

# Метро и тоннели

№ 1  
март 2025



ISSN 1726-6165



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. Мазенин**, доктор техн. наук,  
зам. руководителя  
Исполнительной дирекции

**Редакционная коллегия**

В. В. Адушкин, академик РАН  
С. В. Анциферов, доктор техн. наук  
М. Ю. Беленький  
В. В. Внутских  
С. А. Жуков  
В. Н. Захаров, академик РАН  
В. Н. Кавказский, канд. техн. наук  
Д. С. Конюхов, доктор техн. наук  
М. О. Лебедев, канд. техн. наук  
И. В. Маковский, канд. техн. наук  
В. Е. Меркин, доктор техн. наук  
М. Х. Миралимов, доктор техн. наук  
А. Н. Панкратенко, доктор техн. наук  
А. А. Пискунов, доктор техн. наук  
М. М. Рахимов, канд. техн. наук  
А. Ю. Старков  
Д. Ю. Чунюк, канд. 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

**Предпечатная подготовка**

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

Журнал зарегистрирован

Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов  
журнала только с письменного  
разрешения Тоннельной ассоциации России

## №1, 2025

### 35 лет ТА России

**Тоннельная ассоциация России:  
35 лет в авангарде подземного строительства** **2**  
К. Н. Матвеев

**35 лет сотрудничества** **17**  
В. Д. Агеев, В. В. Кравченко

### Проектирование

**Оптимизация режимов ведения поездов  
при проектировании тяговых сетей метрополитена** **18**  
А. А. Лянда, Т. А. Мичурина, И. А. Сиваков

### Строительство

**Строительство верхнего вентиляционного  
узла станции «Савеловская» Большой  
кольцевой линии метрополитена в Москве** **21**  
И. Я. Дорман, С. В. Мазенин

### Тоннельная обделка

**Строим метро вместе!** **26**  
Л. А. Шашукова

### Метротрам

**Метротрам Красноярска при поддержке  
Президента России** **26**

**Якорный проект транспортного развития Челябинска** **32**

### Гидротехнические тоннели

**Опыт строительства тоннелей ГЭС  
Субансири Нижняя в Индии** **35**  
В. Н. Жуков

### Зарубежный опыт

**Применение «зеленых» и низкоуглеродных  
решений на китайском метрополитене** **38**  
Д. С. Конюхов

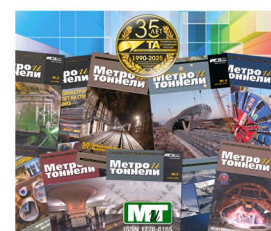
### Наша история

**Основоположник теории метода  
замораживания грунтов  
при строительстве подземных сооружений** **41**

**Творческое наследие профессора  
Л. В. Маковского** **43**

**Творческое наследие профессора  
Е. М. Пашкина** **45**

# СОДЕРЖАНИЕ



**ФОТО НА ОБЛОЖКЕ**

ТАР: 35 лет  
в авангарде подземного  
строительства  
(с. 2)

# ТОННЕЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ РОССИИ: 35 ЛЕТ В АВАНГАРДЕ ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

К. Н. Матвеев, председатель правления ТАР



## Юбилей как точка отсчёта новых достижений

В феврале 2025 г. Тоннельная ассоциация России (ТАР) отмечает свое 35-летие. Основанная в 1990 г. по инициативе ведущих проектных и строительных организаций СССР, таких как «Мосметрострой», «Мосинжпроект», «Трансинжстрой», ассоциация стала ключевой площадкой для объединения специалистов подземного строительства. За эти годы ТАР не только сохранила преемственность традиций, но и стала драйвером инноваций, внедряя механизированные тоннелепроходческие комплексы, цифровые технологии и новые материалы.

В СССР под эгидой Министерства транспортного строительства была заложена надежная база для создания уникальной инфраструктуры – автодорожных, железнодорожных и гидротехнических тоннелей, транспортных развязок, других технически сложных подземных объектов гражданского и специального назначения и, конечно, в первую очередь, отечественного метрополитена, по праву считающегося по своему архитектурному и функциональному назначению, а также эксплуатационным качествам, лучшим в мире.

Тоннельная ассоциация России является общероссийской общественной организацией и объединяет на основе добровольного членства более 70-ти организаций и специалистов по исследованию, проектированию, строительству и эксплуатации метрополитенов, тоннелей, прочих подземных сооружений, а также занятых созданием и изготовлением тоннелестроительной техники и технологий.

В своей деятельности Тоннельная ассоциация решает задачи выработки технической

политики и научно-технических программ в области исследований, проектирования, строительства и эксплуатации метрополитенов и тоннелей, а также задачи использования подземного пространства городов и внедрения в практику новейших достижений научно-технического прогресса в области метро- и тоннелестроения. Ассоциация осуществляет информационную деятельность по пропаганде достижений науки, техники, передового опыта в строительстве и эксплуатации тоннелей, обеспечивает установление контактов между организациями и специалистами в области метро- и тоннелестроения, развитие связей с научной и инженерно-технической общественностью зарубежных стран.

Специалистами Тоннельной ассоциации России сформулированы основные принципы устойчивого и динамичного развития российских городов, краеугольным камнем которых является интенсивное комплексное освоение подземного пространства на базе современных научно-технических достижений.

Без комплексного освоения подземного пространства городов сегодня невозможно решение экологических проблем, увеличение количества зеленых насаждений, сохранение уникальной исторической застройки и памятников архитектуры, обеспечение шаговой доступности социально значимых объектов в исторически сложившихся районах городов и при формировании новых территорий.

Необходимо принять целый ряд организационно-технических мер. Прежде всего, нужно создать эффективную систему нормативного регулирования в области подземного градостроительства: в части градостроительного проектирования, единой методики оценки

экономической эффективности и функциональной целесообразности строительства подземных объектов. Также необходимо совершенствовать нормативную базу инженерных изысканий, проектирования и строительства объектов, размещаемых в подземном пространстве. Отдельная тема – подготовка высококвалифицированных специалистов, способных обеспечить эффективное государственное регулирование в области подземного градостроительства.

Применение современных технологий производства работ, оборудования, материалов и методик позволяет сооружать объекты подземной инфраструктуры в любых гидрогеологических условиях, на значительных глубинах, помогает уменьшить сроки строительства, повысить безопасность и качество выполняемых работ, увеличить срок эксплуатации.

Необходимо обратить особое внимание на подготовку высококвалифицированных специалистов, умеющих обеспечивать эффективное государственное регулирование в области подземного градостроительства, грамотно и обоснованно использовать высокие технологии работ и современное проходческое оборудование.

Тоннельная ассоциация России уже вошла в историю отечественного метро-тоннелестроения, как организация, объединившая специалистов в области исследований, изысканий и проектирования, строительства и эксплуатации тоннелей и инженерных коммуникаций транспортного, коммунального назначения, а также специалистов, занятых созданием тоннелестроительной техники и технологий.

Именно Тоннельная ассоциация не только не допустила упадка тоннельного дела



Учредительное собрание ассоциации, февраль 1990 г.



**Обмен опытом сооружения Серебряноборских тоннелей глубокого заложения, архив ТАР**



**Посещение тоннеля российской делегацией, Китай, 2024 г., архив ТАР**



**Выступление на молодежной секции конференции в Нижнем Новгороде, 6 июня 2024 г., архив ТАР**



в стране, но и обеспечила поистине беспрецедентное развитие отрасли, что особенно ярко проявляется в столице нашей Родины Москве. Как было подчеркнуто в приветственном письме мэра Москвы С. С. Собянина по случаю 35-летия Тоннельной ассоциации, строительство каждого крупного объекта в Москве предусматривает активное освоение находящегося под ним подземного пространства. В недрах города создаются сложнейшие инженерные сооружения, прокладываются современные коммуникации, строятся торгово-рекреационные комплексы.

Наиболее оптимальным решением во всем мире признают комплексное освоение подземного пространства на основе развития сети метрополитенов. В современных мегаполисах планирование и проектирование подземных сооружений коммерческого, культурного и социального назначения и линий метрополитена идут в рамках единого процесса. Таким образом, метрополитен является не только перевозчиком, но и выполняет градообразующую функцию, обеспечивая повышение уровня комфорта и безопасности проживания в городской среде.

**Международное сотрудничество: мост между Россией и Китаем**

В условиях санкций Тоннельная ассоциация России активизировала взаимодействие с дружественными странами. Особое внимание уделяется Китаю. В 2024 г. делегация ТАР участвовала в Международном тоннельном конгрессе (WTC) в Шэньчжэне, где представила доклады по устойчивому развитию подземных пространств и обсудила с китайскими коллегами совместные проекты, включая симпозиум молодых учёных. Технические туры на объекты подземного строительства, такие как подводный тоннель Шэньчжэнь-Цзянмэнь (глубина 115 м), подтвердили высокий уровень китайских технологий, которые адаптируются в российских реалиях.

Ассоциацией ежегодно проводятся конференции в разных городах России, где динамично развивается строительство метрополитенов, с участием большого количества специалистов из организаций. Кроме того, в 2022–2024 гг. были проведены совместные российско-китайские семинары по реконструкции тоннелей и геотехнике.

**Образование и молодёжь: инвестиции в будущее**

ТАР тесно сотрудничает с вузами, такими как РУТ (МИИТ) и НИТУ «МИСиС», корректируя учебные программы под запросы отрасли. Ежегодно проводятся конкурсы дипломных работ и «Инженер года», а молодые специалисты участвуют в научных конференциях,



**Борис Иванович  
Федунец**



**Дмитрий Михайлович  
Голицынский**



**Георгий Маркович  
Синицкий**



**Николай Иванович  
Кулагин**



**Александр Владимирович  
Ершов**



**Эдуард Борисович  
Рубинчик**



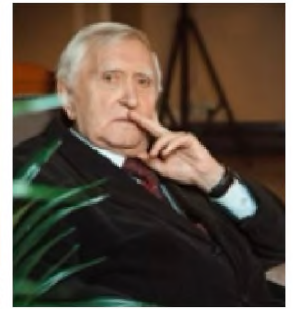
**Константин Петрович  
Безродный**



**Юрий Степанович  
Фролов**



**Лев Вениаминович  
Маковский**



**Евгений Меркурьевич  
Пашкин**

таких как «TRANSOILCOLD-2023», где обсуждались технологии строительства в холодных регионах. В 2024 г. молодёжная секция ТАР представила доклады на конференции в Нижнем Новгороде, демонстрируя преемственность поколений.

### Память о ветеранах и вызовы времени

За последние два года (2023–2024) отрасль потеряла ряд выдающихся специалистов, чей вклад в развитие метростроения остаётся неопределимым. Их наследие продолжается в научных школах, в опубликованных трудах, а также в проектах, таких как железнодорожные тоннели на Байкало-Амурской магистрали, БКЛ метрополитена Москвы.

### Стратегические задачи: от мегаполисов до Восточного полигона

#### Развитие метрополитенов

В рамках «Инфраструктурного меню» реализуются проекты в Красноярске, Челябинске, Нижнем Новгороде. Метротрамвай, сочетающий экономичность и эффективность, станет приоритетом для городов-миллионников.

#### Нормативная база

ТАР участвует в обновлении ГОСТов и Сводов правил, включая пересмотр норм проектирования метрополитенов, автодорожных и железнодорожных тоннелей, в актуализации ГОСТа на габариты приближения строений и оборудования для двухпутных тоннелей метрополитена и др.

ТАР принимает самое активное участие в работе Технических комитетов № 465 «Строительство», № 400 «Производство работ

в строительстве», № 150 «Метрополитены Комитета по стандартизации.

#### Научное сопровождение

В 2024 г. завершены работы на участках БКЛ и Троицкой линии в Москве, а также начато научно-техническое сопровождение проектирования и строительства метрополитенов в Нижнем Новгороде, Красноярске, Челябинске, Самаре. Более того, в Челябинске отработывается более прогрессивный, менее материалоемкий вид городского внеуличного транспорта для городов-миллионников – метротрам.

#### Заключение

35 лет Тоннельной ассоциации России – это история преодоления вызовов и инноваций. От строительства Лефортовского тоннеля до внедрения системы DIM в проектирование – ассоциация остаётся флагманом отрасли. Учреждение в 2023 г. Президентом РФ В. В. Путиным «Дня метростроителя» – признание заслуг всех поколений специалистов. Впереди – новые горизонты: от цифровизации до освоения Арктики, где опыт ТАР станет основой для прорывов.

Настало время, осмысливая достигнутые успехи, поставить дальнейшие задачи перед руководителями регионов в проблематике комплексного освоения подземного пространства российских городов, заключающиеся в следующем.

1. Уровень использования подземного пространства в настоящее время значительно ниже, чем позволяют современные научно-технические достижения и определяют темпы роста и потребности городов. Даль-

нейшее устойчивое развитие российских городов требует более интенсивного освоения подземного пространства.

2. Низкий уровень развития географии метрополитенов вызван сложившимся стереотипом об инвестиционной непривлекательности отрасли метростроения, связанной с «неподъемной» стоимостью капитального строительства, непомерными для бюджетов регионов эксплуатационными расходами и неприемлемыми для инвесторов сроками окупаемости. Принципиальным решением могло бы стать привлечение инвестиций в строительство метрополитенов за счет применения международного опыта экономического стимулирования для создания многофункциональных подземных комплексов различного назначения.

3. Метростроение – лидер градостроительной отрасли, как по сложности реализации конкретных проектов, так и по применению инновационных управленческих, организационных, методических, технических и технологических решений. Использование данных решений в рамках комплексных проектов, объединяющих наземные и подземные объекты, позволяет существенно снизить издержки и риски при строительстве и эксплуатации, сократить сроки окупаемости, снизить конечную стоимость реализации комплексных проектов, добившись тем самым притока долгосрочных инвестиций.

Тоннельная ассоциация России готова к плодотворному сотрудничеству по поставленным проблемам.

Наша цель – не просто строить, а создавать инфраструктуру для жизни.



## Дорогие друзья!

Поздравляю вас с юбилеем — 35-летием создания Тоннельной ассоциации России!

Сегодня перед Строительным комплексом России Президентом В. В. Путиным поставлены масштабные задачи по созданию комфортных условий проживания граждан. И одна из ключевых составляющих этой работы – мобильность граждан и развитая транспортная система. Большое внимание здесь в том числе уделяется строительству метрополитена.

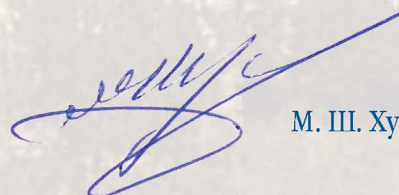
Конечно, ведущие позиции по метростроению в России и мире занимает Москва. С 2011 года сеть Московского метрополитена выросла в 1,8 раза. Завершены строительство и реконструкция порядка 250 км линий, более 100 станций. Подземка развивается и в других крупных городах России. Такие проекты с помощью инфраструктурных бюджетных кредитов реализуются в Нижнем Новгороде, Красноярске, Челябинске, Санкт-Петербурге и Самаре. И в эту деятельность неоценимый вклад вносит Тоннельная ассоциация России.

Она была создана в трудный для России период, но благодаря подвижничеству отечественных специалистов объединила научно-технический потенциал профильных организаций, смогла сохранить опыт для будущих поколений и сейчас является одним из ведущих профессиональных объединений в этой области.

Развитие метрополитена играет ключевую роль в жизни современного города. Это не только удобный и быстрый способ передвижения, но и важный шаг к снижению транспортной нагрузки на дорогах, уменьшению пробок и улучшению экологической обстановки. Метро делает город более доступным, связывает отдаленные районы с центром, повышает качество жизни горожан и способствует экономическому росту. Поэтому деятельность ассоциации – это инвестиции в комфорт, безопасность и устойчивое развитие городской среды для будущих поколений.

По случаю 35-летия со дня основания Тоннельной ассоциации России желаю всем ее членам крепкого здоровья и новых успехов при реализации крупных, интересных и значимых для страны проектов!

Заместитель Председателя  
Правительства Российской Федерации



М. Ш. Хуснуллин



## МИНСТРОЙ РОССИИ

### РУКОВОДСТВУ И КОЛЛЕКТИВУ ТОННЕЛЬНОЙ АССОЦИАЦИИ РОССИИ

От имени Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации и от себя лично поздравляю коллектив Тоннельной ассоциации России с 35-летним юбилеем!

Благодаря слаженной работе ассоциации были созданы новые формы и методы управления в сфере тоннеле- и метростроения, что позволило сохранить преемственность традиций.

Тоннельная ассоциация России принимает активное участие в совершенствовании нормативно-правовой базы, поддерживает научно-технический прогресс в отрасли через интеграцию науки и практики, а также обеспечивает обобщение и внедрение передового опыта.

Незаменима роль ассоциации при подготовке кадров специалистов-тоннельщиков, научном сопровождении строительных проектов и их инспектировании, проведении негосударственных экспертиз проектов строительства подземных сооружений и тоннелей.

Желаю руководству и сотрудникам благополучия, плодотворной работы, осуществления намеченных планов и новых научных достижений!

Министр

И.Э. Файзуллин



МЭР МОСКВЫ

*Членам Тоннельной ассоциации России*

*Дорогие друзья!*

*Поздравляю вас с 35-летием Тоннельной ассоциации России.*

*Строительство каждого крупного объекта в Москве предусматривает активное освоение находящегося под ним подземного пространства. В недрах города создаются сложнейшие инженерные сооружения, прокладываются современные коммуникации, строятся торгово-рекреационные комплексы. И главное – сооружаются тоннели метрополитена и транспортные тоннели, причем в последние годы объемы и темпы этих работ являются беспрецедентными.*

*Любое строительство в этой области требует высочайшей квалификации ученых, проектировщиков, инженеров и рабочих, применения современных отечественных и мировых разработок. В решении этой важной задачи особую роль играет Тоннельная ассоциация России, объединяющая специалистов экстра-класса нескольких поколений. Сохраняющая и приумножающая традиции уникальной отечественной школы подземного строительства.*

*Спасибо вам, дорогие друзья, за высокий профессионализм, умение находить грамотные инженерные решения в самых сложных ситуациях. За большой вклад в развитие Транспортного комплекса Москвы.*

*Желаю вам крепкого здоровья, благополучия и новых успехов в созидательном труде.*

С.С. Собянин

A blue ink handwritten signature of S.S. Sobyanin, consisting of several loops and a long horizontal stroke.



ПРАВИТЕЛЬСТВО  
МОСКВЫ





**Заместитель мэра Москвы по вопросам градостроительной политики и строительства В. В. Ефимов**

## Дорогие друзья!

### ПОЗДРАВЛЯЮ ВАС С 35-ЛЕТИЕМ ТОННЕЛЬНОЙ АССОЦИАЦИИ РОССИИ!

История ассоциации начиналась в годы, когда Россия находилась на пороге новой эры и для ее дальнейшего развития требовалась реализация множества крупных и значимых проектов. Ваша деятельность во многом стала базой для создания существующей транспортной инфраструктуры страны.

Тоннельная ассоциация России объединяет более 80 профильных научных и строительных компаний, которые являются активными участниками программы развития метрополитена в Нижнем Новгороде, Санкт-Петербурге и, конечно, Москве.

В столице при участии организаций ассоциации только с 2011 года построено и реконструировано более 200 километров линий метрополитена. Невероятные по масштабам и ценности для москвичей транспортные проекты реализовывались благодаря вашему непосредственному участию.

На карте метро появились новые Солнцевская, Некрасовская и Троицкая линии и Большая кольцевая линия – крупнейший проект в истории отечественного метростроения: 70 километров линий и 31 станция.

Высокий профессионализм и накопленный колоссальный опыт будут востребованы и в будущем: Москва переживает бум строительства транспортной инфраструктуры и метро. В планах города в ближайшие годы открыть для пассажиров еще две новые линии – Рублево-Архангельскую и Бирюлевскую.

Поздравляю руководство и всех членов ассоциации с юбилеем! Хочу выразить вам слова признательности за труд и преданность делу. Желаю новых творческих успехов, здоровья и удачи во всех начинаниях!



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

## Уважаемые коллеги!

### ОТ СЕБЯ ЛИЧНО И ОТ АО «МОСИЖПРОЕКТ» СЕРДЕЧНО ПОЗДРАВЛЯЮ ВАС С 35-ЛЕТИЕМ ТОННЕЛЬНОЙ АССОЦИАЦИИ РОССИИ!

Подземные инженерные сооружения всегда играли ключевую роль в градостроительном развитии и строительстве. В условиях быстроразвивающегося мегаполиса сооружение тоннелей позволяет максимально эффективно использовать городскую поверхность и реализовывать самые сложные проекты с минимальным воздействием на существующую застройку.

Важность возведения тоннелей в Москве сегодня особенно возрастает, учитывая беспрецедентную программу строительства метрополитена, реализуемую в городе.

А ведь не менее важными для городского развития остаются и дорожные, коммунальные и инфраструктурные тоннели.

Тоннельная ассоциация России играет важнейшую роль в процессе проектирования и строительства подземных сооружений. Являясь оператором строительства метрополитена, АО «Мосинжпроект» регулярно привлекает экспертов ассоциации к научно-техническому сопровождению процессов строительства и проектирования сложных подземных объектов.

Надеюсь на дальнейшее плодотворное сотрудничество с ТАР и желаю организации развития, процветания и успешной работы на благо городов России.



**Генеральный директор АО «Мосметрострой»  
А. А. Иванов**

**Уважаемые коллеги!**

**ОТ ИМЕНИ МНОГОТЫСЯЧНОГО КОЛЛЕКТИВА МОСКОВСКОГО МЕТРОСТРОЯ ПРИМИТЕ ИСКРЕННИЕ ПОЗДРАВЛЕНИЯ С 35-ЛЕТНИМ ЮБИЛЕЕМ ТОННЕЛЬНОЙ АССОЦИАЦИИ РОССИИ!**

У наших профессиональных организаций одна цель – укрепление и стабильное развитие строительной отрасли, в частности, метро- и тоннелестроения. Неоценим вклад Тоннельной ассоциации России в формирование и поддержание долгосрочных партнерских взаимоотношений и перспективных инициатив в области освоения подземного пространства.

Многолетний опыт руководства и специалистов Тоннельной ассоциации, умение своевременно и эффективно помогать Московскому метрострою работать в сложных инженерно-геологических и градостроительных условиях являются примером для современного поколения строителей.

Выражаю благодарность коллективу Тоннельной ассоциации за профессиональную помощь. Желаю крепкого здоровья, благополучия, новых успехов и достижения намеченных целей на благо отрасли подземного строительства!



**Генеральный директор  
АО «Объединение «Ингеоком»  
С. В. Кидяев**

**Дорогие друзья!**

**ОТ ИМЕНИ КОЛЛЕКТИВА АО «ОБЪЕДИНЕНИЕ «ИНГЕОКОМ» СЕРДЕЧНО ПОЗДРАВЛЯЮ ТОННЕЛЬНУЮ АССОЦИАЦИЮ РОССИИ СО ЗНАМЕНАТЕЛЬНОЙ ДАТОЙ – 35-ЛЕТНИМ ЮБИЛЕЕМ!**

На протяжении трёх с половиной десятилетий Тоннельная ассоциация России выступает в качестве объединяющей силы для талантливых профессионалов, занимающихся исследованиями, проектированием, строительством и эксплуатацией тоннелей и метрополитенов. Для специалистов в области подземного строительства ТАР является важной площадкой для обмена мнениями и совместного поиска решений.

Сложно переоценить вклад, который вносит ассоциация в развитие российского тоннелестроения, разрабатывая и способствуя внедрению новых технологий, эффективных инженерных решений, современной тоннелепроходческой техники. Благодаря работе Тоннельной ассоциации происходит распространение передового отечественного и зарубежного опыта среди профессионального сообщества, что, несомненно, способствует повышению качества и безопасности выполняемых работ.

Ассоциация объединяет ведущие строительные компании и лучших экспертов отрасли, оказывает поддержку популяризации направления подземного строительства, а также играет важную роль в подготовке нового поколения специалистов.

АО «Объединение «Ингеоком» и Тоннельную ассоциацию России связывают деловые отношения и многолетняя дружба. Мы гордимся нашими совместными проектами и надеемся на укрепление сотрудничества в будущем.

Выражаю признательность всем работникам и участникам ТАР за их четкую, слаженную и добросовестную работу. От всей души желаю вам крепкого здоровья, успехов, новых достижений и дальнейшего профессионального развития на благо отрасли!



23 января 2025 г.

*Дорогие друзья метростроители!*

Позвольте от имени архитекторов Москвы и России поздравить вас с замечательным юбилеем - тридцатипятилетием создания Тоннельной ассоциации России – штабом этой уникальной отрасли.

Ассоциация родилась в трудный для России период, но благодаря подвижничеству и уникальному опыту советских специалистов старшего поколения в метро-тоннелестроении смогла сохранить бесценный багаж для будущих поколений и сейчас является ведущим профессиональным объединением в области подземного строительства.

В своем составе ассоциация объединяет лучших специалистов из многих десятков организаций в области подземного строительства, в том числе архитекторов, конструкторов, ученых, уникальный профессорско-преподавательский отряд и опытнейших производителей работ.

Отрадно отметить, что Тоннельная ассоциация внесла прямой вклад в развитие архитектурного шедевра всех времен и народов - Московский метрополитен. К счастью, этим объектом, ваш покорный слуга, много лет входивший в состав Правления ассоциации и занимающийся всю сознательную жизнь совместно с вами, уверен, что и впредь нам вместе предстоит сделать много великого и прекрасного. Объединив усилия, мы сможем вывести российскую отрасль подземного строительства на качественно новый уровень, решить актуальные вопросы освоения подземного пространства, поставить и решить проблемы транспорта, экологии, создать комфортную, осмысленную среду для нас самих и для будущих поколений.

Желаю Тоннельной ассоциации процветания, успешной реализации новых проектов в области подземного строительства и усиление ее роли в формировании градостроительной политики не только Москвы, но и всех городов России.

Еще раз поздравляю вас, дорогие друзья, с юбилеем и не сомневаюсь, что наше сотрудничество будет продолжаться и расширяться.

Президент, народный архитектор РФ

Н.И. Шумаков



AZERBAIJAN TUNNELLING ASSOCIATION- ITA member

33, « а » Huseyn Cavid str., AZ 1073, Baku, Azerbaijan  
Contact: +99412 510 57 68 tunelchi@aztunelasso.com

[www.aztunelasso.com](http://www.aztunelasso.com)

№00/84

«24» Января 2025

### К 35 - летию ТАР

Тоннельная ассоциация России как добровольное объединение специалистов в области проектирования и строительства тоннелей, метрополитенов и других подземных сооружений играет незаменимую роль в научно-техническом прогрессе отрасли. Ассоциация активно участвует в разработке перспективных направлений технического усовершенствования подземного строительства, содействуя развитию эффективных творческих связей между специалистами научных, проектных и строительных организаций, помогает входящим в ассоциацию организациям устанавливать научно-технические связи со специалистами зарубежных стран. В Азербайджане высоко ценят опыт с российскими специалистами метростроения и стремятся к поддержанию тесных научно-технических отношений, о чем свидетельствует вступление в 1996 г. Азербайджанского объединения тоннелестроителей в ТАР в качестве коллективного равноправного члена. Уважаемые коллеги! Разрешите поблагодарить вас за долголетнее сотрудничество, поздравить со знаменательным юбилеем, пожелать всем здоровья, успехов и личного счастья.

Председатель Тоннельной  
ассоциации Азербайджана \_\_\_\_\_ Ш.К.Эфэндиев

INTERNATIONAL TUNNELLING  
AND UNDERGROUND SPACE  
ASSOCIATION

ITA



AITES

ASSOCIATION  
INTERNATIONALE DES TUNNELS  
ET DE L'ESPACE SOUTERRAIN

Tuesday 25 February 2025

Dear colleagues of the Russian Tunneling Association "RTA"!

On behalf of the International Tunneling and Underground Space Association, I cordially congratulate you on your 35th anniversary! Over the years, the RTA has consolidated itself as a reliable partner and an active participant of the International Tunneling community. Since its foundation in 1990, it has contributed to the development and increasing significant success in the field of underground construction and use both within Russia and through its contributions to international knowledge and practice.

RTA's contribution to the development of Russia's transport infrastructure has been notable at an international level. Such large-scale projects as the Baikal-Amur Mainline, the Trans-Siberian Railway, and metro development programs in the country's largest cities, are well known for the highest professionalism and innovative approach. The implementation of the Great Circle Metro Line in Moscow has become one of the most significant achievements of the global metro industry.

As a national member of ITA since 1995, the RTA is actively engaged in international cooperation. In particular, I would like to specifically mention the important work of your members in the ITA Working Groups and Committees. Your work on the development and implementation of advanced solutions in tunnel construction practice, participation in shaping the technical policy of the industry, and the sustainability commitments serve as an example for many in our professional community.

I wish the RTA further success in implementation of its ambitious plans for the benefit of the underground space development. May the coming years bring new achievements and interesting projects! I thank you personally and professionally for your contribution to the betterment of the world and its peoples through the better use of underground space.

Sincerely

Arnold Dix / Арнольд Дикс

Вторник, 25 февраля 2025 г.

Уважаемые коллеги Тоннельной ассоциации России (ТАР)!

От имени Международной ассоциации тоннелестроения и подземного пространства (ИТА) сердечно поздравляю вас с 35-летием! За эти годы ТАР зарекомендовала себя как надежный партнер и активный участник международного тоннельного сообщества. С момента своего основания в 1990 году компания внесла свой вклад в развитие и приумножение значительных успехов в области подземного строительства как в России, так и своим вкладом в международные знания и практику.

Вклад ТАР в развитие транспортной инфраструктуры России заметен на международном уровне. Такие масштабные проекты, как Байкало-Амурская магистраль, Транссибирская магистраль, программы развития метрополитена в крупнейших городах страны, известны высочайшим профессионализмом и инновационным подходом. Внедрение Большой кольцевой линии метро в Москве стало одним из самых значимых достижений мировой метрополитена.

Являясь национальным членом ИТА с 1995 года, ТАР активно участвует в международном сотрудничестве. В частности, я хотел бы особо отметить важную работу ваших членов в рабочих группах и комитетах ИТА. Ваша работа по разработке и внедрению передовых решений в практику тоннелестроения, участие в формировании технической политики отрасли, а также обязательства в области устойчивого развития служат примером для многих представителей нашего профессионального сообщества.

Желаю ТАР дальнейших успехов в реализации амбициозных планов на благо развития подземного пространства. Пусть ближайшие годы принесут новые свершения и интересные проекты! Я благодарю вас лично и профессионально за ваш вклад в улучшение мира и его народов путем более эффективного использования подземного пространства.

Искренне



**Первый заместитель генерального директора по тоннельным проектам АО «Бамтоннельстрой-Мост»  
О. Б. Фердман**

**Дорогие коллеги!**

**ПОЗДРАВЛЯЮ ВАС С 35-ЛЕТИЕМ ТОННЕЛЬНОЙ АССОЦИАЦИИ РОССИИ!**

УС «Бамтоннельстрой» – прародитель Группы компаний Бамтоннельстрой-Мост и один из учредителей Тоннельной ассоциации России. Наши специалисты построили все тоннели на Байкало-Амурской магистрали, в том числе самый сложный по проходке в мире и самый протяженный в России (15343 м) – Северомуйский. Объединившись с мостовым подразделением бамовцев, Бамтоннельстрой-Мост возвел свыше 3000 инфраструктурных объектов по всей территории России. Сегодня, являясь лидером отрасли с 50-летней историей, мы реализуем проекты от Калининграда до Камчатки, а в прошлом году снова вернулись на БАМ – строить вторые Кузнецовский, Кодарский и Северомуйский тоннели, а также мост через Амур.

Получив колоссальный багаж опыта на «стройке века», наши специалисты не только продолжили внедрять полученные знания и технологии на собственных объектах строительства, но и инициировали создание и заложили фундамент ассоциации тоннельщиков, площадка которой вот уже 35 лет даёт возможность применять нашу экспертизу всей отрасли подземного строительства нашей страны!

Желаю всем членам Тоннельной ассоциации России новых масштабных проектов, реализация которых послужит примером высоких стандартов и профессионализма всей отрасли!

С наилучшими пожеланиями!

**Дорогие коллеги, друзья!**

Создание Тоннельной ассоциации России совпало с ликвидацией Союза Советских Социалистических Республик (СССР) и правительства СССР, в составе которого было Министерство транспортного строительства. В подчинении этого министерства были все научные, проектные и строительные организации, занимающиеся строительством тоннелей и метрополитенов. Такое дальновидное решение, у истоков которого стояли О.Н. Макаров и С. Н. Власов, было поддержано всеми метро- и тоннелестроителями России.

Пожалуй, первым и самым важным объектом Тоннельной ассоциации стали тоннели Байкало-Амурской железнодорожной магистрали. Генеральным проектировщиком этих тоннелей был Ленметрогипротранс, а генеральным подрядчиком по строительству – Бамтоннельстрой.

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

Профессиональный задел, полученный на объектах БАМа, впоследствии был с успехом использован при реконструкции тоннелей от Дальнего Востока до Северного Кавказа. Особенно активно совместная работа с проектировщиками и строителями шла при строительстве объектов транспортной инфраструктуры для обеспечения проведения зимних Олимпийских игр 2014 года.

Не менее важен вклад Тоннельной ассоциации России и при проектировании и строительстве метрополитенов России. Здесь кроме помощи в организации и взаимодействии между службами заказчика, проектировщика и подрядчика, ТАР непосредственно участвует в разработке разделов проектной документации, выполняет научно-техническое сопровождение при проектировании и строительстве, активно участвует в разработке непростых технических решений для ликвидации аварийных ситуаций.

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

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



**Генеральный директор АО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»  
В. А. Маслак**

## Уважаемый Константин Николаевич!

*От имени коллектива Российского университета транспорта и всего профессионального сообщества сердечно поздравляем Вас и Тоннельную ассоциацию России с 35-летием со дня основания!*

*За эти годы Ассоциация внесла неоценимый вклад в развитие тоннелестроения. Ваша деятельность способствует внедрению передовых технологий, повышению качества строительства и безопасности эксплуатации тоннелей. Ассоциация стала не только авторитетной профессиональной площадкой, объединяющей ведущих специалистов отрасли, но и важным звеном в развитии транспортной инфраструктуры нашей страны.*

*Мы гордимся многолетним плодотворным сотрудничеством и намерены и впредь укреплять наши партнерские отношения, развивать совместные исследования и проекты, а также продолжать подготовку высококвалифицированных кадров для отрасли. Мы уделяем особое внимание образованию в области тоннелестроения: наши студенты активно участвуют в конференциях, семинарах и других мероприятиях, организованных Ассоциацией, что позволяет им быть в курсе последних тенденций, перенимать опыт ведущих экспертов и применять полученные знания на практике.*

*Желаем Тоннельной ассоциации России новых достижений и процветания! Пусть ваши проекты вдохновляют специалистов, задают высокие стандарты отрасли и способствуют развитию транспортной инфраструктуры страны. А Вам лично — здоровья, благополучия и успехов в реализации самых амбициозных идей!*

*С уважением,  
Научный руководитель РУТ (МИИТ),  
член-корреспондент РАН*



*И.Н. Розенберг*



**Ректор НИУ МГСУ  
П. А. Акимов**

**Дорогие коллеги!**

**ОТ ИМЕНИ ПРОФЕССОРСКО-ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА МНОГОТЫСЯЧНОГО КОЛЛЕКТИВА НИУ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО СТРОИТЕЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА ПРИМИТЕ НАШИ САМЫЕ ИСКРЕННИЕ ПОЗДРАВЛЕНИЯ СО ЗНАМЕЧАТЕЛЬНОЙ ДАТОЙ – 35-ЛЕТНИМ ЮБИЛЕЕМ ТОННЕЛЬНОЙ АССОЦИАЦИИ РОССИИ!**

Тоннельная ассоциация вносит значительный вклад в развитие отечественного метро- и тоннелестроения. За последние десятилетия отрасль претерпела кардинальные изменения и осуществила полное техническое переоснащение. Внедрены эффективные технологии строительства подземных сооружений, прогрессивные и экономичные тоннельные конструкции, а также надежные спецметоды ведения работ, которые обеспечивают реализацию сложнейших инфраструктурных проектов в сжатые сроки с высокой степенью надежности. И это, во многом, заслуга ТАР.

Наши коллективы связывает многое. Специалисты ТАР, кандидаты и доктора технических наук уже многие годы успешно участвуют в учебном процессе подготовки молодых специалистов в области тоннельного строительства, а наши студенты и преподаватели принимают активное участие в семинарах, конференциях, круглых столах, которые регулярно организует ТАР по подземной тематике.

В этот юбилей мы еще раз выражаем искреннюю благодарность всему коллективу Тоннельной ассоциации за огромный бескорыстный профессиональный труд и от всей души желаем крепкого здоровья, благополучия, новых успехов и достижения всех намеченных целей на благо отрасли подземного строительства нашей страны!



**Профессор Чжао Вэнь**

**Уважаемые члены Тоннельной ассоциации России!**

**ИСКРЕННЕ ПОЗДРАВЛЯЮ ВАШУ ОРГАНИЗАЦИЮ СО ЗНАМЕЧАТЕЛЬНЫМ 35-ЛЕТИЕМ!**

Десятилетия активной работы ассоциации стали символом прорывов в области подземного строительства. Ваши инновации в проектировании метрополитенов, скоростных железнодорожных тоннелей и арктической инфраструктуры задают новые стандарты безопасности и энергоэффективности для всего мирового сообщества.

Северо-Восточный университет и Отделение тоннелей и подземных сооружений Китайского общества гражданского строительства поддерживают хорошие партнерские отношения с Российской тоннельной ассоциацией. Совместно было проведено множество совещаний, в частности три сессии подряд Форума молодых ученых Китая и России по тоннелям и подземным сооружениям, что значительно способствовало академическому обмену между молодыми учеными двух стран.

Учитывая предстоящее масштабное строительство подземных объектов в наших странах, мы надеемся на дальнейшее укрепление сотрудничества и обмена опытом между сторонами. Это будет содействовать прогрессу и развитию технологий подземного строительства. Убедены, что наше сотрудничество имеет широкие перспективы, а Тоннельная ассоциация России будет продолжать динамично развиваться.

Желаю Тоннельной ассоциации России динамичного развития, а всем сотрудникам — вдохновения в покорении инженерных вершин!

С глубоким уважением, от имени Отделения тоннельного и подземного строительства Китайского общества гражданского строительства и Школы ресурсов и гражданского строительства Северо-Восточного университета (КНР).





Генеральный директор ООО «Сиблитмаш»  
Л. А. Шашукова

## Уважаемые коллеги, участники, партнеры и коллектив Тоннельной ассоциации России!

### ПОЗДРАВЛЯЕМ ВАС С 35-ЛЕТНИМ ЮБИЛЕЕМ АССОЦИАЦИИ!

Ваша деятельность и труд объединяют профессионалов отрасли по всей России и стран Ближнего Зарубежья для одной главной цели – делать жизнь людей комфортной, современной и насыщенной. «Движение – это жизнь, а жизнь движение», – сказал древнегреческий философ Аристотель. И сегодня невозможно представить свою жизнь без современной транспортной инфраструктуры в динамично развивающихся мегаполисах и крупных городах России.

Ассоциация успешно консолидирует профессиональное сообщество. За это время вы сплотили вокруг себя высококлассных, компетентных специалистов широкого круга направлений производственной и научной деятельности, создали обширное информационное поле и организовали эффективный обмен актуальной информацией, опытом и мнениями в среде профессионалов своего дела.

Впечатляющие итоги вашей работы свидетельствуют о правильно расставленных приоритетах, умении четко понимать суть проблем строителей метро и тоннелей, и предпринимать эффективные шаги для их решения.

Уникальность Тоннельной ассоциации России заключается в объединении научного, образовательного, технического и промышленного потенциала, в сохранении традиций и опыта в области метро- и тоннелестроения.

Мы желаем вам развития, новых проектов, процветания и благополучия!

## Уважаемые коллеги и сотрудники Тоннельной ассоциации России!

### ОТ ВСЕГО КОЛЛЕКТИВА КАФЕДРЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ФГАОУ ВО НИТУ МИСИС И ОТ СЕБЯ ЛИЧНО С ОГРОМНЫМ УДОВОЛЬСТВИЕМ ПОЗДРАВЛЯЮ ТОННЕЛЬНУЮ АССОЦИАЦИЮ РОССИИ С ЭТОЙ ЗНАМЕНАТЕЛЬНОЙ ДАТОЙ – 35-ЛЕТНИМ ЮБИЛЕЕМ!

За эти три с половиной десятилетия ваша организация внесла огромный вклад в развитие тоннелестроения в России. Вы объединили производственных специалистов и научных сотрудников, а также помогли преодолевать сложные технические задачи в сфере подземного и наземного строительства.

Ваша работа – это пример эффективного сотрудничества, которое обеспечивает процветание отрасли и вклад в инфраструктурное развитие нашей великой страны.

Ежегодные конференции Тоннельной ассоциации стали для нас одним из важнейших событий. На этих мероприятиях представители проектных и строительных организаций, научных учреждений, занимающихся исследованиями в области подземного строительства, а также высших учебных заведений, которые готовят инженерные кадры для этой отрасли, могут обсудить актуальные проблемы, задачи и вызовы, стоящие перед отраслью.

Мы убеждены, что в предстоящие годы Тоннельная ассоциация России продолжит свою успешную работу, содействуя совершенствованию технологий, повышению безопасности и качества работ в области подземного строительства, и будет оставаться надежным партнером для всех представителей отрасли!

С наилучшими пожеланиями и признательностью!

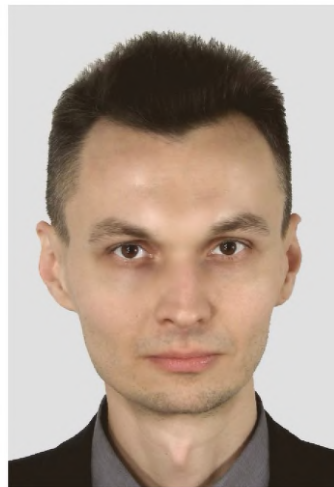


Заведующий кафедрой строительства  
подземных сооружений и горных предприятий  
ФГАОУ ВО НИТУ МИСИС  
А. Н. Панкратенко

# 35 ЛЕТ СОТРУДНИЧЕСТВА

**В. Д. Агеев**, зав. кафедрой мостов, тоннелей и строительных конструкций МАДИ

**В. В. Кравченко**, зав. секцией мостов и тоннелей МАДИ, доцент



**К**афедра мостов, тоннелей и строительных конструкций Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ) тесно сотрудничает с Тоннельной ассоциацией России с момента ее образования.

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

7 января 2025 г. на 84-м году ушел из жизни профессор кафедры мостов, тоннелей и строительных конструкций МАДИ, кандидат технических наук, член-корреспондент Российской Академии Естественных наук Л. В. Маковский.

Л. В. Маковский многие годы входил в состав правления ТАР и был членом Международной тоннельной ассоциации (рабочая группа № 11 «Подводные тоннели из опускных секций»), внес существенный вклад в развитие учебного процесса и совершенствование методики преподавания специальных дисциплин при подготовке специалистов, бакалавров, магистров. Продолжая школу профессора Л. В. Маковского, обучением будущих тоннельщиков на кафедре в настоящий момент занимаются доценты В. В. Кравченко, С. О. Зега, старший преподаватель Н. А. Сула, ассистент А. О. Боев. Ранее на кафедре работали доценты Е. В. Щекудов, С. В. Чеботарев и старший преподаватель А. В. Лушников.

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

- исследование сдвижений и деформаций дневной поверхности, грунтового массива, конструкций при проходке тоннелей закрытыми способами;
- совершенствование конструктивно-технологических решений тоннельных обделок и методики их расчета;
- численные исследования работы системы «тоннель – грунтовой массив» на различных этапах возведения подземного сооружения;
- анализ современных конструктивно-технологических решений и методов расчета опережающих контурных и забойных крепей при проходке тоннелей в сложных инженерно-геологических условиях;
- рекомендации по определению рациональных параметров компенсационного нагнетания в тоннелестроении;
- совершенствование систем ограждающих конструкций котлованов и методов их расчета при строительстве тоннелей открытыми и полукрытыми способами;
- аналитический обзор мирового опыта проектирования и строительства горных подводных и городских тоннелей в различных топографических, градостроительных, транспортных и инженерно-геоло-

гических условиях.

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

Преподаватели, сотрудники, аспиранты и студенты активно участвуют в проводимых ТАР семинарах, конференциях, специализированных выставках и других мероприятиях. Выпускники кафедры ежегодно участвуют в конкурсах выпускных квалификационных работ и занимают призовые места в различных номинациях.

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

Только за последние пять лет было опубликовано более 50 статей в научно-технических журналах (в том числе, в журнале «Метро и тоннели», «Транспортное строительство», «Подземные горизонты», «Наука и техника в дорожной отрасли» и др.), а также в сборниках научных трудов АО «ЦНИИС» и МАДИ.

Среди учебников и монографий следует отметить:

- «Автодорожные и городские тоннели России» (авторы Л. В. Маковский, В. В. Кравченко, Н. А. Сула). – М.: МАДИ, 2016 г.;
- «Подводные тоннели из опускных секций» (авторы Л. В. Маковский, В. В. Кравченко). – М.: КНОРУС, 2016 г.;
- «Строительство автодорожных и городских тоннелей в сложных условиях» (авторы Л. В. Маковский, В. В. Кравченко, Н. А. Сула). – М.: КНОРУС 2019 г.;
- «Проектирование автодорожных и городских тоннелей» (авторы Л. В. Маковский, В. В. Кравченко, Н. А. Сула). – М.: КНОРУС 2022 г.;
- «Строительство автодорожных и городских тоннелей» (авторы Л. В. Маковский, В. В. Кравченко, Н. А. Сула). – М.: КНОРУС 2024 г.

Преподаватели кафедры участвовали в разработке ряда нормативных документов (СНиП, СП, СТО НОСТРОЙ, ТУ и др.), а также привлекались к участию в экспертизах ряда проектов крупных тоннельных сооружений (Лефортовский, Гагаринский и Серебряноборский тоннели в Москве, Орловский тоннель под р. Невой в Санкт-Петербурге, транспортные переходы через р. Лена, Керченский и Татарский проливы, автодорожный тоннель в г. Уфе и др.).

Кафедра сотрудничает с рядом организаций тоннельного профиля (АО «Метротранс», ООО Институт «Мосинжпроект», НИЦ «Тоннели и метрополитены» АО ЦНИИТ, НИЦ «Тоннельной Ассоциации», АО «Объединение «Ингеоком» и др.), а также с ведущими специалистами-тоннельщиками, членами ТАР (В. Е. Меркин, И. Л. Маковский, С. В. Мазин, И. Я. Дорман, М. Г. Зерцалов, В. А. Гарбер, Д. С. Конохов, В. Е. Русанов, Е. Н. Курбацкий, А. Н. Сонин и др.) и выражает искреннюю благодарность и надежду на дальнейшее плодотворное сотрудничество.



# ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ВЕДЕНИЯ ПОЕЗДОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЯГОВЫХ СЕТЕЙ МЕТРОПОЛИТЕНА

## TRAIN MODES OPTIMIZATION OF IN THE DESIGN FOR METRO TRACTION NETWORKS

А. А. Лянда, к. т. н., ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»

Т. А. Мичурина, ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»

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

A. A. Landa, PhD, Ltd «Lenmetrogioprotrans»

T. A. Michurina, Ltd «Lenmetrogioprotrans»

I. A. Sivakov, PhD, Ltd «Lenmetrogioprotrans»

В статье рассматривается метод оптимизации управления движением поездов метрополитена. Предложенный метод позволяет рассчитывать параметры режимов движения поездов, при которых достигается минимум затрат энергии на тягу при сохранении или снижении средней скорости. Решение задачи предполагает использование принципа максимума Понтрягина и динамического программирования. Оптимальные траектории могут быть реализованы в реальных условиях эксплуатации. Программное обеспечение встроено в систему автоматизированного проектирования сетей электроснабжения.

*The article discusses a method for optimizing the control of metro train traffic. The proposed method allows calculating the parameters of train traffic modes that achieve a minimum of energy demand for traction while maintaining or reducing the average speed. The solution to the problem involves using Pontryagin's maximum principle and dynamic programming. Optimal trajectories may be useful in real operating conditions. The software is included into the CAD system for power supply networks.*

Особенностью метрополитена является движение поездов с короткими, до 90 секунд, интервалами между ними, частыми остановками через один-три километра. При этом необходимо реализовать движение с интенсивными разгонами и торможениями, чтобы обеспечить достаточную скорость сообщения.

Для метрополитена неизбежен высокий расход энергии на тягу поездов, а оптимизация режимов ведения является актуальной задачей. Что следует понимать под задачей оптимального управления поездом метро-

политена? Это может быть поиск режимов ведения поездов, при котором достигается снижение расхода энергии на тягу с одновременным повышением скорости сообщения или сохранением заданного времени оборота составов. Решение может быть получено за счет выбора режимов ведения с максимальным использованием возможностей продольного профиля, а также за счет оптимального распределения перегонного времени таким образом, чтобы обеспечить минимальный расход энергии при сохранении заданного времени оборота по линии.

Формально, оптимальным является режим ведения поезда, обеспечивающий заданное соотношение времени хода поезда и расхода электроэнергии на тягу. Это соотношение задается с помощью весового коэффициента  $\lambda$ . Оптимальная траектория соответствует минимуму обобщенного критерия оптимальности:

$$J = T_x + 3600 \lambda A/m,$$

где  $T_x$  – время хода поезда по перегону, с;

$A$  – расход энергии на тягу поезда по перегону, кВт·ч;

$m$  – масса поезда, т;

$\lambda$  – коэффициент Лагранжа (весовой коэффициент, задающий соотношение между временем хода и расходом энергии на тягу).

Размерность коэффициента Лагранжа – т/кВт, т. е. обратная удельной мощности состава.

Методы поиска оптимальных режимов, как аналитические, так и численные, хорошо известны и используются на железных дорогах в магистральном и пригородном движении. Алгоритмы оптимизации режимов ведения для метрополитена также известны, хотя в связи с упомянутыми особенностями, их реальное применение может оказаться затруднительным. Наиболее распространенными являются методы, основанные на анализе необходимых условий оптимальности, полученными с помощью уравнений принципа

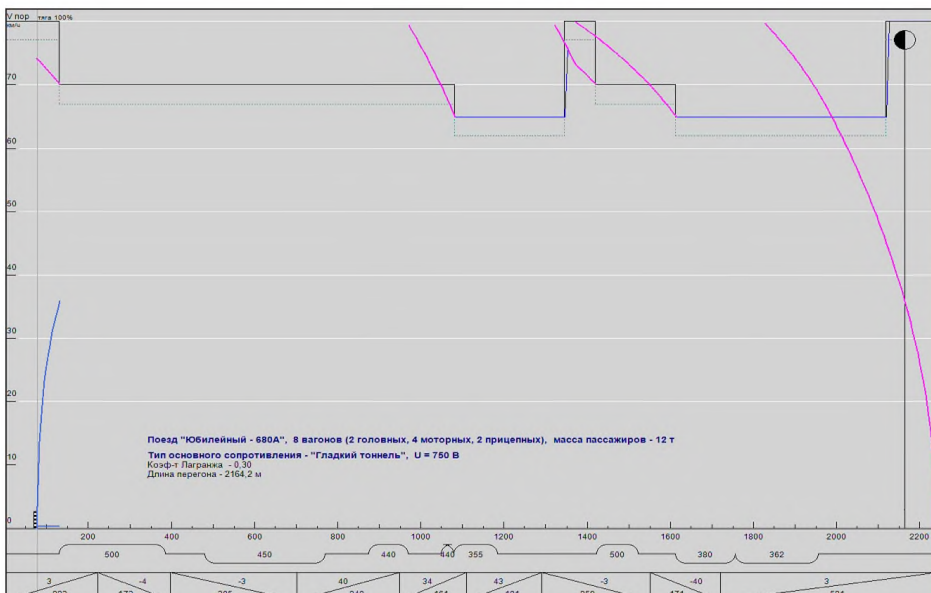


Рис. 1. Разбивка перегона на участки и предварительное построение тормозных кривых

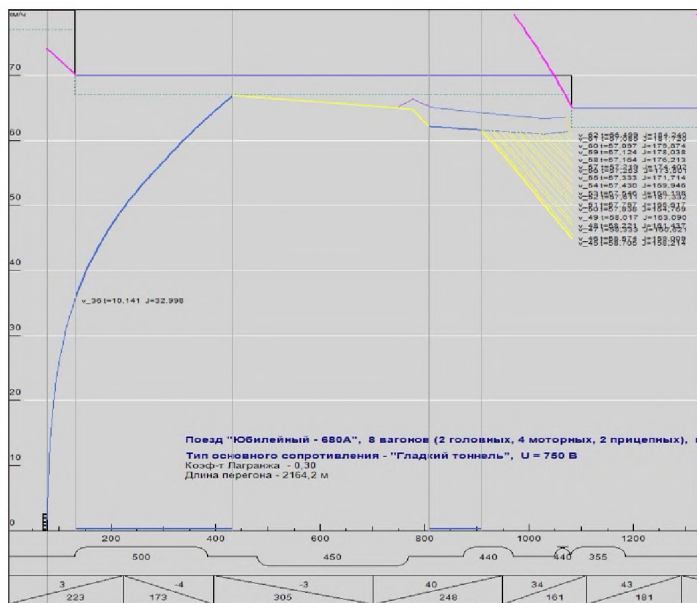


Рис. 2. Построение семейства оптимальных траекторий

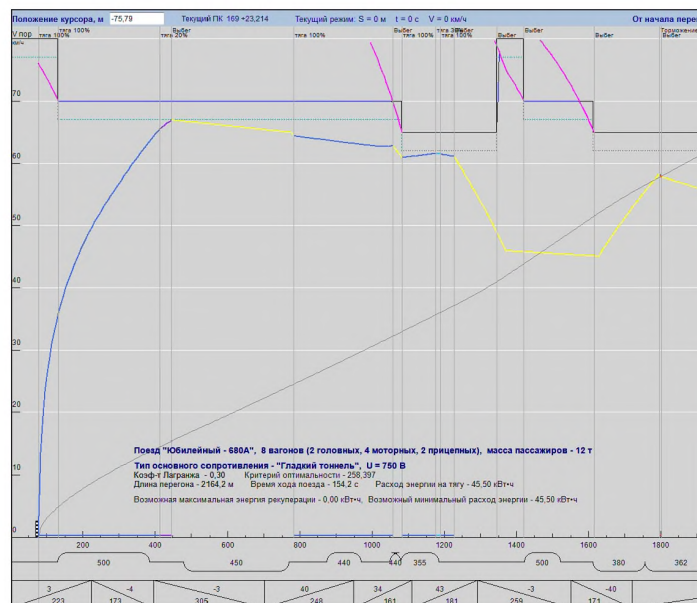


Рис. 3. Оптимальная траектория движения поезда. Множитель Лагранжа  $\lambda = 0,3$

максимума Понтрягина и методы перебора решений, например, с помощью динамического программирования. Достоинства и недостатки этих методов известны. Использование уравнений принципа максимума наиболее полно и в доступной форме изложено в [1].

В Ленметрогипротрансе поставлена задача расчета оптимальных режимов ведения поездов для использования в системах автоматизированного проектирования систем тягового энергоснабжения и проектирования пропускной способности. Метод расчета должен быть понятным и доступным для пользователей, а также режимы ведения должны быть легко реализуемы при эксплуатации. В институте разработана методика оптимизации и программное обеспечение, включенное в общую систему автоматизации проектирования устройств тяги поездов [4].

Для решения поставленной задачи использована комбинация метода динамического программирования с выбором частичных оптимальных траекторий, основанных на необходимых условиях оптимальности принципа максимума.

Расчетный перегон разбивается на  $n$  участков, отличающихся максимально допустимой скоростью. Если на расчетном перегоне нет локальных ограничений скорости, перегон состоит из единственного участка. Разбивка перегона на участки с разными ограничениями скорости приведена на рис. 1.

Оптимальные траектории движения для перегона с локальными ограничениями скорости могут иметь участки интенсивного торможения. Для исключения таких участков заранее просчитываются дополнительные ограничения скорости, соответствующие заданному замедлению (красные линии на рис. 1).

На каждом участке  $n$  создается множество частичных оптимальных траекторий, отличающихся граничными условиями – значениями скорости в начале и конце участка. Каждая частичная траектория в пределах участка должна отвечать необходимым условиям оптимальности. Этим условиям соответствуют определенные типы траектории – разгон максимальной интенсивности, движение с постоянной скоростью, выбег и торможение. Если зависимости сил тяги и торможения монотонны и дифференцируемы, решение  $\pi$ -системы позволит определить координаты и скорости включения того или иного режима ведения поезда. В зависимости от граничных условий – начальной и конечной скорости, ограничений максимальной и минимальной скорости движения, локальных ограничений, любой элемент оптимальной траектории может отсутствовать. Например, по-

езд может не достигать максимальной скорости на коротком перегоне, при движении без остановки в конце участка может отсутствовать торможение. Отдельно следует отметить участок движения с постоянной максимальной скоростью. Максимальная оптимальная скорость может быть меньше допустимой. Это объясняется тем, что сопротивление движению резко возрастает с ростом скорости.

Из частного решения  $\pi$ -системы можно получить ее значение, зависящее от коэффициента Лагранжа  $S$  и аналитической зависимости сопротивления движению от скорости [3]. Расчеты показывают, что при реальных скоростях движения поездов метрополитена и расходах энергии на движение максимальная оптимальная скорость значительно превышает допустимую скорость движения 80 км/ч и может не приниматься во внимание. Управление поездом при движении с постоянной, максимально допустимой скоростью называют скольльзящим или сингулярным, а режим движения – режимом стабилизации. В режиме стабилизации необходимо выбирать режим ведения поезда (режимы тяги или торможения неполной мощности), позволяющий поезду двигаться со скоростью, максимально близкой к скорости режима стабилизации. Множество траекторий, отвечающих необходимым условиям оптимальности, рассчитывается простым перебором точек переключения режимов ведения.

Для выбора оптимального управления поездом создается матрица оптимальных решений, где каждый столбец соответствует координате конца участка, а каждая строка соответствует округленной (до 1 км/ч) скорости одной из оптимальных траекторий в конце участка. В ячейке матрицы записываются: точная скорость в конце участка, время хода от начала перегона, режимы ведения поезда от начала перегона, значение критерия оптимальности  $J$ . В ячейке матрицы сохраняется один из множества возможных режимов, который имеет минимальное значение критерия оптимальности. Каждая траектория, сохраненная в матрице, является оптимальной для конкретных граничных условий. На последнем участке конечная скорость всегда равна нулю и остается единственно оптимальная траектория и соответствующий режим ведения поезда. Таким образом выбор оптимальной траектории выполняется методом динамического программирования. В отличие от стандартного алгоритма динамического программирования [2] размерность матрицы невелика, для перегонов без локальных ограничений скорости вырождается до единственного столбца, а траектории на каждом шаге соответствуют необходимым условиям оптимальности, полученным из уравнений принципа максимума.

Предлагаемый алгоритм оптимизации разработан для нужд проектного института, к нему предъявляются особые требования – программное обеспечение должно быть максимально простым и удобным для пользователя, давать наглядные, легко объяснимые результаты. Метод должен работать для любых типов подвижного состава, который эксплуатируется в метрополитенах.

Отдельно следует рассмотреть выбор реальных режимов ведения на участке стабилизации. Это достаточно сложная задача, если в системе управления поезда отсутствует возможность автоматического поддержания заданной скорости. Для участков, имеющих сложный профиль, может оказаться недостаточной сила тяги для поддержания требуемой скорости. Методика ЛМГТ реализует следующее решение.

Назначается диапазон, из которого не должна выходить скорость поезда в режиме стабилизации. При достижении любой из границ диапазона выбирается режим ведения, который обеспечивает максимальное расстояние, которое поезд проходит с использованием выбранного режима до следующего выхода на границу диапазона и выбора иного режима ведения. Единственное исключение, при котором допускается выход за нижнюю границу диапазона скоростей – сложный профиль, при котором даже в режиме максимальной силы тяги скорость снижается. Этот же алгоритм используется для выбора режима подтормаживания, перед ограничением. Дополнительно вводится штраф, увеличивающий значение критерия оптимальности при каждом изменении режима ведения. Штраф позволяет исключить кратковременные переключения режимов на границах расчетных участков и при резких изменениях уклонов продольно профиля.

На рис. 2 показано построение оптимальной траектории на перегоне, состоящем из трех участков, отличающихся максимально допустимой скоростью.

На участке 1 при заданных ограничениях возможна только одна траектория – максимальный разгон.

На участке 2 – продолжается разгон до максимальной скорости, далее режим стабилизации, включение максимальной тяги и снижение скорости ниже нижней границы допустимого диапазона на крутом подъеме. Скорость продолжает падать, но логически продолжается режим стабилизации. Для построения семейства частичных оптимальных траекторий перебираются допустимые точки перехода от режима стабилизации к режиму выбега.

Для последнего участка 3 окончанием расчета является момент пересечения траектории с построенной заранее траекторией служебного торможения.

На рис. 3 показана расчетная оптимальная траектория движения на одном из реальных перегонов метрополитена Санкт-Петербурга. План и профиль перегона достаточно сложные, так что существуют семь участков с различными ограничениями скорости. Коэффициент Лагранжа принят равным 0,3. Многочисленные опытные расчеты показали, что такое значение позволяет получить режимы ведения, достаточно близкие к реальным режимам ведения на Петербургском метрополитене.

Программное обеспечение оптимизации режимов ведения поездов разработано и интегрировано в систему автоматизированного проектирования БМТ, предназначенную для проектирования тяговых сетей и систем АТДП [4].

Непосредственное использование оптимизированных режимов в некоторых, достаточно редких, случаях может быть затруднительно. Например, на стыке различных ограничений скорости, а также в режиме стабилизации при отсутствии режима поддержания скорости могут возникать кратковременные включения тяги или торможения, которые невозможно исключить введением штрафа за переключения. Кроме того, при расчете оптимальных траекторий не учитываются плавные изменения ускорения поезда.

Чтобы исключить возможные затруднения, комплекс БМТ имеет модуль адаптации оптимальных режимов, который исключает кратковременные включения или отключения тяги и торможения. При адаптации корректируются координаты переключения режимов, чтобы сохранить траекторию при плавном изменении ускорения поезда. Полученная траектория сохраняется для использования в дальнейшем проектировании.

## Выводы

Разработанный метод и программное обеспечение позволяют найти и использовать рациональные режимы ведения поездов, которые могут выровнять нагрузку тяговых подстанций на линии и создать обоснованный запас мощности системы.

Автоматизированный поиск оптимальных режимов ведения поездов существенно снижает трудозатраты времени на проектирование тяговых сетей.

Метод оптимизации режимов ведения может быть полезен службам метрополитенов при составлении графиков движения поездов, обеспечивающих снижение расхода энергии на тягу при сохранении заданного времени оборота составов на линии.

## Ключевые слова

Движение поездов, расход энергии на тягу, система автоматизированного проектирования.

Train movement, traction energy consumption, computer-aided design system.

## Список литературы

1. Оптимизация управления движением поездов. Учебное пособие под редакцией д. т. н. профессора Л. А. Баранова. Москва, МИИТ, 2011, 164 с.
2. Ерофеев Е. В. Определение оптимального по расходу энергии перегонного времени хода поездов метрополитена. Вестник ВНИИЖТа, 1979, № 2, с. 56–57.
3. Плакс А. В. Лянда А. А. Оптимизация режимов движения поездов метрополитена. Вестник ВНИИЖТа, 1981, № 6, с. 23–27.
4. С. Ю. Козлов, А. А. Лянда, Д. А. Пентегов, И. А. Сиваков. Автоматизация тяговых расчетов при проектировании систем тягового энергоснабжения и систем АТДП. «Метро и тоннели» № 1, 2022, с. 35–38.

## Для связи с авторами

Лянда Александр Авраамович

[alanda@limgt.ru](mailto:alanda@limgt.ru)

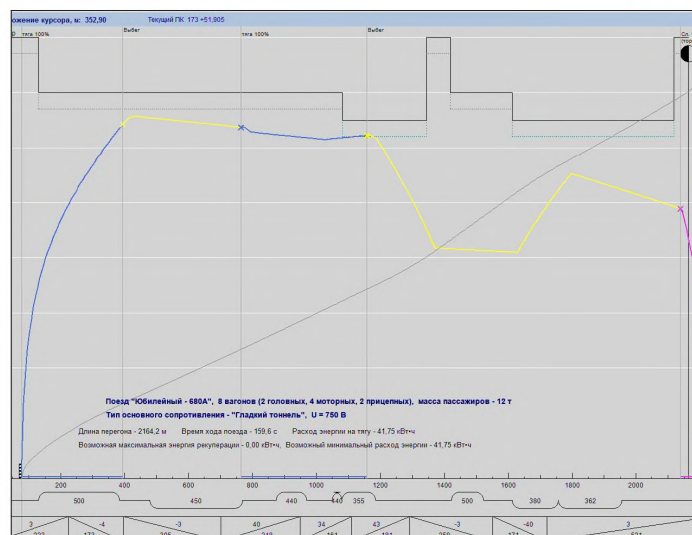


Рис. 4. Адаптированная оптимальная траектория движения поезда

# СТРОИТЕЛЬСТВО ВЕРХНЕГО ВЕНТИЛЯЦИОННОГО УЗЛА СТАНЦИИ «САВЕЛОВСКАЯ» БОЛЬШОЙ КОЛЬЦЕВОЙ ЛИНИИ МЕТРОПОЛИТЕНА В МОСКВЕ

И. Я. Дорман, д. т. н., проф., Тоннельная ассоциация России

С. В. Мазеин, д. т. н., Тоннельная ассоциация России

АО «Мосинжпроект», как генеральный проектировщик и генеральный подрядчик строительства Третьего пересадочного контура Московского метрополитена (ТПК) (ныне Большой кольцевой линии метрополитена в Москве (БКЛ)) поручил Тоннельной ассоциации России в соответствии с п. 8 ст. 48.1 Градостроительного кодекса РФ, а также п. 7 и 8 ст. 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и на основании п. 10.5. ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований» осуществить научно-техническое сопровождение проектирования и строительства (НТСС) верхнего вентиляционного узла (ВВУ) подземного вентиляционного комплекса, расположенного в районе шахтного ствола № 1237 у ст. «Савеловская» БКЛ, с устройством отходящего от ствола подземного вентиляционного канала и наземного воздухозаборного вентиляционного киоска. В статье изложен анализ результатов работы по НТСС при проектировании и строительстве.



Рис. 1. Временный вентиляционный воздухозаборный киоск над стволом № 1237

## Причина строительства верхнего вентиляционного комплекса.

В 2018 г. при пуске в эксплуатацию участка БКЛ Московского метрополитена от ст. «Деловой центр» до ст. «Нижняя Масловка» на строительной площадке СМУ-8 Московского метростроя по адресу: Москва, улица Сущевский Вал, вл. 5, расположенной в жилом районе вдоль Савеловского проезда, был сооружен временный вентиляционный киоск подземного вентиляционного узла вентшахты № 1236 непосредственно над стволом № 1237 (рис. 1), через который осуществлялся забор воздуха для вентиляции тоннелей в районе станции «Савеловская» БКЛ.

В соответствии с нормативными требованиями СП 120.13330 «Метрополитены»,

наземный венткиоск должен располагаться в плане вне створа вентиляционной шахты, в связи с чем в 2023 г. было начато строительство верхнего вентиляционного узла.

Работу осуществлял коллектив СМУ-8 Московского метростроя (директор Н. А. Сорокин, начальник участка № 4 А. В. Лоца, горные мастера А. В. Киселев, С. Н. Чупалов, А. Н. Ульянов, маркшейдер П. Ю. Гришин и др.).

Конструкция верхнего вентиляционного узла включает примыкающий к стволу № 1237, действующему как вентиляционная шахта, и отходящий от него прямоугольный железобетонный подземный вентиляционный канал размерами 5,8×3,9 м, сооружаемый в котловане глубиной 11 м, в конце которого возводится наземный воздухозаборный ки-

оск. На рис. 2 показана конструктивная схема сооружаемого вентканала и воздухозаборного наземного киоска относительно ствола № 1237. Заглубление вентканала от поверхности составляет 6,5 м.

В непосредственной близости от строительной площадки находится объект культурного наследия Федерального значения Южный дом притча ансамбля Миусского кладбища – двухэтажное кирпичное здание (рис. 3).

*Вывод:* объект по Градостроительному кодексу РФ характеризуется как особо опасный, технически сложный, и в соответствии с Федеральным законом 384-ФЗ имеет повышенный уровень ответственности и требует научно-технического сопровождения.

## Анализируемые проектные материалы при проведении научно-технического сопровождения строительства.

В рамках НТСС была изучена и проанализирована следующая документация, представленная АО «Мосинжпроект», исполнителями отдельных разделов которых, начиная с 2017 г., являлись АО «Метрогипротранс», ООО «Институт Мосинжпроект» и АО «Мосинжпроект» (руководители и исполнители проектирования П. И. Касаткин, С. Н. Кемеж, Ю. Л. Поротников, Е. П. Сорокина, П. А. Стрижков, А. А. Сивак, Ю. А. Костюков и др.).

1. Геоподоснова площадки строительства с нанесением контуров проектируемого сооружения, действующих инженерных коммуникаций, окружающей застройки.
2. Актуализированные результаты инженерно-геологических изысканий.
3. Разделы проектной и рабочей документации объекта строительства:

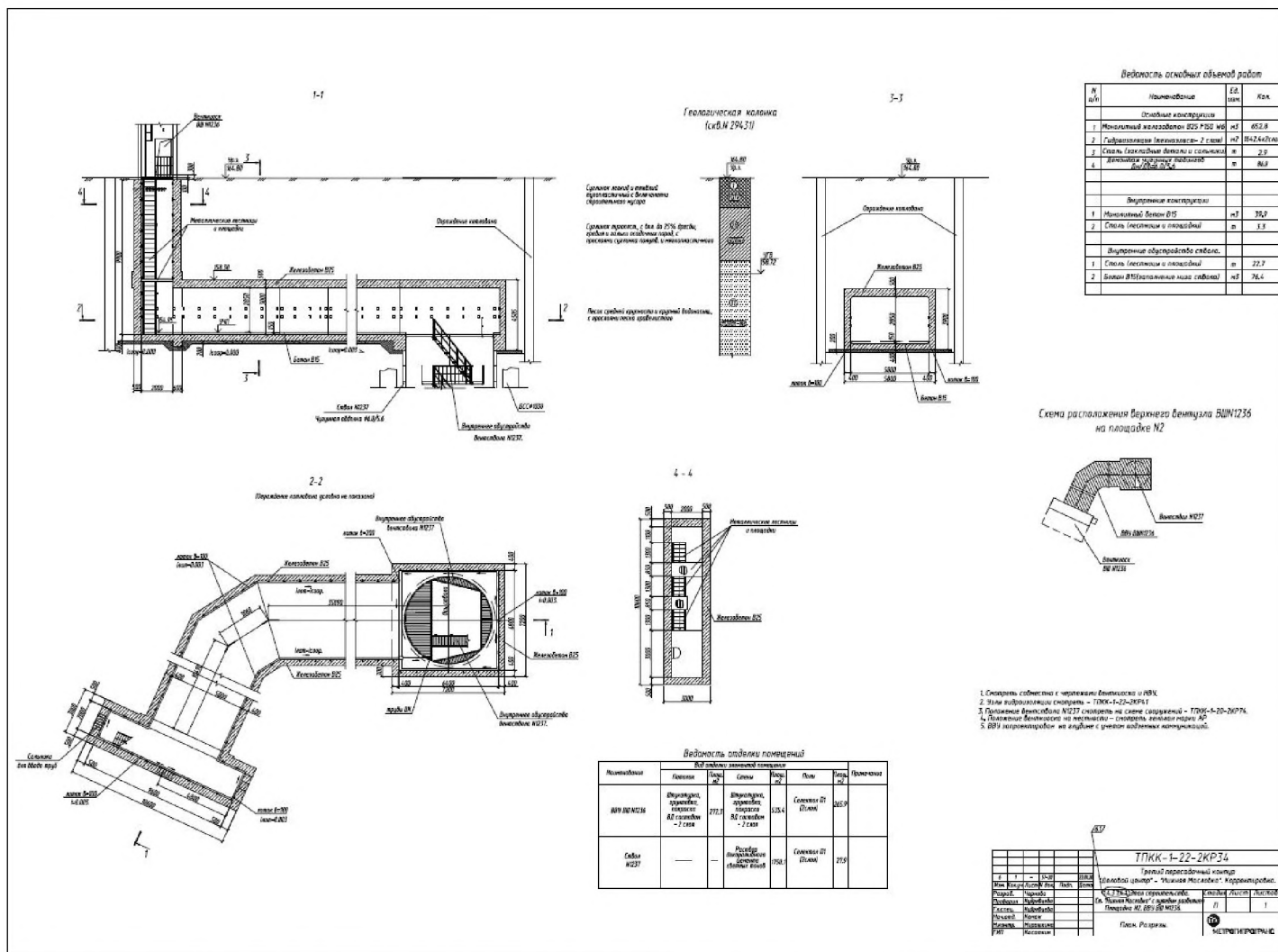


Рис. 2. Ситуационный план размещения вентканала и вентблока ВВУ относительно ствола № 1237

- схема планировочной организации земельного участка, ситуационный план прилегающей территории;
  - конструктивные решения с расчетными обоснованиями принятых нагрузок, в соответствии с заданием на проектирование, нормативно-техническими документами;
  - технологические решения;
  - архитектурные решения;
  - проект организации строительства.
4. Проект производства работ, разработанный СМУ-8 Московского метрополитана.
  5. Оценка влияния строительства на окружающую застройку.
  6. Программа мониторинга.

**Вывод:** анализируемая проектная документация разработана в соответствии с действующими строительными, технологическими и санитарными нормами и правилами, предусматривает в достаточном объеме мероприятия, обеспечивающие конструктивную надежность, взрывопожарную безопасность объекта, устойчивость объекта в чрезвычайных ситуациях и защиту окружающей природной среды при его строительстве и эксплуатации.

### Инженерно-геологическая характеристика объекта строительства

Строительство верхнего вентиляционного узла осуществляется в котловане глубиной до 11 м.

Исходной инженерно-геологической информацией для проектирования вентузла служила проектная документация АО «Мосинжпроект» по титулу «Деловой центр» – «Нижняя Масловка», откорректированная по замечаниям Мосгосэкспертизы для данного объекта.

Геологическое строение участка сооружения сверху вниз представлено следующими грунтами:

- насыпными грунтами (tQIV), представленными песками разноразмерными, маловлажными и суглинками тугопластичными с включениями строительного мусора. Мощность отложений от 1,9 до 2,6 м;
- среднечетвертичными отложениями московской стадии оледенения (gQIIms), представленными суглинками песчанистыми, легкими, тугопластичной, прослоями полутвердой и мягкопластичной консистенции, с дресвой, гравием и щебнем осадочных

пород до 25 %. Мощность отложений от 2,2 до 3,4 м;

- среднечетвертичными флювиогляциальными отложениями днепровско-московского межледниковья (IIIdn-ms), представленными песками средней крупности и крупными с прослоями песка гравелистого, маловлажными и водонасыщенными. Мощность отложений до 7,2 м;
- среднечетвертичными отложениями днепровской стадии оледенения (gQIIIdn), представленными суглинками песчанистыми, легкими, тугопластичной, прослоями полутвердой и мягкопластичной консистенции, с дресвой, гравием и щебнем осадочных пород до 25 %. Мощность отложений 0,7 м;
- песками пылеватыми, с прослоями песка мелкого, водонасыщенными. Мощность отложений от 11 до 11,9 м;
- меловыми отложениями (K1), представленными песками пылеватыми, с прослоями песка мелкого, водонасыщенными, слюдистыми. Мощность меловых отложений 6,8 м;
- юрскими отложениями титонского яруса (J3tt), представленными преимущественно глинами тяжелыми, твердой, прослоями по-



Рис. 3. Вид на Южный дом прича со стороны строительной площадки в начальный период разработки котлована для канала ВВУ

лутвердой консистенции и, в меньшей степени, песками пылеватыми водонасыщенными, слюдястыми, с включениями фосфоритов. Мощность отложений от 2,3 до 7,9 м.

Ниже по разрезу залегают юрские отложения, представленные глинами, и каменноугольные отложения, представленные известняками, глинами и мергелями.

В основании сооружения залегают среднечетвертичные флювиогляциальные пески окско-днепровского межледниковья средней крупности и крупные, с расчетным сопротивлением 400 кПа.

Гидрогеологические условия строительства характеризуются наличием надюрского водоносного горизонта, приуроченного к песчано-супесчаным флювиогляциальным и песчаным меловым отложениям. Горизонт безнапорный, уровень горизонта устанавливается на абсолютной отметке 158,72 м, на глубине 6 м от поверхности земли. Ниж-

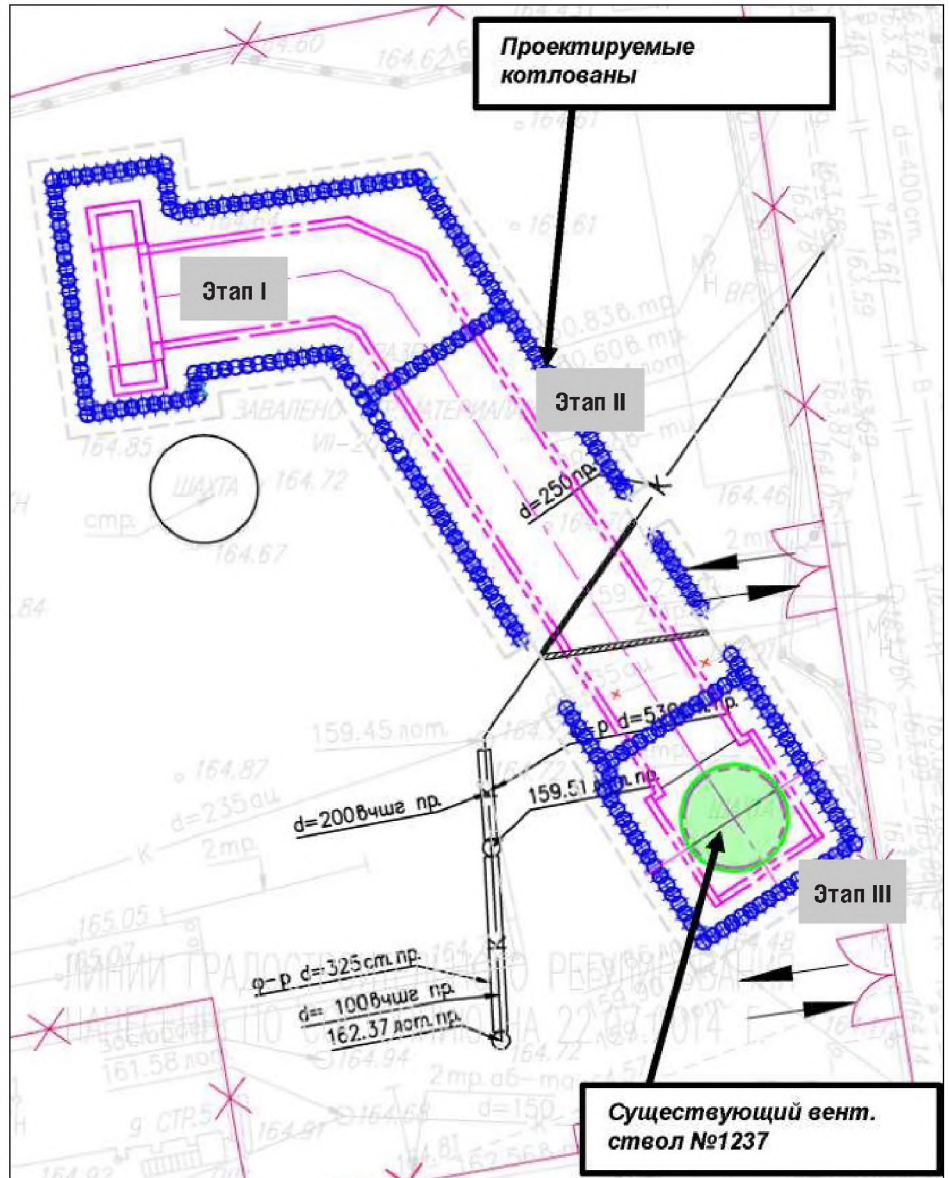


Рис. 4. Этапы разработки котлована и бетонирования конструкций канала ВВУ

ним водупором являются глины титонского яруса юрской системы.

**Вывод:** актуализированная инженерно-геологическая информация получена на основании уточнения характеристик физико-механических свойств грунтов, попадающих в зону строительства ВВУ, путем бурения дополнительных разведочных скважин, отбора и лабораторных исследований грунтов и камеральной обработки результатов измерений, что следует считать достаточным для последующего проектирования.

### Общая организация строительства

Исходя из стесненных условий размещения на строительной площадке техники, наличия в ее средней части пункта мойки колес, разработка котлована для сооружения вентканала ВВУ предусмотрена в три этапа (рис. 4).

Каждый этап строительства котлована от-

делен от соседнего поперечными отсечными стенами из буросекующихся свай (БСС) диаметром 820 мм.

Исходя из уровня грунтовых вод, расположенного выше отметки дна котлована, при разработке грунта в котлованах предусмотрено строительное водопонижение.

Сооружение котлована для ВВУ состоит из следующих последовательных операций.

1. Разработка грунта в котловане I этапа с устройством ограждающих стен из БСС и распорных конструкций – металлических поясов и расстрелов, устройство бетонной подготовки.
2. Устройство ограждающих конструкций котлована средней части вентканала на II этапе из БСС с устройством подвесов для не перекаладываемых коммуникаций, разработка грунта в котловане, устройство бетонной подготовки.
3. Устройство ограждающих конструкций





Рис. 5. Крепление котлована для сооружения вентканала



Рис. 6. Мосты с подвешенными коммуникациями: а – на начальном этапе разработки котлована на II этапе (лето 2023 г.); б – вид на пересечение стены котлована с деревянной забиркой на участке стены без крепления БСС (декабрь 2023 г.)

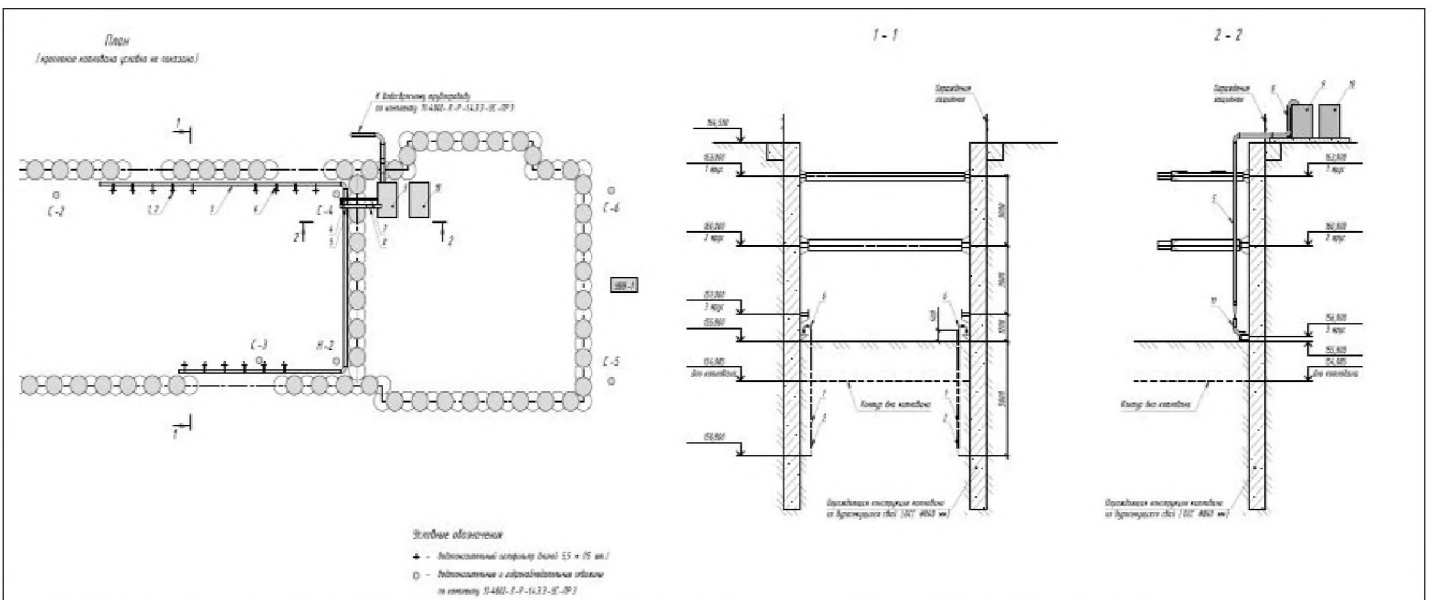


Рис. 7. Схема вакуумного иглофильтрового водопонижения в зонах пересечения котлована коммуникациями



Рис. 8. Фрагменты котлована с коллектором (синим цветом) и подсоединенными к нему трубами скважинного и иглофильтового водопонижения

БСС котлована на III этапе с разломкой БСС, под защитой которых ранее сооружался ствол № 1237, разборка металлоконструкции временного вентиляционного киоска над стволом, демонтаж верхних 12 колец чугунной обделки ствола до отметки дна вентканала, разработка грунта котлована, устройство бетонной подготовки.

4. Устройство монолитных железобетонных конструкций (лоток, стены, перекрытие) в каждом котловане.

5. Устройство оклеечной гидроизоляции железобетонных конструкций в каждом котловане, забутовка пазух песком и частично на высоту 0,6 м бетоном.

6. Демонтаж крепления котлованов, обратная засыпка котлованов.

7. Устройство монолитных железобетонных конструкций, металлоконструкций и архитектурное оформление наземного вентиляционного киоска.

8. Благоустройство территории.

*Вывод:* предусмотренная проектом последовательность работ с разбивкой на три основных этапа оправдана, исходя из стесненных условий строительства на строительной площадке и инженерно-геологических условий.

#### Анализ системы крепления котлована

Сооружение конструкции вентканала ВВУ ведется открытым способом в котловане с ограждающей стеной из буросекующихся свай диаметром 840 мм и длиной 16 м, заглубляемых в водоупор, и тремя ярусами распорного крепления (рис. 5). Продольные пояса первого яруса устраиваются из двух двутавров № 30Б1, второй и третий ярусы – из двух двутавров № 45Б1. Распорная крепь первого яруса – из труб диаметром 325×8 мм, второго и третьего – из труб диаметром 426×8 мм.

До начала работ по устройству БСС, по оси будущей стены сооружается форшахта (пионерная траншея) с планировочной отметки 164,8 из монолитного железобетона, служащая направляющей для бурового инструмента и обеспечивающая устойчивость стенок скважины в верхней её части. Скважины для свай выполняются буровой установкой «Касагранде В300» с применением инвентарной обсадной трубы.

Бетонирование свай производится методом ВПТ (вертикально перемещающейся трубы) с одновременным извлечением обсадной трубы. Доставка бетона для устройства свай осуществлялась автобетоносмесителями, а подача бетонной смеси – автобетононасосами.

Последовательность устройства БСС осуществлялась так, чтобы промежуток времени между изготовлением двух соседних свай был не менее 1,5 суток. При разработке грунта

на глубине 7 м вскрывались водонасыщенные пески, в связи с чем дальнейшая разработка грунта велась с водопонижением грунтовых вод.

На II этапе в местах пересечения котлована коммуникациями в разрывах между БСС устраивалась деревянная забирка (рис. 5 и 6).

После сооружения железобетонных конструкций вентканала на I и II этапах производилась обратная засыпка пазух частично бетоном и частично песком, а выше перекрытия – грунтом. Параллельно по времени сооружалась в конце котлована I этапа конструкция венткиоска. По окончании строительства III этапа осуществлено благоустройство территории.

Приобретаемые и применяемые материалы, изделия и конструкции при строительстве соответствовали требованиям, предусмотренным проектом. Также систематически осуществлялся контроль качества строительно-монтажных работ, фиксируемый в соответствующем журнале.

Учитывая, что значительный объем работ выполнялся в зимний период, в проекте были подробно изложены указания по производству работ при среднесуточной температуре воздуха ниже +5 °С и минимальной суточной температуре 0 °С, а также при оттепелях, равно как и мероприятия, изложенные в разделах проекта по охране труда и технике безопасности.

Мероприятия по охране окружающей среды исключали:

- загрязнение подземных вод;
- ударную и вибрационную нагрузку на окружающий массив и, соответственно, на близлежащие коммуникации и здания за счет использования для ограждения котлована буровых свай и канатной резки БСС;
- превышение шумовой нагрузки на окружающую жилую застройку, для чего передвижные компрессоры, электростанции и вентиляторы комплектовались глушителями шума, а также, при необходимости, устраивались шумозащитные экраны на стройплощадке.

*Вывод:* в данных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях запроектированная двойная система водопонижения оптимальна. Она позволила осушить котлован и приступить в осушенных условиях к армированию и бетонированию днища вентканала ВВУ.

*Окончание в следующем номере*

#### Для связи с авторами

Дорман Игорь Яковлевич  
[igor.dorman@mail.ru](mailto:igor.dorman@mail.ru)  
Мазейн Сергей Валерьевич  
[maz-bubn@mail.ru](mailto:maz-bubn@mail.ru)

# СТРОИМ МЕТРО ВМЕСТЕ!

Новосибирский завод литейных машин и автоматических линий «Сиблитмаш» 20 декабря 2024 г. отметил юбилей – 70 лет с даты образования предприятия и 65 лет заводской марке СИБЛИТМАШ.

Сегодня мы зададим вопросы генеральному директору ООО «Сиблитмаш» (г. Новосибирск) Ларисе Анатольевне Шашуковой.



Генеральный директор ООО «Сиблитмаш» Л. А. Шашукова

– Лариса Анатольевна, расскажите с чего началась история завода и как «Сиблитмаш» стал известным заводом?

– История предприятия началась в 1954 г. с приказа Министра станкостроительной и инструментальной промышленности о частичном вводе в эксплуатацию, тогда ещё Государственного союзного завода продольно-строгальных станков, а уже в 1959 г. Постановлением Совета Министров СССР определена специализация завода как предприятия по производству тяжёлых формовочных, стержневых и специальных машин, автоматических линий для литейных цехов с индивидуальным и фирменным товарным знаком Сибирского Литейного Машиностроения.

70 лет самоотверженного труда и ярких историй, стремительных взлетов и серьёзных испытаний, преданность своему делу и традициям, максимальная самоотдача и постоянный профессиональный рост работников завода сделали торговую марку «Сиблитмаш» известной и признанной ведущими машиностроительными заводами, металлургическими комбинатами, коксохимическими производствами, строителями шахт и метрополитенов за неоспоримое качество и надёжность не только на территории нашей страны, но и за рубежом.

– Какие наиболее значимые достижения можно выделить и что сегодня

представляет собой завод «Сиблитмаш»?

– На сегодняшний день передовой опыт, постоянное развитие технологии и расширение номенклатуры производства позволяют нашему предприятию быть лидером в различных промышленных и индустриальных направлениях.

Литейное машиностроение: конструкторами и технологами специального конструкторского бюро завода разработаны конструкции литейных машин и автоматических формовочных линий, а также специального литейного оборудования в соответствии с техническими заданиями заказчиков. Портфель уникальных разработок насчитывает более 350 типоразмеров машин и оборудования.

ООО «Сиблитмаш» является членом ООО «Российская Ассоциация Литейщиков» и поставляет свою продукцию по всей России. Так, например, мы более 40 лет сотрудничаем с Литейным заводом ПАО «Камаз». Были поставлены машины литья под давлением, проведена модернизация СПО-1, обновлен парк опок. В 2023 г. специалистами «Сиблитмаш» и техническими партнерами был успешно реализован проект модернизации АФЛ СПО-5. Сегодня на ЛЗ ПАО «Камаз» ложится большая нагрузка. Предприятие переходит на полное импортозамещение и всю литейную номенклатуру будет изготавливать собственными силами, для этого необходимо увеличить производительность линий и обеспечить их надёжную и безаварийную работу. Поэтому ЛЗ ПАО «КАМАЗ» видит в ООО «Сиблитмаш» надёжного партнера в рамках реализации проектов «Модернизации АФЛ».

Изготовление литейной продукции из различных видов металлов: литейный цех ООО «Сиблитмаш» производит отливки из серого и высокопрочного чугуна различных марок весом от 1 кг до 25 т. Номенклатура выпускаемого литья включает в себя: отливки машиностроения, крупногабаритные отливки запорной арматуры коксовых батарей длиной до 8 м, шахтные тюбинги развесом до 5 т, всю номенклатуру тоннельных и станционных тюбингов метро, некоторые базовые отливки станкостроения развесом до 15 т и ряд другой литейной продукции.

Освоенные в 2014 г. новые технологии литья и введенная в эксплуатацию современная

земельная лаборатория позволили заводу значительно расширить номенклатуру литья из разных марок сталей. Используемые технологии литья металла, оборудование, позволяющее провести 100-% обработку любой сложности полученных отливок, ещё раз подтвердили высокий, передовой и во многом уникальный уровень нашего предприятия.

Модельное производство: для обеспечения литейного цеха модельной оснасткой на предприятии организовано собственное модельное производство, оснащённое полным комплексом станочного оборудования, которое позволяет полностью закрыть потребность литейного цеха в деревянной модельной оснастке высокого уровня сложности для отливок из чугуна, предназначенных для технологий ручной и машинной формовки. В процессе эксплуатации модель-



Благодарственное письмо от Литейного завода ПАО «Камаз»



Диплом победителя от ТАР



**Заливка в литейном цехе**

но-стержневые комплекты систематически подвергаются контролю и текущему ремонту с целью обеспечения геометрической точности и идентичности серийных отливок.

Изготовление тюбинговой крепи для шахт и метрополитенов: весомый объем литейного производства занимает изготовление тюбинговой крепи для строительства шахт и метрополитенов. ООО «Сиблитмаш» имеет большой опыт (более 25 лет) изготовления шахтных чугунных и стальных тюбингов различного диаметра с толщиной стенки от 30 до 140 мм, и тюбингов для метро диаметром от 5,5 до 10,5 м, включая различные их модификации и клиновидные прокладки из различных марок чугуна от СЧ18 до СЧ35, от ВЧ35 до ВЧ60.

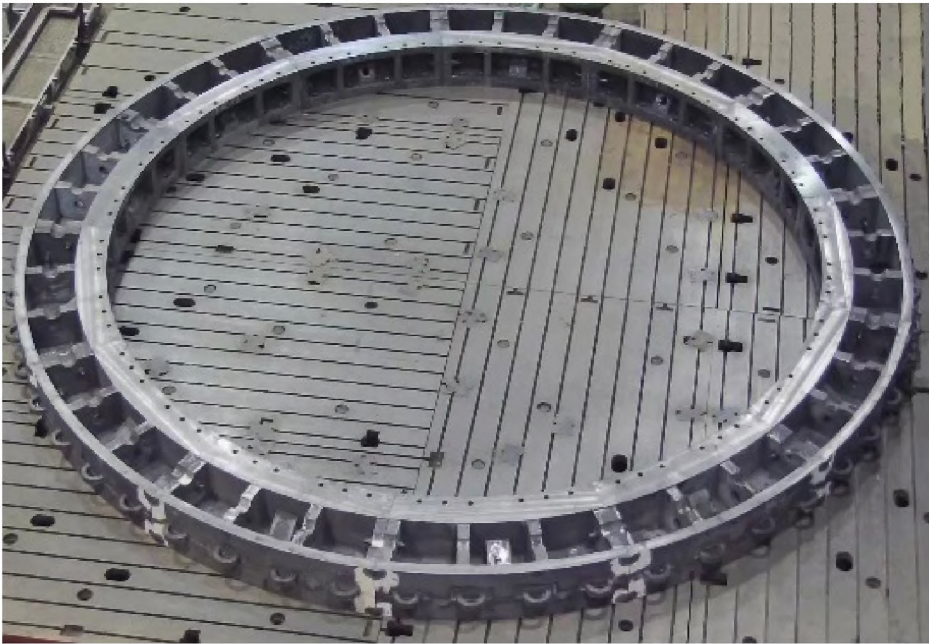
Завод «Сиблитмаш» является крупнейшим в России производителем тюбинговой крепи для строительства метрополитенов и тоннелей. В 2023 г. мы приняли предложение стать участником Общероссийской общественной организации Тоннельная ассоциация России.

Вступление в ассоциацию позволило ещё больше расширить круг партнеров и заказчиков в области строительства метро и тоннелей. Так, при содействии руководителей и специалистов ТАР, ООО «Сиблитмаш» и АО «Метротранс» провели работу по внесению изменений в конструкторскую документацию на тюбинговые кольца с целью унификации конструкции и технологического процесса изготовления тюбингов.

В ноябре 2024 г. в Санкт-Петербурге в рамках форума «Российский промышленник» прошла Научно-техническая конференция «Освоение подземного пространства мегаполисов и транспортные тоннели – 2024».



**Машина литья под давлением**



Тюбинг кейлькранец

где ООО «Сиблитмаш» вручили Диплом победителя в конкурсе «На лучшее применение передовых технологий при строительстве тоннелей и подземных сооружений» в номинации «Материалы и конструкции для тоннелей и подземных сооружений».

– *Лариса Анатольевна, поделитесь секретом успеха завода.*

– Один из факторов успешного долголетия ООО «Сиблитмаш» в правильно заложенных традициях. Самое ценное – это люди, богатство, которое невозможно измерить. У нас коллектив единомышленников, объединенный одной целью: работать в команде на один результат, достигать совершенства в каждой детали.

Хочется сказать слова благодарности всем работникам завода, пенсионерам и ветеранам за историю, за настоящий самоотверженный труд, за вклад в развитие и успешное будущее нашего завода. С 1973 г. на «Сиблитмаш» работает Совет ветеранов. Наша ветеранская организация считается одной из лучших в Новосибирске, она ведет работу на област-

ном и городском уровнях. Ежегодно всем ветеранам завода выделяется материальная помощь, периодически проводятся встречи с ветеранами. Также вышедшим на пенсию сотрудникам, внесшим значимый вклад в работу предприятия, осуществляется ежемесячная финансовая поддержка в дополнение к пенсии.

Как в большой и дружной семье мы передаем опыт, знания, вкладываем душу в будущее поколение. Завод всегда славился династиями, и сегодня на заводе работают семьями, дети продолжают дело своих родителей. Невозможно представить развитие предприятия без участия молодых работников и талантливой молодежи.

Для увеличения кадрового потенциала и формирования эффективной системы подготовки кадров в 2023 г. ООО «Сиблитмаш» стало партнером в создании кластера «Машиностроение» в рамках федерального проекта «Профессионалитет» в Новосибирской области. Нами ведется тесная работа с колледжами и лицеями, приглашаем студентов на практи-

ку с последующим трудоустройством.

При прохождении производственной практики студенты обретают первые практические навыки, разбираются в конструкции и принципе работы оборудования, изучают технологический процесс обработки деталей, и за это время происходит адаптация молодого специалиста на потенциальном месте работы. Опытные наставники учат, делятся советами и опытом, передают необходимые знания, умения и навыки для выполнения работ, предусмотренных программой практики.

Мы заботимся о здоровье наших сотрудников – это влияет на производительность труда. Проводим профосмотры, предоставляем сотрудникам путевки на санаторно-курортное лечение, выдаем талоны для посещения бассейна. Спортивная команда ООО «Сиблитмаш» принимает активное участие в спартакиадах среди трудовых коллективов города, занимая призовые места. Ежегодно на территории заводской базы отдыха проводим для сотрудников соревнования – спортивные мероприятия, направленные на поддержку любительского спорта, здорового образа жизни, корпоративного духа и активного семейного отдыха.

На заводе реализуется долгосрочная и масштабная программа по улучшению условий труда для работников, созданию благоприятных условий для трудящихся на вредном производстве и снижению воздействия от вредных факторов на экологическую среду. Для реализации такой программы был разработан проект «Реконструкции системы аспирации в литейном цехе», состоящий из нескольких сложных этапов. В 2023 г. был полностью выполнен самый сложный этап проекта – полная замена системы аспирации земельного участка литейного цеха с эффективностью очистки выбросов 99,9 %. И мы гордимся тем, что при реализации проекта используется только отечественное оборудование и технологии.

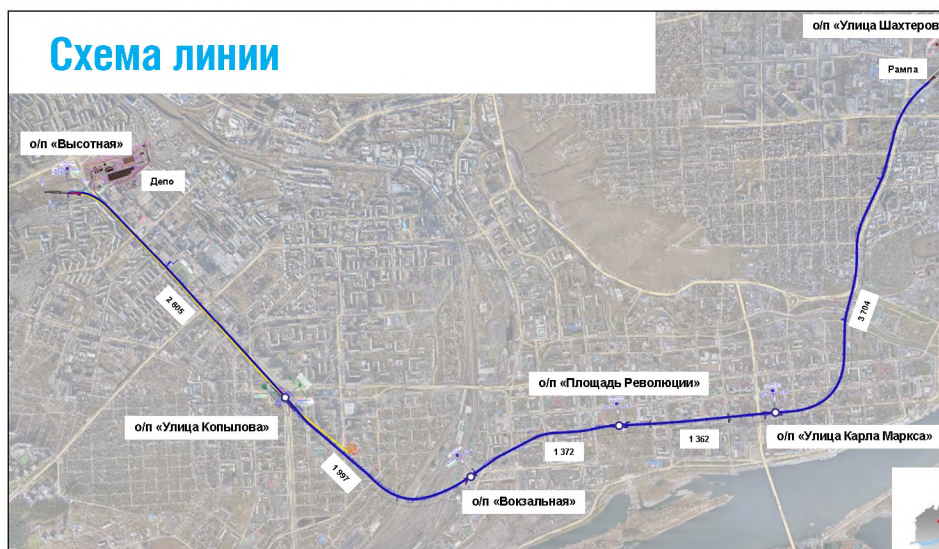


**СИБЛИТМАШ**  
ЗАВОД ЛИТЕЙНЫХ МАШИН  
И АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЙ **2024**

630024, г. Новосибирск, ул. Бетонная, 2  
тел.: (383) 353-40-01, факс: (383) 353-45-51  
e-mail: [siblit@siblitmash.com](mailto:siblit@siblitmash.com)  
[www.siblitmash.com](http://www.siblitmash.com)

# МЕТРОТРАМ КРАСНОЯРСКА ПРИ ПОДДЕРЖКЕ ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ

В апреле 2024 г. в Красноярском метрополитене объявили о новых планах строительства метро – до 2050 г. Сначала пройдет строительство линий метротрамвая, потом начнется постройка полноценной подземки. Проект рельсового скоростного транспортного комплекса в Красноярске предусматривает строительство первой линии метро с последующей интеграцией городского общественного электротранспорта в единый транспортный каркас. Протяженность линии на первом этапе составит 11 км, на ней расположатся шесть станций: «Высотная», «Улица Копылова», «Вокзальная», «Площадь Революции», «Улица Карла Маркса» и «Улица Шахтеров». Реализация проекта ведется за счет средств инфраструктурного бюджетного кредита. Такое решение принято в 2021 г. Правительственной комиссией по региональному развитию под руководством вице-преьера Марата Хуснуллина. Проект строительства метро в Красноярске реализуется по поручению Президента Российской Федерации Владимира Путина в рамках социально-экономической инициативы Правительства России «Инфраструктурное меню».



## Этапы строительства

- Первый период (с 1-го по 10-й год эксплуатации):
- «Линия СПНТЛ в г. Красноярске. Первый этап» от о/п «Улица Высотная» до о/п «Улица Шахтеров»;
- «Линия СПНТЛ в г. Красноярске. Второй этап» от о/п «Улица Шахтеров» до о/п «Улица Ястынская».
- Второй период (с 10-го по 20-й год эксплуатации):
- «Линия СПНТЛ в г. Красноярске. Третий этап» от о/п «Улица Ястынская» до о/п «Спортзал»;
- «Линия скоростного трамвая от ул. Мищурина (ул. Московская) до мкр. Солнечный через ул. Авиаторов»;
- «Строительство трамвайной линии через Коммунальный мост от о/п «Предместная площадь» до о/п «Театр оперы и балета».
- Третий период (расчетный срок более 20 лет):
- «Линия СПНТЛ в г. Красноярске. Четвертый этап» от о/п «Улица Высотная» до о/п «П. Элита»;
- «Строительство промежуточной станции линии СПНТЛ о/п «Мкрн. Покровский» на ул. Шахтеров».

«Зачем строить еще один тоннель сверху, если есть объект, в который уже вложены значительные средства? На еженедельных шта-

бах по метро мы не раз обсуждали, что логично было бы включить существующую ветку в новый проект. После детального изучения всех технических возможностей такое решение принято. Благодарен Минстрою России и вице-премьеру правительства страны Марату Шакирзяновичу Хуснуллину за поддержку Красноярского края в этом вопросе», – сказал Михаил Котюков, глава Красноярского края.

## О сложностях проекта

В мае 2023 года в Красноярске начались новые земляные работы для строительства сооружений будущего метротрама. Всего на первом этапе строительства Красноярского метро между станциями будут оборудованы шесть притоннельных сооружений. В них разместятся вентиляционные, водозаборные и водоотливные установки, технические сбойки, эвакуационные выходы на поверхность и другие объекты производственного назначения. Заказчик проекта метротрама – Центр транспортной логистики.

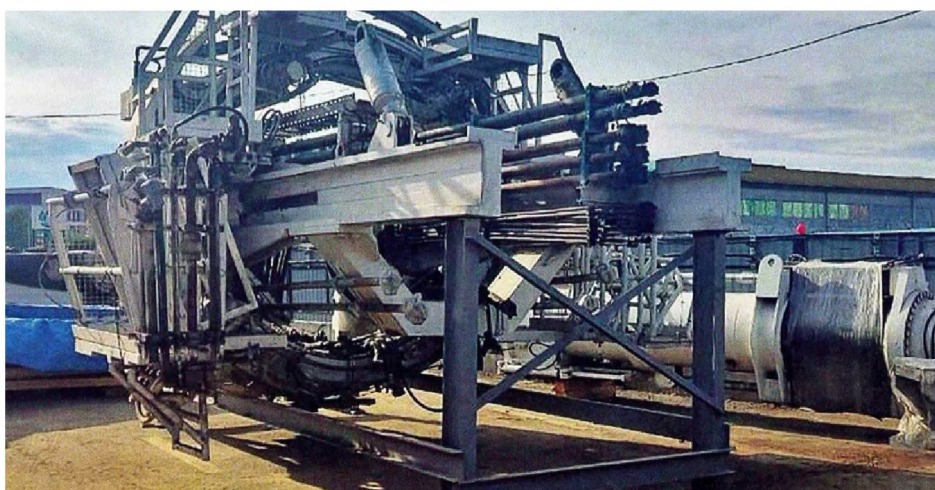
Проходка началась в 2024 г. Губернатор Красноярского края Михаил Котюков объяснил нынешние темпы строительства городского метро уникальностью проекта подземки. Он отметил, что строители тратят время на разработку и согласование решений с Гос-

экспертизой: «Это один из самых, пожалуй, сложных для нас проектов. И сегодня работы ведутся в Красноярске, Нижнем Новгороде и Челябинске. Проектным организациям необходимо разрабатывать технические решения, которые оптимальны для этих сооружений. Дело в том, что те решения, которые используются при строительстве традиционного метро, здесь являются технически избыточными и, соответственно, более затратными. Проектировщику приходится проводить необходимые расчеты, получать в контролирующих организациях подтверждение, что построенный таким образом объект будет отвечать всем требованиям, и в первую очередь безопасности».

Второе, что в Красноярске представляет сложность – работы по строительству метро, проведенные ранее. Как пояснил губернатор, построенные тоннели протяженностью более 2 км планируется задействовать при строительстве линии метротрамвая. Это тоже потребовало определенного времени, чтобы скорректировать необходимые проектные предложения. Хотя ранее речь об их включении в проект не велась. Вице-губернатор края Сергей Еремин пояснял, что подземная часть сети метротрамвая будет неглубокого залегания, от тоннелей глубокого залегания откажутся – часть станций решили расположить на поверхности, а завершение первой очереди планируется на 2026 г.

Метро в Красноярске начали строить в 1990-х, всего было построено около 3 км тоннелей, но из-за недостатка финансирования к 2013 г. работы были заморожены, а все объекты законсервированы. Городские СМИ сообщали со ссылкой на министерство строительства края, что поддержание этих объектов в безаварийном состоянии, в частности откачка воды, обходилось в сумму более 70 млн р. ежегодно.

На сегодняшний день готовы два котлована на улицах Шахтеров и Высотной. Из стартового котлована на улице Шахтеров идет проходка двух тоннелей в сторону остановочного пункта «Улица Карла Маркса»



В марте 2023 г. после долгого простоя (с 1995 г.) Красноярск получил положительное заключение от краевой Госэкспертизы на начало строительных работ по сооружению станций метро в Красноярске — на три из шести станций 1-й очереди и депо. В частности, метростроители получили положительное заключение Госэкспертизы на подготовку площадки строительства будущей станции «Вокзальная». Из Москвы для строительства тоннелей в октябре прибыли импортный проходческий комплекс, а в ноябре — второй.

Для реализации проекта Красноярского метро специалистами Группы компаний «Моспроект-3» разработаны инженерные решения уже по 11 этапам работ, на которые получены положительные заключения государственной экспертизы. Глубина заложения тоннеля на участке от станции «Высотная» до улицы Копылова составляет до 45 м, работы будут вестись при помощи тоннелепроходческого комплекса диаметром 6 м.

Документацией на подготовку территории строительной площадки станции «Вокзальная», согласованной Госэкспертизой, предусматривается демонтаж и переустройство городских инженерных сетей: более 1250 м линий электросетей и наружного освещения, свыше 88 640 м кабельных линий связи, почти 600 м компенсационной контактной сети троллейбусов, а также сетей водоснабжения, канализации и теплосетей.

Работы будут вестись в условиях плотной городской застройки на улично-дорожной сети с высоким транспортным трафиком. Для обеспечения комфорта на период строительства предусмотрено устройство временных дорог и проездов с созданием альтернативных парковочных мест и остановок общественного транспорта, устройство компенсационной контактной сети для троллейбусов. При этом организация движения маршрутных транспортных средств для удобства жителей практически не поменяется.

Монтажный котлован на ст. «Вокзальная» будет размером 140 на 30 м. Для его устройства строители сначала соорудят форшахту из монолитного железобетона и сделают ограждающие конструкции из буронабивных свай по методу «стена в грунте».

«Вокзальная» станет основным пересадочным узлом нового транспортного каркаса краевой столицы: из метро можно будет быстро, удобно и безопасно пересечь на городскую электричку и пригородный общественный транспорт.

Контракт на проведение комплекса проектных и строительно-монтажных работ по созданию метротрама в Красноярске правительство Красноярского края заключило с московской ГК «Моспроект-3» в августе 2022 г. Субподрядчиком выступает крупнейший метростроитель —

Бамтоннельстрой-Мост, который выполнит 75% строительно-монтажных работ по контракту.

Эксперты ГК «Моспроект-3» полностью разработают проектно-сметную документацию, а также построят две станции: «Улица Высотная» и «Улица Копылова», перегонные тоннели и притоннельные сооружения.

Специалисты ГК «Бамтоннельстрой-Мост» соорудят перегонные тоннели, станционные комплексы и притоннельные сооружения, в состав которых войдут три подземных остановочных пункта: «Вокзальная», «Площадь Революции», «Улица Карла Маркса», а также один наземный – «Улица Шахтеров». Общая протяженность перегонных тоннелей – 19,3 км. Перегонные тоннели между остановочными пунктами ведутся подземным способом при помощи механизированных тоннелепроходческих комплексов со сборной железобетонной обделкой внутренним диаметром 5,4 м – ТПМК «Ольга», «Соломея», «Екатерина».

### Строить будут круглосуточно

При этом депутаты заксобрания Красноярского края рассматривают вопрос о круглосуточном режиме строительства метрополитена в Красноярске. Проект строительства линии скоростного подземно-наземного легкорельсового транспорта в Красноярске получил поддержку Президента Российской Федерации. А для того, чтобы уложиться в срок, работы нужно вести в круглосуточном режиме. Проект предполагает ведение строительных работ и в ночное время – с 22:00 до 9:00

### Новый памятник древних эпох

Подготовка к строительству перегонного тоннеля будущего Красноярского метро от станции «Вокзальная» в сторону центра города до станции «Площадь Революции», судя по всему, задержится: при очередных археологических изысканиях в центре был обнаружен новый объект культурного наследия. Под этим участком планируется строительство притоннельных сооружений, которые необходимы для эксплуатации нового скоростного легкорельсового транспорта Красноярска. Сам отрезок подземной линии соединит железнодорожный вокзал и главную площадь Красноярска. Специалисты предварительно выкопали на месте несколько шурфов. Под землей обнаружили два культурных слоя с материалами XIX века, включая многочисленные фрагменты керамики, стеклянной посуды, железные гвозди, обломки костей домашних животных и многое другое. Новый археологический объект начала XIX – начала XX века поставили на учет в Службе по сохранению объектов культурного наследия

совсем недавно, 20 мая. Он получил название «Поселение Солдатская слобода».

«Присутствие на территории землеотвода выявленного объекта археологического наследия предусматривает разработку мероприятий по его сохранению», – говорится в документах экспертизы. Найденные при раскопках кости животных тоже являются артефактами прошлых времен. Поэтому перед полным уничтожением культурного слоя в процессе строительства метро все необходимо тщательно изучить. Ранее похожая ситуация вышла и с площадью Революции, где пришлось спасать ценные древние артефакты объекта «Поселение Новобазарная площадь».

Линия метротрама Красноярска пройдет от Красной площади в сторону площади Революции. Согласно планам, первый подземный тоннель начнут прокладывать со Взлетки от станции «Улица Шахтеров» в направлении центра города. Что касается перегона к станции «Вокзальная», то его предполагается рыть уже после. ТПМК начнут проходку в сторону вокзала из котлована на станции «Площадь Революции», который пока не построен. Так что время на археологические работы есть.

### Современные, комфортные вагоны

Какой подвижной состав будет в Красноярском метрополитене? Судя по всему, по подземке будут курсировать трамваи. По оценкам специалистов, для нормальной работы линии необходимо минимум 40 единиц подвижного состава. Возможно, городские власти закупят трамвай 71–934 «Лев», который производят в Твери и Санкт-Петербурге. Для полной заплотности парка подвижного состава требуется около 6,8 млрд р. Известно, что закупки будут проходить в несколько этапов.

Трамвай 71–934 «Лев» имеет 3-секционную основу, то есть состоит из трех вагонов. Он может развивать скорость до 75 км/ч. Его длина составляет 34,7 м (этот трамвай называют самым длинным российским трамваем). Пассажиروместимость – 265–382 человека. Вагоны оснащены видеонаблюдением, климат-контролем, системой Wi-Fi, медианеями и разъемами для подзарядки смартфо-

нов. Новый трамвай только недавно начал появляться на улицах городов. Сегодня его используют в Перми.

Конечно, вместимость трамвая ниже, чем у классического состава метро, но для Красноярска это будет оптимальным вариантом. Метротрамы функционируют в Волгограде, Кривом Роге (Украина) и даже в Европе и США. Особенно выделяются городские системы «легкого метро» Германии и Бельгии, где они нередко являются основой городского транспорта. В США метротрамы работают в Бостоне, Лос-Анджелесе и Сан-Франциско. Это нормальная практика для городов с относительно небольшим бюджетом или если городские власти хотят сэкономить. Трамваи проще обслуживать и содержать. Их можно использовать и без подземной инфраструктуры, выпускать на городские улицы в случае необходимости.

### Перспективные линии метро Красноярска

В конечном итоге сеть должна связать разные окраины города. В данный момент работы ведутся на первой линии, она должна пройти от станции «Высотная» и через центр города выйти к станции «Улица Ястынская». Общая длина составит 15,1 км. Не вся ветка будет подземной, на отдельных участках пути будут проходить по земле.

Вторую линию могут пустить с севера на юг – свяжут микрорайон Солнечный, центр и правобережную часть города. Для запуска этой ветки потребуются сооружение моста через Енисей или подземный тоннель под рекой.

Также существует концепт и третьей линии, которая пройдет из ближайшего пригорода в районе с Дрокино и через центр выйдет на правый берег Енисея.

Однако пока не будет построена и запущена первая линия, все планы и перспективы будут еще не раз корректироваться.

*По материалам издания «Приоритетные проекты России: метро и тоннелестроение 2024–2025 гг.» (автор текста Н. В. Алхимова, ООО «Гидротехника XXI век», при участии С. В. Мазина, Тоннельная ассоциация России)*







**СТРОИТЕЛЬСТВО ЛИНИИ СКОРОСТНОГО ПОДЗЕМНО-НАЗЕМНОГО ЛЕГКОРЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА В Г. КРАСНОЯРСКЕ. ПЕРВЫЙ ЭТАП. «О/П ПЛОЩАДЬ РЕВОЛЮЦИИ»**

Местонахождение объекта: г. Красноярск, Северное Шоссе

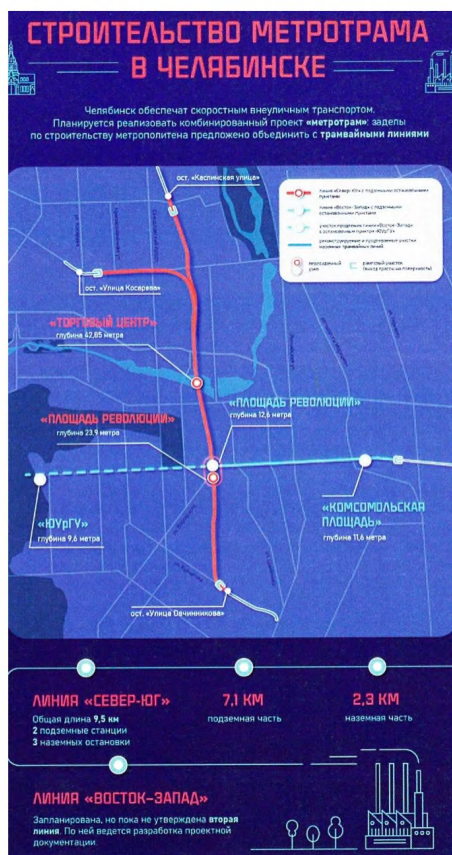
Заказчик: ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ «ЦЕНТР ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ», 660017, Красноярский край, город Красноярск, ул. Карла Маркса, д. 114  
+7 (391) 211-01-30

Начало строительства: 2023 год  
Окончание строительства: 2026 год



# ЯКОРНЫЙ ПРОЕКТ ТРАНСПОРТНОГО РАЗВИТИЯ ЧЕЛЯБИНСКА

22 ноября 2023 г. на Международной выставке «Россия» на ВДНХ проходил День Челябинской области. Губернатор Алексей Текслер рассказал об успехах региона. «Мы гордимся проектом метротрама, который реализуется при поддержке президента. В Челябинске он реализуется с 1976 г., и за последнее время его удалось сдвинуть, – сказал Алексей Текслер, выступая на выставке. – Это уникальный транспортный проект для всей страны: специальный трехсекционный трамвай будет спускаться под землю, а также функционировать на наземной части».



Итак, от подземки в классическом виде в Челябинске отказались окончательно, под землей решили пустить трамваи. Три года назад, в мае 2021-го, губернатор Алексей Текслер презентовал схему метротрама.

Вообще за всю историю строительства метро в Челябинске даты его запуска менялись множество раз. Но даже в смутные времена, во времена безденежья подземку отстаивали. Изначально идея состояла в том, чтобы с помощью метро соединить заводы, центр города и спальный район.

## Первые даты ввода

Впервые о строительстве метро в Челябинске заговорили в 1967 г., за 10 лет до того, как он стал городом-миллионником. Предполагали, что метро можно будет открыть в 1980 г. Реально же готовиться к проектированию метрополитена начали в 1984 г.

Но планы корректировались. По новому планированию первую линию «ЧТЗ – Северо-Запад» с восемью станциями («Тракторозаводская», «Комсомольская площадь», «Площадь Революции», «Торговый центр», «Проспект Победы», «Курчатовская», «Моло-

дежная» и «Северо-Западная») должны были запустить в 2000 г. В 1985 г. Совет министров СССР дал поручение начать работы: «Обеспечить в 1986–1990 гг. проектирование и начало строительства метрополитена в Челябинске», – говорилось в сентябрьском постановлении Совета Министров СССР 1985 г.

## Начало работ

Только в 1992 г. в центре города начали перекладывать коммуникации, переселять людей из п. Лугового, где хотели строить производственную базу метростроя и электродепо. Горожане не очень понимали, зачем городу метро, считали, что будет лучше и дешевле, если направить деньги на развитие традиционного транспорта: автобусов, троллейбусов и трамваев.

Вместе с тем, несмотря на политические потрясения 1991 г., подготовка проекта продолжалась. В 1992-м начались первые работы. И наконец, в 1993 г. председатель Госстроя России Ефим Басин утвердил проект Челябинского метротранспорта, сформированного на базе челябинского комплексного отдела института «Ленметрогипротранс», на строительство



первого пускового участка. Но не на восемь станций, как предполагалось, а на пять – от станции «Тракторозаводская» до станции «Проспект Победы» (отказались от «Курчатовской», «Молодежной» и «Северо-Западной»).

Интересно, что если стоимость строительства метро в 1991 г. оценивали в 929 млн р., то к 1994-му цена выросла до 1 млрд. Снова пришлось корректировать планы – запуск подземки сдвинули на 2012 г.

Что было дальше, помнят многие: не было ни материалов, ни механизмов, ни заработной платы. Правительство страны уменьшило финансирование Челябинского метрополитена, основная нагрузка легла на бюджет города.

### Странно, но факт

И все равно метро строилось. В 1998 г. работы были развернуты на стройплощадках всех пяти станций первой очереди строительства, производственной базе и электродепо, хотя не были решены важнейшие вопросы по финансированию выполненных работ, выплате заработной платы работникам метростроительного комплекса, при-

обретению оборудования. Финансирование объектов осуществлялось за счет задолженности по налогам в городской, областной и федеральный бюджеты. Задолженность по заработной плате достигла семи месяцев, что привело к кризисной ситуации.

В 1999 г. Тоннельный отряд, который изначально занимался строительством метро, обанкротился, создали ОАО «Челябметрострой» (основными акционерами были Челябинская область и городская администрация). Срок запуска первой линии метро снова сдвинули – на 2015 г.

### Решит проблемы «Алла»

В 2004 г. в Челябинск привезли тоннелепроходческий комплекс канадской фирмы Lovat Tunnel Equipment Inc марки RME 222 SE – 450-тонную «Аллу». При помощи ТПКМ предполагалось проложить перегонные тоннели, сделать сквозную проходку станции «Комсомольская площадь», проходку правого перегонного тоннеля до зоны Челябинского разлома (Челябинский разлом – одно из крупнейших на Южном и Среднем Урале разрывных нарушений земной коры, кото-

рый считается географической и геологической границей уральских и зауральских структур). Челябинск стоит на стыке двух геологических структур, в городе линия разлома приходится на пересечение ул. Артиллерийской и проспекта Ленина. Часть перегонов планировали строить буровзрывным способом.

В 2008 г. по иску управления Ростехнадзора суд приостановил работу «Аллы» на 60 суток. Ростехнадзор требовал от метростроителей получить положительное заключение Госэкспертизы на участке от станции «Комсомольская площадь» до ствола № 251. ТПКМ «Алла» был остановлен и встал как раз на Челябинском разломе, в сложных геологических условиях. Но на корректировку документов, которые требовал Ростехнадзор, требовалось не 60 дней, а несколько лет. Некоторые станции оказались в стадии черновой отделки, а другие лишь в виде тоннелей. Пока комплекс «Алла» простаивал, в полости вокруг него начала просачиваться вода – эти места пришлось бетонировать. К этому времени за пять лет тоннелепроходческий комплекс проложил 1007 м при его возможной



максимальной скорости 300 м в месяц. Внутри тоннель обкладывали особо прочными чугунными тубингами – это было важно из-за специфики грунта, напора грунтовых вод.

Интересно, что в 2006 г. ученые Южно-Уральского государственного университета (ЮУрГУ) предложили построить и другую ветку метро, состоящую из станций «Алое поле», «ЮУрГУ (ЦПКиО)», «Спортивный комплекс Монахи», «Новоградский проспект». По их идее над р. Миасс можно было бы построить метромост длиной 300–400 м, но это было совершенно невозможно при недостроенном первом участке.

В 2015 г. выделили 1,5 млрд р. для возобновления работ, но практически ничего не продвинулось. Работы велись за счет местного бюджета, а стоимость содержания уже проложенных тоннелей и станций, откачки воды, обслуживания ТПМК росла с каждым годом.

### Транспортная реформа

В апреле 2021 г. президент Владимир Путин в Послании Федеральному Собранию заявил, что в Челябинске на базе недостроенного метро будут обновлять общественный транспорт. Размер финансирования на окончание работ оценили в 100 млрд р. Регион начал разрабатывать идеи, как уменьшить эту сумму. Тогда и появилась концепция метротрама, строительство которого оценили в 46 млрд р.

В мае 2021 г. губернатор Алексей Текслер провел презентацию проекта метротрама на станции «Комсомольская площадь». К 2021 г. была почти достроена платформа и один из двух вестибюлей станции «Торговый центр», пройдено 3,3 км транспортных тоннелей, построены платформа и вести-

бюль № 2 станции «Комсомольская площадь».

### Инфраструктурный кредит

В 2022 г. федеральное правительство одобрило Челябинской области инфраструктурный кредит в размере 72,9 млрд р. – на строительство метротрамвая, ремонт наземных путей и проектирование эстакады, которая свяжет трамваем Ленинский район и железнодорожный вокзал, на восстановление трамвайной сети с заменой подвижного состава и закупку новых вагонов. Контракт на 49,5 млрд на проектирование и строительство линии метротрама «Север – Юг» получила столичная компания «Моспроект-3». Эта же фирма начала готовить обоснование размещения линии метротрама «Восток – Запад» от площади Революции до Южно-Уральского государственного университета.

В мае 2023 г. в центре города появились машины с бурами: проводились инженерно-геологические изыскания. В октябре 2023 г. доложили о начале активной фазы строительства.

В марте 2024 г. власти Челябинской области внесли изменения в детализированный перечень мероприятий, реализуемых в рамках инфраструктурного проекта «Метротрамвай с интеграцией в трамвайную сеть в городе Челябинске». Согласно распоряжению губернатора Алексея Текслера в 2024 г. на проект выделено 11,2 млрд. Из них 7 млрд направят на строительство линии «Север – Юг», а 4,2 млрд – на закупку низкопольных трамваев.

По итогам корректировок основной объем финансирования переходит на 2025 г. В частности, 32,1 млрд планируется направить на строительство линии «Север – Юг», 10,4 млрд – строительство линии «Восток –

Запад», а также 5,1 млрд – на закупку 3-секционных трамвайных вагонов.

Отметим, ранее предполагалось, что в 2024 г. объем финансирования проекта метротрама составит 17,5 млрд р. – на 6,3 больше, чем в обновленном варианте (об этом говорится в декабрьском распоряжении 2021 г.). Объем финансирования на 2025 г. оценивался в 18,2 млрд р., реализация всего проекта составит 72,9 млрд. Итоговая сумма пока остается неизменной.

Метротрамвай предусматривает две ветки: «Запад – Восток» и «Север – Юг». Линия предполагает наличие наземных площадок на улицах Овчинникова, Косарева, Каслинской и проспекте Победы.

Ветка «Север – Юг» в Челябинске будет заканчиваться в районе железнодорожного вокзала. Другие конечные станции сделают вблизи пересечения ул. Косарева и проспекта Победы, а также на ул. Каслинской – при выезде в сторону Металлургического района. На этой линии также будет работать станция «Торговый центр». Входы на станцию сделают возле Дворца спорта «Юность» и Торгового центра. Протяженность ветки «Север – Юг» – 10 км.

Ветка «Запад – Восток» пойдет от Южно-Уральского госуниверситета. На востоке она закончится вблизи перекрестка проспекта Ленина с ул. Героев Танкограда. Пересадочная станция для этой ветки – «Площадь Революции».

Активная фаза строительства метротрама началась в Челябинске в 2024 году. Сейчас на территории, предназначенной под строительную площадку, завершается переустройство водопроводных сетей, коллектора ливневой канализации, вынос сетей связи. Одновременно там устраивают временную дорогу.

На участке протяженностью более 9 км предстоит построить две подземные станции («Площадь Революции» и «Торговый центр») и три наземные – на улицах Овчинникова, Косарева и Каслинской. Специалисты Группы компаний «Моспроект-3» продолжают работы в зоне строительства остановочного пункта «Улица Овчинникова» новой линии челябинского метротрамвая «Север – Юг». В период основных работ выполняется устройство стартового котлована, проходка перегонных тоннелей в сторону станции метро «Площадь Революции», а также возведение конструкций наземного остановочного пункта.

*По материалам издания «Приоритетные проекты России: метро и тоннелестроение 2024–2025 гг.» (автор текста Н. В. Алхимова, ООО «Гидротехника XXI век», при участии С. В. Мазина, Тоннельная ассоциация России)*



# ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА ТОННЕЛЕЙ ГЭС СУБАНСИРИ НИЖНЯЯ В ИНДИИ

В. Н. Жуков, главный эксперт АО «Институт Гидропроект»



Плотина в марте 2023 г.

ГЭС Субансири Нижняя расположена на реке Субансири, правом притоке реки Брахмапутра, на границе штатов Ассам и Аруначал-Прадеш – в самой восточной части Индии, в предгорьях Гималаев. Установленная мощность ГЭС 2000 МВт, что делает ее одной из самых мощных в Индии.

Бетонная плотина гидроузла, высотой 140 м с объемом бетона 2,25 млн м<sup>3</sup>, расположена в относительно узком каньоне для такого крупного объекта, поэтому проект предусматривал масштабный подземный комплекс.

В правобережном склоне расположены подземные объекты энергетического тракта: восемь напорных тоннелей диаметром 9,5 м в свету и длиной около 1000 м каждый, восемь вертикальных стволов (гидротехники их называют шахтами), восемь турбинных водоводов, уравнильный тоннель для гашения гидроудара, транспортные и подходные тоннели.

В левобережном склоне расположены пять строительных тоннелей длиной от 500 м (ДТ-1) до 700 м (ДТ-5). Они предназначены для пропуска расходов реки на период строительства плотины. Форма сечения тоннелей – подковообразная (по индийской терминологии «лошадиное копыто») с радиусом свода 9,5 м в обделке, с обратным сводом. Высота тоннелей в свету – 10,5 м. Толщина неармированной бетонной обделки 700 мм.

Противофильтрационная конструкция в основании плотины – бетонная стена в грунте толщиной 1 м и глубиной до 50 м, выполненная французской компанией «Соле-танш» с использованием гидрофрезы из гале-

реи в теле плотины и из тоннелей с размерами в поперечном сечении 7×7 м в бортах плотины. Еще одна стена в грунте длиной 88 м и глубиной 32 м была выполнена в 40 м ниже оси плотины, на участке водосбросов.

Комплекс инженерно-геологических изысканий был выполнен в 1998–2001 гг. местными компаниями. По результатам инженерно-геологических изысканий в районе строительных тоннелей условия для проходки тоннелей в целом оценены как хорошие: RQD – 75, RMR по Беньявскому – от 30 до 45, при этом указано на наличие зоны повышенной трещиноватости мощностью 1,5–2,0 м в районе входных порталов.

Поскольку прочностные показатели вмещающих пород низкие, проходка строительных тоннелей выполнена с использованием комбайнов избирательного действия, одного английского массой 56 т и двух немецких WirhtPaurat T3.20. Комбайны WirhtPaurat T3.20 обеспечили скорость проходки верхних уступов тоннелей до 100 м в месяц. Учитывая размеры поперечного сечения тоннелей, проходка выполнялась двумя уступами – сначала сводовая часть, с отставанием от нее разрабатывался нижний уступ. Разработку нижнего уступа тоннелей выполняли с использованием тяжелого бульдозера Caterpillar D9R с клыком для рыхления породы.

В качестве временной крепи на большей части длины тоннелей использовались анкера и набрызг-бетон по арматурной сетке; на входных участках тоннелей, в песчаниках с низкими прочностными показателями, вре-

менной крепью на верхнем уступе был неармированный («черновой») бетон.

Бетонная обделка стен и свода тоннелей выполнялась с использованием передвижных механизированных опалубок. Бетонирование лотка (обратного свода) тоннелей велось с использованием инвентарной опалубки, переставляемой краном на очередную захватку длиной 6 м, с креплением ее от «всплытия» к основанию анкерами.

При проходке тоннелей подрядчиком осуществлялось геологическое сопровождение, фиксировались системы трещин, каждому участку по длине присваивался рейтинг качества пород RMR по Беньявскому, хотя, возможно, это делалось несколько формально.

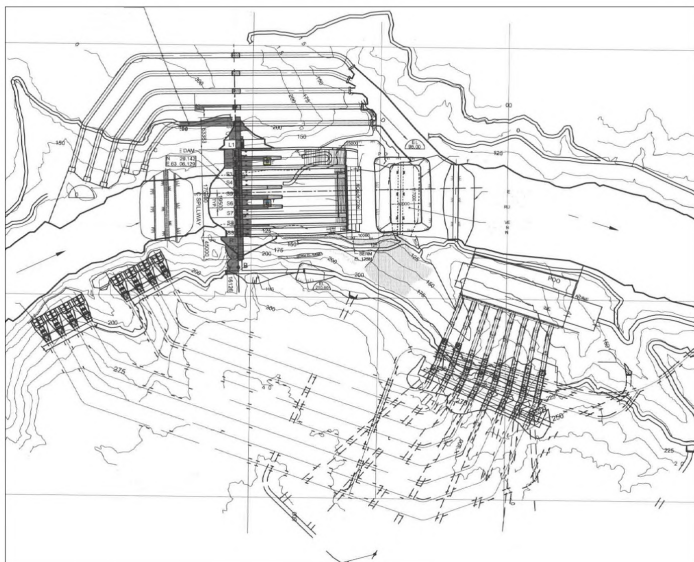
При проходке ДТ-2, ДТ-3 и ДТ-4 были встречены зоны раздробленных песчаников мощностью до 2,5 м на участках на расстоянии от входного портала, соответственно, 10–15 м в ДТ-2, 75–83 м в ДТ-3 и 108–115 м в ДТ-4.

Проходка тоннелей началась в конце 2004 г., их строительство завершилось осенью 2007 г., после чего в ноябре 2007 г. выполнили перекрытие реки верховой и низовой перемычками, вода реки была направлена в строительные тоннели, и началось строительство плотины.

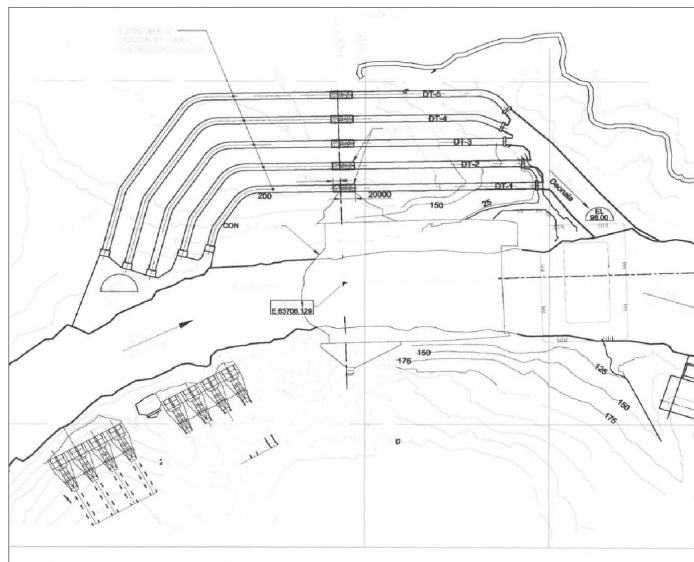
Исток реки Субансири расположен высоко в Гималаях на территории Китая. С середины апреля по октябрь в регионе длится сезон муссонов, когда дожди идут практически ежедневно и за сутки может выпасть до 60 мм осадков (это месячная норма осадков в средней полосе России), и на него накладывается сезон таяния снегов в Гималаях. Паводок в Субансири длится около полугода, что будет обеспечивать максимальную выработку электроэнергии в сезон ее максимального потребления. Но масштаб паводка и сезона дождей и их длительность создавали проблемы строителям.

Максимальная пропускная способность пяти строительных тоннелей – 4,5 тыс. м<sup>3</sup>/с, а расходы реки Субансири в паводок нередко достигали 9–10 тыс. м<sup>3</sup>/с. Первым же паводком 2008 г. перемычки были смыты, и в последующие годы каждую осень, по окончании паводка, перемычки возводились заново, после чего в течение полугода шло строительство плотины. В паводок же вода пропусклась как через строительные тоннели, так и через недостроенную плотину.

Помимо достаточно сложных условий



Генплан гидроузла



План строительных тоннелей

Пропуск паводка с расходом 9000 м<sup>3</sup>/с в июле 2011 г. через строительные тоннели и с напором 10–15 м через недостроенную плотину

Первоначальный провал в районе входного участка ДТ-2

строительства гидроузла Субансири Нижняя имеет и непростую историю. В 2012 г. строительство гидроузла было остановлено из-за протестов местного населения и возобновилось только в 2017 г. Весь этот период строительные тоннели находились в эксплуатации. В летний период, когда расходы реки достигали 8–9 тыс. м<sup>3</sup>/с, тоннели работали в напорном режиме, при этом скорость воды в тоннелях достигала 20 м/с.

Высотные отметки порога строительных тоннелей – от 98,5 м (ДТ-1) до 102 м в ДТ-4 и 105 м в ДТ-5. При этом в паводок, когда расход достигал 8–9 тыс. м<sup>3</sup>/с, уровень воды в верхнем бьефе в последние годы, с подъемом высоты строящейся плотины, достигал отметки 155 м. Соответственно, строительные тоннели работали в напорном режиме с напором порядка 50 м.

В сентябре 2022 г. на участке автодороги над входным порталом строительного тоннеля № 2 (ДТ-2) образовался провал автодо-

роги в тоннель размерами ориентировочно 10×10 м, который стал достаточно быстро расширяться, в течение нескольких дней распространился на ДТ-3 и ДТ-4.

Крутой склон над входными участками тоннелей, подрезанный провалами в тоннели ДТ-2, ДТ-3 и ДТ-4, обрушился. Размеры обрушившейся породы, составлявший порядка 100 тыс. м<sup>3</sup> на конец сентября 2022 г., вырос до 500–600 тыс. м<sup>3</sup> на конец 2022 г. Как правило, после дождей, длившихся в течение нескольких дней, обрушения начинали развиваться.

Входные порталы (водоприемники) ДТ-2, ДТ-3 и ДТ-4 породой обрушившегося склона были отрезаны от тоннелей, и перекрывать затворами порталную часть строительных тоннелей от основной части тоннелей уже не было необходимости. ДТ-5 был перекрыт затвором ранее. Было принято единственно верное решение: завалить образовавшийся

провал имеющимся материалом и бетоном. В провал было сброшено до 150 тыс. м<sup>3</sup>: бетонных кубов, тетраэдров, местного грунта из отвалов и бетона. Меженный расход 200–300 м<sup>3</sup>/с пропускался по единственному уцелевшему тоннелю – ДТ-1.

После «закупорки» провала за порталной частью ДТ-2, ДТ-3 и ДТ-4, бетонно-породный купол грунтовой пробки был дополнительно обетонирован сплошным бетонным поясом толщиной до 1 м.

Провал удалось закупорить в начале 2023 г. После этого появилась возможность в ДТ-2, ДТ-3 и ДТ-4 заняться устройством первой очереди бетонных проектных пробок длиной 10 м, что было выполнено до наступления паводка в мае 2023 г.

После устройства пробок в тоннелях появилась возможность визуального обследования нижней половины всех, кроме ДТ-1, строительных тоннелей до участка бетонных пробок, что было выполнено в марте 2023 г.

Картина во всех тоннелях была приблизительно одинаковой: бетон свода и стен был в сохранном состоянии, лишь на отдельных участках имелись продольные борозды в бетоне чуть выше сопряжения стен с обратным сводом. А вот бетон лотка (обратного свода) отсутствовал на всей длине всех четырех тоннелей от пробок до выходных порталов. Наверняка бетон обратного свода отсутствовал и на начальной половине тоннелей. На участках подготовки основания бетонных пробок (где прочность песчаников была максимальной), там, где нужно было удалить разрушенную породу до относительно здоровой скалы, глубина была около 1,5 м ниже проектного контура обратного свода.

Анализ результатов инженерно-геологических изысканий, материалов исполнительной геологической документации, выполнявшейся геологической службой подрядчика в период проходки тоннелей, и результаты визуального обследования позволяют сделать предположение о вероятных причинах аварии в строительных тоннелях.

Как было отмечено ранее, особенность строительства данных тоннелей в том, что они расположены в песчаниках слабо трещиноватых на большей части длины, но с очень низкими прочностными и деформационными показателями: предел прочности на одноосное сжатие образцов в воздушно-сухом состоянии – от 12 до 20 МПа, коэффициент Пуассона 0,5; модуль деформации от 0,1 до 1,4 ГПа. В водонасыщенном состоянии предел прочности на одноосное сжатие существенно снижался, до 3,5–4,5 МПа. Указанные показатели – для района створа плотины, для основной части длины тоннелей; ближе же к входным и выходным участкам предел прочности на одноосное сжатие образцов в воздушно-сухом состоянии составлял только от 2 до 7 МПа, а в водонасыщенном – от 1 до 2 МПа. На участках раздробленных пород в тоннелях ДТ-2, ДТ-3 и ДТ-4, расположенных на расстоянии, соответственно, 10–15 м, 75–83 м и 108–115 м от входных порталов, предел прочности на сжатие в массиве был в несколько раз ниже полученных при изысканиях 1–2 МПа для образца. Можно предположить, что предел прочности в массиве составлял не более 0,1–0,3 МПа. При отметке воды в водохранилище 155 м летом 2022 г. и, соответственно, внутреннем напоре в тоннелях порядка 0,5 МПа, массив пород, прежде всего на участках зон дробления, не обеспечивал упругий отпор тоннельной обделке. Незамкнутая, с отсутствующим обратным сводом, в отсутствии рабочей арматуры, бетонная обделка, представлявшая из себя арку без опор под пятнами, под воздействием внутреннего напора начала разрушаться, что в



**Октябрь 2022 г. За месяц провал за порталами ДТ-2, ДТ-3 и ДТ-4 увеличился ориентировочно до 500 тыс. м<sup>3</sup>**



**Устройство грунтовой упорной призмы в районе водоприемников строительных тоннелей**

конце концов привело к провалу над ДТ-2, где мощность породного целика над сводом была наименьшая, а затем над ДТ-3 и ДТ-4.

В целях стабилизации склона над входными участками строительных тоннелей и исключения риска обрушений склона в период эксплуатации гидроузла были вынуждены принять решение об устройстве грунтовой упорной призмы объемом более семисот тысяч кубометров.

Анализ причин аварии в строительных тоннелях ГЭС Субансири Нижняя позволяет сделать следующие выводы.

1. Нельзя экономить на объеме инженерно-геологических изысканий, прежде всего на участках, выявляемых в процессе изысканий геологических нарушений.
2. В случае, если при проходке тоннелей вскрыты геологические разломы, зоны повышенной трещиноватости, в конструкцию обделки подземных сооружений, если это

требуется, оперативно должны быть внесены соответствующие изменения.

3. При определении конструктивных параметров строительных тоннелей необходимо учитывать возможность продолжительности их эксплуатации, превышающей расчетную.

4. Если сток реки содержит большой объем абразивного твердого материала, бетон лотка строительных тоннелей должен быть максимально стойким к истиранию. Целесообразно рассматривать применение в таких случаях бетона, содержащего фибру.

5. Необходимо детально рассматривать вопрос устойчивости крутых склонов с учетом влияния тоннельных работ и строительства дорог, располагаемых на склонах.

**Для связи с автором**

Жуков Владимир Николаевич  
[zh4\\_vladimir@mail.ru](mailto:zh4_vladimir@mail.ru)



# ПРИМЕНЕНИЕ «ЗЕЛЕННЫХ» И НИЗКОУГЛЕРОДНЫХ РЕШЕНИЙ НА КИТАЙСКОМ МЕТРОПОЛИТЕНЕ

## APPLICATION OF 'GREEN' AND LOW-CARBON SOLUTIONS ON THE CHINESE METRO

Д. С. Конюхов, д. т. н., АО «Мосинжпроект»

D. S. Konyukhov, Doctor of Technical Sciences, Mosinzhproekt JSC

На примере станции «Chengdu Road» на 8-й линии Тяньцзиньского метрополитена (КНР) анализируются технические решения по продвижению «зеленого» и низкоуглеродного развития метрополитенов в отношении обеспечения здоровой окружающей среды, экономии ресурсов и эксплуатационных затрат. «Зеленая» и низкоуглеродная концепция интегрирована в весь жизненный процесс метрополитена, охватывая станции, транспортные средства, кондиционирование воздуха, строительные материалы и т. д.

*On the example of Chengdu Road station on Line 8 of Tianjin Metro (China) the technical solutions to promote 'green' and low-carbon development of subways are analysed with respect to ensuring healthy environment, saving resources and operating costs. 'Green' and low-carbon concept is integrated into the whole life process of metro, covering stations, vehicles, air conditioning, building materials, etc..*



Рис. 1. Визуализация станции «Chengdu Road»

В условиях скачкообразного роста китайской экономики выбросы углекислого газа на транспорте демонстрируют устойчивую тенденцию к повышению. При этом метрополитен как электрифицированный вид транспорта, удобный, чистый и эффективный, является важным элементом создания экологически чистых городов и развития «зеленого» транспорта в городских агломерациях и в последние годы переживает бурное развитие. Исследование и применение «зеленых» и низкоуглеродных эксплуатационно-технических решений в метрополитене имеет целью снижение энергопотребления, выбросов парниковых газов, повышение эффективности использования энергии, оптимизацию транспортной системы и содействие устойчивому развитию городского рельсового транспорта. В 2009 г. в КНР предложена концепция строительства «зеленого городского рельсового транспор-

та» для всей страны на основе применения «зеленых» технических решений на протяжении всего жизненного цикла метрополитена, что в итоге позволило сократить потребление энергии на 20 %.

В последние годы в Китае уделяется большое внимание развитию «зеленого» городского рельсового транспорта. Многие города – Пекин, Шанхай, Шэньчжэнь, Чэнду, Гуанчжоу, Шэньян, Нанкин, Сиань и Харбин – изучают возможности его внедрения. На различных этапах планирования, проектирования, строительства и эксплуатации метрополитена на протяжении всего жизненного цикла осуществлено множество мер по внедрению «зеленых» технических решений, что позволило максимально сохранить ресурсы и защитить окружающую среду, а также обеспечить людям безопасную, комфортную и удобную систему перевозок.

В статье на примере станции «Чэнду»

(«Chengdu Road») на 8-й линии Тяньцзиньского метрополитена анализируются основные «зеленые» и низкоуглеродные технические решения, которые применяются для «зеленого» развития отрасли рельсового транспорта [1].

Указанная станция подземная, двухуровневая, с островной платформой. Первый подземный уровень – станционный зал. В небольшой его части расположены помещения для оборудования и управления, а в центральной части – общественная зона. Второй подземный этаж – платформенный, с помещениями для оборудования в обоих концах платформенного уровня и общественной зоной в центре. Станция имеет три входа и выхода (рис. 1).

Проект первой очереди 8-й линии Тяньцзиньского метрополитена был разработан на основе анализа технико-экономического обоснования в соответствии с такими

стандартами как «Кодекс проектирования метрополитена» GB50157-2013 и «Стандарт проектирования городского рельсового транспорта» DGJ08-109-2017, с относительно высоким уровнем базовой безопасности. Основная конструкция станции метро и конструктивные элементы, которые не могут быть заменены в процессе эксплуатации, должны быть рассчитаны на долговечность в соответствии с требованием расчетного срока службы в 100 лет в зависимости от категории среды использования. Уровень безопасности конструкции станции метрополитена – 1.

Для наружной отделки здания использовано фторсодержащее покрытие на водной основе, а для внутренней отделки стен – моющееся покрытие (допускается 5000 обработок). Для пола принята керамическая плитка с хорошей износостойкостью (глазурованная и неглазурованная). Долговечность водонепроницаемых и герметизирующих материалов соответствует действующему национальному стандарту GB/T35609 «Оценка экологичности водонепроницаемых и герметизирующих материалов». В системе водоснабжения внутри помещений используются трубы из нержавеющей стали, а в электрической системе – огнестойкие кабели, в том числе с низким выделением дыма и галогенов. Кратность открытия и закрытия дверей и окон в два раза превышает требования соответствующих стандартов, срок службы водяных форсунок – в 1,2 раза, а срок службы клапанов – в 1,5 раза.

Защитные ограждения в общественных зонах или доступных зонах станции оборудованы защитными перилами из нержавеющей стали высотой 1,2 м, с расстоянием между вертикальными стойками не более 110 мм; все ограждения выполнены из ламинированного закаленного стекла для предотвращения опасности падения с высоты.

В общественных зонах и в помещениях управления станции установлены датчики состояния окружающей среды, которые осуществляют комплексный мониторинг температуры, влажности, концентрации углекислого газа, датчики PM2.5 (улавливают твердые частицы размером менее 2,5 микрон) и PM10 (то же менее 10 микрон), датчики шума и т. д., обеспечивая мониторинг и отображение состояния окружающей среды внутри станции. В общей сложности размещено 12 датчиков температуры и влажности, 2 датчика концентрации CO<sub>2</sub>, 2 датчика PM2.5 и PM10, в том числе на уровне станционного зала 6 датчиков температуры и влажности, 4 датчика концентрации CO<sub>2</sub> и 4 датчика PM2.5 и PM10 будут установлены, а в помещении для управления оборудованием и персоналом – 18 дат-

чиков температуры и 18 датчиков PM2.5 и PM10. Схема системы мониторинга качества воздуха проекта охватывает уровень станционного зала, уровень платформы и комнату управления станцией, и может непрерывно измерять и отображать запись и передачу данных с интервалом фиксации 10 минут, может хранить данные не менее одного года. Схема расположения точек мониторинга PM2.5 и PM10 показана на рис. 2.

Для снижения воздействия эха в зале станции метрополитена на верхней части и стенах зала станции и платформы установлены соответствующие диффузоры, обеспечивающие беспомеховые условия для прослушивания сообщений. Кроме того, при проектировании было выбрано малошумное и стабильно работающее оборудование (кондиционеры, вентиляторы, холодильники и водяные насосы). А для оборудования, создающего шум и вибрацию, предусмотрены меры по звуко- и виброизоляции. Например, на приточных и вытяжных каналах вентиляционной системы кондиционирования воздуха на станции установлены шумоглушители, а перед и за вентиляторами вентиляционной системы тоннеля – шумоглушители. В то же время в различных залах станции с размещением компьютеров установлены звукоизолирующие стены и двери, а на стены и верхние поверхности при необходимости были наклеены звукопоглощающие материалы.

Помещение для кондиционирования воздуха главной системы на станции оборудовано комбинированными кондиционерами, вентиляторами свежего воздуха и вентиляторами возврата/вытяжки. Малые системы делятся на четыре категории в зависимости от требований к внутренней среде:

- в системе кондиционирования и охлаждения подстанции подземной станции используется система кондиционирования с первичным возвратом отработанного воздуха, а вентиляционная установка оснащена фильтром начальной эффективности;
- в помещении слаботочного оборудования предусмотрена система кондиционирования

с первичным возвратом воздуха;

- в качестве резервного кондиционера в таких помещениях как компьютерный зал слаботочной системы, зал оборудования связи и зал сигнального оборудования установлена многолинейная система охлаждения с переменной частотой, мощность которой регулируется в зависимости от тепла, выделяемого оборудованием;
- здания управления и офисов оборудованы многоблочными системами кондиционирования воздуха с переменной частотой нагрева и охлаждения, внутренние блоки которых встроены в потолок, а наружные расположены на уровне земли.

Одновременно установлены новый воздушный блок и система вентиляции, которые используют один и тот же трубопровод. Новая воздушная установка обеспечивает объем свежего воздуха в сезон кондиционирования, а система вентиляции – за потребности в вентиляции в обычное время. Кондиционеры главной системы станции оснащены устройствами начальной фильтрации, очистки и дезинфекции воздуха; кондиционеры малой системы – фильтрами начальной эффективности или фильтрами начальной эффективности + средней эффективности в соответствии с технологическими требованиями. В блоке кондиционирования воздуха главной системы станции используется устройство очистки и дезинфекции воздуха с высоким статическим давлением, смонтированное в комбинированном блоке кондиционирования воздуха в общественной зоне. Небольшая обводная труба свежего воздуха и системы кондиционирования воздуха коммуникационных, сигнальных и других помещений с маломощными двигателями в общественной зоне и в аппаратной оснащены устройством очистки и дезинфекции воздуха трубопроводного типа, эффективность которого составляет не менее 95 %.

Для светильников в общественных зонах, зонах оборудования и подземных участках станции используются светодиодные источники освещения. Для аварийного пожарного эвакуационного освещения, сигнальных ламп

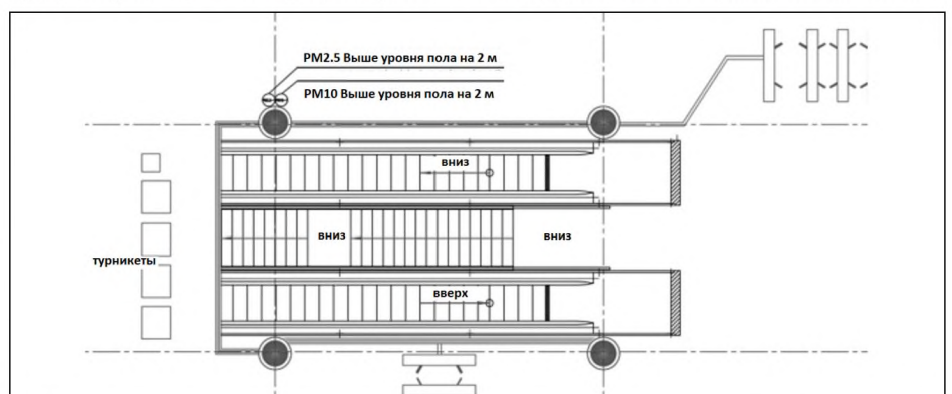


Рис. 2. Схема расположения точек мониторинга PM2.5 и PM10



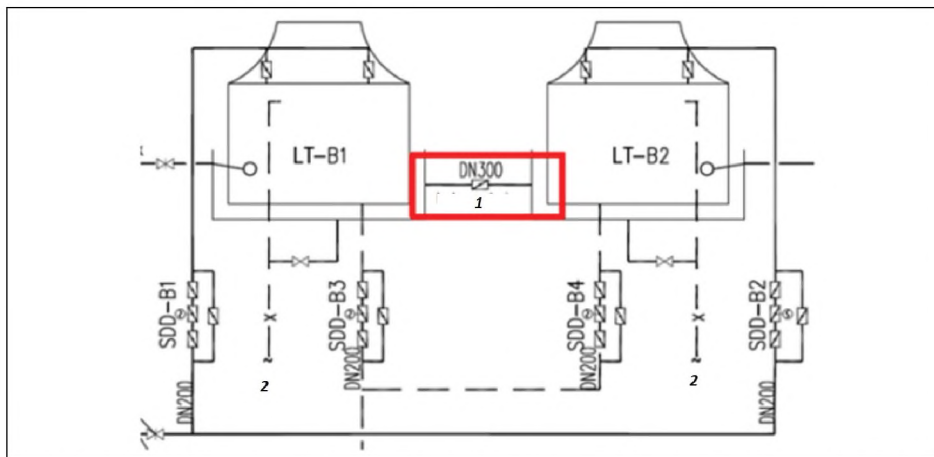


Рис. 3. Схема экономии воды для оборудования кондиционирования воздуха: 1 – уравнивательная труба; 2 – отвод в дренажную трубу

безопасного выхода и указателей эвакуации используются светильники типа А со светодиодными источниками света. За исключением ламп, питаемых от безопасного низкого напряжения, все остальные лампы относятся к классу I. Кроме того, эвакуационное освещение и сигнальные лампы эвакуации также имеют светодиодные источники.

Водяной насос и вентилятор оснащены высокоэффективным оборудованием, соответствующим национальным стандартам энергосбережения, а в эскалаторе используется энергосберегающее управление с частотным преобразованием.

Выбор расчетных параметров для дизайна нагрузки кондиционирования воздуха на описываемой станции был спрогнозирован с помощью программы моделирования среды метро SES, которая включает ключевые параметры, влияющие на нагрузку, такие как начальные, конечные и долгосрочные изменения температуры в тоннеле, а также неорганизованный инфильтрационный поток воздуха. Среди них нагрузка поршневого эффекта движения воздуха, вызванная разностью энтальпии вследствие движения воздуха в тоннеле и в общественной зоне, составила 154,3 кВт, а нагрузка инфильтрационного ветра на входе и выходе, вызванная отрицательным давлением из-за поршневого эффекта движения воздуха, составила 82,84 кВт.

Система кондиционирования воздуха, система водоснабжения и вентиляция градирни используют технологию частотно-регулируемой скорости для снижения энергопотребления при кондиционировании воздуха. При определении кондиционеров для объекта были выбраны продукты, отвечающие требованиям стандарта энергосбережения уровня 1 по коэффициенту энергоэффективности. В системе станции используются два винтовых агрегата с водяным охлаждением и номинальной холодопроизводительностью 758,3 кВт. Температура охлаждающей воды на входе и выходе составляет 32/37 °С, а КПД

равен 5,72, что на 12,16 % выше стандартного требования 5,10. В малой системе используется многоблочная система кондиционирования воздуха с двумя блоками холодопроизводительностью 73 кВт и комплексным коэффициентом холодопроизводительности (IPLV) не менее 4,47; два блока холодопроизводительностью 22,4 кВт должны иметь IPLV не менее 4,53; один блок холодопроизводительностью 157 кВт должен иметь IPLV не менее 4,35 (выше стандартного значения на 16 % и более). Большая система кондиционирования воздуха оснащена трехуровневым управлением (местным, станционным и центральным), а малая система – двухуровневым (местным и станционным). Для достижения энергосберегающего режима работы вентилятор кондиционера оснащен регулятором переменной частоты, который может регулировать объем воздуха в зависимости от изменения нагрузки.

После моделирования энергопотребления систем кондиционирования и освещения на станции было установлено, что расчетное энергопотребление на 20,7 % ниже, чем энергопотребление эталонного здания по действующему отраслевому стандарту JGJ/T 449 для расчета «зеленых» характеристик гражданских зданий.

Уровень эффективности использования воды в сантехнических приборах, принятых в проекте, достиг 1. В то же время создана система удаленного учета воды: удаленные водосчетчики установлены на городской водопроводной сети, водопроводе градирни, водопроводе расширительного бака и водопроводе ванной комнаты. Эксплуатирующие компании метрополитена могут учитывать данные, загруженные с водосчетчика, для мониторинга утечек в трубопроводе, своевременного выявления мест утечки и обеспечения того, чтобы годовой уровень утечки был ниже требуемого уровня в 5 %. Во избежание перелива охлаждающей воды при остановке соответствующего насоса система цир-

куляции охлаждающей воды кондиционера в проекте оснащена балансировочной трубой, как показано на рис. 3.

Платформа системы управления энергопотреблением подключена к диспетчерскому центру Комплексного центра управления Хуаюань и выполняет такие функции как мониторинг данных энергопотребления, сравнение регионального энергопотребления, измерение энергопотребления и мониторинг работы в режиме реального времени. Каждый пункт потребления энергии на станции оснащен измерительными приборами для измерения в реальном времени. В проекте используется система BAS для анализа энергопотребления кондиционеров, освещения и другого оборудования, чтобы добиться оптимизации работы оборудования системы. Системы связи, сигнализации, водоснабжения и водоотведения, эскалаторы, двери платформы и другие специальные системы оцениваются на основе общего потребления электроэнергии подсистемами. Эскалаторы от платформы до станционного зала оцениваются отдельно.

В проекте предусмотрена отдельная комната матери и ребенка, в которой имеются столы для ухода за ребенком, мусорные емкости, столы для хранения вещей, розетки и другое для экстренного использования пассажирами. Туалетные комнаты расположены в общественной зоне на этаже платформы. На станции уложено рациональное, практичное и удобное тактильное покрытие пола, а в общественном пространстве сформирована непрерывная безбарьерная система. Внутренний дизайн станции учитывает потребности пожилых людей и детей, а такие объекты как умывальники, сиденья и входные турникеты в туалете не имеют острых выступов. Комплексные информационные указатели и указатели доступности внутри станции привлекают внимание и легко распознаются.

### Ключевые слова

Отделка стен, мониторинг качества воздуха, звукопоглощающие материалы, кондиционирование воздуха.

Wall Decoration, Air Quality Monitoring, Sound Absorbing Materials, Air Conditioning.

### Список литературы

1. Haizhu Zhou, Guanghui Dong, Lining Zhou, Rui Ma, Xiaofeng Chen, Liang Meng. Analysis of Green Technologies in Urban Rail Transit // E3S Web of Conferences 565, 03002 (2024)

### Для связи с автором

Конюхов Дмитрий Сергеевич  
gidrotehnik@inbox.ru



## ОСНОВОПОЛОЖНИК ТЕОРИИ МЕТОДА ЗАМОРАЖИВАНИЯ ГРУНТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

**В прошлом году исполнилось 120 лет со дня рождения ученого-горняка Николая Григорьевича Трупака. Его последователи, сотрудники кафедры Московского политехнического университета (Мосполитех), являющейся членом Тоннельной ассоциации России, хотят напомнить о научном творчестве этого замечательного ученого.**

**Н**иколай Григорьевич Трупака – советский учёный-горняк, основоположник теории метода замораживания грунтов при строительстве подземных сооружений. Доктор технических наук, профессор, лауреат Сталинской и Государственной премий СССР, заслуженный деятель науки и техники РСФСР.

Родился Николай Григорьевич 30 апреля 1903 г. на Донбассе.

Окончив Лисичанское горное училище, стал работать помощником заведующего шахтой № 28–29, а затем заведующим шахтой № 32 рудоуправления Боковоантрацит. В 1923 г. направлен на учёбу в Московскую горную академию, по окончании которой в первом выпуске горных инженеров шахтного строительства в 1930 г. был оставлен на научно-педагогической работе. С 1931 г. работал ассистентом кафедры шахтного строительства Московского горного института. С 1933 г. работал на строительстве Московского метрополитена, был начальником работ по замораживанию грунтов. В 1936–1939 гг. трудился в проектно-исследовательском секторе Московского горного института. В 1939 г. избран доцентом Всесоюзной промышленной академии.

С началом Великой Отечественной войны эвакуирован на Алтай, был начальником специальных работ. Вернувшись в Москву, с 1945 г. работал в тресте «Центроспецстрой» сначала консультантом, а затем главным инженером проектов.

Н. Г. Трупака, еще будучи студентом, первым в нашей стране применил способ искусственного замораживания пород при сооружении горных выработок. Первые промышленные внедрения этого способа осуществлялись под его руководством на строительстве

станций метро «Лермонтовская» («Красные Ворота»), «Кировская» («Чистые пруды») и «Дзержинская» («Лубянка») первой очереди Московского метрополитена.

За коренное усовершенствование метода производства работ по искусственному замораживанию грунтов и широкое внедрение его в практику строительства подземных сооружений Николаю Григорьевичу совместно с руководителем Конторы специальных способов работ Метростроя Я. А. Дорманом в 1945 г. было присвоено звание лауреата Сталинской премии.

С применением способа искусственного замораживания и на основе расчетов, разработанных Н. Г. Трупаком, были освоены такие месторождения, как Белозерское в Запорожье, Солигорское в Белоруссии, Березниковское на Урале, Верхнекамское калийное месторождение, Верхне-Камские калийные месторождения на Северном Урале, Калининградские, Волгоградские калийные месторождения, алмазные месторождения в Якутии и ряд других, особенностью которых является наличие статических и динамических запасов естественных рассолов в покрывающих горных породах, обладающих высокими напорами – до 6 МПа и значительными водопритоками – до 5000 м<sup>3</sup>/ч, Яковлевское месторождение Курской магнитной аномалии, Добруджанское угольное месторождение в Польше, Паньци-Сецяоское угольное месторождение в Китае, в Германии, Канаде, Англии и многих других странах.

В связи с этим до сих пор являются востребованными оригинальные труды Н. Г. Трупака: «Цементация трещиноватых пород в горном деле», «Проведение горных выработок специ-

альными способами», «Замораживание горных пород при проходке стволов», «Замораживание грунтов в строительстве» и др.

В настоящее время значительно увеличивается глубина применения способа замораживания. Так, в Канаде проектируется замораживание на глубину 700–920 м, в нашей стране, на Гремячинском месторождении выполнено замораживание до глубины 800 м, на Калининградских месторождениях до 700 м. И везде используются теоретические разработки Н. Г. Трупака.

В 1949 г. Н. Г. Трупака избран доцентом Всесоюзного заочного политехнического института. Вплоть до 1971 г. был деканом горного факультета.

В 1988 г. Н. Г. Трупаку присуждена Государственная премия СССР «за разработку и внедрение технологии строительства шахтных стволов с применением низкотемпературного замораживания горных пород».

В настоящее время Всесоюзный заочный политехнический институт (Открытый университет имени В. С. Черномырдина), где долгие годы трудился Николай Григорьевич, входит в состав Московского политехнического университета (Мосполитех). Продолжателем работ Н. Г. Трупака по замораживанию грунтов является кафедра техники и технологии горного и нефтегазового производства.

На кафедре ведутся разработки по исследованию параметров низкотемпературного замораживания, влияния буровзрывных работ на устойчивость замораживающих колонок, исследования влияния процессов, где по-прежнему востребованы труды Николая Григорьевича Трупака.

## ПАМЯТИ ЛЬВА ВЕНИАМИНОВИЧА МАКОВСКОГО



**01.02.1941 – 07.01.2025**

**7 января 2025 г. в результате скорпостижной смерти Льва Вениаминовича Маковского тоннельное сообщество потеряло замечательного профессионала в области подземного строительства, ученого, воспитателя сотен специалистов, профессора, кандидата технических наук, заведующего секцией мостов и тоннелей Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ).**

Лев Вениаминович – один из ведущих в нашей стране специалистов в области исследований, проектирования и строительства автодорожных тоннелей, ученый в области конструкций, методов расчета и технологии строительства транспортных тоннелей и подземных сооружений в сложных инженерно-геологических и градостроительных условиях. На протяжении всей своей профессиональной деятельности Лев Вениаминович вел большую научную работу, участвовал в разработке и рецензировании нормативных документов по проектированию транспортных тоннелей и в работе экспертных комиссий, неоднократно читал лекции студентам и аспирантам, воспитал десятки инженерных и научных сотрудников, работающих в тоннельных организациях Москвы и всей России.

Лев Вениаминович является автором более 340 печатных трудов, 15 учебников, учебных пособий и монографий, 10 авторских свидетельств и 5 патентов на изобретения, а также статей в Горной, Строительно-архитектурной и Большой Российской энциклопедиях. Свою научную и педагогическую деятельность Л. В. Маковский успешно совмещал с общественной работой – он в течение многих лет являлся членом правления Тоннельной ассоциации России, входил в состав редколлегий журналов «Наука и техника в дорожной отрасли» и «Строительство и архитектура», а также в составы ученых и научно-технических советов министерств и ведомств.

За плодотворную учебно-методическую и научную деятельность Лев Вениаминович награжден медалью «850 лет Москвы», знаком «За отличные успехи в работе Высшей школы», удостоен званий «Почетный работник высшего профессионального образования», «Почетный строитель России», «Почетный транспортный строитель», «Почетный член Тоннельной ассоциации России», «Почетный дорожник России». За успехи в научной деятельности ему также вручена медаль им. М. В. Ломоносова.

Активная научно-педагогическая деятельность, принципиальность и добросовестность, а также замечательные человеческие качества, интеллигентность снискали Л. В. Маковскому заслуженное уважение в тоннельном сообществе.

Правление Тоннельной ассоциации России и редакция журнала «Метро и тоннели» выражают глубокое соболезнование родным и коллегам Льва Вениаминовича в связи с его безвременной кончиной.

Председатель правления  
Тоннельной ассоциации России

К. Н. Матвеев

Руководитель Исполнительной дирекции  
Тоннельной ассоциации России

А. Б. Лебедев

# ТВОРЧЕСКОЕ НАСЛЕДИЕ ПРОФЕССОРА Л. В. МАКОВСКОГО В ЖУРНАЛЕ «МЕТРО И ТОННЕЛИ»

Профессор МАДИ Маковский Лев Вениаминович (1941-2025), видный ученый в области подземного строительства и почетный член Тоннельной ассоциации России оставил следующим поколениям тоннелестроителей свои книги и учебники: «Строительство автодорожных и городских тоннелей» [1], «Проектирование автодорожных и городских тоннелей» [2], «Освещение автодорожных тоннелей» [3], «Вентиляция автодорожных тоннелей» [4]. В электронной научной библиотеке elibrary.ru на имя автора Л. В. Маковского зарегистрировано 160 научных трудов, включая 10 изобретений, а также 11 кандидатских диссертаций его аспирантов в 2005–2019 гг. Лев Вениаминович активно сотрудничал с редакционной коллегией журнала «Метро и тоннели», регулярно публикуя статьи, представляющие большой интерес для читателей. Редакция «Метро и тоннели», сделав пятилетний обзор содержания выпусков журнала, считает полезным для тоннельной отрасли в краткой форме проинформировать специалистов подземного строительства о содержании последних работ Л. В. Маковского, отдавая ему дань памяти.



На вручении диплома почетного члена Тоннельной ассоциации России Л. В. Маковскому, 2020 г.

## Подводные транспортные тоннели в Сибири и на Дальнем Востоке [5]

Рассматриваются проблемы развития транспортной инфраструктуры Сибири и Дальнего Востока, одной из которых является строительство мостовых и тоннельных пересечений крупных водных препятствий. Приведен краткий исторический обзор подводного тоннелестроения в России. Указаны основные особенности строительства тоннелей в условиях сурового климата, отмечаются их достоинства по сравнению с мостами. Большое внимание уделено двум крупным тоннельным переходам: через р. Енисей в районе Красноярска и через р. Амур в районе Хабаровска. Оба эти тоннеля имеют стратегическое значение и обеспечивают транспортную связь западных и восточных регионов России. В настоящее время намечена реконструк-

ция этих тоннелей. В качестве перспективных рассмотрены планы по строительству подводных тоннелей под р. Лена в районе г. Якутск, под проливом Невельского между материком и островом Сахалин и под Беринговым проливом между Россией и США. Указано на необходимость обобщения и анализа мирового опыта тоннелестроения и проведения научных исследований, результаты которых должны быть учтены при проектировании и строительстве подводных тоннелей в Сибири и на Дальнем Востоке.

## Конструкции тоннельных обделок сводчатого очертания с ребрами жесткости [6]

Рассмотрены конструктивные особенности обделок из набрызг-бетона с ребрами жесткости, предназначенных для тоннелей, сооружаемых горным способом в скальных

и полускальных грунтах средней крепости. Отмечены основные достоинства таких обделок по сравнению с массивными обделками из монолитного бетона и железобетона. Обделки с наружными ребрами жесткости позволяют сократить размеры поперечного сечения выработки, уменьшить объем разрабатываемого грунта и снизить стоимость строительства. Для устройства прорезей в грунтовом массиве могут быть использованы буровфрезерные агрегаты, применяемые для возведения опережающей бетонной крепи при проходке тоннелей. Указано, что для внедрения набрызг-бетонных обделок с наружными ребрами жесткости в практику тоннелестроения следует выполнить комплекс теоретических и экспериментальных исследований, по результатам которых разработать практические рекомендации.

## Крупнейшие высокогорные автодорожные тоннели [7]

Рассмотрены основные особенности строительства автодорожных тоннелей. Приведены примеры наиболее крупных автодорожных тоннелей в нашей стране и за рубежом. Наибольшее внимание уделено построенным и строящимся тоннелям в Китае, Индии, Афганистане, Азербайджане и Грузии. Указаны основные параметры этих тоннелей: длина, размеры поперечного сечения, высота расположения над уровнем моря. Охарактеризованы топографические, горно-геологические и природно-климатические условия. Уделено внимание вопросам защиты строящихся и эксплуатируемых тоннелей от неблагоприятных внешних воздействий. Для проектирования и строительства таких тоннелей возникает необходимость в разработке нормативных документов, регламентирующих требования к проектированию, строительству и эксплуатации высокогорных автодорожных тоннелей в Российской Федерации.

## Подводные тоннели под проливом Босфор в Стамбуле (Турция) [8]

Рассмотрены основные особенности проектирования и строительства трех крупных подводных транспортных тоннелей под проливом Босфор в Стамбуле (Турция). Обращено внимание на сложные условия, которые характеризуются интенсивным судоходством и высокой сейсмической активностью. Приведены характеристики двух эксплуатируемых тоннелей: железнодорожного Мармарай и двухъярусного автодорожного Евразия. Строительство этих тоннелей на береговых участках вели щитовым способом, а на подводном участке способом опускных секций. Уделено внимание строящемуся в настоящее время первому в мире трехъярусному подводному тоннелю Большой Стамбульский. Его проходку на всем протяжении ведут щитовым способом. Для этого был сконструирован и изготовлен механизированный щитовой агрегат диаметром 19 м. Тоннельные пересечения пролива Босфор способствуют упорядочению движения железнодорожных составов, поездов метрополитена, а также легковых автомобилей и микроавтобусов, и оздоровлению экологической ситуации в Стамбуле.

## Проблемы обеспечения безопасности строящихся и эксплуатируемых автодорожных тоннелей [9]

В статье рассмотрены и проанализированы данные отечественного и зарубежного опыта, касающиеся обеспечения безопасности строящихся и эксплуатируемых

автотранспортных тоннелей. Приведены примеры крупных горных, подводных и городских тоннелей в России и ряде европейских стран, в процессе строительства и эксплуатации которых возникали нештатные аварийные ситуации, сопровождающиеся гибелью людей. Приведены наиболее эффективные меры по предупреждению таких ситуаций и по ликвидации их последствий. Уделено внимание внедрению новых технологий, включая информационное моделирование (BIM), позволяющих оценить степень безопасности, как в процессе строительства, так и эксплуатации тоннеля, и выработать необходимые меры. Отмечается, что в настоящее время в ряде стран используется европейская программа безопасности автодорожных тоннелей – Euro TAP, которая включает систематическое тестирование наиболее крупных автодорожных тоннелей с целью снижения аварийности. В нашей стране следует разработать единую концепцию безопасности строящихся и эксплуатируемых тоннелей и создать необходимую нормативную базу.

## Уникальные подводные тоннели будущего [10]

Рассмотрены перспективы строительства ряда уникальных подводных транспортных тоннелей в нашей стране и за рубежом. Среди них – тоннели через Берингов пролив, с материка на остров Сахалин, под Бохайским заливом в Китае, под Гибралтарским проливом между Испанией и Марокко, под Персидским и Финским заливами, под фиордами в Норвегии и другие. Длина этих тоннелей составляет от 10 до 100 км и более, глубина заложения – до 300 м от поверхности воды. В зависимости от конкретных топографических, инженерно-геологических, гидрологических и климатических условий строительство тоннелей предполагается щитовым способом или способом опускных секций. Сроки строительства тоннелей зависят от их длины и могут достигать 10–15 лет, а ориентировочная стоимость – от 20 до 50 млрд долларов. Обращено внимание на основные проблемы, которые могут возникнуть при проектировании, строительстве и эксплуатации столь протяженных тоннелей. Отмечено, что для решения этих проблем необходимо проведение теоретических и экспериментальных исследований с привлечением инновационных компьютерных технологий. По результатам исследований должны быть разработаны нормативные документы, регламентирующие требования к объемно-планировочным, конструктивно-технологическим решениям, средствам экологической защиты и др. на всех этапах строительства и эксплуатации тоннелей.

## Щитовая проходка: механизированный щит с телескопическим корпусом для непрерывной проходки тоннелей [11]

Рассмотрены современное состояние и перспективы развития щитовой техники в тоннелестроении. Основное внимание уделено разработанному германской фирмой «Херренкнехт» новому типу механизированного щита с телескопическим корпусом, позволяющему вести непрерывную проходку тоннелей в мягких грунтах. Приведены конструктивные особенности щита, состоящего из двух расположенных внахлест оболочек, под защитой которых ведется разработка грунта и возведение обделки тоннеля. Рабочий орган щита роторного типа оснащен режущими инструментами для разработки грунта, ковшовыми устройствами и транспортером для его удаления. Приведены основные достоинства механизированного щита с телескопическим корпусом, среди которых высокие темпы, повышение производительности и снижение стоимости проходки. Новая технология уже применяется на строительстве тоннеля в Великобритании и намечена к использованию в Доминиканской Республике. Отмечается, что за создание механизированного щита с телескопическим корпусом фирма «Херренкнехт» признана победителем конкурса на Международной выставке «Bauma 2022».

## Подземное строительство в крупных городах Вьетнама [12]

В статье приведены примеры ряда построенных и строящихся тоннелей во Вьетнаме, таких как Кучи, Деока, Тхунтем и др. Рассмотрены инженерно-технологические особенности и характеристики этих подземных сооружений. Проанализированы проблемы и аварийные ситуации, которые возникали при строительстве тоннеля Хайван. Рассмотрены инженерные мероприятия и технологии, которые были успешно реализованы для ликвидации этих аварий. Анализируется начатое в 2012 г. строительство в городах Хошимин и Ханой двух городских железнодорожных систем, которые будут включать в себя сочетание метрополитена, трамвая и монорельса. Проект планируется реализовать к 2023 г. Рассмотрено текущее состояние подземной инфраструктуры в городах Ханой и Хошимин, а также обосновывается необходимость дальнейшего развития их подземного пространства.

## Целесообразность создания подводных паркингов в крупных городах [13]

Рассмотрены различные аспекты, касающиеся целесообразности строительства в Москве подводных паркингов. Дефицит

свободных территорий, возрастающие темпы автомобилизации, а также высокая стоимость земельных участков обуславливают необходимость создания внеуличных паркингов различного типа: подземных, полуподземных, рамповых, механизированных и автоматизированных. Весьма перспективными представляются подводные паркинги, идеи строительства которых появились в 2005 г. Было выделено 25 участков под протоками Москвы-реки, на которых предполагалось разместить систему многоярусных механизированных и автоматизированных паркингов для размещения в них до 15 тыс. легковых автомобилей. Уделено внимание проектным разработкам по созданию подводных паркингов в Санкт-Петербурге и Амстердаме. Отмечено, что при строительстве подводных паркингов должен учитываться мировой опыт сооружения подводных тоннелей с применением открытого, щитового и способа опускных секций.

### **Самый протяженный подводный тоннель в России [14]**

Рассмотрены вопросы проектирования и строительства крупнейшего в России подводного железнодорожного тоннеля длиной 7,2 км под р. Амур в районе г. Хабаровска. Приведены краткие сведения об истории создания этого тоннеля и его функционирование в период Великой Отечественной войны, а также с 1964 г. по настоящее время. Приведены основные особенности трассирования тоннеля и разработки конструктивно-технологических решений. При строительстве тоннеля на береговых участках применяли горный и открытый способы работ с возведением монолитной обделки из бетона и железобетона, а в подрусовой части – щитовой способ работ со сборной обделкой из чугунных тубингов. Уделено внимание эксплуатационным устройствам и оборудованию тоннеля, а также мерам по защите тоннеля в случае военных действий. В настоящее время намечена реконструкция тоннельного перехода, предусматривающая строительство параллельного тоннеля рядом с существующим тоннелем, что значительно повысит пропускную способность Транссибирской магистрали.

### **Перспективные технологии разработки скальных пород в тоннелестроении [15]**

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 спо-

собами. 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.

### **Тоннель на остров Сахалин [16]**

Анализируется опыт и перспективы строительства крупнейшего подводного транспортного тоннеля под Татарским проливом для постоянной связи материка с островом Сахалин. Характеризуются топографические, инженерно-геологические, климатические и сейсмические условия района строительства. Приведены различные варианты пересечения пролива с возведением тоннельного, мостового и комбинированного тоннельно-мостового перехода, отмечены их основные достоинства и недостатки. Рассмотрены конструктивные решения и технологические схемы проходки береговых и подводного участков, принятые при строительстве тоннеля в 40-х и 50-х годах XX века, и отмечены причины прекращения его строительства. Указано на необходимость возобновления строительства транспортного перехода через Татарский пролив после тщательной проработки и технико-экономического сравнения всех представленных вариантов. Отмечается, что наиболее эффективным средством преодоления пролива является подводный тоннель.

### **Опережающая забойная крепь из фиброгласовых нагелей [17]**

Анализируется опыт и перспективы использования фиброгласовых нагелей в качестве опережающей забойной крепи в тоннелестроении. Рассматривается сущность технологии, область применения и основные технологические параметры. Приводится успешный мировой опыт проектирования и строительства тоннелей с применением данной технологии. Анализируются исследования аспиранта кафедры мостов и тоннелей МАДИ напряжённно-деформированного состояния системы «опережающая крепь из фиброгласовых нагелей – грунтовый массив» на различных этапах проходки тоннеля. Отмечаются перспективы использования данной технологии в отечественной практике тоннелестроения.

### **Список литературы**

1. Строительство автодорожных и городских тоннелей: учебник / Под ред. проф. Л. В. Маковского. – М. РИОР: ИНФРА-М, 2014. – 397 с.
2. Маковский Л. В., Кравченко В. В., Сула Н. А. Проектирование автодорожных и городских тоннелей: учебник. – М: КНОРУС, 2022. – 534 с.
3. Маковский Л. В., Евстигнеева Н. А. Освещение автодорожных тоннелей: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобильные дороги и аэродромы» направления подготовки «Транспортное строительство» / Москва, 2010.
4. Маковский Л. В., Трофименко Ю. В., Евстигнеева Н. А. Вентиляция автодорожных тоннелей: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобильные дороги и аэродромы» направления подготовки «Транспортное строительство» / Москва, 2009.
5. Маковский Л. В., Кравченко В. В. Подводные транспортные тоннели в Сибири и на Дальнем Востоке // Метро и тоннели. 2024. № 1. С. 28–29.
6. Маковский Л. В., Кравченко В. В. Конструкции тоннельных обделок сводчатого очертания с ребрами жесткости // Метро и тоннели. 2024. № 2. С. 20–21.
7. Маковский Л. В., Кравченко В. В. Крупнейшие высокогорные автодорожные тоннели // Метро и тоннели. 2024. № 2. С. 8–10.
8. Маковский Л. В., Кравченко В. В. Подводные тоннели под проливом Босфор в Стамбуле (Турция) // Метро и тоннели. 2024. № 4. С. 24–26.
9. Маковский Л. В., Кравченко В. В. Проблемы обеспечения безопасности строящихся и эксплуатируемых автодорожных тоннелей // Метро и тоннели. 2023. № 1. С. 41–43.
10. Маковский Л. В., Кравченко В. В. Уникальные подводные тоннели будущего // Метро и тоннели. 2023. № 2. С. 43–46.
11. Маковский Л. В., Кравченко В. В. Щитовая проходка: механизированный щит с телескопическим корпусом для непрерывной проходки тоннелей // Метро и тоннели. 2023. № 4. С. 34–35.
12. Маковский Л. В., Кравченко В. В. Подземное строительство в крупных городах Вьетнама // Метро и тоннели. 2022. № 2. С. 38–40.
13. Маковский Л. В., Кравченко В. В. Целесообразность создания подводных паркингов в крупных городах // Метро и тоннели. 2022. № 4. С. 32–33.
14. Маковский Л. В., Кравченко В. В. Самый протяженный подводный тоннель в России // Метро и тоннели. 2021. № 2. С. 32–33.
15. Маковский Л. В., Кравченко В. В. Перспективные технологии разработки скальных пород в тоннелестроении // Метро и тоннели. 2021. № 4. С. 34–36.
16. Маковский Л. В., Кравченко В. В. Тоннель на остров Сахалин // Метро и тоннели. 2020. № 2. С. 54–56.
17. Маковский Л. В., Кравченко В. В. Опережающая забойная крепь из фиброгласовых нагелей // Метро и тоннели. 2020. № 4. С. 16–18.

## ПАМЯТИ ЕВГЕНИЯ МЕРКУРЬЕВИЧА ПАШКИНА



**30.12.1933 – 09.01.2025**

Тоннельная ассоциация России с глубоким прискорбием сообщает, что 9 января 2025 г. в возрасте 91 года скончался доктор геолого-минералогических наук, профессор Евгений Меркурьевич Пашкин – крупнейший ученый в области методологии инженерно-геологических исследований в подземном строительстве.

После окончания в 1957 г. Московского геологоразведочного института (МГРИ), Е. М. Пашкин начал работать в институте «Метрогипротранс» и затем в институте «Гидроспецпроект», где руководил инженерно-геологическими изысканиями ряда трасс Московского метрополитена, а также проектированием и строительством подземных сооружений Нурекской, Токтогульской, Рогунской и многих других гидроэлектростанций страны, совме-

щая работу с преподаванием в МГРИ.

Им заложено новое научное направление инженерной геологии – инженерно-геологическая диагностика деформаций памятников архитектуры, которое впоследствии заняло значительное место в творческой жизни Евгения Меркурьевича, одного из руководителей Всесоюзного общества охраны памятников истории и культуры (ВООПИК), в котором за активную и плодотворную работу в 1994 г. он удостоился звания «Заслуженный деятель искусств Российской Федерации», а за успешную педагогическую деятельность в 1998 г. – звания «Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации».

Являясь почетным членом Тоннельной ассоциации России, Евгений Меркурьевич до последних дней принимал активное участие во Всероссийских и Международных конференциях в области подземных сооружений, щедро делился своим богатым и неоценимым опытом проведения инженерно-геологических исследований в таких зонах.

Правление Тоннельной ассоциации России выражает глубокое соболезнование родным и коллегам Евгения Меркурьевича в связи с тяжелой утратой.

Председатель правления  
Тоннельной ассоциации России

К. Н. Матвеев

Руководитель Исполнительной дирекции  
Тоннельной ассоциации России

А. Б. Лебедев

# ТВОРЧЕСКОЕ НАСЛЕДИЕ ПРОФЕССОРА Е. М. ПАШКИНА В ЖУРНАЛЕ «МЕТРО И ТОННЕЛИ»

Профессор МГРИ Пашкин Евгений Меркурьевич (1933-2025), крупнейший ученый в области инженерной геологии и подземного строительства, почетный член Тоннельной ассоциации России оставил следующим поколениям геологов и тоннелестроителей свои монографии и учебники [1–5]. В электронной научной библиотеке elibrary.ru на имя автора Е. М. Пашкина зарегистрировано более 90 научных трудов, включая 5 диссертаций его аспирантов и докторанта в 2000–2016 гг. Редакция «Метро и тоннели», сделав двенадцатилетний обзор содержания выпусков журнала, считает полезным для общего тоннельного дела в краткой форме проинформировать специалистов подземного строительства о содержании печатных работ Е. М. Пашкина, отдавая ему дань памяти.

## Современная роль инженерной геологии и гидрогеологии при освоении подземного пространства мегаполисов [6]

Авторы статьи постулируют взгляды на современное положение гидрогеологии и инженерной геологии на основе своего многолетнего опыта научной и преподавательской деятельности. Дается краткая историческая справка о становлении отечественной гидрогеологии и инженерной геологии. Анализируются основные достижения гидрогеологии и инженерной геологии, определяющие их место в науках о Земле. Излагаются взгляды авторов на состояние дел научной и практической работы в области гидрогеологических и инженерно-геологических исследований, в частности, дан анализ негативных факторов в инженерных изысканиях для строительства подземных сооружений, в деле подготовки инженерных кадров. Сформулированы некоторые рекомендации по дальнейшему развитию науки и практики в области гидрогеологии и инженерной геологии.

## О методах диагностики неоднородных инженерно-геологических условий при щитовой проходке тоннелей метрополитена [7]

Приведено описание методов диагностики неоднородных инженерно-геологических условий применительно к щитовой проходке тоннелей в условиях г. Москвы. Измерения технологических показателей проходки позволяют использовать при прогнозируемом диагностировании таких адресных характеристик грунтового массива, как водопритоки, уровень грунтовых вод, тип грунта, его состояние и физико-механические свойства (плотность и удельное сцепление). Информацию разведочных скважин с поверхности могут дополнить геологические описания извлеченного грунта из щита, а соотношения выделенных при этом литологических разностей горизонтально залегающих грунтов можно использовать для определения границ между ними в плоскости забоя. При диагностике плотности грунта установлено, что объем



На вручении диплома почетного члена Тоннельной ассоциации России Е. М. Пашкину, 2020 г.

извлекаемого песчаного грунта за цикл имеет значимую прямую связь с показателем его плотности в образцах. По измеренным показателям вращающего момента ротора можно диагностировать состояние грунтового массива в момент его взаимодействия с ротором, определяемого удельным сцеплением конгломератной смеси пород в забое.

## Станция «Маяковская» в моей жизни [8]

В истории станции в послевоенное время появились сначала шестивагонные, а несколько позднее восьмивагонные составы, сократились интервалы движения и увеличился коэффициент перегрузки вагонов, а тормозной путь начинался и заканчивался в пределах станции. Со всем этим было связано появление течей в парусах колонн. Автор как гидрогеолог внимательно следил за развитием этого процесса до тех пор, пока он не стал вызывать опасение. В течение нескольких лет без выявленной причины продолжались бессмысленные работы по преодолению течей в парусах с помощью инъекции растворов. Проводимые работы только ухудшили состояние станции. Причиной протечек на станции стали вибрационные нагрузки на глины, залегающие в подошве тоннелей. После их

уплотнения над сводами станционных тоннелей возникли зоны отлипания, выявленные геофизическими исследованиями. Проходил переток напорных вод из слоя известняков, попадающих в замкнутое пространство между смежными арками, откуда после потери герметизации швов между тубингами вода попадала в интерьер станции. Однако этот алгоритм причинно-следственных связей не был учтен при проектировании мероприятий по предотвращению течей на станции. Ликвидировали лишь следствия в виде трещин и пустот, возникших в заобделочном пространстве. Рано или поздно неликвидированная причина, случившаяся на станции «Маяковская», может повториться.

## Вклад академика Саваренского в строительство Московского метрополитена [9]

В статье дается оценка роли акад. Ф. П. Саваренского в организации инженерных изысканий на трассах первых линий Московского метрополитена, в создании экспертных комиссий и оценивается его работа как руководителя экспертных групп. Выработанные Ф. П. Саваренским в первые годы сооружения Московского метрополитена требования к оценке геологических условий Москвы,



а также найденные адекватные этим условиям технические решения по проходке тоннелей, стали нормой для строительства последующих трасс метрополитена.

### Оптимизация геологических изысканий для проектирования метрополитена в Москве [10]

Специфика технологии проходки тоннелей с использованием щитовых ТПМК существенно меняет отношение к инженерно-геологической информации, необходимой для выбора и реализации вариантов проходки. Детальные геологические изыскания не следует проводить равномерно по всей трассе перегонных тоннелей метро, а только на участках, вызывающих опасения, и в местах планируемого размещения станций и сооружений, возводимых специальными методами проходки. Необходимо создать Фонд по депонированию, анализу и переводу на цифровые носители данных изысканий прошлых лет и поступающую в настоящее время информацию. Необходимо провести типизацию инженерно-геологических условий по фондовым материалам с использованием обратной информационной связи по пройденным тоннелям с применением ТПМК.

### Разработка технологической типизации инженерно-геологических условий строительства метрополитена в Москве [11]

Использование ТПМК с принципиально иными условиями взаимодействия внутри природно-технической системы «ТПМК – геологическая среда» приводит к необходимости по-новому на системном уровне формировать структуру этих взаимодействий с геологической средой. Выделение геологических типов по фондовым и корректирующим материалам, дополненным технологическими параметрами, позволит разработать технологические карты с указанием основных операций и необходимых для проходки тоннелей режимов.

### Инженерно-геологические проблемы строительства Московского метрополитена [12]

Гидрогеологические условия сооружения в Москве метрополитена оказались настолько сложными, что к ним не были готовы не только отечественные специалисты, но и зарубежные. Особую трудность представляла сильная обводненность мелкозернистых глинистых песков, которые разнородны по механическому составу и с тонкими прослоями суглинков. По данным откачек воды эти толщи отличались малой водопроницаемостью, очень слабой водоотдачей и малыми радиусами осушения. Уже на первых этапах проектирования

Московского метрополитена в пестрых и разнородных по своим свойствам породах был определен наиболее благоприятный коридор для проходки в нем тоннелей и станций.

Одним из важных результатов этого следует считать анализ возможных способов проходки, адекватных выявленным инженерно-геологическим условиям. Так, в зависимости от них были рекомендованы следующие способы проходки:

- использование кессонов на участках перегонных тоннелей;
- открытый способ с использованием шпунтового ограждения и местного водоотлива на участках неглубокого заложения моренных суглинков;
- открытый способ с использованием шпунтов Ларсена при глубоком залегании моренных суглинков.

Особое место отводилось проведению опытных работ по изучению пльвунов и методов их закрепления. В частности, были рекомендованы опытные работы и длительные наблюдения за влиянием динамических воздействий от поверхностного и подземного транспорта на устойчивость грунтов и сооружений для различных инженерно-геологических условий. Вторая довольно важная проблема заключалась в оценке влияния осушения грунтов четвертичных отложений на суффозионный вынос частиц грунта и возникновение деформаций дневной поверхности и близстоящих зданий.

### Модернизация подземного пространства в пределах исторических территорий мегаполисов [13]

Для оптимизации освоения подземного пространства, применяемые при этом технологии и само осваиваемое геологическое пространство должны подвергнуться модернизации. В аспекте поставленной проблемы модернизация подземного пространства рассматривается как преобразование структуры взаимодействия объекта культурного наследия в связи с использованием подземного пространства в целях сохранения и приспособления объекта в современных условиях. При этом сохранение устойчивости памятника и использование его подземного пространства должно обеспечиваться современными «падающими» технологиями, адекватными сложившимся инженерно-геологическим условиям. Решение этой проблемы может рассматриваться в двух направлениях. Первое – уже частично нашедшее воплощение – это освоение подземного пространства под существующим пятном застройки памятника архитектуры. Второе направление использования под памятниками архитектуры подземного пространства связано с необходимостью подъема ряда памятников,

оказавшихся в результате процесса техногенеза ниже сложившейся дневной поверхности на 1–4 м и использование возникающего при подъеме подземного пространства в интересах реконструируемого объекта. Важным направлением в модернизации подземной инфраструктуры города является оптимизация существующего и проектируемого метрополитена. В первую очередь это относится к необходимости создания в исторической части города быстрого и надежного вида транспорта – метрополитена.

### Список литературы

1. Пашкин Е. М. Синергетика в инженерной геологии: монография. М.: АНО «Традиция», 2023. – 126 с.
2. Пашкин Е. М. Инженерно-геологическая диагностика деформаций памятников архитектуры. М. 2018. – 336 с.
3. Пашкин Е. М. Инженерно-геологические исследования при строительстве тоннелей (2-е изд., исправ. и доп.) ГК «Геореконструкция»-СПб, 2013. 240 с.
4. Терминологический словарь-справочник по инженерной геологии / Сост. Е. М. Пашкин, А. А. Каган, Н. Ф. Кривоногова; под ред. Е. М. Пашкина. –М.: КДУ, 2011. 952 с.
5. Пашкин Е. М. Инженерная геология (для реставраторов). Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Реставрация» / Сер. Реставрация. Москва, 2005.
6. Захаров М. С., Пашкин Е. М. Современная роль инженерной геологии и гидрогеологии при освоении подземного пространства мегаполисов // Метро и тоннели. 2019. № 3. С. 40–44.
7. Пашкин Е. М., Мазеин С. В. О методах диагностики неоднородных инженерно-геологических условий при щитовой проходке тоннелей метрополитена // Метро и тоннели. 2017. № 1–2. С. 24–27.
8. Пашкин Е. М. Станция «Маяковская» в моей жизни // Метро и тоннели. 2016. № 1. С. 31.
9. Пашкин Е. М. Вклад академика Саваренского в строительство Московского метрополитена // Метро и тоннели. 2015. № 2. С. 34–35.
10. Пашкин Е. М., Мазеин С. В., Рябов Е. Б. Оптимизация геологических изысканий для проектирования метрополитена в Москве // Метро и тоннели. 2015. № 4. С. 14–17.
11. Пашкин Е. М., Мазеин С. В., Рябов Е. Б. Разработка технологической типизации инженерно-геологических условий строительства метрополитена в Москве // Метро и тоннели. 2015. № 5. С. 13–15.
12. Пашкин Е. М. Инженерно-геологические проблемы строительства Московского метрополитена // Метро и тоннели. 2013. № 3. С. 32–34.
13. Пашкин Е. М. Модернизация подземного пространства в пределах исторических территорий мегаполисов // Метро и тоннели. 2012. № 3. С. 38–40.