследований инновационных технологий разработки скальных пород в производственных условиях.**

*The issues on the creation and implementation of innovative methods of rock development in tunneling are considered. Hydraulic, thermal, electrophysical, chemical and other methods of rock development are presented. It is noted that they can be used both independently and in conjunction with mechanical methods of soil development. Examples from the world and domestic practice of tunneling on the use of tunnel boring machines with a combined mechanohydraulic working body are given. The prerequisites for the further improvement of this equipment are indicated, which is associated with the possibility of its use in harder and more abrasive soils. The need for an additional feasibility study and experimental research of innovative technologies for the development of rocks in production conditions is noted.*

В настоящее время наблюдается интенсивное развитие транспортного тоннелестроения, что связано с расширением сети магистральных автомобильных и железных дорог, с увеличением объемов перевозок и дальнейшим совершенствованием транспортной инфраструктуры [1].

При строительстве тоннелей в скальных породах одной из наиболее дорогостоящих и трудоёмких операций является их разработка. Применяемые традиционные способы включают буровзрывные работы, занимающие до 20–25 % времени проходческого цикла, а также механизированную разработку рабочими органами щитов и тоннелепроходческих машин, что сопряжено со значительными материальными затратами.

В последнее время в нашей стране и за рубежом ведутся работы по созданию и внедрению инновационных, более эффективных способов разработки породы в подземном строительстве: гидравлического, термического, электрофизического, химического и других способов. Они могут применяться как в сочетании с механическими способами, так и самостоятельно.

Для повышения эффективности механизированных щитов и тоннелепроходческих машин их оснащают гидромониторными установками, которые высокоскоростными и высоконапорными водяными струями прорезают в забое сетку борозд, ослабляя мас-

сив и облегчая его механическое разрушение. При этом давление воды может достигать 300–400 МПа, а расход энергии – 200–400 кВт на 1 м диаметра выработки [3].

Тоннелепроходческие машины с комбинированным механогидравлическим рабочим органом изготавливаются в Германии, Великобритании, США и Японии. Так, фирмой VIRT (Германия) создана тоннельная машина, оснащённая дисковыми шарошками и гидромониторными насадками с отверстиями диаметром 0,25 мм. Подача воды насосным оборудованием составляет 120 л/мин при давлении воды до 400 МПа. Применение этой машины на подземном объекте в районе г. Дортмунда в высокоабразивных кварцитах и песчаниках оказалось достаточно эффективным.

Тоннелепроходческую машину с гидромониторной установкой создали в Великобритании на базе агрегата фирмы Dosco массой 24 т на гусеничном ходу, предназначенного для проходки тоннельных выработок сводчатого и прямоугольного очертания. Гидромониторная установка мощностью 48,5 кВт испускает струю воды с расходом 757 см<sup>3</sup>/с под давлением 69 МПа. В настоящее время фирмами Dosco и Anderson Stratcliffe изготовлены новые тоннелепроходческие машины с гидромониторными установками. Испытания их показали, что гидравлическое разрушение породы способствует продлению срока службы

механических породоразрушающих инструментов, уменьшает расход энергии, обеспечивает пылеподавление.

Дальнейшее развитие тоннелепроходческих машин с комбинированным рабочим органом связано с возможностью их применения в более крепких и абразивных породах при увеличении давления воды в гидромониторе [4]. Фирма Anderson Stratcliffe изготавливает тоннельные машины с рабочим органом избирательного действия типа RH-25L массой 25 т, оборудованные водоструйной установкой Hi Jet, с помощью которой можно разрабатывать породы прочностью на сжатие до 70 МПа.

Для проходки в породах прочностью на сжатие до 100 МПа выработок любой формы пролетом до 9,8 м и высотой до 7 м совместное предприятие Atlas Corco и Aceholf создаёт тоннелепроходческую машину с водоструйной установкой.

Представляют интерес проводимые в США исследования по разрушению скальных пород напорной водяной струей [1]. Мониторная установка размещается непосредственно на гидротоннельной машине и обеспечивает разрушение породы совместно с механическим воздействием. По результатам исследований созданы тоннелепроходческие машины, которые успешно применялись при проходке в андезитах в районах г. Сизэла и намечают на строительстве подземных объектов в США и Австралии.

В Южной Африке изготовлена гидромониторная установка для разрушения скальных пород, подающая струю воды под давлением 165 МПа. Вода поступает через монитор, выходное отверстие которого расположено непосредственно под резцом, что облегчает разработку породы. Имеется девять типов мониторов, работающих под давлением струи до 138 МПа и позволяющих разрабатывать породу прочностью до 300 МПа. Скорость резания породы изменяется от 0,03 до 1,1 м/с.

С целью интенсификации гидравлического разрушения скальных пород и снижения энергетических затрат фирмой Atlas Copco разработана технология разрушения массива высоконапорными водяными струями с добавкой абразивного порошка. Это позволяет снизить давление водяной струи с 100–400 до 25–30 МПа [5]. Аналогичная технология применяется японской фирмой Hadzama-gumi для нарезки контурных прорезей. В водяной шланг непосредственно у сопла вводят абразивную гранитную крошку в количестве 3 кг/м<sup>3</sup>. Путем двукратного (прямого и обратного) прохождение струи создается прорезь шириной от 2 до 10 см и глубиной 50–55 см. Для увеличения глубины прорезей в 1,5–1,7 раза применяют специальные химические добавки к воде, позволяющие снизить коэффициент трения ее о стенки сопла.

Эффективное сочетание гидравлического и механического способов разрушения породы расширяет диапазон применения механизированных щитов и тоннелепроходческих машин и позволяет использовать их в более крепких и абразивных породах. Весьма перспективным представляется термический способ разрушения скальных пород, который широко применяется для резания пород в карьерах, а также для устройства взрывных скважин [6]. Способ основан на нагревании породы до высокой температуры, под действием которой образуются значительные внутренние напряжения, в результате чего часть породы разрушается и отслаивается от массива. Наиболее широкомасштабные исследования, связанные с проходкой тоннелей путем плавления пород, ведутся в Лос-Аламосской национальной лаборатории (США). Вначале были созданы термобуры – устройства для прокладки небольших скважин диаметром до 30 см и проведены опыты по разведочному бурению, которое обеспечивало более совершенный и экономичный отбор кернов пород. В первых термобурах использовали электронагревательные устройства с незначительной затратой энергии (до 100 кВт), с помощью которых расплавливали породы при температуре 1400 °С. Пенетрометр в виде молибденового наконечника расплавляет породу, а после охлаждения скважины струей газа или пара ее стенки покрываются стекловидной массой.

В более крепких породах пенетрометр и узел охлаждения размещают на полом валу, через который расплавленная масса удаляется газовой струей. Скорость проходки скважин достигает 6 м/ч. Во избежание перегрева пенетрометра термобур оснащается автоматизиро-

ванной системой контроля с температурными датчиками. В дальнейшем термобуры могут быть использованы также для устройства шпуров для буровзрывных работ или установки анкеров, горизонтальных разведочных скважин.

В последние годы в США сконструированы и изготовлены модели тоннелепроходческих машин для плавления пород и разрушения их термическим воздействием, отличающиеся размерами, принципом действия и способом передвижения [7]. В качестве источника тепловой энергии используется специально сконструированный атомный реактор, энергия которого расходуется на термическое разрушение породы и создание обделки из расплавленной породы.

Для проходки тоннелей больших диаметров требуется сочетание термического и механического способов. Это реализовано в гибридных тоннельных агрегатах, предназначенных для проходки в крепких скальных (рис. 1а) и мягких (рис. 1б) породах.

Проходка тоннелей с термическим разрушением пород не требует использования временной крепи, а в ряде случаев и обделки. Сводятся к минимуму нарушения породного массива и поверхности земли. Учитывая высокую стоимость тоннельных машин с атомным реактором, их целесообразно использовать только для проходки системы протяженных тоннелей. Однако для практического применения такой технологии необходимы дальнейшие исследования, направленные на создание роботизированных проходческих комплексов с надежной радиационной защитой. Для облег-

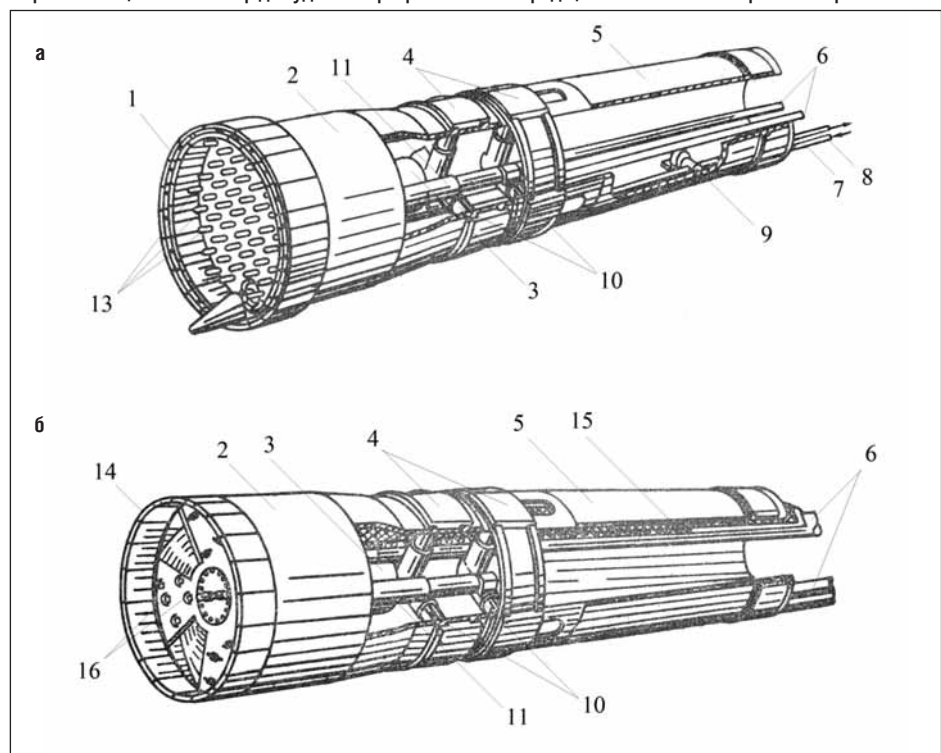
чения разрушения скальных пород механическими способами применяют предварительное ослабление массива путем устройства контурных прорезей или бурения холостых шпуров, которые используются для создания в массиве дополнительных напряжений. Для этого в них помещают гидроклинья, подают под давлением рабочую жидкость, газ или расширяющиеся при замачивании химические вещества. После ослабления массива породу разрабатывают рабочим органом тоннелепроходческой машины, гидроударниками, гидромолотами, рипперами на базе бульдозеров и др.

Для нарезки щелей применяют специализированные агрегаты с баровым рабочим органом на гусеничном ходу. В Японии фирма Okumura-gumi совместной с фирмой Furukava создала оборудование с гидроприводом для выбуривания контурной прорези ударно-вращательным способом пятью параллельными штангами одновременно [8]. В Германии для нарезки горизонтальных щелей впервые применили установку, оснащенную буровым рабочим органом с 850 алмазными сегментами длиной 15 мм и диаметром 9 мм [9].

Бурение шпуров выполняют стандартными бурильными агрегатами, которые применяются при буровзрывных работах в тоннелях.

Безвзрывную технологию Slot Drill разработки скальных пород с предварительным щелеобразованием применяли в Японии при проходке нескольких участков тоннелей общей протяженностью 800 м; было разработано около 40 тыс. м<sup>3</sup> породы [8]. При этом вначале по контуру выработки нарезали щель

Рис. 1. Схемы тоннелепроходческих машин с агрегатами для плавления крепких скальных (а) и мягких (б) пород: 1 – кольцевой пенетратор; 2 – опалубка для оболочки из расплавленной породы; 3 – атомный реактор; 4 – радиальные упоры; 5 – защитная оболочка; 6 – трубопроводы для удаления разработанной породы; 7 – трубопровод для подачи воды; 8 – трубопровод для отвода воды; 9 – насос; 10 – рама для радиальных упоров; 11 – нажимная рама; 12 – устройство для уборки породы; 13 – осевые пенетраторы; 14 – щелеобразователь; 15 – конвейер для удаления разработанной породы; 16 – механический рабочий орган



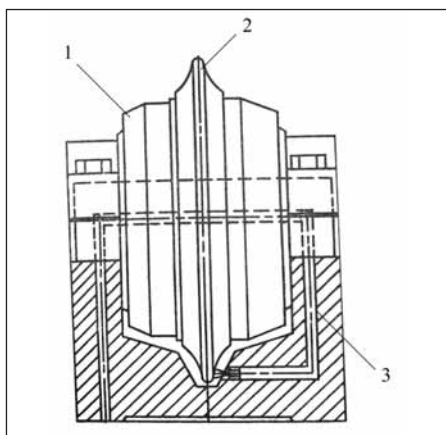


Рис. 2. Дискковая шарошка с внутренним водяным охлаждением:

1 – корпус шарошки; 2 – диск из твёрдого сплава;  
3 – система водяного охлаждения

глубиной 1–2 м, а по поверхности забоя забуривали горизонтальные шпурь. В шпурь специальной гидравлической установкой подавали под большим давлением воду, в результате чего в породе образовывались трещины. Далее породу разрушали гидромолотом на гусеничном экскаваторе. Проходка 2 м тоннеля сечением 10,2×6,1 м в породах прочностью 100 МПа заняла 20 ч, а в породах прочностью до 200 МПа – около 60 ч.

При проходке в Японии автодорожного тоннеля сечением 44 м<sup>2</sup> в породах прочностью на сжатие 150 МПа применили безвзрывную технологию Comet, предусматривающую разрушение породы с предварительным разбуриванием щелей. С помощью буровой установки УН-150 на гусеничном ходу с двумя консолями, на которых смонтированы бурильные молотки, забуривают направляющие шпурь диаметром 75 мм и глубиной 1 м с шагом 150 мм. Затем эти шпурь разбуривают до 150 мм, в результате чего в забое образуются щели шириной 150 мм через 400 мм по высоте. Далее, используя разрушающий агрегат на гусеничном погрузчике SL 1400 R с навесным оборудованием, разрабатывают основную массу породы заходками по 60–80 см. Скорость проходки тоннеля изменяется от 0,5 до 1,5 м в сутки.

Представляет интерес отечественный опыт использования алмазных пил для нарезания в породе сплошных прорезей, что значительно облегчает её разработку рабочим органом тоннелепроходческой машины [11].

Заслуживают внимания одноколесные шарошки нового поколения диаметром 50,8 см с внутренним водяным охлаждением (рис. 2), разработанные шведской фирмой Atlas Copco [11].

Помимо снижения температуры работающих шарошек, система охлаждения способствует пылеподавлению в забое тоннеля.

При проходке подземных выработок в Японии находят применение рипперы на базе бульдозеров фирмы Caterpillar марок CATD10 массой 88 т, CATD9L – массой 60 т, D11N – массой 93 т для разрушения скальных пород прочностью на сжатие до 200 МПа.

Рипперы обеспечивают глубину рыхления породы до 1,6 м.

Гидравлические молоты применяли при строительстве тоннелей в Италии в известняках, доломитах и песчаниках [10]. За 12-часовую смену проходили от 3 до 9 м тоннеля. Наилучшие результаты дает применение молотов массой 2,5–3,5 т с энергией удара 6000 Дж. После раскалывания блоков породы её дробление может осуществляться помощью легких 500–600 кг гидроударников. Разрушение породы с применением гидромолотов и гидроударников приводит к снижению стоимости проходки на 35–50 % по сравнению с буровзрывным способом. При необходимости разрушения сравнительно небольших объемов скальных пород по трассе тоннелей (прослойки, валуны) применяют шпуровой метод. При этом в пробуренный шпурь устанавливают трубки из плотной резины, в которые под давлением 40–60 МПа нагнетают жидкость. Трубка деформируется в радиальном направлении, вызывая значительные напряжения (до 70 МПа) в породе, что приводит к её разрушению [11]. После этого трубки извлекаются из шпуров и могут быть повторно использованы.

Во Франции разработали аналогичный метод, по которому в шпурь погружают трубки, наполненные углекислым газом и имеющие на конце электронагреватели мощностью 1,5 Вт. При нагревании газа он расширяется, создавая давление 125–175 МПа, взламывает трубку и разрушает породу, не вызывая при этом ударной волны. Процесс разрушения длится 0,05 с. Помимо жидкости и газа, предварительно пробуренные шпурь заполняют специальными порошками, которые после замачивания водой твердеют и расширяются, создавая большие напряжения в породе и разрушая её.

Подобную технологию применяют в США, где созданы химические составы, вызывающие образование трещин в скальном массиве [11]. Так, состав на основе оксида кальция при смешивании с водой образует гидроксид кальция с увеличением в объеме в 3 раза. Скорость процесса регулируется добавками и изменяется от 10–15 мин до 24 ч. При этом исключаются выбросы породы, газовыделение и вибрация. Наряду с рассмотренными выше существуют и другие нетрадиционные способы разрушения скальных пород, не получившие пока широкого распространения. Например, для разрушения негабаритов прочностью на сжатие более 100 МПа и объемом 0,6–1 м<sup>3</sup> может быть использован электрогидродинамический импульс [11]. В основе этого способа принцип передачи энергии электрического импульса электромеханическим преобразователем, опущенным в шпурь, заполненный водой. Энергия (до 160 кДж) аккумулируется батареями импульсных конденсаторов напряжением 10 кВ. Для разрушения одного блока породы требуется около 7–9 кДж.

В США разработана технология разрушения скальных пород направленным пучком

электронов [11]. Специальный ускоритель выстреливает ступок электронов с энергией порядка 1 МэВ. Врезаясь в скалу, электронный ступок отдает всю энергию породе за  $5 \times 10^{-8}$  с и создаёт резкий тепловой перепад, что приводит к мощной волне температурного расширения, которая и разрушает породу. Каждый «залп» создаёт воронку глубиной в несколько сантиметров, ускоритель может делать несколько сотен выстрелов в 1 с.

В ряде стран ведутся исследования и разработки по разрушению скальных пород лазерными лучами, токами высокой частоты, ультразвуком и др.

Анализируя современное состояние в области методов разрушения скальных пород в тоннелестроении, следует отметить, что нетрадиционные методы (гидравлический, шпуровой, ударный и др.) применяются в сочетании с традиционными методами (буровзрывной, механизированные щиты и тоннелепроходческие машины), обеспечивая предварительное ослабление массива, облегчение, ускорение и удешевление его разработки. Что касается термического, электрогидродинамического и других электрофизических методов, то для их практического использования требуются дополнительные технико-экономические обоснования и опытно-экспериментальные исследования в лабораторных и производственных условиях.

### Ключевые слова

Тоннель, скальные породы, разработка породы, тоннелепроходческая машина, оборудование для разработки породы.

*Tunnel, rocks, excavation, tunnel-boring machine, equipment for excavation.*

### Список литературы

1. *Design and Performance of Underground excavations. ISRM / BGS, Cambridge, 1984. P. 295–303.*
2. *Int. Symp. Mine Mech. and Autom. Golden. Colo, June 10–13, 1991: Proc. Vol. 1, 1991, 4/154/24.*
3. *Rapid Excavations and Tunnel. Conf. New Orleans, La June 14–17, 1987, Vol. 2. – P. 769–782.*
4. *Tunnels and Tunneling. – 1990. – 22, № 1. – P. 49, 51, 53. 1 № 1.*
5. *Tunnels and Tunneling. – 1989. – 21, № 4. P. 41–52.*
6. *Underground Space. – 1985. – 9, № 5–6, P. 273–275.*
7. *Tunnel and Underground Transp.: Pap. Conf, Boston, Mass. Apr. 24–25, 1987. –P.157–168.*
8. *Bauingenieur. – 1991. – 66, № 9. С. 445.*
9. *Int. Constr. – 1988. – 27, № 5 С. 34.*
10. *Интернет-ресурсы: https://bau-engineer.ru/?p=1493; https://files.stroyinf.ru/Data1/56/56252/index.htm/*

### Для связи с авторами

Маковский Лев Вениаминович  
tunnels@list.ru  
Кравченко Виктор Валерьевич  
609vkv@gmail.com



# О РЕШЕНИЯХ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ПАССАЖИРОВ МЕТРОПОЛИТЕНА ОТ ПАДЕНИЯ С ПАССАЖИРСКИХ ПЛАТФОРМ

**В. И. Паутов**, канд. военных наук, доцент, Государственное автономное учреждение города Москвы «Научно-исследовательский аналитический центр» (ГАУ «НИАЦ»)

Давно не секрет, что метрополитен является одним из самых распространённых и надёжных видов общественного транспорта. Однако, несмотря на свои очевидные достоинства, он, представляя собой сооружение повышенной опасности, не застрахован от ситуаций, при которых возникает прямая угроза жизни и здоровью пассажиров.

Прежде всего, это относится к повторяющимся из года в год с постоянной регулярностью случаям падения пассажиров с платформ на рельсы, в результате которых люди получают увечья и даже погибают.

Конечно, исходя из периодически появляющихся в информационном пространстве сведений о таких несчастных случаях, нет оснований утверждать, что они являются массовым явлением. Но вместе с тем, это никоим образом не нивелирует остроту и значимость означенной проблемы, не может служить оправданием для того, чтобы используя экономические, технические, технологические и иные отговорки, мотивировать отказ от её предметного и эффективного решения. Ведь жизнь и здоровье даже одного человека поистине бесценны.

Сегодня приходится с сожалением отметить, что вменяемая субъектам транспортной инфраструктуры нормативными правовыми актами [1], [2], [3] ответственность за обеспечение безопасности перевозок пассажиров на метрополитене при проектировании, строительстве и эксплуатации метрополитена не затрагивает вопросы обеспечения физической защиты от падения людей с платформ на рельсы метрополитена.

Говоря об этой проблеме, с большой уверенностью можно утверждать, что она не может быть решена без применения специальных технических устройств. Ретроспективный анализ показывает, что в прошлом данный вопрос не оставался без внимания конструкторов, проектировщиков и эксплуатирующих организаций.

Первый опыт его решения был получен при строительстве станции «Парк Победы» Ленинградского метрополитена, открытой 29 апреля 1961 г. На станции применено ограждение платформы в виде стены с раздвижными дверями из металлических конструкций. Основные недостатки подобных ограждений заключаются в сложности и громоздкости конструкции, риске травмирования людей при их защемлении между дверями платформы и поезда, сложности обеспечения высоких эстетических свойств при оформлении архитектурного облика станции метрополитена (рис. 1).

Другой вариант конструктивного исполнения применён в 2016 г. в Японии, на железнодорожной станции Такацуки, где ограждение платформы было выполнено в виде канатного барьера (рис. 2). Однако такой опыт не получил широкого распространения ввиду того, что трудно обеспечить его эксплуатацию при больших объёмах пассажиропотоков, а также устранить риск попадания людей в межканатное пространство при посадке-высадке пассажиров.

Возможность устранения недостатков перечисленных технических устройств заключается в применении вариантов их исполнения [4], [5], запатентованных в качестве изобретений. В обоих этих вариантах предусматривается применение подъёмно-опускного ограждения в сочетании с неподвижным ограждением платформы (рис. 3).

В первом варианте (рис. 4) конструкция подъёмно-опускного ограждения платформы 1 включает боковую стойку 2, эксцентрик 3, ворот 4, соединённый валами с эксцентриками смежных подъёмно-опускных ограждений, гибкую связь 5 и направляющую стойку 6 с закреплёнными на ней направляющими роликами. Для ограничения доступа пассажиров к краю платформы между местами установки подъёмно-опускных ограждений предусматривается установка стационарных ограждений высо-

Рис. 1. Ограждение платформы на станции «Петроградская» Петербургского метрополитена

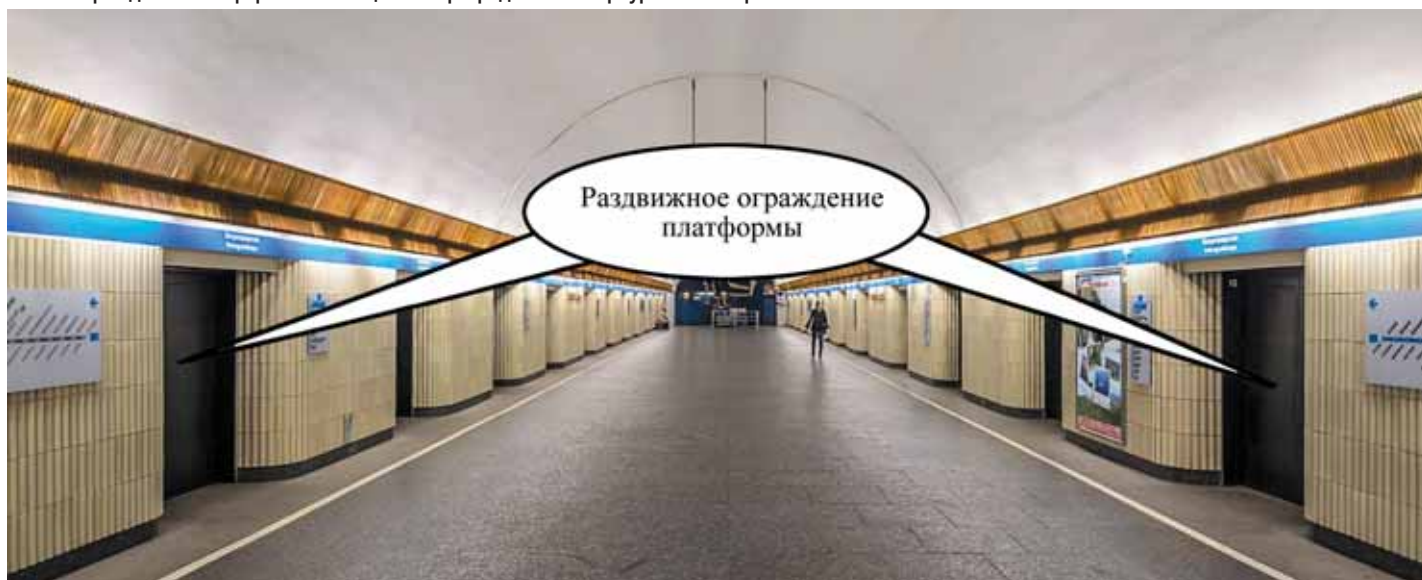


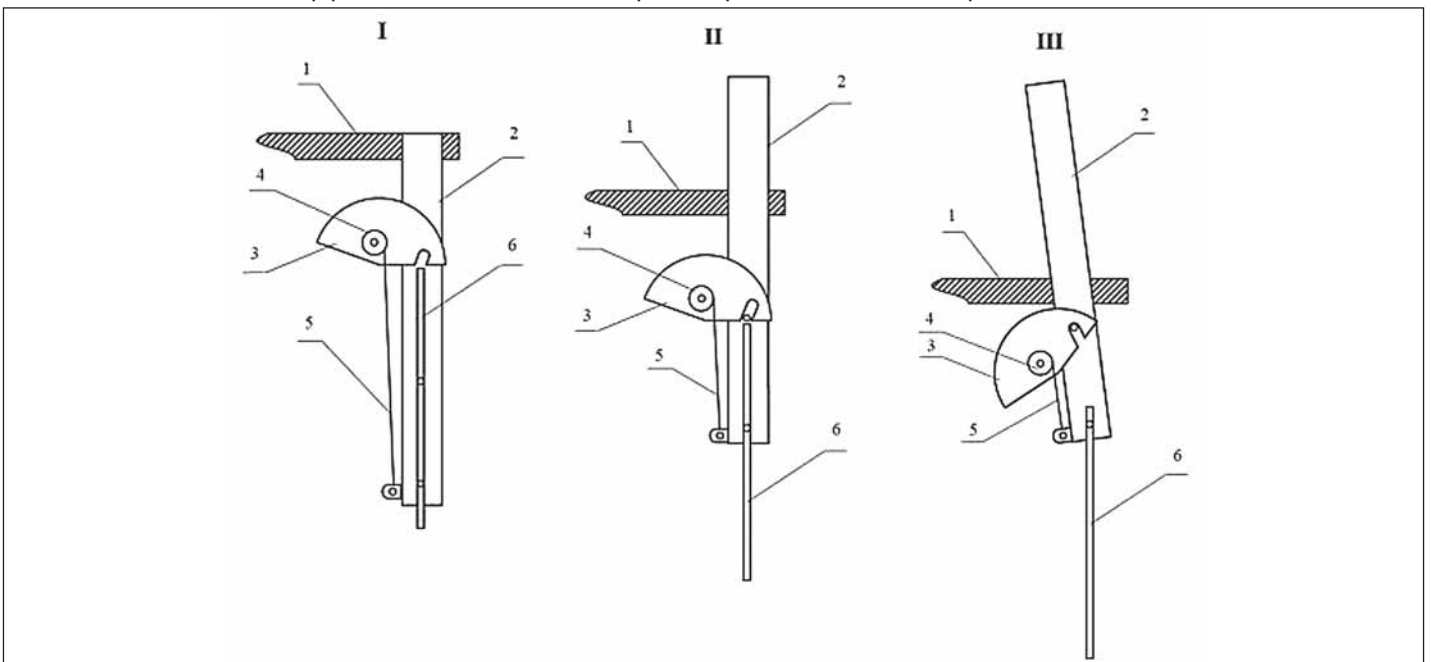


Рис. 2. Ограждение платформы на железнодорожной станции Такацуки (Япония)



Рис. 3. Ограждение платформы, сочетающее его подъемно-опускные и неподвижные элементы

Рис. 4. Подъемно-опускное ограждение (вариант 1, вид в разрезе сбоку): I – позиция подъемно-опускного ограждения в нижнем положении его боковой стойки; II – позиция подъемно-опускного ограждения в промежуточном положении его боковой стойки; III – позиция подъемно-опускного ограждения в верхнем положении его боковой стойки; 1 – платформа; 2 – боковая стойка; 3 – эксцентрик; 4 – ворот; 5 – гибкая связь; 6 – направляющая стойка



той примерно 1,5 м, равной высоте подъемно-опускного ограждения при его максимальной высоте подъема.

Конструкция подъемно-опускного ограждения в его первом варианте работает следующим образом. В интервалах между прибытием поездов подъемно-опускное ограждение устанавливают в крайнем верхнем положении, преграждая тем самым несанкционированное перемещение пассажиров на опасное расстояние от края платформы. После остановки поезда, в интервале примерно 2–3 секунд до момента начала открывания дверей его вагонов, по сигналу, поступающему от автоматического устройства управления подъемно-опускными ограждениями, боковые стойки подъемно-опускных ограждений опускают в крайнее нижнее положение посредством включения электрического или пневматического привода, передающего через валы усилие на ворот каждого из подъемно-опускных ограждений. Следует отметить, что указанный интервал опускания боковых стоек не окажет сколь-нибудь существенного влияния на интенсивность движения подвижного состава метрополитена, особенно в контексте решения определяющей задачи – обеспечение безопасности пассажирских перевозок на метрополитене. Для предотвращения выхода из строя всех ограждений в случае отказа в работе какого-то из них и появления сбоев в перевозке пассажиров приводы на подъемно-опускные ограждения следует предусматривать независимыми друг от друга.

После закрытия дверей вагонов поезда подаётся звуковой сигнал, предупреждающий пассажиров о начале подъёма боковой стойки, поезд начинает движение, и в интервале примерно равном 3–5 секундам от момента начала его отправления, также по

сигналу, поступающему от автоматического устройства управления подъемно-опускными ограждениями, боковые стойки подъемно-опускных ограждений поднимают в крайнее верхнее положение также посредством включения электрического или пневматического привода, передающего через валы усилие на ворот каждого из подъемно-опускных ограждений. При этом, по мере подъема, в результате взаимодействия направляющих роликов с выполненным в эксцентрик углублением эксцентрик поворачивается в сторону платформы и поднимает подъемно-опускное ограждение со смещением его верхней части от края платформы. В результате этого пассажиры, оставшиеся на опасном расстоянии от края платформы, принудительно перемещаются на безопасное расстояние. После завершения приведения подъемно-опускного ограждения в крайнее верхнее положение поезд начинает движение.

Во втором варианте (рис. 5) конструкция подъемно-опускного ограждения платформы 1 включает верхний 2 и нижний 3 ограждающий элементы, подъемно-опускные гильзы 4, по две направляющие 5 и опорные 6 стойки и телескопический пневмоцилиндр 7. Как и в первом варианте, между местами установки подъемно-опускных ограждений предусматривается установка стационарных ограждений.

Работает указанная конструкция следующим образом. Как и в первом варианте, в интервалах между прибытием поездов подъемно-опускное ограждение устанавливается в крайнем верхнем положении. После остановки поезда, в интервале примерно 2–3 секунд до момента начала открывания дверей его вагонов, по сигналу, поступающему от автоматического устройства управления подъемно-опускными ограждениями, включается телескопический пневмоцилиндр, который по направляющим и опорным стойкам опускает в крайнее нижнее положение верхний и нижний ограждающие элементы.

Как и в первом варианте, после закрытия дверей вагонов поезда подается звуковой сигнал, предупреждающий пассажиров о начале подъема боковой стойки, поезд начинает движение, и в интервале, примерно равном 3–5 секундам от момента начала его отправления, также по сигналу, поступающему от автоматического устройства управления подъемно-опускными ограждениями, включается телескопический пневмоцилиндр, который поднимает в крайнее верхнее положение верхний и нижний ограждающие элементы.

Таким образом, реализация предложенных вариантов технических устройств позволит в значительной мере обеспечить физическое предотвращение падения пассажиров с платформ метрополитена, с возможностью их применения как на проектируемых, так и на существующих станциях метрополитена, при относительной конструктивной простоте, возможности не

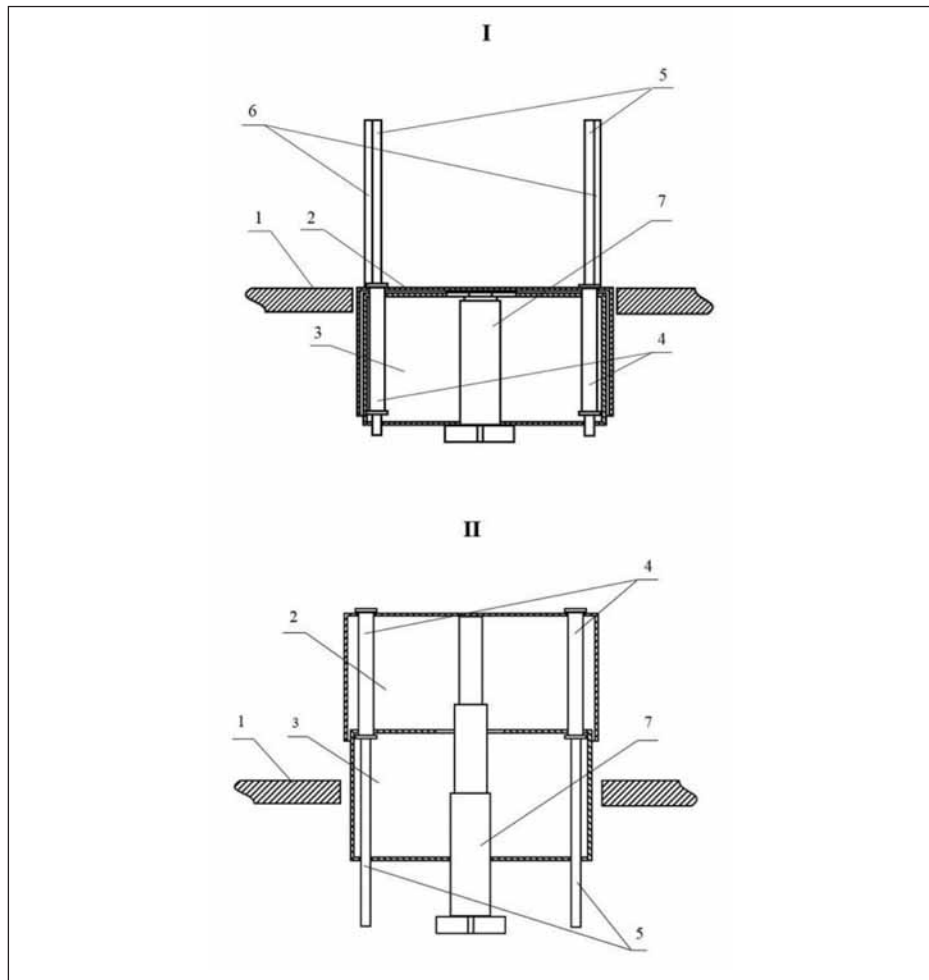


Рис. 5. Подъемно-опускное ограждение (вариант 2, вид в разрезе со стороны подъездного пути): I – позиция подъемно-опускного ограждения в нижнем положении его верхнего и нижнего ограждающих элементов; II – позиция подъемно-опускного ограждения в верхнем положении его верхнего и нижнего ограждающих элементов; 1 – платформа; 2 – верхний ограждающий элемент; 3 – нижний ограждающий элемент; 4 – подъемно-опускная гильза; 5 – направляющая стойка; 6 – опорная стойка; 7 – телескопический пневмоцилиндр

только не нарушать, но даже улучшать архитектурный облик станций, относительно низкой себестоимости изготовления, монтажа и эксплуатации.

Необходимо также отметить, что данную статью вполне можно считать дискуссионной, но при этом игнорировать существующие проблемы обеспечения физической защиты от падения людей с платформ метрополитена недопустимо. Предлагаемые технические решения не следует отождествлять с готовыми конструкторскими решениями для производства и применения рассмотренных подъемно-опускных ограждений. Для этого дополнительно требуется конструкторская проработка вопросов по применению соответствующих материалов для их изготовления, выполнению прочностных, технологических и иных расчетов, апробация и решение других задач, направленных на обеспечение требуемого уровня надежности этих ограждений.

В заключение следует отметить, что для внедрения указанных технических решений их автор готов на безвозмездной основе переуступить права на их защищенные патенты заинтересованным организациям.

### Список литературы

1. Федеральный закон от 06.02.2007 г. № 16-ФЗ «О транспортной безопасности».
2. Указ Президента Российской Федерации от 31.03.2010 г. № 403 «О создании комплексной системы обеспечения безопасности населения на транспорте».
3. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 30.07.2010 г. № 1285-р (в редакции от 04.07.2010 г.) «О создании комплексной системы обеспечения безопасности населения на транспорте».
4. Патент на изобретение RU 2701078 «Барьер безопасности для пассажирской платформы метрополитена и железной дороги», опубл. 24.09.2019 г., бюл. Роспатента № 27.
5. Патент на изобретение RU 2701367 «Барьер безопасности для пассажирской платформы метрополитена и железной дороги», опубл. 25.09.2019 г., бюл. Роспатента № 27.

### Для связи с автором

Паутов Валерий Иванович  
PautovVI@str.mos.ru



# ТРАНСПОРТНЫЙ ПЕРЕХОД В ТОННЕЛЬНОМ ВАРИАНТЕ НА О. САХАЛИН

Н. И. Кулагин, К. П. Безродный, М. О. Лебедев, ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс»

В. В. Космин, Российская академия транспорта

В. Е. Меркин, ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации»

**Возникшая пауза в принятии решения о транспортном переходе на о. Сахалин создаёт естественную возможность ещё раз вернуться к этому важному объекту, проект которого отнюдь не потерял своё технико-экономическое и социальное значение.**

**Проблема постоянной и надёжной транспортной связи о. Сахалина с материковой частью России давно привлекает внимание специалистов разного профиля. Обсуждение ведётся на высоком профессиональном уровне в области проектирования, строительства и эксплуатации соответствующих крупномасштабных транспортных объектов с учётом особенностей природы и климата прилегающей территории материка и о. Сахалин, в том числе, большая длительность холодного периода с обильными зимними осадками, опасными отложениями гололеда и льдонамерзания, а также высокая сейсмоактивность региона, а также современной социально-экономической картины.**

**Соответственно, мнения высказаны в самых разных литературных источниках, и есть опасность, что не все они будут учтены при принятии решения в целом и по отдельным техническим вопросам. В связи с этим целесообразно, по-видимому, дать их обобщение, высказать точку зрения профессионального сообщества по этому стратегически важному социально-экономическому и геополитическому вопросу.**

**В**нимание к развитию транспортной сети в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке проявляется с конца XIX в. Результатом в этот период стало строительство линий КВЖД, Чита – Хабаровск – Владивосток, Волочаевка – Комсомольск-на-Амуре, позднее – начало изысканий БАМа, выхода на Сахалин.

В 1925 г. при экономико-географическом анализе задач развития дальневосточных территориально-производственных комплексов подчёркивалась исключительная способность железнодорожного транспорта в обеспечении надёжной связи о. Сахалин с материковой частью России [1].

В начале 1950-х гг. были выполнены проектно-изыскательские работы (Метрогипротранс) и развернулось строительство тоннельного перехода на Сахалин через пролив Невельского от мыса Лазарева на материке до пос. Погиби на острове [2]. В 1953 г. стройка была закрыта.

Во второй половине XX в. научные и проектные проработки проблем транспортного освоения Дальнего Востока продолжились в рамках АН СССР (Комиссия по транспорту), в НИИ (ЦНИИС, ИКТП при Госплане СССР, СОПС), проектных организациях (Мосгипротранс, ГипротрансТЭИ, Ленметрогипротранс, Метрогипротранс, Гипростроймост-СПб), в вузах (МИИТ, НИИЖТ, ХабИИЖТ).

Сегодня внимание к транспортной составляющей развития рассматриваемого региона, акцент на актуальность развития его транспортной сети подчёркнуты в Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 г., утверждённой в 2008 г., в последующих изменениях 2014 г. (распоряжение Правительства РФ №1032-р) по результатам но-

вых проектных проработок в связи с проблемами транспортного обеспечения производств на территории всей страны [3].

С 01.06.2021 г. функционирует образованная Президентом Российской Федерации В. В. Путиным (распоряжение № 137-рп) Комиссия по вопросам реализации проектов развития железнодорожной инфраструктуры для Сибири и Дальнего Востока под руководством вице-преьера Российской Федерации М. Ш. Хуснулина. По словам первого заместителя генерального директора ОАО «РЖД» С. А. Павлова на ПМЭФ 2021, в будущем не исключается создание прямого железнодорожного сообщения с Японией через о. Сахалин [4].

Среди возможных скелетных линий транспортной сети рассматриваемого региона – железная дорога от БАМа на Сахалин с постоянным транспортным переходом через пролив Невельского и Транссахалинская железная дорога (рис. 1) [5].

Приоритетными в развитии транспортной системы Дальнего Востока, особо влияющими факторами остаются специфические для этого региона политические и геополитические, оборонные, сохранение осо-

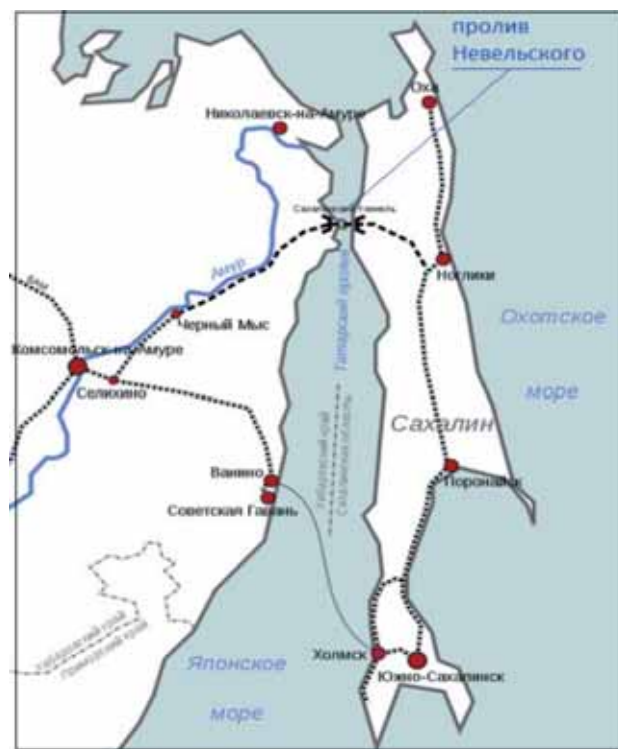


Рис. 1. Общая схема новой железной дороги, соединяющей железнодорожную сеть страны с островной железнодорожной сетью Сахалина, с транспортным переходом через пролив Невельского [5]

бо ранимой экологической среды территорий и акваторий. В связи с развитием горнодобывающей, лесной, угольной, нефтяной и газовой промышленности, производства минеральных строительных материалов усиливается и необходимость в адекватной магистральной сети железных дорог, тесно взаимодействующих в логистическом отноше-



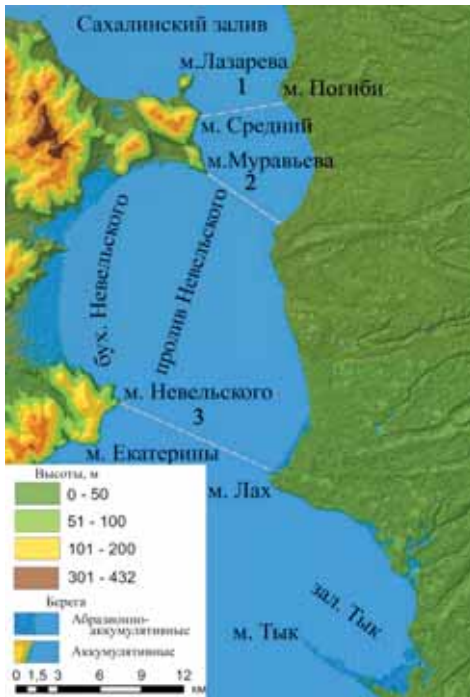


Рис. 2. Укрупнённая характеристика рельефа зоны вариантов транспортного перехода через пролив Невельского [6]



Рис. 3. Геологическая обстановка в районе транспортного перехода через пролив Невельского [6]

нии с морским транспортом. В данном случае это железнодорожная линия Селихин – мыс Лазарева + транспортный переход через пролив Невельского + железная дорога Оха – Катангли – Поронайск – Южно-Сахалинск с портами Оха, Катангли и Поронайск.

Определяющие выбор места и типа транспортного перехода через пролив Невельского природные условия в рассматриваемых многими исследователями вариантах отнюдь не простые. Это и разнообразный рельеф (рис. 2) в месте транспортного перехода, и непростая геологическая обстановка (рис. 3), и высокая (по данным ОСР-2012) сейсмичность в рассматриваемом районе (рис. 4). Последнее – значительная сейсмическая активность региона при возможных землетрясениях – может породить сдвиг тектонических плит материковой и островной частей, что, естественно, повлияет на долговечность транспортного перехода.

Что касается инженерно-геологического аспекта, пролив Невельского – это пограничная зона между двумя крупнейшими геоструктурными провинциями: Центрально-Евразийской на западе и Тихоокеанской на востоке, граница между которыми в районе перехода имеет меридиональное направление и проходит по проливу. Здесь сформировался мощный, до 300 м слой донных осадочных отложений с низкой несущей способностью.

Гидрологические условия пролива характеризуются периодическими изменениями направленности течений, переносом значительных масс донных отложений в прибрежных зонах.

Природно-климатические факторы, которые в существенной мере определяют условия строительства, особенно в зимний период, весьма суровые: штормовые ветра, мете-

ли, интенсивные снегопады, обледенение конструкций, ледовые явления. Это, в частности, отрицательно влияет на обустройство рабочих мест, затрудняет проведение СМР, повышает опасность работы на стройплощадках, изменяет или даже исключает применение подъёмных кранов, создаёт угрозу целостности сооружений, затрудняет выполнение ремонтно-восстановительных работ на них и возобновление их функционирования после ликвидации повреждений, повышает энергозатраты.

В ходе рассмотрения разными проектно-изыскательскими и исследовательскими организациями в разное время на основе инженерно-геологических и инженерно-гидрометрических изысканий анализировалось несколько вариантов створа транспортного перехода (рис. 5, [7]).

Возможны три принципиальных варианта сооружения на транспортном переходе через пролив Невельского (тоннель, мост, дамба), и выбор того или иного из их числа либо некоторого сочетания предопределяет технические и технологические возможности его реализации, сроки и стоимость строительства, степень надёжности и безопасности эксплуатации в экстремальных условиях региона.

Выбирая тип транспортного перехода с учётом отмеченных сложных природно-климатических условий, учитывалось, в частности, что тоннели в меньшей мере подвержены сейсмическим воздействиям, поскольку в тоннелях, в отличие от наземных сооружений (мостов и т. п.), резонансные явления не генерируются. Прохождение сейсмических волн в тоннеле вызывает такие же деформации, как и во вмещающем их грунтовом массиве, если он твёрдый, или значи-

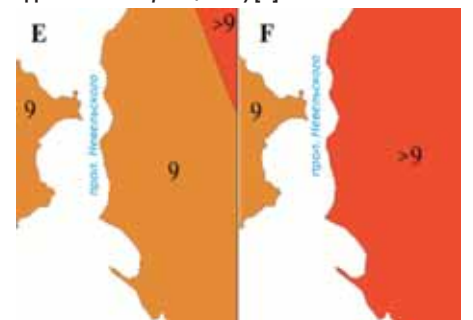
тельно меньшие в случае слабого грунта указанного массива.

Выбор возможен, в частности, с опорой на имеющийся опыт возведения крупных гидротехнических сооружений, а также на российский и мировой опыт проектирования и строительства подводных тоннелей и мостовых переходов через морские проливы.

При этом будут учитываться новейшие достижения в указанных областях, а также достоинства и недостатки упомянутых принципиальных вариантов.

К достоинствам мостового перехода следует отнести удобство пропуска поездов без эксплуатационных затруднений, связанных с переменной локомотивной тяги с тепловозной на электрическую, что необходимо при тоннельных вариантах. В то же время мощные донные отложения в пределах пролива Невельского, выявленные при инженерно-геологических изысканиях рассматриваемых створов мостовых переходов, предопределяют необходимость постройки опор

Рис. 4. Фрагмент сейсмического районирования территории в районе возможного транспортного перехода через пролив Невельского (вероятность превышения на фрагменте Е –  $p = 1\%$ , на фрагменте F –  $p = 0,05\%$ ) [6]



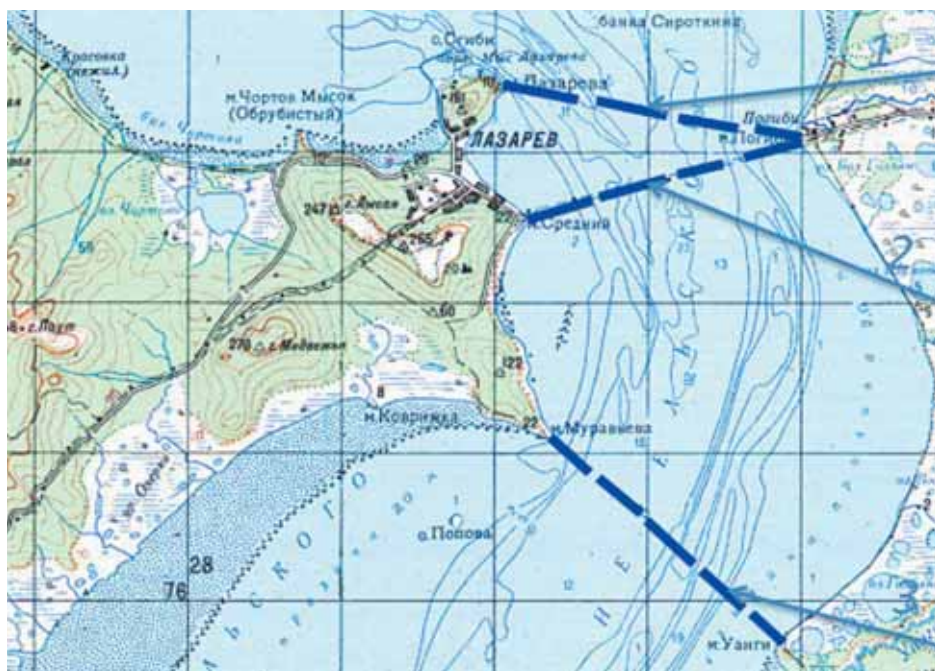


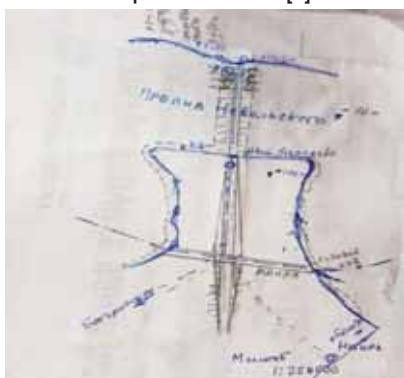
Рис. 5. Створы транспортного перехода через пролив Невельского: 1 – Северный; 2 – Средний; 3 – Южный [7]

большой высоты – до 100 м при судоходном подмостовом габарите порядка 70 м; ожидаемое воздействие разнонаправленных ледовых нагрузок на опоры моста требует устройства равнопрочных в продольном и поперечном направлениях и достаточно мощных мостовых опор; вероятное обледенение элементов пролётных строений осенью-зимой предопределяет необходимость дополнительного их усиления для восприятия нагрузок, сопоставимых с постоянными нагрузками от собственно конструкций и с временными нагрузками от подвижного состава; необходимость принятия мер по усилению конструкций опор и пролётных строений в связи с высокой сейсмоактивностью в районе пролива Невельского.

Очевидными преимуществами тоннельного варианта являются:

- достаточно высокая независимость эксплуатации от природно-климатических условий, особенно важная в рассматриваемом случае по сравнению с мостом;
- существенная безопасность эксплуатации тоннеля по сравнению с мостовым переходом;

Рис. 6. Схема плана судоходного канала и трассы тоннельного и мостового перехода на связи материк – о. Сахалин [5]



- меньшая опасность тоннельного перехода по отношению к терроризму;
- более низкая стоимость эксплуатации подводного транспортного перехода;
- меньшая по сравнению с мостами опасность повреждений при землетрясениях.

Вариант дамбы с мостовым переходом для пропуска судохода отвергается вследствие неопределённости влияния такого решения на экологическую обстановку не только в проливе Невельского, но и в Татарском проливе в целом.

Известны нестандартные предложения по схеме транспортного перехода через пролив Невельского. Так, по мнению проф. Г. С. Переселенкова [5], значительное уменьшение объёмов подводных работ и протяжённость сооружения в целом на пересечении судового хода в проливе возможна в случае прокладки судоходного канала на западной (материковой) стороне пролива Невельского на таком удалении от морского уреза, чтобы можно было построить на суше мост и тоннель с подходами (рис. 6 и 7), а пролив перегородить дамбой.

Специалистами Тоннельной ассоциации России, начиная с 90-х годов XX в., неодно-

кратно ставился вопрос о целесообразности и готовности отрасли к строительству подводного пересечения пролива Невельского [8–9].

Анализ технико-экономических показателей возможной реализации тоннельного перехода по каждому из вышеуказанных вариантов трассы (см. рис. 5) подтвердил преимущество принятого еще в 1950 г. варианта «Средний» (рис. 8), который и был определен как основной для дальнейшей разработки.

Выполненные АО «Ленметрогипротранс» проектные проработки показали [10], что из пяти возможных вариантов конструктивно-технологических решений по сооружению подводной части перехода (рис. 9): 1 – тоннель Дн = 9,5 м и сервис-тоннель Дн = 5,5 м с щитовой проходкой; 2 – тоннель Дн = 11,5 м с щитовой проходкой; 3 – тоннель из опускных секций; 4 – тоннельно-мостовой переход; 5 – комбинированный тоннель с обделками из опускных секций на береговых участках и кругового очертания в русловой части, наиболее эффективным является вариант № 2 – тоннель большого поперечного сечения из сборной водонепроницаемой обделки, сооружаемый с помощью ТПМК.

Подводный тоннель большого диаметра Двн = 11,5 м разделен на два отсека (рис. 10).

В транспортном отсеке предполагается движение поездов и размещен служебный проход. Двухэтажный технологическо-эвакуационный отсек отделен от транспортного отсека внутренней стеной. Между транспортным и технологическо-эвакуационным отсеками устраиваются тамбур-шлюзы. В нижней части тоннеля предусмотрено устройство коммуникационного коллектора.

Обделка тоннеля двухслойная, рассчитанная на сейсмическое воздействие 9 баллов. Наружный слой – сборная железобетонная обделка кругового очертания, собирается из водонепроницаемых высокоточных блоков. По внутреннему контуру наружного слоя обделки для исключения проникновения воды предусматривается замкнутая пленочная гидроизоляция. Внутренний слой обделки – монолитная железобетонная обойма.

Внутренний диаметр железобетонной оболочки 9800 мм предусматривает размещение в его пределах габарита приближения строений «С» по ГОСТ 9238-83, водоотводящих

Рис. 7. Схема профиля по трассе связи материка с островом Сахалин с устройством судоходного канала [5]

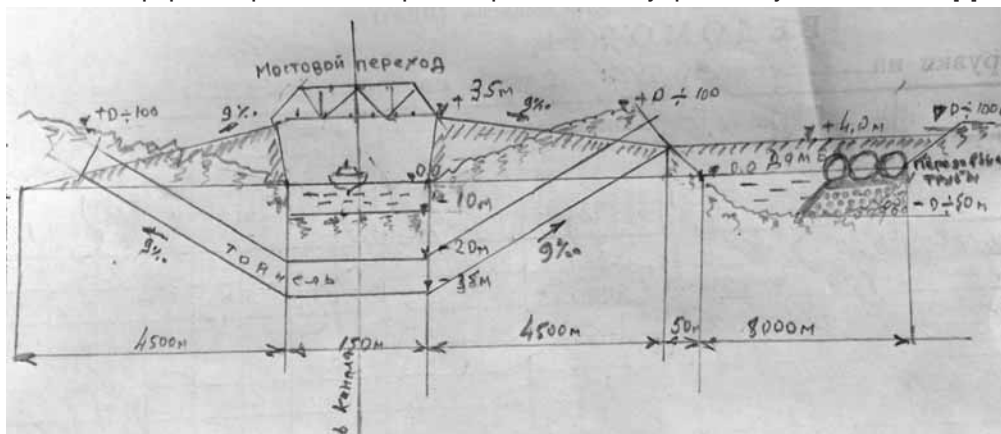




Рис. 8. Тоннельный вариант перехода через пролив Невельского [10]

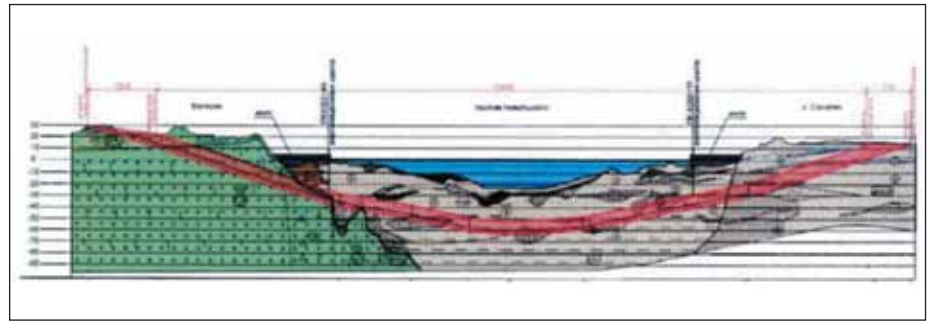


Рис. 9. Продольный профиль тоннельного перехода на геологическом разрезе

лотков, сантехнического и электротехнического оборудования и коммуникаций, а также устройств сигнализации, связи и вентиляции.

Сооружение тоннеля предусматривается с использованием специальных тоннелепроходческих механизированных комплексов (ТПМК) с активным пригрузом забоя. Встречная проходка ведется двумя комплексами на полное сечение с одновременным монтажом сборной железобетонной обделки со скоростью 350–400 м/мес. После встречи двух ТПМК под землей производится стыковка двух оболочек комплексов при помощи спецспособов (замораживание, цементация заобделочного пространства).

Для обеспечения проходки тоннеля на предварительно намывных дамбах длиной около 1 км на каждом берегу пролива сооружается два ствола диаметром 5,5 м, глубиной до 40 м. Строительство тоннельного перехода, учитывая современное технологическое оборудование, составит 4,5–5 лет.

Скорость передвижения по железнодорожному переходу составит до 120 км/ч.

Реализация этого варианта тоннеля предусматривает перевозку через тоннель грузового и легкового автотранспорта на специальных платформах и в вагонах, что облегчает при электрической тяге поездов режим вентиляции тоннеля, но требует организации на каждом берегу перегрузочных станций. Данная схема хорошо зарекомендовала себя при эксплуатации уже в течение почти 30 лет Евротоннеля между Англией и Францией.

Прогресс в изготовлении и использовании тоннелепроходческих механизированных комплексов с пригрузом забоя и водонепроницаемой обделки из сборного железобетона в последние четверть века, при оценке различных вариантов сооружения перехода под Невельским проливом, позволяет с уверенностью утверждать о преимуществах тоннельного варианта перед мостовым переходом.

По данным Института экономики и развития транспорта, с появлением перехода материк – остров, который ускорит развитие Хабаровского края и Сахалинской области, перевозки по линии Селихин – Ныш могут возрасти до 9,2 млн т в год. Это относительно немного, поэтому эксперты предлагают привлекать на трассу, выходящую на БАМ и Транссиб, транзиты из Японии. Если же Сахалин будет соединен еще и с японским островом Хоккайдо (в качестве объек-

та рассматривается тоннель), возникнет трансконтинентальный коридор Япония – Россия – ЕС, что обеспечит дополнительный приток грузов и поможет скорее окупить проект. В данном случае ежегодные перевозки, по разным оценкам, могут возрасти до 33–40 млн т.

В настоящий момент российский остров Сахалин и японский Хоккайдо, которые имеют железнодорожную сеть, разъединяет пролив Лаперуза. Длина пролива составляет 94 км, ширина в самой узкой части – 43 км.

Мировой опыт тоннелестроения показывает, что это не критическая длина. Так, железнодорожный тоннель между островами Хонсю и Хоккайдо составляет 54 км. Открытый в 1988 г. тоннель Сэйкан стал самым длинным подводным железнодорожным тоннелем в мире и держит этот рекорд до сих пор. Тоннель под проливом Ла-Манш (50 км) свидетельствует о высоком уровне развития науки и техники тоннелестроения и о возможности реализации еще более грандиозных тоннельных проектов.

#### Список литературы

1. Казанский Н. Н. Поборник освоения Восточных районов Сибири Николай Николаевич Колосовский // *География и природные ресурсы*. – 2007. – № 1. – с. 157–164.
2. [https://www.alexanderyakovlev.org/almanah/inside/almanah-document/60390].
3. Копыленко В. А., Быков Ю. А., Круглов В. М., Турбин И. В., Космин В. В. // *Северные и Восточные районы России – важнейший полигон расширения сети железных дорог страны в XXI веке // Транспортное строительство*. – 2008. – № 4. – С. 2–4.
4. [http://mfd.ru/news/view/?id=2428315].
5. Переселенков Г. С. *Возможности совершенствования транспортной системы на севере Дальнего Востока // Транспорт Российской Федерации*. – 2020. – № 2 (87). – С.16–21.
6. Мелкий В. А., Братков В. В., Верхотуров А. А. *Геологические и геоморфологические пред-*

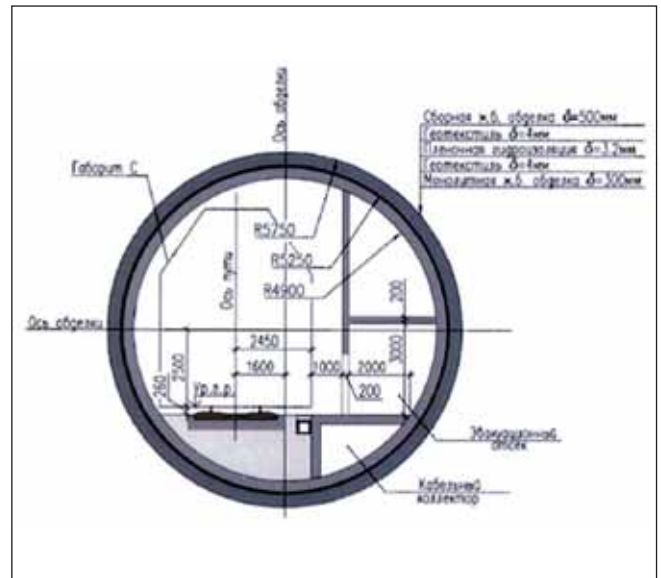


Рис. 10. Поперечное сечение железнодорожного тоннеля

посылки выбора места транспортного перехода «материк – Сахалин» // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. – 2020. – Т. 331. – № 1. – С.158–170.

7. Круглов В. М., Курбацкий Е. Н., Гонне В. Р., Толмилов А. А. *Переход через пролив Невельского: возможные решения // Мир транспорта*, –2015. – Т. 13, – № 4. – С. 44–53.

8. Котов В. В., Меркин В. Е. *Тоннель через Татарский пролив: характеристика вариантов // Транспортное строительство*. – 1996. – № 3.

9. Makarov O. N., Vlasov S. N., Kotov V. V., Lebt V. V., Merkin V. E. *Design of the Tatar Strait tunnel. Tunnels for People. Proc. World Tunnel Congr.:97, Vienna Austria, 12–17 Apr. 1997.* A. A. Balkema/ Rotterdam/ Brookfield, 1997, с. 249–254.

10. Кулагин Н. И., Маслак В. А., Безродный К. П., Лебедев М. О. *О тоннеле на о. Сахалин // Метро и тоннели*. –2019. –№ 1. – С. 18–20.

#### Для связи с авторами

Кулагин Николай Иванович  
lmg@lenmetro.ru  
Безродный Константин Петрович  
Besrodny@lenmetro.ru  
Лебедев Михаил Олегович  
lebedev-lmg@yandex.ru  
Космин Владимир Витальевич  
vvcosmin@mail.ru  
Меркин Валерий Евсеевич  
mve11@inbox.ru



# РАЗВИТИЕ ПОДЗЕМНОЙ УРБАНИСТИКИ НА БЛИЖНЕМ ВОСТОКЕ

## DEVELOPMENT OF UNDERGROUND URBANISM IN THE MIDDLE EAST

**С. А. Матушевская, Алсих Абдулсалам**, магистранты кафедры архитектуры Санкт-Петербургского горного университета (научный руководитель **К. В. Романевич**)

**S. A. Matushevskaya, Alsih Abdulsalam**, Saint-Petersburg Mining University, Department of Architecture (Scientific adviser **K. Romanevich**)

**В статье показан анализ взаимосвязи между прошлым, настоящим и будущим подземной урбанистики Ближнего Востока. Представлена к рассмотрению сравнительная характеристика строительства нескольких подземных исторических городов и различных метрополитенов в арабских странах, а также сформулированы принципы проектирования комфортной жилой среды подземного пространства с учётом эстетических и конструктивных особенностей здания. Обозначена концепция создания комфортного и экологичного подземного жилья. Рассмотрен зарубежный и исторический опыт, проанализированы проблемы формирования жилых подземных пространств.**

*The article shows the analysis of the relationship between the past, present and future of the underground urbanism of the Middle East. The comparative characteristics of the construction of several underground historical cities and various subways in the Arab countries are presented for consideration, as well as the principles of designing a comfortable living environment of underground space, taking into account the aesthetic and structural features of the building. The concept of creating a comfortable and eco-friendly underground housing is outlined. Foreign and historical experience is considered, problems of formation of residential underground spaces are analyzed.*

**И**ордания – арабское государство на Ближнем Востоке, известное своими древними памятниками, природными заповедниками и морскими курортами. История королевства насчитывает несколько периодов: Доисторический, Библейский, Античный, Византийский, Арабский, Британский и Современный. В Иордании находится знаменитая археологическая достопримечательность – город Петра, история которого восходит к 300-м годам до н. э. Когда-то он был столицей древнего Набатейского царства. Название города Петра переводится с греческого как «скала», весь древний город целиком состоит из камня. Ещё его называют «розовым» городом, так как при восходе и закате солнца скалы отливают алым и розовым оттенком [1].

В целом, набатейская архитектура находилась под влиянием египетской, ассирийской и греческой архитектуры. Это проявление можно заметить во многих храмах, пещерах и зданиях погребальной архитектуры. Большое внимание набатейцев к загробной жизни нашло отражение в строительстве гробниц и усыпальниц. Существовало поверие, что после смерти человек продолжает свою жизнь в ином мире, и жизнь там почти ничем не отличается от той, которую он вёл на земле. Поэтому в скальных усыпальницах набатей клали тела усопших в специальные подпольные ниши, а остальное пространство в гробнице заполняли кухонной утварью, украшениями, орудиями труда или символами власти.

У основания горы Эль-Хубта высечены гробницы: Дворцовая, Коринфская и Урны, имеющие общее название – Царские гроб-



Монастырь Ад-Дэйр – набатейский скальный храм I века н. э., сохранившийся неподалёку от города Петра

ницы. Отличительной чертой загробной архитектуры являются красочные полосы на каменных стенах, принимающие более выразительный вид на закате солнца. Овладевшие искусством работы с камнем, жители Петры с особой тщательностью высекали дома, храмы и склепы из каменных образований. Столица Набатейского царства располагается среди красных песчаников, отлично подходящих для строительства, и уже к первому веку нашей эры в пустыне вырос монументальный город.

С помощью терракотовых труб инженеры Петры создали сложную систему водоснабжения, без которой существование города было бы невозможным. Осуществляли контроль осадков в период проливных дождей и сохраняли влагу в засушливую погоду.

Для возведения храма-мавзолея Эль-Хазне было изменено русло реки, что для того времени являлось грандиозным проектом. Храм целиком вырезан в скале, для отвода воды прорублен тоннель и возведены серии плотин. Передняя плоскость горного массива

стёсана и на ней высечен величественный ордерный фасад высотой и шириной 40 и 25 м соответственно. Храм приобрёл всемирную популярность после съёмок в приключенческом фильме Стивена Спилберга «Индиана Джонс и последний крестовый поход».

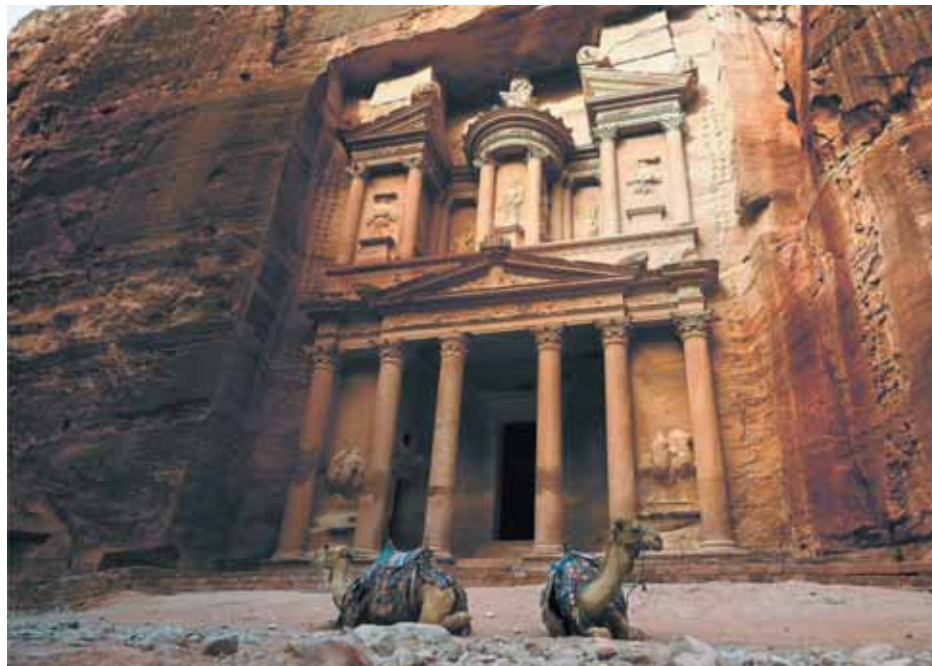
Ещё одним археологическим памятником в Саудовской Аравии является Мадаин-Салих. Также он известен, как город Хаджар (город камня). Расположен в районе Хиджаз Аравийского полуострова на северо-западе Саудовской Аравии, в частности в мухафазе Аль-Ула региона Медина. Мадаин Салих занимает стратегическое географическое положение, соединяя южную Аравию с Месопотамией, Левантом и Египтом. Археологический комплекс включает 111 скальных захоронений (I век до н. э. – I век н. э.), а также систему гидротехнических сооружений, относящихся к древнему набатейскому городу Хегра, являвшемуся центром караванной торговли. В 106 году н. э. Набатейское царство было присоединено к Римской империи, и Хиджаз вместе с Хегрой вошёл в состав провинции Аравия. Также в Хегре найдено около 50 наскальных надписей, относящихся к донабатейскому периоду.

В древности подземное строительство арабских стран представляло собой возведение городов, на сегодняшний день оно в основном сконцентрировано на строительстве метрополитенов. В наше время на Ближнем Востоке семь стран имеют линии метро. Это Египет, Алжир, Саудовская Аравия, Катар, ОАЭ, Иран и Турция.

Первый метрополитен на Ближнем Востоке (и первый в Африке) был открыт в Каире в конце 80-х гг. XX в. В 1987 г. была открыта первая линия Каирского метрополитена после соединения двух существующих наземных линий с большой подземной площадью, проложенной под городским центром. На тот момент протяжённость линии составляла 43,5 км, 3 км из которых были проложены под землёй. В середине 1990-х гг. каирская сеть метрополитена была значительно расширена и завершилась строительством второй (зелёной) линии. По большей части это подземный тоннель за исключением двух случаев: короткой секции на севере, проложенной над землёй, и участка на юге – пример открытого способа строительства подземных сооружений. Также на этой линии расположен единственный тоннель, который проходит под рекой Нил.

Саудовская Аравия – единственная арабская страна, имеющая два метрополитена. В ноябре 2010 г. был открыт наземный метрополитен в священном для всех мусульман городе Мекка. Его основная задача – перемещение паломников, совершающих хадж к местам проведения ритуальных обрядов, расположенных в долинах Мина и Муздалифа на горе Арафат.

В Эр-Рияде строится первая в стране система общественного транспорта. В рамках стратегии развития к 2030 г. во время Глобального саммита УПР в Стокгольме 9–12 июня 2019 г. управление развития Эр-Рияда заявило о готовности запустить свою систему метро и автобусов всего через пять лет после начала про-



Эль-Хазне – набатейский храм эпохи эллинизма в Петре на территории современной Иордании

екта. На данный момент это самая молодая в мире система общественного транспорта. Проект включает шесть линий метро и 85 станций на протяжении 176 км. Планируется, что это будет самая длинная в мире беспилотная транспортная сеть. Автобусные маршруты начали курсировать в конце 2019 г., а первые станции беспилотного метро были открыты в 2020 г. В настоящее время численность населения Саудовской Аравии составляет 6 млн человек, и по прогнозам к 2035 г. она увеличится на 50 %, строительство метрополитена происходит одновременно со вспомогательной автобусной системой. Чтобы сдать объект в срок, правительство Саудовской Аравии поручило выполнение проекта одновременно нескольким архитекторам, производителям вагонов и строительным подрядчикам.

Проект метрополитена соответствует современным критериям устойчивого развития. Он экологичен с точки зрения обеспечения энергией, сбора и очистки воды, использования естественной инсоляции, затенения и вентиляции; экономичен за счёт создания эффективного узла общественного транспорта для сокращения загруженности дорог; а также несёт социальную функцию с точки зрения создания оживлённого общественного пространства, которым смогут пользоваться все жители Эр-Рияда [2].

Объединённые Арабские Эмираты – самая молодая страна на Ближнем Востоке, где в течение последних 30–40 лет создавалась и реализовывалась транспортная инфраструктура. Сегодня метро Дубая состоит из двух веток, пассажиропоток составляет более 100 млн человек в год. Одна из особенностей Дубайского метрополитена – уникальная система безопасности.

Помимо систем метрополитенов архитекторы и геотехники всего мира всё активней разрабатывают подземное пространство, проектируя подземные сооружения различного назначения. Одна из современных тен-

денций комплексного освоения – строительство жилых подземных зданий.

Современные подземные дома являются синтезом комфорта, красоты и экологичности. Интерес к строительству таких жилищ объясняется не только модными тенденциями, но и рациональными соображениями. Подземные дома различаются между собой по заглубленности (от полностью подземного до наземного), по методу строительства (от простого до сложного), по конструктивным особенностям, по пространственно-планировочным решениям и ценовому сегменту [3].

К основным проблемам освоения подземного пространства можно отнести необходимость обеспечения сохранности существующей застройки или места, сохранения сложившихся экологических систем, а также минимальных вмешательств в геоэкологическую среду. Могут быть вызваны технические проблемы при возведении подземных сооружений при создании и последующей эксплуатации внутреннего пространства [4].

Подземные дома пользуются спросом во многих странах мира. В Австралии существует целый подземный город Кубер-Педи, известный как столица опалов. Первый подземный отель, появившийся в Австралии в 1988 г., называется «Desert Cave». Он состоит из 50 люксовых номеров, 19 из которых находятся под землёй. Также в отеле есть тренажёрный зал, спа-салон, сауна, бассейн, подземное кафе, бар и игровая комната.

В будущем подземные отели обещают стать модным направлением в гостиничной индустрии. В доказательство этому можно привести пример проекта пещерного курорта в аравийской пустыне французского архитектора Жан Нувеля. В интервью [6] зодчий представил свой новый проект, высеченный в скалах пустыни Аль-Улы под названием «Sharaan by Jean Nouvel». В основе комплекса заложено уважение к истории и ландшафту местности. Пред-



Курортный отель «Sharaan by Jean Nouvel» [6]

полагается, что этот проект даст импульс развитию туризма в Саудовской Аравии.

Строительство отеля запланировано рядом с древним набатейским городом Хегра. Комплекс «Sharaan by Jean Nouvel» продолжит концепцию первого объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО [6]. Архитектор подчёркивает важность сохранения уникального ландшафта: «Аль-Ула – это настоящий музей под открытым небом. Скалы, русла пересохших рек, пустыни, археологические памятники заслуживают самого пристального внимания. Крайне важно сохранить самобытность и уникальность этого древнего региона» [5].

Сохранение природной красоты и древнего наследия места не исключают современных архитектурных идей. «Аль-Ула заслуживает быть более современной, – говорит Нувель, – Формирование будущего – бесконечный процесс, в котором важную роль играет внимательное отношение, как к прошлому, так и к настоящему». Используя опыт древних жителей, зодчий делает всё для того, чтобы минимизировать воздействие архитектуры на окружающую среду. «Наш проект не должен подвергать опасности то, что создали люди и время. Он должен прославлять набатейскую культуру. Этот акт созидания становится настоящим культурным процессом».

Каждая деталь интерьера имеет своё значение: игра светотени, цвет, звук, дуновение ветра создают ощущение путешествия во времени, сквозь тысячи лет истории. «Sharaan by Jean Nouvel» должен быть завершён к 2024 г. и будет включать в себя 40 номеров и 3 виллы. Недалеко от него расположится саммит-центр с 14 павильонами. Вход в отель запроектирован через круглый двор, вырезанный в склоне холма из песчаника. Центральной осью будет являться 80-метровая шахта лифта. Основная часть помеще-

ний запроектирована под землёй, а надземные люксы будут оснащены балконами.

Благодаря удобному расположению проектируемого отеля, постояльцы смогут посетить исторические достопримечательности древнего Nabatean царства. Предполагается, что отель не нанесёт ущерб природе региона, так как его строительство и последующая эксплуатация подразумевают абсолютное соответствие современным стандартам защиты окружающей среды.

### Выводы

На примере древних подземных городов Ближнего Востока, Петра и Хаджара, представлена к рассмотрению сравнительная характеристика строительства исторических памятников (монастырь Ад-Дэйр и храм Эль-Хазне), включающих в себя археологический комплекс с богатым культурным наследием. Но если в древности подземное строительство арабских стран представляло собой возведение городов, то на сегодняшний день оно в основном направлено на строительство транспортных систем, в первую очередь метрополитенов.

На данный момент на Ближнем Востоке только семь стран имеют линии метро, а Саудовская Аравия – единственная арабская страна, имеющая два метрополитена.

Помимо систем метрополитенов архитекторы и геотехники всего мира всё активнее осваивают подземное пространство, проектируя подземные сооружения различного назначения. Одна из современных тенденций комплексного освоения – строительство жилых подземных зданий. На примере проекта пещерного курорта в аравийской пустыне французского архитектора Жан Нувеля можно предположить, что подземные отели станут модным направлением в гостиничной ин-

дустрии. В основе комплекса заложено уважение к истории и ландшафту местности. Предполагается, что этот проект даст импульс развитию туризма в Саудовской Аравии.

Синтез прошлого и будущего даёт возможность получать уникальные проекты, позволяющие «путешествовать во времени», и при этом сохранять целостность и уникальность выбранного места.

### Ключевые слова

Архитектура, метрополитен арабских стран, подземное жильё, пещера, отель, аравийская пустыня Аль-Ула.

*Architecture, Arab metro, underground housing, cave, hotel, al-Ula Arabian desert.*

### Список литературы

1. Аднан А., Риф Д. Петра – Мифы и символика. *National* 2008.
2. Зубенко М. Архитектурное формирование подземных пространств с учётом эстетических и психологических потребностей человека // *Метро и тоннели*. – 2020. – № 2. – С. 34–35.
3. *Современные технологии комплексного освоения подземного пространства мегаполисов / В. И. Теличенко [и др.]*. – М.: Изд-во АСВ, 2010.
4. *Подземное строительство: учеб. пособие / А. Б. Пономарёв, Ю. Л. Винников*. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2014 – 262 с.
5. *Королевская комиссия провинции Аль-Ула. Пресс-релиз; Саудовская Аравия, 2020. – 11 с.*
6. <http://www.jeannouvel.com/actus/new-concept-designs-for-the-sharaan-by-jeannouvel-resort-revealed/>

### Для связи с авторами

Романевич Кирилл Викторович  
romanevichkirill@gmail.com



# СВИСТАТЬ ВСЕХ В ЗАБОЙ!

Б. А. Картозия, д. т. н., проф., НИТУ МИСиС

**Ш**ел 1934 год, мой папа Арнольд (рис. 1), успешно закончив Московский инженерно-строительный институт им. В. Куйбышева, поступил на работу в Московский метрострой на строительство станции «Охотный Ряд» и был назначен начальником участка шахты № 30, который на тот момент находился в прорыве.

– Для меня, – рассказывал отец, – это было неожиданно, и, признаться, стало немного не по себе. Но долго думать было некогда. Я пошел на участок принимать дела. Участок поражал своей заброшенностью. Встретили меня там не совсем дружелюбно. Слышались разговоры: «Третьего начальника назначают, а толку все нет!» Я на эти разговоры не обратил внимания. Ознакомился с состоянием участка и увидел, что сам по себе он не очень труден – только запущен сильно. А срок – 18 дней – невелик. Никто не верил, что за столь короткое время можно будет не только закончить всю работу, но и освободить площадку.

В истории Метростроя об этом периоде есть немало воспоминаний. Да и сам Арнольд Теймуразович в свое время поделился интересными фактами в сборнике «Как мы строили метро» (рис. 2). Речь идет о строительстве первой очереди, включавшей две ветки: «Сокольники – Парк культуры» и «Охотный Ряд–Смоленская». Пущены в эксплуатацию они были в мае 1935 г. Эпизод, о котором я хочу рассказать, взят из его устных воспоминаний.

Итак, до пуска первой очереди оставался год, а разворот строительных работ на станции «Охотный Ряд» оставлял желать лучшего. И вот, по рассказу отца, как то ближе к ночи, неожиданно (а в последующие годы это стало нормой) на объект приехали инициатор и один из руководителей строительства Московского метрополитена член политбюро ЦК ВКП(б) Лазарь Каганович и Никита Хрущев – тогда первый секретарь Московского горкома партии (рис. 3).



Рис. 1

Состоялся, по выражению отца, «душевный» разговор, после которого все инженеры и служащие, заметьте, совершенно добровольно, облачились в «робу», взяли лопаты и пошли на смену. Сменные инженеры, механики, техники и десятники два дня не выходили наверх. Надо ли говорить, что в итоге отставание было ликвидировано.

Через 18 дней приехал Никита Сергеевич Хрущев. Войдя в вестибюль, он сказал:

– Не ожидал я, что вы справитесь...

Начальник шахты не удержался, чтобы не ответить:

– Как, Никита Сергеевич, обманули мы Московский комитет?!

Никита Сергеевич только засмеялся.

В очерке В. Горайчука «Как создавали метро: взгляд инженера» я нашел фотодокумент тех дней.

На фотографии (рис. 4) запечатлен момент того самого аврального периода



Рис. 2

строительства центрального тоннеля станции «Охотный Ряд». Щитовой проходческой техники в СССР тогда еще не было, строили обычным горным способом: отбойные молотки, лопаты, вагонетки, бревна и доски.

А для меня эта фотография дорога, прежде всего, тем, что на ней с лопатой в руках несет свою трудовую вахту мой отец, молодой инженер Арнольд Теймуразович Картозия. Жаль, что при жизни он эту фотографию не увидел. После окончания строительства ряд инженеров-метростроевцев, в том числе и отец, были откомандированы на работу в Наркомат тяжелой промышленности, а затем в Министерство угольной промышленности.

*Р. С. Вдумайтесь, как точно это фото выражает сущность известной советской поговорки, доставшейся нам от Аркадия Райкина: «Как простой инженер!»*



Рис. 3



Рис. 4



## ПАМЯТИ БОРИСА ГРИГОРЬЕВИЧА КРОХАЛЁВА



**25 ноября 2021 г. на 88-м году жизни скончался член правления Тоннельной ассоциации России, заслуженный спасатель Российской Федерации, наш старший товарищ, искренний друг Борис Григорьевич Крохалёв.**

Вся трудовая жизнь Бориса Григорьевича – это непрерывная борьба за жизнь, здоровье и безопасность людей, работающих в тяжёлых условиях на горнорудных предприятиях, на строительстве транспортных тоннелей и других подземных сооружений, людей, находящихся в сложных критических ситуациях. Попав в подразделения горноспасательной службы совсем юным пареньком, только что окончившим Копейский горный техникум, Борис Григорьевич прошёл славный трудовой путь от командира горноспасательного отряда до крупного организатора горноспасательной службы в СССР и Российской Федерации. В начале 80-х годов прошлого столетия он сыграл видную роль в создании горноспасательной службы на подземных работах при строительстве метрополитенов, крупных тоннельных комплексов на строительстве Байкало-Амурской железнодорожной магистрали и многих подземных сооружений в других регионах страны. Эта служба впоследствии была преобразована в Управление горного надзора и вое-

низированных горноспасательных частей при Минтрансстрое СССР. В этой организации на протяжении ряда лет Борис Григорьевич был главным инженером.

Решительный характер, глубокие профессиональные знания и умение быстро принимать эффективные решения в экстраординарных ситуациях, в сочетании с открытостью и добросердечностью, искренним желанием помочь людям в трудных ситуациях снискали глубокое уважение к Борису Григорьевичу со стороны людей, профессиональная деятельность которых связана с освоением подземного пространства. Послужной список Бориса Григорьевича включает участие в ликвидации последствий крупнейших катастроф техногенного и природного характера, произошедших на территории нашей страны в конце прошлого века – это и авария на Чернобыльской атомной электростанции, и мощнейшее разрушительное землетрясение в районе города Ленинакан (Армения), и многие другие. Огромный опыт работы в чрезвычайных ситуациях сформировал в Борисе Григорьевиче твёрдую убеждённость в том, что стране, обладающей такими необъятными просторами и огромными природными ресурсами, необходима мощная служба, способная справляться с техногенными и природными угрозами. И он всё делал для того, чтобы такая служба была создана. Этапы этой работы – создание горноспасательных служб в Минтрансстрое, Минметаллургии и Минцветмете СССР.

Активная жизненная позиция, желание передать людям свой богатый жизненный опыт горноспасателя всегда были отличительными чертами Бориса Григорьевича. Он являлся действительным членом Международной академии наук экологии, безопасности человека и природы (МАНЭБ), постоянным членом Межведомственной аттестационной комиссии при МЧС России, один из авторов учебника для горноспасателей и книги «Анализ ликвидации аварий и катастроф в шахтах и рудниках за 10 лет».

Его деятельность, направленная на безопасное проведение подземных работ и обеспечившая спасение горняков, неоднократно была отмечена высокими правительственными и ведомственными наградами.

С 2004 г. Борис Григорьевич более десяти лет работал в Тоннельной ассоциации России, до последнего дня входил в состав её правления, был заместителем руководителя Исполнительной дирекции ТАР, организовал работу по проведению экспертизы проектной документации строительства подземных сооружений на предмет соответствия ее требованиям промышленной безопасности. В 2012 г. он стал одним из организаторов научно-технического сопровождения проектирования и строительства объектов Московского метрополитена и проводил большую работу, направленную на всемерное содействие продвижению достижений научно-технического прогресса в подземное строительство.

Борис Григорьевич Крохалёв всегда пользовался большим авторитетом среди членов Тоннельной ассоциации России.

Мы глубоко скорбим об этом незаурядном человеке и выражаем соболезнование родным и близким покойного. Светлая память о Борисе Григорьевиче навсегда сохранится в наших сердцах.

*Правление Тоннельной ассоциации России*