

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

**Редакционная коллегия**

В. В. Адушкин, академик РАН

В. Н. Александров

М. Ю. Беленький

А. Ю. Бочкарев, канд. экон. наук

В. В. Внутских

С. А. Жуков

В. Н. Захаров, академик РАН

Б. А. Картозия, доктор техн. наук

Е. Н. Курбацкий, 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. Ю. Старков

Б. И. Федунец, доктор техн. наук

Т. В. Шепитько, доктор техн. наук

Ш. К. Эфендиев

**Тоннельная ассоциация России**

тел.: (495) 608-8032, 608-8172

факс: (495) 607-3276

www.rus-tar.ru

e-mail: info@rus-tar.ru

**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



Мосметрострой



№ 1 2023

## Строительство метро

Метро в Казани: строится вторая линия **2**

Бакинский метрополитен. Новости строительства **5**

Секреты эффективности АО «Объединение «Ингеоком» **7**

Большая кольцевая линия метро города Москвы **14**

А. Р. Попонин

## Проектирование

Петербургский метрополитен: в ожидании бурного развития **18**

Утверждение проекта пересмотра свода правил СП 120.13330.2012 «СНиП 32-02-2003 Метрополитены» **24**

Д. С. Конюхов, В. П. Кивлюк, А. М. Потокина,

И. Я. Дорман, Д. А. Дошатов, Е. Г. Козин,

А. И. Данилов, В. П. Чижигов

Нижегородское метро – пилотный проект финансирования ИБК **26**

## Щитовая проходка

Использование программ для маркшейдерского обеспечения проходки тоннелей **29**

А. Г. Леонов

## Геотехника

Изучение кустового эффекта для групп свай с уширением вдоль тела **32**

Д. Ю. Чунюк, Чан Ван Хунг, С. М. Сельвиан

## Мониторинг

Метод регистрации естественного электромагнитного излучения горных пород в составе системы комплексного геотехнического мониторинга тоннелей **35**

М. О. Лебедев, К. В. Романевич, С. А. Шляев

## Проблемы безопасности

Проблемы обеспечения безопасности строящихся и эксплуатируемых автодорожных тоннелей **41**

Л. В. Маковский, В. В. Кравченко

## В порядке обсуждения

Энергоэффективный газонаполненный тоннель для пассажирского рельсового транспорта **44**

В. В. Космин

## Управление рисками

К вопросу геомеханического обоснования возможности подработки природных объектов при строительстве горных предприятий **46**

А. В. Гришин

## Конгресс МТА

О Международном тоннельном конгрессе – 2022 **47**

А. Р. Попонин

# СОДЕРЖАНИЕ



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ

Запуск щита «Александра» на станции «ЗИЛ» (с. 7)

# МЕТРО В КАЗАНИ: СТРОИТСЯ ВТОРАЯ ЛИНИЯ

Сегодня в Казани строится вторая ветка метрополитена. Это четыре станции первого участка, по сооружению которых ведется активная работа, плюс восемь планируемых станций. Заказчик – Государственное бюджетное учреждение «Главстрой Республики Татарстан», генеральный подрядчик – АО «Казметрострой».

## Выбор жителей города

Строящиеся станции уже имеют официальное название. По итогам интернет-голосования, проведенного летом 2022 г., жители города выбрали следующие названия:

- «Тулпар» на ул. Сахарова с выходом к ТЦ «МЕГА» и жилому комплексу «Мой Ритм»;
- «Зилант» на пересечении ул. Ломжинской и Фучика;
- «Академическая» на ул. Завойского на перекрестке с ул. Фучика;
- «100-летия ТАССР» на ул. Фучика. Это пересадочная станция, которая расположится под первой линией метро со станцией «Дубравная».

Планируемые восемь станций имеют следующие, пока рабочие, названия:

- «XXI век» рядом с одноименным жилым комплексом и ипподромом;
- «Пионерская» недалеко от Советской площади;
- «Компрессорный завод»;
- «Футбольный стадион» у перекрестка проспекта Ямашева с ул. Адоратского;
- «Горбольница» на пересечении проспекта Амирхана с ул. Чуйкова;
- «ЗАГС» у перекрестка ул. Короленко и Чуйкова;
- «Декабристов» на перекрестке ул. Волгоградской и Декабристов. Пересадочная на станцию «Яшьлек» первой ветки;
- «Восстания» на перекрестке ул. Восстания и Васильченко. Конечная станция второй ветки.

В 2021 г. в Казани прошла защита проектов по оформлению станций второй линии метрополитена. Их представили авторы, участники конкурса на лучшую архитектурную концепцию интерьеров. Так, например, символами Республики Татарстан может быть украшена станция «100-летие ТАССР». Впрочем, ни один из эскизов будущих станций еще не утвержден.

## От «Тулпар» до «100-летия ТАССР»

Вторая ветка метрополитена охватит жилые микрорайоны Приволжского, Советского, Ново-Савиновского и Московского районов столицы Республики Татарстан. Соответственно, первый участок построят в Приволжском и Советском районах Казани. Длина второй ветки метро составляет 20 км, протяженность первого участка с четырьмя станциями – 5,6 км.

Глубина залегания второй линии Казанского метро на первом этапе в среднем колеблется у отметки 14–17 м. Строительство ведется на гребне Казани, поэтому, согласно проекту, грунтовые воды окажутся под тонне-



Казанское метро. Текущее положение и перспективы после 2027 года







Станция между ул. Фучика – ул. Завойского и Кул-Гали



Станция на пересечении ул. Фучика и ул. Ломжинской

лями и станциями, а не над ними, как пришлось строить в центре города. В настоящее время осуществляются основные строительные-монтажные работы, ведется проходка, перенос коммуникаций, монолитные работы. С апреля 2020 г. метростроители уже прошли 2,2 км от станции «Тулпар» до котлована будущей станции «Зилант», закончив проходку в сентябре 2022 г. Таким образом, в настоящее время обе станции соединены тоннелями. К обустройству тоннелей пока не приступили. Станцию «Зилант» построят в два этапа, чтобы не создавать трудностей пешеходам и наземному транспорту. Вторая линия метро сомкнется с первой на станции «Дубравная». Для перехода с одной ветки на другую построит подземный пешеходный переход.

В арсенале АО «Казметрострой» четыре тоннелепроходческих комплекса (ТПМК): «Сююмбике», «Алтынчеч», «Айсылу» и «Ляйсан». В сентябре 2022 г. дан старт ТПМК «Айсылу», машина приступила к прокладке тоннеля, который соединит ул. Ломжинскую и 10-й микрорайон.

Этим комплексом прокладывали тоннель между действующими станциями Казанского метро «Декабристов» и «Козья Слобода». Тогда машина преодолела 1359 м под землей.

ТПМК «Ляйсан» готовят к проходке следующих тоннелей: от ул. Ломжинской до будущей станции «Академическая» на перекрестке ул. Юлиуса Фучика и Завойского. Длина

всего тоннелепроходческого комплекса «Ляйсан» 97 м, вес 550 т. Средняя скорость проходки – 200 м в месяц. Эта японская машина сначала работала в США на прокладке тоннеля в городе Дорчестер. В 2012 г. Казметрострой выкупил комплекс для строительства тоннеля от станции «Лесопарковая» до «Битцевского парка» Бутовской линии Московского метрополитена.

Строители отмечают, что до февраля 2022 г. казанские тоннелепроходческие комплексы оснащались навигационной системой немецкой компании TACS. Сегодня ее заменили оборудованием московской компании «Навигатор». Что касается необходимых запчастей для ТПМК, то прежние партнеры в Европе отказали в поставках, но нашлись российские поставщики, благодаря которым оборудование сегодня работает без перебоев, ведутся плановые ремонты.

### На средства республиканского бюджета

На выездном совещании комитета Госсовета Республики Татарстан в сентябре 2022 г. у котлованов будущих станций «Тулпар» и «Зилант» выяснилось, что первый отрезок второй ветки с четырьмя станциями подорожал в 1,5 раза. Стоимость строительства первого этапа второй ветки метро в 2020 г. составляла 40 млрд руб., в ценах текущего года это стоит уже 60 млрд руб. На остальные восемь станций, от станции «Тулпар» до станции «Восста-

ние», нужно еще минимум 156,2 млрд, что в полтора раза дороже оценок 2020 г. Из них 45 млрд руб. необходимо для строительства трех станций по левому берегу реки Казанки:

- «XXI век» рядом с одноименным жилым комплексом, ипподромом;
- «Пионерская» недалеко от Советской площади;
- «Компрессорный завод».

Соответственно, требуемый объем финансирования на весь объем работ по сооружению второй ветки Казанского метро – 216 млрд руб. в ценах 2022 г.

Строительство ведется на средства, выделяемые республиканским бюджетом, без всякой федеральной помощи. При этом шведская компания ИКЕА, подписавшая в 2015 г. с правительством РТ протокол о намерениях по поводу инвестиций в строительство метрополитена в Казани 1 млрд руб., объявила об уходе из России и более не выходит на связь.

Чтобы связать станции первой и второй линии пешеходным переходом, метростроители запросили 11 млрд руб. на 2023 г. Ввод в эксплуатацию первого этапа строительства второй ветки Казанского метрополитена – строящихся четырех станций – запланирован на 2027 г.

### Поворот на 180 градусов?

Сегодня власти Татарстана обсуждают новый вариант маршрута второй линии метро.

### Работает ТПМК «Айсылу»







Плюсы и минусы вариантов трассировки второй линии метро в Казани



По генплану-2040, метрополитен должен развиваться в сторону Советской площади Квартала, а станция «Дубравная» – стать конечной, а также точкой пересечения первой и второй линий.

Новый план предусматривает строительство еще двух станций, изначально не предусмотренных, в южном направлении – у Деревни Универсиады и рядом с Республиканской клинической больницей (РКБ), «Солнечным городом» и бывшими землями учебного хозяйства аграрного университета, в районе массовой комплексной застройки (см. схему линий метрополитена). Решение пока не принято. «Будем смотреть, считать. Сначала надо подготовить проект. А чтобы его подготовить, нужно рассчитать технические возможности», – оценил вариант строительства метро к Деревне Универсиады и РКБ министр строительства, архитектуры и ЖКХ РТ Марат Айзатуллин. «Строим вторую ветку, дальше все зависит от финансирования».

Территории, куда может прийти «незапланированное» метро, – точки роста Казани. По оценкам экспертов, в районе Деревни

Универсиады уже сегодня проживает порядка 50–55 тыс. человек. А в зоне тяготения Республиканской клинической больницы расположен район массовой жилой застройки Казани – Березовая роща, в основе которой бывшие земли учебного хозяйства Казанского аграрного университета. До 2030 г. там и на соседних территориях Лаишевского района планируется построить 4,4 млн м<sup>2</sup> жилья.

Расчеты показывают, что строительство перегонных тоннелей со станциями у Деревни Универсиады и РКБ в текущих ценах обойдутся в 30 млрд руб., что намного дешевле первоначального проекта. И этот вариант удобнее, так как требует меньших затрат на переустройство.

С другой стороны, путь на Квартал хоть и дороже (напомним, стоимость всей линии оценивают в 216 млрд руб. в ценах текущего года), но с перспективой создания городского метрокольца и мощного пересадочного узла.

В сентябре 2022 г. первую очередь второй линии осматривал президент РТ Рустам Минниханов. В результате обсуждения двух вариантов развития Казанского метрополи-

тена за пределами 2027 г. было дано поручение просчитать и сравнить оба варианта. Сегодня эксперты полагают, что с учетом перспективы многоэтажной жилищной застройки привлекательнее выглядит южное направление – на Деревню Универсиады и РКБ. К тому же, здесь не нужно строить новое депо. К вводу первого участка второй линии в 2027 г. увеличат мощность действующего метродепо у проспекта Универсиады – проект стоимостью 1,2 млрд руб. уже разработан, получено положительное заключение экспертизы, но работы еще не начались.

Зато строительство второй линии метро по первоначальному варианту позволит быстрее запустить в городе круговое движение поездов. Технические решения для сопряжения со второй линией уже предусмотрены и построены.

В среднем казанские метростроители возводят одну станцию за два года. И если при условии прежних объемов финансирования маятник качнется в сторону микрорайона нового варианта развития метрополитена, то строительные работы в сторону Квартала начнутся не раньше 2033 г. Однако рассматривается и возможность строительства в обоих направлениях – выбор трассировки зависит от оценки транспортных моделей, поставленных целей и финансирования. В этом смысле многое зависит от помощи федерального центра. Мощности подрядчика позволяют работать без перебоев.

Вместе с тем, эксперты отмечают, что у города нет задачи развивать только метро, есть и другие виды транспорта. К тому же метро эффективно работает только на самых максимальных пассажиропотоках. Во всяком случае, пока какие-либо изменения в градостроительную документацию относительно первоначального варианта строительства метро не вносились.

### Подвижной состав

Что касается подвижного состава в Казанском метрополитене, то с 2005 г. здесь эксплуатируются пять поездов производства «Вагонмаш». Кроме того, имеются девять поездов «Русич» 2011–2013 гг. выпуска, а также самый современный состав марки «Москва», который начал ходить в 2020 г. При этом в Метроэлектротрансе отмечают, что на вагонах, которые задействованы уже 17 лет, по нормативам износа требуется замена колесных пар на сумму 125 млн руб. на все пять поездов. Кроме того, на этих поездах необходима замена приводов. Стоимость одного привода составляет 200 млн руб., причем они чешские, т. е. могут возникнуть проблемы с поставками.



*По материалам издания «Приоритетные проекты метро и тоннелестроения России 2022–2023 гг.» (автор текста Алхимова Наталья, ООО «Гидротехника XXI век», при участии Василия Митрофанова, Тоннельная ассоциация России)*

# БАКИНСКИЙ МЕТРОПОЛИТЕН. НОВОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

23 декабря 2022 г. состоялось открытие станции «Ходжасан» и электродепо «Ходжасан» Бакинского метрополитена при участии Президента Азербайджанской Республики Ильхама Алиева (рис. 1).

Таким образом, с пуском новой станции общая длина линий Бакинского метрополитена составила 40,7 км. Сегодня на трех линиях – Красной, Зеленой и Фиолетовой – функционируют 27 станций (рис. 2).

Напомним, что 19 апреля 2016 г. состоялось торжественное открытие третьей, Фиолетовой линии, Бакинского метрополитена. На ней введены в эксплуатацию станции «Автовокзал» и «Мемар Аджами». В 2021 г. на этой линии открылась третья станция – «8 Ноября».

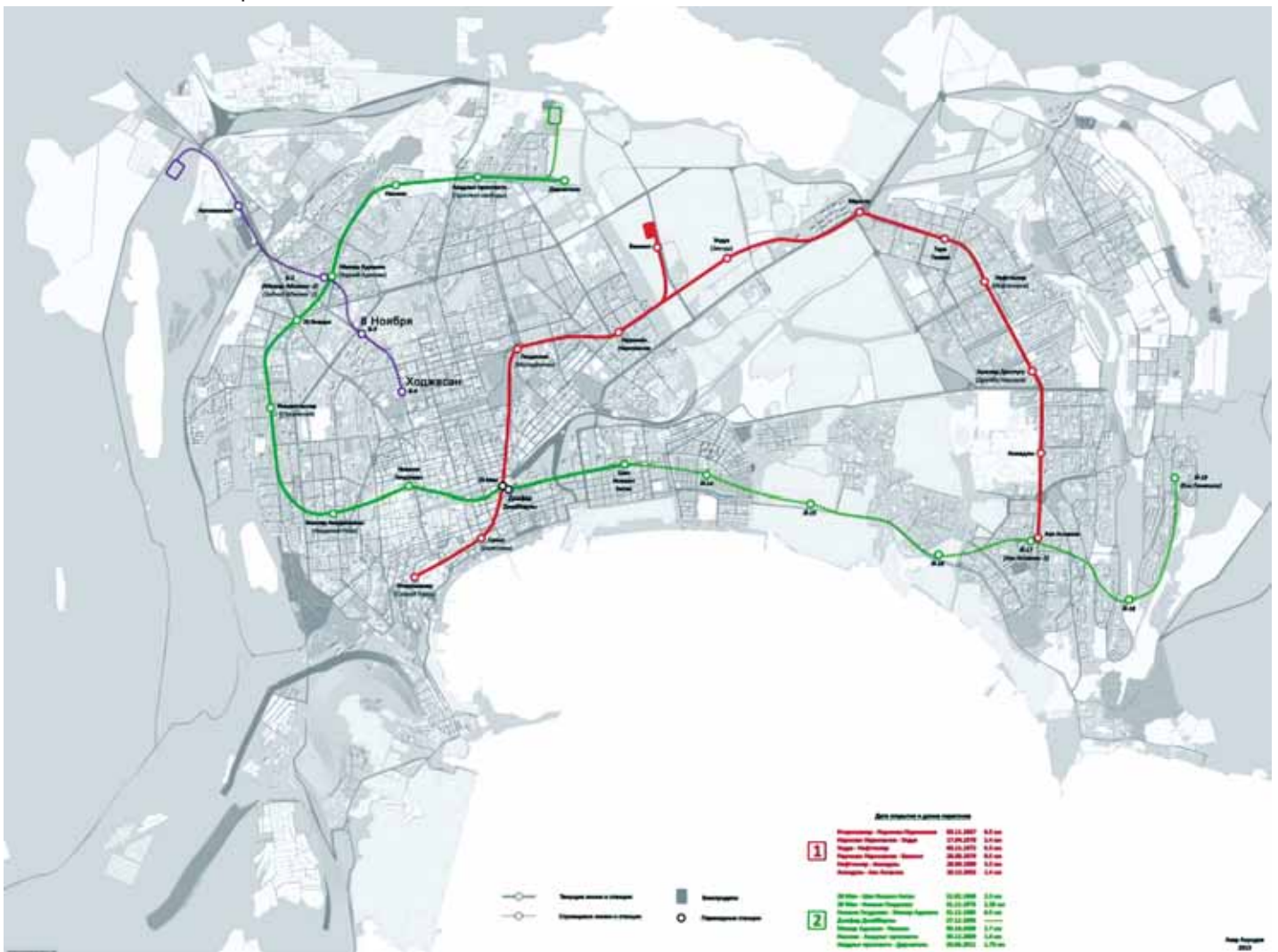
Станция «Ходжасан» является четвертой станцией, расположенной на Фиолетовой линии. Общая площадь комплекса составляет 4200 м<sup>2</sup>, длина платформы станции – 144 м для приема семивагонных составов. Когда в 2016 г. была введена в эксплуатацию Фиолетовая линия, здесь курсировали пятивагонные поезда.

Станция сыграет важную роль в устранении транспортных проблем граждан, движущихся



Рис. 1. Ильхам Алиев на открытии новой станции

Рис. 2. Схема Бакинского метрополитена







Электродепо «Ходжасан»



Рис. 3. Переходный тоннель



Рис. 4. Электродепо «Ходжасан»

щихся со стороны поселка Локбатан и торгового центра «Садарак». На этой станции установлены два эскалатора производства немецкой компании Thyssen Krupp Fahrtreppen. Станция «Ходжасан» расположена в начале линии, что создаст условия для интенсивного движения поездов в соответствии с потребностями пассажиров. Кроме того, по-

скольку за станцией «8 Ноября» расположен оборотный съезд, будет удобно регулировать интервал между движением составов.

Станция «Ходжасан» состоит из двух уровней. Пассажиры принимают на первом уровне, затем они проходят по тоннелю (рис. 3) длиной 59 м и поднимаются на перрон по двум эскалаторам и лестнице. Уровень плат-


формы находится под открытым небом. Наружная часть перрона закрыта специальным навесом, как на станции «Бакмил», чтобы пассажиры могли защититься от дождя и ветра.

Электродепо «Ходжасан» (рис. 4) является вторым по счету депо Бакинского метрополитена и занимает площадь более 24 га. Проект строительства состоит из трех этапов, и в настоящее время завершены работы по первому этапу.

В электрическом депо «Ходжасан» находятся два противопожарных водных резервуара, три осмотровые канавы и служебные помещения, блокпост для управления движением поездов, электрическая подстанция, инфраструктура для ремонта и технического осмотра поездов.

В депо созданы специальные условия для сельхозпоездов. Кроме того, тут имеется полностью оборудованная электрическая подстанция, которая способна обеспечить все потребности.

Как сообщил пресс-секретарь ЗАО «Бакинский метрополитен» Бахтияр Мамедов, работы еще по двум этапам будут проводиться в соответствии с потребностями по мере строительства на линии новых станций и тоннелей. Так, на втором этапе будут построены стояночный корпус с бытовой комнатой для обслуживания состава, камера мойки поездов, комплекс для диагностики колес, склад горюче-смазочных материалов, поворотные устройства, компрессорная станция, котельная для ремонтно-стояночного здания. На третьем этапе планируется строительство вагоноремонтного и производственного корпуса, административного и бытового здания, котельной, пункта диспетчерского управления и вагоноремонтных корпусов, технологической платформы с крановой эстакадой.

В настоящее время работы в соответствии с концептуальной программой развития Бакинского метрополитена продолжают ускоренными темпами. Согласно программе, в 2030 г. общая протяженность столичных подземных путей достигнет 119,1 км, а количество станций увеличится до 76. 

*По материалам азербайджанской прессы  
(корреспондент ТАР Е. М. Июлина)*



## СЕКРЕТЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ АО «ОБЪЕДИНЕНИЕ «ИНГЕОКОМ»

В 2022 г. АО «Объединение «Ингеоком» исполнилось 33 года. Конкурентным преимуществом компании всегда была и остается диверсификация бизнеса. Богатый опыт и профессионализм коллектива позволяют предприятию занимать лидирующие позиции в сфере метростроения и строительства дорожно-транспортной инфраструктуры. Сегодня Ингеоком наращивает силы в качестве управляющей компании в сфере дорожно-мостового строительства. О новом опыте, проектах и дальнейших планах рассказал генеральный директор АО «Объединение «Ингеоком» С. В. Кидяев.



– *Сергей Владиславович, расскажите о реализованных и текущих проектах в сфере метростроения.*

– Крупнейший из объектов, которые мы запустили за последние четыре года, – Большая кольцевая линия Московского метрополитена. Это был первый участок: шесть станций, 14 км перегонных тоннелей, включая притоннельные сооружения.

Параллельно мы строили и запускали самый сложный участок Калининско-Солнцевской линии – «Деловой центр» – «Парк Победы» протяженностью более 3 км. Казалось бы, немного, но проходка на этом участке велась под Москвой-рекой и в стесненных условиях ММДЦ «Москва-Сити». Мы стартовали из делового центра, прошли под рекой и вышли на самую глубокую станцию в столице – «Парк Победы», глубина заложения которой 74 м. На этой же станции построили один из самых длинных эскалаторов в Европе – 130 м.

Далее мы продолжили строительство Большой кольцевой линии метро от станции «Хорошевская», построили перегоны к станции «Народное Ополчение» и сам станционный комплекс.

Особенностью данной станции являются сроки ее строительства. «Народное Ополчение» возводилась в наиболее сложных городских условиях: территория была испещрена всеми видами инженерных сетей, которые только можно себе представить. Здесь были газ высокого и среднего давления, электрические сети, телефонные кабели и т. д. Чтобы ускорить строительство, мы применили метод байпасирования – вынесли все инженерные коммуникации по временной схеме, позволив тем самым осуществлять работы. Проходка велась двумя щитовыми комплексами: Robbins «Александра» и Robbins «Ясмина». В итоге станция вместе с перегонами и притоннельными сооружениями построена за 21 месяц.

Станция метро «Народное Ополчение», БКЛ







Технический пуск станции метро «Терехово» (БКЛ) с участием мэра Москвы С. С. Собянина



Выход щита «Натали» на станции «Звенигородская»

Метромосты в депо «Аминьевское»



Кроме того, мы построили станцию «Терехово» и тупики за ней. Это станция мелкого заложения, находящаяся в Мневниковской пойме, где сейчас активно ведется строительство. Здесь планируется возвести порядка 1,5 млн м<sup>2</sup> площадей гражданского назначения. Получилось отлично: люди будут заселяться в новые квартиры, а транспортная проблема у них уже решена, в районе есть действующая станция метро! «Терехово» построили также в сжатые сроки.

После окончания строительства «Терехово» мы приступили к новой линии Московского метрополитена – Рублево-Архангельской от станции «Звенигородская» до станции «Бульвар Карбышева». На участке предусмотрено сооружение трех новых станций мелкого заложения: «Звенигородская», «Народное Ополчение», «Бульвар Карбышева». В настоящее время работы ведутся на всех трех станциях этого участка и перегонных тоннелях между ними.

Это будет первый участок новой линии. Работу метростроителей в этом месте осложняют плотная городская застройка и развитая транспортная инфраструктура: действующая линия Большого кольца метро, автомобильные развязки, подземные пешеходные переходы. Кроме того, в районе большое количество надземных и подземных инженерных сетей: линии электропередач, станция метро «Народное Ополчение», БКЛ и связи, водо- и газопроводы, канализация.

Два тоннеля уже готовы. ТПМК NFM «Натали» и Robbins & Robbings «Виктория» завершили проходку перегона «Народное Ополчение» – «Звенигородская».

На трассе щиты встречали преимущественно водонасыщенные пески и суглинки, местами – с примесью щебня и гравия, а также участки с потенциально опасными



карстовыми пустотами. В самой глубокой части тоннеля щиты уходили на 42 м под землю. В целях безопасности в этих зонах метростроители используют железобетонную обделку, внутри усиленную металлическими листами. После монтажа эти листы сваривают между собой накладками по стыкам – такой перегон становится похож на стальную трубу. Это дополнительная гарантия безопасности.

После проходки щита на станции «Звенигородская» демонтировали и перевезли на «Народное Ополчение». Отсюда комплексы начнут проходку в сторону «Бульвара Карбышева».

Еще один наш текущий проект – соединительные ветки и метромосты в электродепо «Аминьевское». Строительство разделено на два этапа, которые включают в себя сооружение трех метромостов. Мосты общей протяженностью порядка 1200 м и тоннельный участок – 790 м. При сооружении веток в депо «Аминьевское» были выполнены работы по устройству вибротамбов для исключения влияния вибрации и динамической нагрузки от проходящих поездов метро на конструкции метромостов.

Соединительные ветки нельзя назвать уникальными объектами, но они достаточно сложны с точки зрения инженерной технологии. Эти сооружения выходят из подземного заложения – от станций «Давыдовское» и «Аминьевская», поднимаются на эстакады над дорогами и приходят в строящееся депо, которое планируется запустить в I–II квартале 2023 г. Метромосты строим с опережением графика: до конца 2022 г. закончен 1-й этап и в I квартале 2023 г. сдадим 2-й.

Троицкая линия метрополитена – еще одна новая ветка, которая строится в Москве. Сегодня на территории бывшего завода им. И. А. Лихачева (АМО ЗИЛ) Ингеоком строит станцию метро «ЗИЛ» с перегонными тоннелями до станции «Крымская». Со стройплощадки уже стартовали два тоннелепроходческих комплекса: Robbins «Александра» по правому тоннелю и Robbins «София» – по левому. Протяженность участка линии – 3,5 км в двухпутном исчислении.

«ЗИЛ» строится в весьма сложных инженерных условиях с точки зрения выноса коммуникаций, как, впрочем, и все станции в Москве. Работы на территории завода осложняются тем, что мы время от времени натываемся на «сюрпризы» – подземные строения, не нанесенные на существующие планы.

Строительство метро на территории завода можно считать его своеобразным возрождением, увековечивающим АМО ЗИЛ в памяти поколений, в истории. Завод действительно был одним из мощнейших не только в СССР, но и в мире, и об этом надо помнить.

А пока при въезде на стройплощадку установили арт-объект, который объединил в себе память о прошлом и сегодняшний день



**Запуск щита «Александра» на станции «ЗИЛ»**



**Стройплощадка станции метро «ЗИЛ» Троицкой линии**

завода, стал символом его современной судьбы. На этом арт-объекте можно видеть, например, первый логотип АМО ЗИЛ и чугунное кольцо тоннельной обделки.

**– Реализует ли компания сегодня крупные объекты дорожного строительства?**

– В июле 2022 г. к 10-летию присоединения к Москве новых территорий построены

**Эстакады и тоннель в посёлке «Коммунарка»**







Эстакада от ТТК до Люблинской улицы

и введены в эксплуатацию две эстакады и тоннель в административно-деловом центре «Коммунарка». Новые сооружения обеспечивают въезд и выезд с Калужского шоссе в «Коммунарку» и обратно. Длина каждой из двух эстакад – 490 м. Протяженность вновь построенных дорог – 1,7 км. Эстакады улучшат транспортную доступность клинического центра «Коммунарка», станции метро «Ольховая», а также частично разгрузят ул. Александры Монаховой. Объект сдан в эксплуатацию на два месяца раньше намеченного срока. А в декабре 2022 г. сдается улично-дорожная сеть в п. Коммунарка. Мы проложили 8,5 км внутриквартальных дорог на территории под будущую жилую застройку.

В настоящее время мы строим также транспортную развязку на участке от Третьего транспортного кольца (ТТК) до Люблинской улицы. Вся трасса пройдет от ТТК до МКАД. Магистраль разбита на участки строительства, мы строим один из них. Основным объектом на нем является автодорожная эстакада, по которой в будущем будет проходить новая радиальная магистраль Москвы. Искусственное сооружение состоит из четырех видов конструкций пролетных строений (сталежелезобетон, сборно-монолитный, металлический и монолитный). Путь будет иметь по три полосы в каждом направлении. Его длина – 1282 м, ширина – до 30 м. Часть эстакады пересекает железнодорожные пути Курского направ-

ления Московской железной дороги. Работа по возведению опор между действующими путями ведется без остановки движения поездов. Курское направление очень оживленное, вдобавок там проходит один из Московских центральных диаметров. Это создает определенные сложности, но мы справляемся. Новая эстакада обеспечит качественную транспортную связь между районами Люблино и Печатники. Окончание строительства – 2023 г.

Один из новых проектов выполняется нами в функционале Управляющей компании. С технической точки зрения объект достаточно сложный, так как он должен быть реализован на плотно застроенной территории. Проектом предусмотрено строительство новых дорог и улиц протяженностью более 7 км с переустройством инженерных сетей и коммуникаций, а также сооружение моста через р. Раменку длиной более 350 м и путепровода длиной 150 м. Мост и путепровод обеспечат соединение ул. Винницкой с ул. Лобачевского и Мичуринским проспектом. Кроме всего прочего, там проходит новая линия метрополитена – Калининско-Солнцевская, это тоже создает свою специфику. Но с этим мы умеем работать.

Эта улично-дорожная сеть обеспечит беспрепятственное дорожное и пешеходное движение между ведущейся в настоящее время большой жилой застройкой этих кварталов. Нам придется увязывать

вместе проекты всех застройщиков. Для этой работы мы сегодня перестраиваем дирекцию по дорожно-транспортному строительству в структуру заказчика-генподрядчика. Не вижу никаких осложнений в этой работе, так как мы знаем, что такое плотная застройка Москвы, специфика ее подземной и надземной части.

В настоящее время ведется разработка концепции дорожной сети для согласования в Москомархитектуре. К строительным работам планируем приступить в начале 2023 г.

**– Расскажите об объектах гражданского строительства объединения «Ингеоком».**

– На юге Москвы Ингеоком построил жилой комплекс комфорт-класса Fresh. Это второй проект, который объединение реализовало по заказу компании «Донстрой». На Ореховом бульваре, владение 24, возведено четыре монолитных многоквартирных дома на 1500 квартир. Данный комплекс отличаются эргономичные планировки, современная архитектура, а также благоустроенная охраняемая территория. В подземной части предусмотрен паркинг на 500 автомобилей.

На территории Новомосковского административного округа столицы, в д. Румянцево, наша компания сдала в эксплуатацию комплекс зданий диспетчерского центра «Системного оператора Единой энергетической системы» (АО «СО ЕЭС»). Проектом было





Московский клинический центр инфекционных болезней «Вороновское» (ГБУЗ имени В. П. Демихова) в п. Вороновское

предусмотрено строительство диспетчерского центра площадью около 50 тыс. м<sup>2</sup>, состоящего из трех блоков переменной этажности, а также отдельно стоящих зданий технического назначения. Значительную часть комплекса занимают помещения диспетчерских залов, из которых специалисты управляют основными электроэнергетическими объектами Московской энергосистемы, электростанциями, ЛЭП и электрическими подстанциями.

Предметом особой гордости мы считаем участие в строительстве Московского клинического центра инфекционных болезней «Вороновское» (ГБУЗ имени В. П. Демихова) в п. Вороновское. В его сооружении участвовал весь строительный комплекс Москвы, в том числе и АО «Объединение «Ингеоком», одновременно на одной стройплощадке в круглосуточном режиме трудились тысячи строителей и более 1500 единиц строительной техники. Построен он был за 34 дня с нуля! Таких темпов не было нигде в мире, это своеобразный рекорд, который объясняется, в первую очередь, четкой организацией работы со стороны правительства Москвы и руководства Строительного комплекса. Специалисты Ингеокома провели к площадке внешние сети протяженностью более 13 км: водопровод, городскую и дождевую канализацию, теплосети, а также выполнили работы по расширению участка Калужского шоссе и обустройству парковки площадью 6000 м<sup>2</sup>.

Мэр Москвы Сергей Собянин подчеркнул, что в российской практике строительство медицинских учреждений такого никогда еще не было. По его словам, несмотря на крайне сжатые сроки строительства, эта кли-

ника – капитальный объект здравоохранения, который прослужит людям не одно десятилетие и после окончания борьбы с коронавирусной инфекцией.

**– Каково техническое оснащение компании? Не возникают ли сложности в обеспечении техникой, запчастями и материалами, в целом с модернизацией оборудования в связи с импортозамещением? Как вы решаете эти проблемы?**

– Поначалу мы действительно опасались, что возникнут трудности в части получения комплектующих для машин и оборудования производства недружественных стран, которые есть в нашем техническом парке. Но благодаря высокой квалификации механиков и обслуживающего персонала Ингеокома эти опасения оказались напрасными. Они сумели найти выходы по импортозамещению – и по замене тех или иных узлов, и по поставкам внутри Российской Федерации. Поэтому на сегодняшний день я могу констатировать, что мы однозначно не ощущаем санкционного давления с точки зрения технологии производства работ.

Наш национальный опыт и деловая хватка позволяют быть технически креативными и независимыми. Недавно мы приобрели кран SANYO, сегодня он проходит тестирование с точки зрения нашей строительной специфики. Но уже сейчас можно отметить высокое качество новой машины и адекватную ценовую политику компании.

**– Каждый объект уникален по-своему. Часто ли требуются нетривиальные подходы к строительству и нестандартные инженерные решения?**

– Компания «Ингеоком» изначально создавалась для работы в Москве, поэтому мы сориентированы на сложные условия городской специфики: плотную городскую застройку, разветвленные инженерные сети и городские гидротехнические сооружения. Мы владеем всеми необходимыми технологиями и опытом.

Сегодня мы можем эффективно работать в любых, даже наиболее тяжелых гидрогеологических условиях. Например, тот район, где мы сегодня строим – Хорошево-Мневники – самый сложный район столицы, учитывая возможные потенциально опасные карстовые пустоты. Когда мы, например, бурили свайное поле для котлована станции «Хорошевская», у нас на значительной глубине буровой инструмент просто проваливался в карстовые полости.

Гидрогеологические условия под Москвой сложные, гидростатика непредсказуема – она меняется в зависимости от грунтов и погодных условий. При строительстве тоннельных сооружений мы пересекаем действующие линии метро, эстакады, дороги, которые останавливать нельзя, московские реки, самая сложная из которых – Москва-река. Чтобы работы были эффективными и безаварийными, на каждый участок щитовой проходки, разбитый по 50 м, мы формируем технологический регламент. Это определяет грунтопригруз машины и остальные факторы, которые позволяют нам осуществлять работы без влияния на дневную поверхность.

Так как мы строим объекты различного назначения, я могу делать сравнительный анализ между своими подразделениями подземного, дорожного и гражданского строительства. Не хочу обидеть коллег по строи-





С. В. Кидяев с финалистами конкурса рисунка



тельному цеху, но убежден, что подземные работы с точки зрения сложности и уровня квалификации персонала – наиболее высокотехнологичные и сложные.

**– Ваша компания осуществляет строительство транспортных объектов, требующих высокой степени подготовки специалистов. Насколько сложно их сейчас найти на рынке и что Ингеоком делает для привлечения молодых специалистов? Есть ли династии строителей?**

– В Ингеокоме трудятся люди, которые в процессе работы передают свой бесценный опыт сотрудникам. Это, например, Илья Вениаминович Маковский – Первый вице-президент компании, можно сказать, Академик в области подземного строительства. Возможность общения с ним и обогащения его опытом есть не только у меня, но и у каждого нашего профильного специалиста.

Анатолий Захарович Мороз – наш главный инженер Службы строительства метрополитена, специалист с огромным опытом работы, который сегодня занимается не только операционным руководством, но и наставничеством в самых лучших рабочих традициях. Кстати, он основатель одной из наших династий – два его сына тоже работают в подземном строительстве.

Игорь Альбертович Зелигер – наш Академик в дорожно-мостовом строительстве. Его опыт и аналитический талант позволяют предприятию на входе в проекты нивелировать технологические и строительные риски будущих периодов. И это, поверьте, дорогого стоит.

Мы очень бережно относимся к нашим старшим товарищам, учителям! Они в свою очередь вносят бесценный вклад в подготовку профессионалов – инженеров высокого уровня. И прекрасным примером этой подготовки является, например, руководитель Службы строительства метрополитена, заместитель генерального директора – Владимир Николаевич Кулаков – молодой высококвал-

ифицированный инженер и руководитель подземного строительства.

Стараемся также взаимодействовать с профильными институтами – МАДИ (ГТУ), РУТ МИИТ. Каждый год мы получаем заявки на прохождение производственной практики, отбираем студентов по направлениям и предоставляем им возможность поработать в компании. Несколько человек вернулись в Ингеоком, получив дипломы.

Также мы стараемся содействовать приходу молодых специалистов в компанию, привлекая в том числе наших детей. Недавно мы провели творческий конкурс на тему «Мои родители – строители. Безопасный труд глазами детей». Детям предлагалось создать рисунки или поделки на тему, как они видят то, чем занимаются их папы и мамы на работе. Я встречался с финалистами – детьми, чьи работы стали призерами этого конкурса, причем мы пригласили их на стройплощадку. Дети были в восторге от того, что увидели своими глазами, где и как работают их родители.

Семейные династии – одна из основ успешного производства. Но я считаю, что дети, независимо от должностей родителей, должны познавать процесс строительства со стройплощадки, с рабочих профессий, с котлована. Для становления специалиста это принципиально важно.

**– Для успешной работы компании необходимо долгосрочное планирование. Осуществляется ли оно в Ингеокоме и возможно ли прогнозировать на перспективу в сегодняшних условиях?**

– Мы работаем на российском рынке и, соответственно, на себе испытываем всю его турбулентность. Было сложно в период пандемии из-за непредсказуемых финансовых колебаний. Но правительство Москвы очень четко, адекватно и быстро выстроило систему работы с генподрядчиками в новых условиях. Благодаря этому даже во время эпидемии коронавируса со стороны Строительного комплекса реакция была мгновенной.

Уникальная особенность Ингеокома в том, что все подразделения компании, непосредственно осуществляющие строительные работы, кроме представительского офиса, переехали на стройплощадки, в основную зону производства работ. Рабочие места организованы на всех объектах, где мы трудимся.

Сегодня мы, как и все, ощущаем на себе колебания финансово-экономического микроклимата с точки зрения кредитования, ценовых показателей и прочего. Поэтому сказать, что у нас все радужно – значит, погрешить против истины. Но секрет финансовой устойчивости компании «Ингеоком» состоит в том, что мы проводим глубокий многофакторный анализ различных рисков в экономической, технической и кадровой сферах деятельности предприятия – краткосрочный, среднесрочный и долгосрочный прогноз. Такой подход позволяет готовиться к рискам, которые могут наступить, заранее. А для того, чтобы не набивать шишки, проводим тщательный анализ технической документации, которую нам предоставляют проектировщики, и на каждый передаваемый проект перед его приемкой пишем свои замечания и рекомендации именно с точки зрения производителя работ. При этом в оперативном режиме руководство действует именно в графике персонала, потому что от скорости и качества решения проблем зависит наш общий конечный результат. Двери генерального директора без бюрократии открыты 24/7 для всех сотрудников, благодаря чему любые вопросы решаются быстро и эффективно.

И, как вы понимаете, для эффективного использования имеющегося производственного, технического потенциала и накопленного опыта в дальнейшем крайне необходимо пополнение нашего профиля заказов новыми объектами.

По материалам издания «Приоритетные проекты метро и тоннелестроения России 2022–2023 гг.»  
(автор интервью Алхимова Наталья, ООО «Гидротехника XXI век»)





**12 января 2023 г. Первому вице-президенту ЗАО «Объединение «Ингеоком», потомственному транспортному строителю Илье Вениаминовичу Маковскому исполнилось 80 лет.**

После окончания в 1966 г. Московского института инженеров железнодорожного транспорта, Илья Вениаминович начал свою трудовую деятельность в институте «Метрогипротранс», где прошел путь от инженера до заместителя директора института.

При его участии велось проектирование Московского метрополитена, а также метрополитенов в других городах Советского Союза.

В этот период, являясь членом Государственных экспертных комиссий Госплана СССР и Госстроя СССР, И. В. Маковский проводил экспертную оценку технико-экономической эффективности и надежности проектов крупных подземных

транспортных и гидротехнических сооружений, а также участвовал в экспертизе проектных решений Северомуйского, Байкальского и Кодарского тоннелей Байкало-Амурской магистрали.

С 1995 г. по настоящее время Илья Вениаминович работает в АО «Объединение «Ингеоком» и является Первым вице-президентом и членом Совета Директоров компании.

По его инициативе Ингеоком вошел в круг организаций, строящих Московский метрополитен, и занял среди них достойное место.

Под техническим руководством Ильи Вениаминовича Маковского были построены и введены в эксплуатацию участки Филевской линии от ст. «Киевская» до ст. «Международная», Калининско-Солнцевской линии от ст. «Деловой Центр» до ст. «Парк Победы», Большой кольцевой линии (БКЛ) от ст. «Деловой Центр» до ст. «Савеловская» и от ст. «Хорошевская» до ст. «Терехово».

По предложению И. В. Маковского заложение линии с четырьмя станциями на участке БКЛ от ст. «Шелепиха» до ст. «ЦСКА» было изменено с глубокого на мелкое, что позволило сократить продолжительность строительства и существенно снизить его стоимость.

В этот период Илья Вениаминович принимал участие и осуществлял техническое руководство строительством таких крупных и сложных подземных сооружений, как ТРЦ «Манежная площадь», подземная часть центрального ядра ММДЦ «Москва-Сити», многоярусных подземных паркингов на Манежной площади и в отеле «Ритц Карлтон», транспортных магистралей на Третьем транспортном кольце в районе Лефортово, на пересечении Ленинградского проспекта с ул. Беговая и многих других.

И. В. Маковский активно участвовал во внедрении на объектах Ингеокома таких эффективных технологий и конструкций, как «стена в грунте», струйная цементация, метода «top-down», односводчатых конструкций и других решений.

При его непосредственном участии была осуществлена реконструкция линии метрополитена в Будапеште и проходка гидротехнического тоннеля под проливом Босфор в Турции в исключительно сложных гидрогеологических условиях. И. В. Маковский участвовал в подготовке к строительству и реализации проектов объектов Олимпиады 2018 г. в Сочи, включая Центральный стадион «Фишт», Ледовый дворец «Айсберг», автодороги М27 Адлер – Веселое.

В настоящее время Илья Вениаминович принимает участие в строительстве Рублево-Архангельской линии Московского метрополитена и других объектов различного назначения.

И. В. Маковский – кандидат технических наук, он награжден Орденом Почета и орденом Дружбы, удостоен званий «Заслуженный экономист Российской Федерации», «Лауреат премии Совета Министров СССР», «Почетный транспортный строитель», также других ведомственных отличий.

***Правление и Исполнительная дирекция Тоннельной ассоциации России поздравляют Илью Вениаминовича Маковского со знаменательным юбилеем и желают ему крепкого здоровья и дальнейших успехов во всех его делах, направленных на развитие Московского метрополитена и комплексное использование подземного пространства столицы нашей страны.***









Схема БКЛ метро Москвы

1 апреля 2021 г. открыли еще две станции: «Народное Ополчение» и «Мнёвники». Они стали первыми станциями метро в районе Хорошёво-Мнёвники, где проживает 174 тыс. человек, а планируемый прирост населения с учетом строящихся и перспективных объектов, а также реализации программы реновации жилищного фонда составляет еще 76 тыс. человек.

7 декабря 2021 г. Президент России Владимир Путин и мэр Москвы Сергей Собянин открыли участок Большой кольцевой линии метро от станции «Мнёвники» до станции «Каховская» – десять станций одновременно, впервые в современной истории отечественного метростроения.

Новый 20-километровый участок включает в себя десять станций: «Терехово», «Кунцевскую», «Давыдково», «Аминьевскую», «Мичуринский проспект», «Проспект Вернадского», «Новаторскую», «Воронцовскую», «Зюзино» и «Каховскую». Особенность линии от «Мнёвников» до «Давыдково» заключается в том, что часть ее сооружена по современной технологии – в однопутном исполнении с помощью тоннелепроходческих щитов «Надежда» и «Лилия» диаметром 10 м. От «Давыдково» до «Каховской» проходку выполни-

ли традиционным для Московского метро способом – с устройством двух однопутных тоннелей диаметром 6 м.

Участок от «Мнёвников» до «Каховской» улучшит транспортное обслуживание жителей многих районов и тех, кто там работает. Речь

Мэр Москвы С. С. Собянин и его заместитель М. Ш. Хуснуллин на открытии первого участка БКЛ







Станция метро «Деловой центр»



Станция метро «ЦСКА»



Станция метро «Авиамоторная»



Станция метро «Электрозаводская»

идет о Хорошево-Мневниках, Кунцево, Можайское, Фили-Давыдково, Очаково-Матвеевское, Раменках, Проспекте Вернадского, Обручевском, Ломоносовском, Черемухках, Коньково, Зюзино и Нагорное. Там живут 1,4 млн человек, из них 450 тыс. проживают в шаговой доступности от новых станций. Ожидается, что первое время новыми станциями будут пользоваться около 600 тыс. пассажиров в сутки. В дороге они будут экономить до 35–45 мин.

Семь из десяти станций нового участка БКЛ – пересадочные. С «Кунцевской» можно пересестись на Арбатско-Покровскую, Филевскую линии и МЦД-1, с «Мичуринского проспекта» – на Солнцевскую линию, с «Проспекта Вернадского» –

на Сокольническую, с «Воронцовской» – на станцию «Калужская» Калужско-Рижской линии, с «Каховской» – на «Севастопольскую» Серпуховско-Тимирязевской, а с «Аминьевской» – на МЦД-4 (Киевское направление Московской железной дороги). С «Новаторской» в будущем можно будет пересестись на одноименную станцию строящейся Троицкой линии метро.

29 декабря 2021 стал знаковым днем в истории метро столицы – замкнулась Большая кольцевая линия. Метростроители завершили проходку на двух последних участках – от «Электрозаводской» до «Савёловской» (это 7 с небольшим километров и четыре платформы), а также от «Нижегородской» до

«Каширской» (это 11 с лишним километров и три станции). Последние – «Варшавская» и «Каховская» – находились на реконструкции. Именно день, когда кольцо замкнулось, войдет в историю столичного метро.

Больше 20 тоннелепроходческих комплексов (ТПМК), весом до полутора тысяч тонн, вгрызались в столичный грунт и днем и ночью, чтобы, наконец, Большую кольцевую линию в свете лазерного шоу сомкнула ТПМК «Лилия».

«Закончена проходка самого большого метрокольца в мире. Это огромный объем, это целый город под городом. На отдельных участках велась ручная проходка в сложнейших геологических условиях на глубине

Станция метро «Мневники»



Станция метро «Терехово»







Станция метро «Новаторская»



Станция метро «Каховская»



Тоннелепроходческий комплекс «Лилия»



Технический пуск участка БКЛ. Вид из кабины машиниста

около 70 м. Хочу поблагодарить строителей за тот подвиг, который они совершили, проведя такую огромную, гигантскую сложнейшую работу», – мэр Москвы Сергей Собянин.

БКЛ – один из самых сложных инфраструктурных проектов в истории современной России. Семь раз линию проводили под водой – Москва-рекой и каналами. На некоторых участках, например, на юге столицы, метростроителям приходилось проходить тоннели глубокой проходкой под действующими линиями, а также под станциями метрополитена.

На данный момент идут технические пуски отдельных участков БКЛ, и совсем скоро вся кольцевая линия будет доступна для пассажиров. Движение по всему кольцу планируется запустить в первом квартале 2023 г.

Большая кольцевая линия метро – ключевой проект развития центрального транспортного узла страны. Сегодня через столицу проходит около 60 % всех пассажиров России. БКЛ сможет объединить все пассажирские маршруты.

После полного пуска БКЛ разгрузит другие линии метро: до 25 % Кольцевую линию; до 17 % Калужско-Рижскую линию; до 22 % Арбатско-Покровскую линию; до 21 % Филевскую линию; до 20 % Таганско-Краснопресненскую линию.

#### Список литературы

1. Большая кольцевая линия. Комплекс градостроительной политики



Руководители города Москвы и генеральный директор АО «Мосметрострой» С. А. Жуков на техническом пуске БКЛ

и строительства города Москвы. <https://stroi.mos.ru/metro/metro-bkl>

2. Большая кольцевая линия. Спецпроект. <https://stroi.mos.ru/specprojects/bkl/>

3. Схема линий Московского метро и МЦД с 1935 по 2027 годы. <https://stroi.mos.ru/metro>

4. История флагманского проекта Московского метро – БКЛ. <https://dzen.ru/a/YZjjNQDw1QOz4DFm>

5. Большая кольцевая линия. Википедия.

[https://ru.wikipedia.org/wiki/Большая\\_кольцевая\\_линия](https://ru.wikipedia.org/wiki/Большая_кольцевая_линия)

6. Московское метро: БКЛ вот-вот введут. Что дальше? Сборник «Приоритетные проекты России: Метро- и тоннелестроение 2022–2023».

#### Для связи с автором

Попонин Артем Романович  
office.rus-tar@yandex.ru





# ПЕТЕРБУРГСКИЙ МЕТРОПОЛИТЕН: В ОЖИДАНИИ БУРНОГО РАЗВИТИЯ

Сегодня метрополитен Санкт-Петербурга представляет собой пять линий, в составе которых 72 станции и 7 электродепо для обслуживания подвижного состава. Общая протяженность путей составляет 124,7 км.

Проектирование и строительство метрополитена в Санкт-Петербурге осуществляется в соответствии со следующей нормативной базой:

- Генеральный план Санкт-Петербурга, утвержденный законом Санкт-Петербурга от 22.12.2005 № 728-99 (с изменениями на 06.03.2019);

- Отраслевая схема развития метрополитена в Санкт-Петербурге, утвержденная постановлением правительства Санкт-Петербурга от 28.06.2011 № 836 (в редакции постановления правительства Санкт-Петербурга от 04.12.2018 № 921);

- Государственная программа «Развитие транспортной системы Санкт-Петербурга», утвержденная постановлением правительства Санкт-Петербурга от 30.06.2014 № 552 (с изменениями на 11.02.2020 г.).

## Итоги и планы

Развитие метро всегда было одной из центральных задач городских властей. В 2019 г. губернатор Александр Беглов пообещал открыть 29 новых станций к 2032 г. А 7 августа 2022 г. он еще больше расширил планы, сообщив в своём телеграм-канале о проекте развития Петербургского метрополитена. «Проект предусматривает усовершенствование работы метрополитена – увеличение протяженности линий на 139 км. Будет открыто 89 новых станций метро, из них 31 станция запланирована на первую очередь», – говорится в сообщении, опубликованном 7 августа в официальном телеграм-канале А. Беглова. Кроме того, в планах – строительство шести новых электродепо метрополитена. Проектные предложения Генплана были разработаны с учетом Отраслевой схемы развития метрополитена в Санкт-Петербурге и Объединенной комплексной транспортной схемы Санкт-Петербурга и Ленобласти.

Иными словами, количество станций в Петербургском метро собираются удвоить. И это самое масштабное обещание со времен СССР.

При этом в пояснительную записку СПб ГКУ «Научно-исследовательский и проектный центр Генплана Санкт-Петербурга» (НИПЦ Генплана) заложены иные данные. Так, до 2030 г. запланировано строительство 22 станций – это первая очередь. На расчетный период (с 2030 по 2040 г.) – 44 станции, на прогнозируемый период (с 2040 по 2050 г.) – еще 15 станций. В те же сроки предстоит реконструировать 35 существующих станций – 14, 18 и 3 по указанным пе-



Схема развития метрополитена в Санкт-Петербурге

риодам соответственно, а также построить 10 электродепо: 3, 6 и 1 соответственно. Согласно документу, протяженность линий метрополитена до 2030 г. должна прирасти на 49,46 км, до 2040 г. – еще на 102,44 км, до 2050 г. – еще на 40,56 км.

Новый вариант Генплана предусматривает увеличение к 2050 г. количества линий метро с нынешних пяти до восьми (добавятся Адмиралтейско-Охтинская и

Кольцевая линии, а также Сосновский радиус). Количество станций предстоит удвоить – с 72 до 153.

Вместе с тем, как утверждает НИПЦ Генплана, Генеральный план только формулирует цели и задачи, это не документ, к которому прикладывается некая бюджетная ведомость, а необходимость, которая нужна городу. То есть документ не подкреплен финансированием.



Реализовать эти планы, по мнению экспертов, можно. Но для этого необходимо:

- увеличить штат подрядной организации («Метрострой Северной Столицы») на 10–12 тыс. (сегодня – 3700 человек);
- нарастить мощности проектного института («Ленметрогипротранс») с его уникальным опытом проектирования станций глубокого залегания;
- актуализировать уже существующую проектную документацию и разрабатывать новую по перспективным объектам;
- готовить рабочих-метростроевцев в учебных заведениях города; закупать современную специализированную технику.

В частности, сократить сроки строительства и его стоимость возможно, закупив тоннелепроходческий комплекс диаметром 13,7 м, например у компании Herrenknecht AG (у петербургского проходческого щита «Надежда» производства той же компании диаметр 10,6 м). Это позволило бы в полтора раза сократить сроки проходки, а также повысить до 90 % механовооруженность метростроевцев.

Реальность же такова. В 2022 г. в Петербурге введена в эксплуатацию после масштабной реконструкции станция «Технологический проспект-1», а также продолжается строительство четырех станций: «Театральная» и «Горный институт» Лахтинско-Правобережной линии, «Юго-Западная» («Казакская») и «Путиловская» Красносельско-Калининской линии. Все остальное пока в планах.

### Станция «Технологический институт-1»

31 марта 2022 г. в Комитете по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры Санкт-Петербурга станция метро «Технологический институт-1» получила положительное заключение Ростехнадзора и разрешение на ввод в эксплуатацию после масштабной реконструкции. Для повышения пропускной способности станции подрядчиком были установлены четыре новых эскалатора взамен трех старых. Такие работы на станции Петербургского метрополитена проводились впервые. Также в рамках масштабной реконструкции были частично заменены конструкции наклонного хода.

Вестибюль станции оснащен лестничными подъемными устройствами для обеспечения доступа маломобильных групп населения, проведены реставрационные работы на отдельных архитектурных элементах. В машинном помещении установлено современное оборудование и система управления. Были восстановлены также исторические помещения вестибюля, в которых в свое время находились телефонные будки. Работы проводились под надзором Комитета по государственному контролю, использованию и охране памятников истории и культуры Санкт-Петербурга. Специалистам удалось сохранить и отремонтировать торшеры и решетки динамиков громкоговорителей, представляющих художественную ценность.



Станция «Технологический институт-1» после реконструкции

Заказчиком комплекса мероприятий по реконструкции станции метро «Технологический институт-1» выступил Комитет по развитию транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга, работы проводились компанией АО «Эн-системс». 1 апреля 2022 г. станция открылась для входа пассажиров.

### Станция «Горный институт»

«Горный институт» – строящаяся станция Петербургского метрополитена. Будет располагаться за строящейся станцией «Театральная», в южной части Васильевского острова. На момент запуска станет конечной станцией Лахтинско-Правобережной (четвертой) линии, соединяющей юговосточные районы на правом берегу Невы с центром города, при продлении её на северо-запад. Станция «Горный институт» будет введена в рамках пускового участка «Спасская» – «Горный институт».

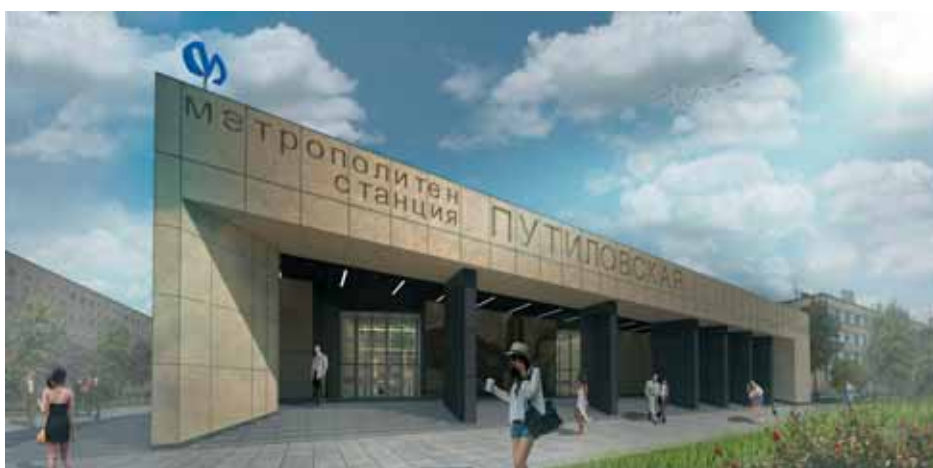
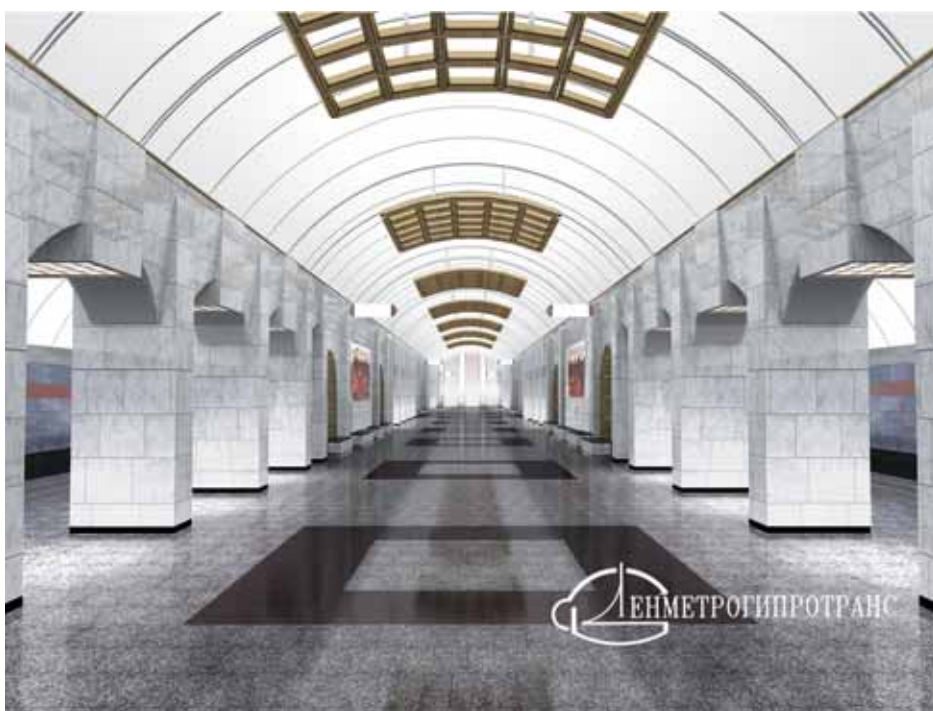
### Станция «Горный институт»



В настоящее время на Лахтинско-Правобережной ветке подземки работники АО «Метрострой Северной Столицы» перешли к обустройству станционных комплексов. В центральном зале станции «Горный институт» идут работы по возведению внутренних конструкций, ведется подготовка к установке эскалаторов, выполнены работы по бетонированию основания среднего станционного тоннеля и боковых тоннелей, на которое уложат путевой бетон. Это те участки тоннелей, которые видят пассажиры и на которые приходят поезда. В центральном зале станции сооружают будущую платформу, вернее внутренние конструкции. Здесь будет два уровня: в нижнем уровне – служебные помещения, верхний – это зал для пассажиров. Продолжается сооружение внутренних конструкций тягово-понижительной подстанции и вспомогательных горных выработок.



Станция «Театральная»



Станция «Путиловская»

Готов наклонный ход, его готовят к установке четырех эскалаторов. «Глубина стройки» – порядка 70 м.

Есть еще небольшой участок незавершенной проходки: «Горный институт» на некоторое время будет конечной станцией, так что здесь оборудована группа камер съездов – специальный узел из тоннелей и путей, куда составы могут отойти, отстояться и откуда могут отправиться обратно. На месте стройплощадки останется вентиляционная шахта.

После завершения строительства станции «Горный институт» у жителей Васильевского острова появится доступ к двум линиям метрополитена. В сентябре 2021 г. губернатор Александр Беглов пообещал ввести станцию в строй в 2024 г.

К 2028–2030 гг. планируется строительство пересадочного узла на проектируемую станцию «Горный институт-2» Кольцевой линии. Переход пассажиров между станциями будет осуществляться по мостикам над путями, для чего предусмотрен расширенный проём между пилонами. Для этого на станции создадут задел. Ещё один задел в юго-восточном торце станции оставят под второй выход на поверхность ближе к Неве. В 2030 г. за станцией «Горный Институт» при продлении Лахтинско-Правобережной линии откроют станции «Гавань» и «Морской Фасад».

### Станция «Театральная»

19 января 2022 г. завершён очередной этап строительства станции метро «Театральная» Лахтинско-Правобережной линии (оранжевой ветки).

Проекты развития Петербургского метрополитена поддержаны Президентом России, даны соответствующие поручения. Благодаря переезду ПАО «Газпром» (в июне 2021 г. собрание акционеров ПАО «Газпром» утвердило решение сменить место нахождения (регистрации) Общества с Москвы на Санкт-Петербург, внося изменение в Устав компании – *прим. автора*), город получил возможность выделять на строительство метро больше средств, чем в предыдущие годы. Но деньги сами по себе ничего не строят – для этого необходим надёжный и мощный подрядчик.

«Мы заключили контракт с АО «Метрострой Северной Столицы». Несколько месяцев потребовалось на подготовку, сейчас компания постепенно выходит на проектную мощность. Есть первые результаты. Они дают уверенность, что планы по развитию Петербургского метро на ближайшие годы будут выполнены», – рассказал губернатор Александр Беглов.

На станции метро «Театральная» специалистами АО «Метрострой Северной Столицы» построена тягово-понижительная подстанция, завершено сооружение бокового станционного тоннеля второго пути. Свод тоннеля в этом месте проходит на глубину 47 м, а рельсовое полотно укладывается на уровне 53 м под землей.





Станция «Юго-Западная» («Казакoвская»)

Строительство предполагает сооружение трёх тоннелей, которые соединятся пилоными проёмами для прохода пассажиров к боковым посадочным платформам. Теперь готовы все три станционных тоннеля: два боковых, по которым в будущем пойдут поезда, и один средний. Оборудована натяжная камера.

Наземный вестибюль станции «Театральная» будет устроен на углу улицы Декабристов и Лермонтовского проспекта. С местом второго выхода еще должны определиться специалисты. В Смольном пообещали при этом учесть мнение горожан.

Движение по участку Лахтинско-Правобережной от «Спасской» до «Горного института» планируется запустить в 2024 г. По плану, «Театральная» будет открыта сначала на транзит в одном пусковом комплексе со станцией «Горный институт» в 2024 г. Поезда некоторое время будут проходить без остановки, поскольку пока не выбрано место для расположения одного из наземных вестибюлей станции.

Как объяснили в пресс-службе комитета по развитию транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга (КРТИ), сдвинуть открытие вестибюля станции на год решили из-за недовольства горожан, которым не понравилось расположение выходов из подземки. Их планировалось два: подземный – к автостоянке перед Мариинским театром и обычный – на месте Дома быта (перекрёсток Лермонтовского проспекта и улицы Декабристов). В итоге Смольный отказался от обоих вариантов: выход к парковке вызывал опасения об обрушении

зданий консерватории и Мариинского театра, а участок на месте Дома быта для последующей реорганизации городу необходимо было выкупить.

На данный момент поиски продолжаются. Поэтому открытие вестибюля станции «Театральная» перенесли на 2026 г.

#### «Юго-Западная» и «Путиловская»

Также полным ходом идут работы на строительстве станций «Юго-Западная» («Казакoвская») и «Путиловская» Красносельско-Калининской линии. Пуск станций «Юго-Западная» и «Путиловская» запланирован на 2024 г. Сейчас строится первый участок коричневой линии «Юго-Западная» – «Путиловская». На юго-запад она пойдет в сторону «Сосновой Поляны», на северо-восток – через «Каретную» в центре города и далее в сторону «Ручьев». В начале января 2022 г. завершена проходка перегонного тоннеля по первому пути между станциями, а значит – соединение двух первых станций новой Красносельско-Калининской (коричневой) ветки. Щит диаметром 5,6 м стартовал из монтажно-дитовой камеры у станции «Юго-Западная» в марте 2021 г. Перегонный тоннель по второму пути также пройден.

Сбойка тоннелей – это соединение двух будущих станций, то есть новая коричневая ветка Петербургского метро уже сформирована. Это знаковое для города событие, новый подрядчик «Метрострой Северной Столицы» сумел в короткие сроки наладить работу коллектива и обеспечить его материалами и оборудованием.

Глубина станции «Юго-Западная» – 60 м, она пилоного типа. Станция «Юго-Западная», так же, как и «Путиловская», первое время будет конечной. Речь идет о первом участке коричневой линии: на одном конце «Юго-Западная», на другом – «Путиловская», которая будет пересадочной с существующим «Кировским заводом».

На «Юго-Западной» сегодня, как и на «Горном институте», идет возведение внутренних конструкций в центральном зале и на двух боковых тоннелях. Работы по обустройству наклонного хода, в том числе монтаж железобетонных конструкций и плит перекрытий, завершены. Вестибюль начнут строить до конца года.

Коричневой линии предстоит развиваться в два конца. Уже за строящейся «Юго-Западной» должны появиться станции «Брестская», «Улица Доблести», «Петергофское шоссе» и «Сосновая Поляна». Сейчас в обновленном плане Смольного этот участок с четырьмя станциями отнесен на 2030 г., депо будет пораньше.

В обратную сторону линия пойдет по диагонали на северо-восток через весь город, начиная от «Путиловской». Согласно плану Смольного, до «Каретной» ее доведут в 2029 г. Следующий шаг до «Суворовской-1» – в 2030 г., до «Пискаревки» – в 2033 г., и до «Ручьев» с депо – в 2034 г.

Предполагается, что в 2022 г. начнется проходка трех участков тупиковых тоннелей станции «Юго-Западная», также стартует механизированная проходка перегонного тоннеля в сторону будущей станции «Брестская».

Пуск станций «Юго-Западная» и «Путиловская» запланирован на 2024 г.



## Что дальше?

25 августа 2022 г. были опубликованы проекты планировки для новых северных станций Петербургского метро. Один из них касается участка Фрунзенско-Приморской линии от «Комендантского проспекта» до «Шуваловского проспекта». Согласно ему, протяженность перегона составит 3,04 км, пропускная способность – 17,5 тыс. человек в час. Второй проект планировки относится к участку Невско-Василеостровской линии от «Беговой» через «Туристскую» к станции «Планерная», которая и должна стать пересадочной на «Шуваловский проспект» (официально ее называют «Зоопарк»). Длина участка – 4,6 км, он должен пропускать 40 пар поездов в час.

Эти участки – первые в очереди на заключение дополнительных соглашений к рамочному контракту между «Метростроем Северной Столицы» и КРТИ, а значит – и на начало строительства. Первый (зеленый) участок ждут в 2026 г., второй (фиолетовый) – в 2028 г.

Станция «Шуваловский проспект» будет располагаться на Фрунзенско-Приморской (пятой) линии между действующей станцией «Комендантский проспект» и перспективной «Магистраль № 31». Планируется, что в дальнейшем станция будет иметь переход на станцию «Каменка» Невско-Василеостровской линии.

В планах также продолжение оранжевой линии. На сегодняшний день в перспективе – участок «Горный институт» – «Гавань» – «Морской фасад».

Для «Гавани» в текущем году утвердили проект планировки, а целиком две новые станции должны ввести в 2030 г. Впереди – проектирование. Дальше на схеме развития метрополитена Санкт-Петербурга нарисована изящная дуга через пересадку со станцией «Зенит» (еще недавно – «Новокрестовская») в сторону «Юнтолово», но это, если верить планам, уже в 2036 г. На обратном конце оранжевой линии начнется строи-

тельство станции «Кудрово», ввод которой в эксплуатацию запланирован на 2029 г. Общая стоимость строительства оценивается в 31,7 млрд руб. (без депо), и первые 700 млн включены в проект адресной программы на 2023 г.

В середине октября 2022 г. комитет по развитию транспортной инфраструктуры

«Смольный», «Полостровский проспект-1» и «Бестужевская» должен быть построен в 2033 г. Перегон до «Ручьев» – в 2034 г.

## От «Беговой» до «Зоопарка»

1 ноября 2022 г. утверждено дополнительное соглашение на продолжение Невско-Василеостровской линии метро. Об

## СТРОЯЩИЕСЯ ЛИНИИ

### Лахтинско-Правобережная линия:

- Станция «Горный институт» («Большой проспект»)
- Станция «Театральная» (на проход)

### Красносельско-Калининская линия:

- Станция «Путиловская»
- Станция «Юго-Западная» («Казаковская»)

## ЗАВЕРШЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ С 2015 г.

- Станция «Спортивная» (второй выход) – открыта 27.05.2015 г.

### Невско-Василеостровская линия:

- Станция «Беговая» («Улица Савушкина») – открыта 26.05.2018 г.
- Станция «Зенит» («Новокрестовская») – открыта 26.05.2018 г.

### Фрунзенско-Приморская линия (Ф-II):

- Станция «Проспект Славы» – открыта 03.10.2019 г.
- Станция «Дунайская» («Дунайский проспект») – открыта 03.10.2019 г.
- Станция «Шушары» («Южная») – открыта 03.10.2019 г.
- Электродепо «Южное»

(КРТИ) объявил конкурс на разработку предпроектной документации для строительства участка коричневой ветки метро. Работу по линии между будущими станциями «Ручьи» и «Полостровский проспект-1», а также электродепо «Ручьи» оценили в 80,6 млн руб. Между этими станциями будут еще «Бестужевская» и «Пискаревка». Закончить предпроект надо к ноябрю 2025 г., максимальная стоимость – порядка 80 млн руб.

Доберутся до него не скоро. Согласно актуальной стратегии Смольного, участок коричневой линии от станции «Суворовский проспект-1» до «Пискаревки» через станции

этом сообщил Комитет по развитию транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга (КРТИ). Ранее, 19 октября утвержден проект планировки территории участка Невско-Василеостровской линии от станции «Беговая» до станции «Зоопарк» (техническое название «Планерная») протяженностью 4,6 км. Правительство Петербурга утвердило проект планировки межевания территории для строительства продолжения зеленой ветки метро.

В документе говорится: «Утвердить проект планировки территории для размещения линейного объекта регионального значения Невско-Василеостровская линия от станции «Беговая» до станции «Зоопарк». Фактически это означает, что власти согласовали расположение тоннелей и надземных сооружений метрополитена, включая вестибули, вентиляционные шахты и пр. И теперь, исходя из плана, можно начинать подготовительные работы с переносом коммуникаций и инженерных сетей, что обычно требуется при строительстве крупных объектов. Около полугодия метростроители будут выполнять подготовительные работы. В 2023 г. механизированный тоннелепроходческий комплекс начнет движение от станции «Беговая» в сторону будущей станции «Зоопарк». Этот участок предполагает создание промежуточной остановки «Туристская» (она же «Богатырская») и пересадочной с «Планерной» перспективной станции «Шуваловский проспект» фиолетовой, пятой ветки метро. Сейчас зеленая и фиолетовая ветки напрямую никак не пересекаются, для перехода приходится делать





по две пересадки, через «Гостиный двор» и «Садовую», например.

В начале июля 2022 г. Главгосэкспертиза согласовала проектную документацию и результаты инженерных изысканий для строительства участка от «Беговой» до «Планерной». По ранее озвученным планам, участок до «Планерной» должны сдать в горизонте 2026–2028 гг.

Продолжение зеленой линии метрополитена улучшит транспортную доступность Приморского района и обеспечит жителей микрорайона Юнтолово и прилегающих территорий удобным доступом в петербургскую подземку.

### Станции «Гавань» («Шкиперская») и «Морской фасад»

5 сентября 2022 г. КРТИ Санкт-Петербурга сообщил, что на рабочем совещании губернатора Александра Беглова с членами городского правительства утвержден проект планировки территории станции метро «Гавань». Она будет расположена между станциями «Морской фасад» и «Горный институт», на Большом проспекте Васильевского острова. «Гавань» планируют построить следующей после «Горного Института». Для станции уже выделен участок на пересечении Наличной улицы и Шкиперского протока. Она очень сильно поможет разгрузить другие станции Васильевского острова.

Открытие запланировано на 2030 г. Станция «Гавань» является третьим этапом строительства. Объект метрополитена включен в государственную программу города «Развитие транспортной системы Санкт-Петербурга», утвержденной постановлением правительства Санкт-Петербурга от 30.06.2014 № 552 со сроком реализации 2022–2030 гг. Станцию планируется построить на участке с юго-восточной стороны здания по Шкиперскому протоку, 12Н и с северо-восточной стороны здания по Большому проспекту В. О., 103К. Благодаря реализации станции «Гавань» улучшится транспортная доступность Васильевского острова, южные намывные территории получат доступ к метро. Согласно приложению к документу, вестибюль оборудуют четырьмя эскалаторами, а пропускная способность станции составит 13,6 тыс. человек в час.

«Морской фасад» – проектируемая конечная станция одной из очередей Правобережной линии. Будет являться следующей за станцией «Гавань» Правобережной линии при продлении её на северо-запад.

Предполагалось ввести станцию в рамках пускового участка «Театральная» – «Морской фасад». В дальнейшем было принято решение в рамках первой очереди Лахтинского радиуса ввести только станции «Театральная» и «Большой проспект».

Начать строить участок линии метро, который должен соединить станцию «Морской фасад» с «Большим проспектом», обещают только в 2024 г. На сегодня готов пока лишь проект планировки с проектом межевания террито-



Станция «Гавань»



Станция «Морской фасад»

рии для этого участка. Предполагается, что станция «Морской фасад» будет построена на так называемом «намыве Васильевского острова» – искусственно сформированной приморской территории Васильевского острова в Санкт-Петербурге. Еще недавно на этом месте был Финский залив. Намыв Васильевского острова создан в рамках запущенного в 2006 г. градостроительного и девелоперского проекта «Морской фасад», включающего также строительство одноимённого пассажирского порта.

Станционный комплекс будет сооружаться на небольшой глубине – 15,5 м. Строительство станции планируется вести в котловане с креплением стенок по технологии «стена в грунте». Станция будет иметь одну островную платформу с одним рядом колонн посередине.

8 февраля 2019 г. по результатам общественных слушаний выбрали место для будущей станции – вход и выход из нее будет осуществляться через два вестибюля в торцах станции с лестничными сходами с за-

падной и восточной сторон улицы Берег Невской губы в непосредственной близости от Морского пассажирского порта.

За станцией «Морской фасад» предусмотрено путевое развитие с шестью стрелками и четырьмя тупиками (по аналогии со станцией «Проспект Ветеранов»). В перспективах развития сети метрополитена предусмотрено продление Правобережной линии в сторону Лахты через проектируемую станцию Невско-Василеостровской линии «Новокрестовская», поэтому при сооружении «Морского фасада» тупики на продолжении главных путей будут сведены друг к другу в большой демонтажной камере с целью дальнейшего сопряжения с двухпутным тоннелем. Станцию «Морской фасад» планируют открыть в 2030 г.



*По материалам издания «Приоритетные проекты метро и тоннелестроения России 2022–2023 гг.» (автор текста Алхимова Наталья, ООО «Гидротехника XXI век»)*

# УТВЕРЖДЕНИЕ ПРОЕКТА ПЕРЕСМОТРА СВОДА ПРАВИЛ СП 120.13330.2012 «СНиП 32-02-2003 МЕТРОПОЛИТЕНЬ»

Д. С. Конюхов, В. П. Кивлюк, А. М. Потокина, АО «Мосинжпроект»  
И. Я. Дорман, Тоннельная ассоциация России  
Д. А. Доцатов, ГУП «Московский метрополитен»  
Е. Г. Козин, ГУП «Петербургский метрополитен»  
А. И. Данилов, В. П. Чижиков, ООО «Центр Исследований Опасных Факторов Пожаров»

С 27 января 2023 г. вступил в действие Свод правил СП 120.13330.2022 «СНиП 32-02-2003 Метрополитены», в разработке которого приняли участие ведущие специалисты РФ в области проектирования, строительства и эксплуатации метрополитенов. Требования свода правил СП 120.13330.2012 «СНиП 32-02-2003 Метрополитены» были подвергнуты изменениям и нововведениям. Усовершенствование нормативного документа позволит повысить надежность и безопасность сооружений метрополитена, а также будет способствовать применению передовых технологий и отмене устаревших.

## Предисловие

В апреле 2021 г. в соответствии с Планом разработки и утверждения сводов правил и актуализации ранее утвержденных строительных норм и правил на 2021 г., утвержденным приказом Минстроя России от 1 марта 2021 г. № 99/пр. АО «Мосинжпроект», под научным руководством авторов настоящей статьи при участии: АО «Метрогипротранс», ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс», АО «Моспромпроект», ООО «Институт Мосинжпроект», НИТУ «МИСИС», ГАУ «НИИАЦ», ГУП «Московский метрополитен», ГУП «Петербургский метрополитен», МУП «Новосибирский метрополитен», МП «Нижегородское метро», МП «Самарский метрополитен», ЕМУП «Метрополитен», Федеральной Палаты пожарно-спасательной отрасли, Тоннельной ассоциации России, ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации», АО ЦНИИТС, ФГБУ ВНИИПО МЧС России, ООО «Центр исследований опасных факторов пожаров» был начат пересмотр проекта свода правил «Метрополитены».

Работы выполнялись в рамках мероприятий по совершенствованию технического регулирования в строительной сфере Государственной программы Российской Федерации «Обеспечение доступным и комфортным жильем и коммунальными услугами граждан Российской Федерации» и продолжались на протяжении 20 месяцев.

В процессе пересмотра свода правил от организаций России, осуществляющих проектирование, строительство и эксплуатацию метрополитенов, было получено и отработано более 800 предложений и замечаний по составленной авторами 1-й редакции, проведено 22 согласительных совещания по вопросу обсуждения проекта пересмотра свода правил, пройдена экспертиза в Технических комитетах Минстроя России: ТК 150 «Метрополитены»; ТК 274 «Пожарная безопасность»; ТК 465 «Строительство»; МГО «Всероссийское общество слепых»; Всероссийском

обществе инвалидов; ФГБУ ВНИИПО МЧС России.

Основной задачей в процессе пересмотра свода правил являлось:

- снижение стоимости и сроков строительства;
- внедрение новых материалов и технологий;
- учет изменений в законодательстве Российской Федерации, актуализация нормативных ссылок, уточнение терминологии нормативных документов;
- учет результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ;
- внедрение в практику проектирования и строительства современных достижений в области метроостроения, а также инноваций и прогрессивных методов строительства объектов Московского метрополитена;
- внедрение современной системы эвакуации пассажиров при аварийных ситуациях;
- введение требований по контролю качества скрытых работ геофизическими методами в метрополитенах;
- введение требований по научно-техническому сопровождению строительства.

Для усовершенствования норм проектирования и повышения качества устраиваемых конструкций, а также внедрения передовых технологий и отмену устаревших АО «Мосинжпроект» совместно с Центром Исследований Опасных Факторов Пожаров (ООО «ЦИОФП»), ООО «СпецГеоТрансПроект» и Федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» были разработаны и введены в действие научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, а также Стандарты организации АО «Мосинжпроект».

## Структура и основные изменения свода правил СП 120.13330.2012

В процессе переработки Свод правил сохранил преемственность и прежнюю струк-



туру предыдущих СП 2012 г.: в области применения свода правил, в части установления требований к проведению инженерных изысканий и проектированию объектов метрополитена, к правилам и порядку осуществления строительно-монтажных и подготовительных работ, к порядку проведения геодезического и маркшейдерского обеспечения строительно-монтажных работ, а также к контролю качества и приемке строительных работ и сооружений. В ряде разделов Свод правил подвергся изменениям.

В частности, в пересмотренном Проекте свода правил:

- учтены требования федеральных правовых актов;
- уточнены требования транзитной прокладки воздухопроводов общеобменной и противодымной вентиляции в условиях стесненных архитектурных планировок;
- предложено предусмотреть 100-% резервирование оборудования систем общеобменной вентиляции, рассчитанной из условий ассимиляции избыточного тепла, выделяемого при работе оборудования;
- введено требование о соответствии эскалаторного оборудования, устанавливаемого в рамках объекта проектирования и границ землеотвода метрополитена (в тоннелях, переходных коридорах, галереях и т. д.) действующим требованиям промышленной безопасности в части конструкции оборудования, наличия технологических проходов, наличия необходимых технологических и бытовых помещений, организации эксплуатации;
- введено требование о необходимости предусматривать меры по водоотведению и водопонижению грунтовых вод с помощью устройства прифундаментного/пристенного дренажа для продления срока службы сооружений мелкого заложения (подземные пешеходные переходы, подземные вестибюли, станции мелкого заложения);
- дополнены требования к разработке концепции планировки территории в рамках проектирования новых объектов метрополитена, в части выбора мест размещения люков демонтажных камер;
- введено требование о необходимости предусматривать помещения АВЗ АТДП в уровне платформы в непосредственной близости к стрелочным переводам для участков линии с двухпутными тоннелями на станциях с путевым развитием;
- дополнены требования об изменении входных дверных проемов для МГН;
- введены требования и предложена методика по геофизическому контролю качества скрытых работ;
- откорректированы требования по обследованию зданий и сооружений, расположенных в зоне влияния строительства метрополитенов, снижающие объёмы и стоимость геотехнических изысканий; разработаны требования к ограждению депо.

С учетом требований ФГБУ ВНИИПО МЧС России полностью переработан раздел 5.16

«Пожарная безопасность» в части актуализации требований к системе противопожарной защиты метрополитена, учитывающих последние изменения в Технических регламентах, с учётом типовых решений СТУ, согласованных и внедрённых в практику проектирования метрополитена за последние 10 лет, в том числе требования:

- к обеспечению огнестойкости зданий и сооружений метрополитена;
- определению категорий помещений, зданий и сооружений метрополитена по взрывопожарной и пожарной опасности;
- системе противопожарного водоснабжения;
- системе пожарной сигнализации, автоматическим установкам пожаротушения и системам оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- системе противодымной защиты метрополитена;
- пожарной безопасности электроустановок;
- первичным средствам пожаротушения и спасательным средствам;
- введены новые термины и определения, аббревиатуры;
- свод правил дополнен методикой расчёта параметров тоннельной вентиляции в аварийных режимах при пожаре;
- исправлены опечатки и исключены ссылки на недействующие нормативные документы;
- введен раздел по организации эвакуации и вывода людей из сооружений метрополитена.

### **Ожидаемый эффект**

Усовершенствование норм позволит: исключить пробелы в нормативной документации для упрощения проектирования и эффективной защиты документации в Государственной экспертизе и объекта строительства в органах Государственного строительного надзора, повысить качество и скорость принимаемых решений инженерами при проектировании и строительстве, а также сократить разработку новых СТУ или внесение в СТУ мероприятий, увеличивающих сроки строительства и требующих реализации дополнительных технических решений.

Ожидаемый социальный и экономический эффект от внедрения новых технологий, учитывающих изменения, вносимые в свод правил, обеспечивается совокупностью рациональных требований к конструктивным решениям и к безопасности современных технологий и материалов, что будет способствовать повышению надежности и безопасности сооружений метрополитена, уменьшению риска для жизни и здоровья граждан, причинения вреда имуществу физических и/или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу и окружающей природной среде, а также приведет к снижению стоимости проектно-изыскательских и строительных работ и существенному снижению потребности в разработке СТУ.





# НИЖЕГОРОДСКОЕ МЕТРО – ПИЛОТНЫЙ ПРОЕКТ ФИНАНСИРОВАНИЯ ИБК

**Четыре новые станции метро должны появиться в Нижнем Новгороде до конца 2026 г.: «Площадь Свободы», «Сенная», «Варя» и «Сормовская». Первым этапом станет продление Автозаводской линии в исторической, нагорной части.**

«Прежде всего метрополитен требуется в исторической части города, где сосредоточены уникальные объекты культурного наследия, а существующая уличная сеть не рассчитана на современный трафик, потребности нижегородцев и гостей города», – отмечает губернатор Нижегородской области Глеб Никитин.

О продлении Автозаводской линии от станции метро «Горьковская» до площади Сенной говорили еще в 2011 г. В тот же период была подготовлена документация на две станции: «Оперный театр» и «Сенная». Однако в 2015 г. перед чемпионатом мира по футболу началось строительство другой станции – на Стрелке. Новые станции в городе не открывались с 2018 г., последней и стала «Стрелка», заработавшая к ЧМ-2018.

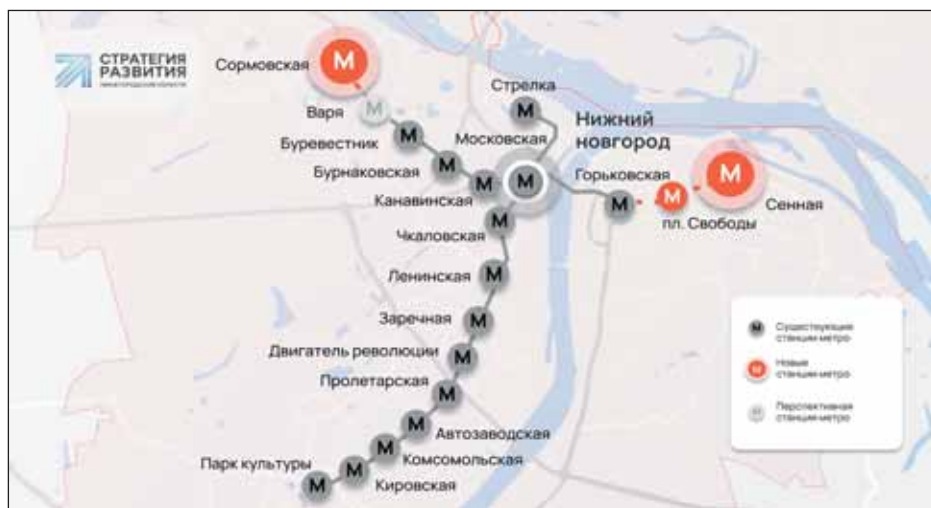
На этот раз станций будет четыре. К концу 2025 г. Автозаводскую ветку в нагорной части города продолжат станции «Площадь Свободы» и «Сенная», а годом позже на Сормовско-Мещерской линии откроются «Варя» и «Сормовская». Ожидается, что новое строительство не только разгрузит напряженные транспортные узлы в районе Сенной площади и центра Сормова и сократит время в пути на общественном транспорте, но и станет мощным импульсом к развитию этих территорий. По прогнозам экспертов, пассажиропоток станций «Площадь Свободы» и «Сенная» составит порядка 12 млн человек в год, а общий пассажиропоток метрополитена после их открытия увеличится примерно в 2,5 раза.

## Инфраструктурный бюджетный кредит (ИБК)

В мае 2021 г. Владимир Путин заявил о введении такого нового инструмента развития, как инфраструктурный бюджетный кредит. Нижнему Новгороду посчастливилось первым проверить новую систему на себе.

В конце прошлого года Нижегородской области первой среди всех субъектов Федерации был одобрен инфраструктурный бюджетный кредит в размере 104,4 млрд руб., сразу на три крупные цели: жилищное строительство на юге города, реновацию исторических пространств, трансформацию транспортной системы. Из этих средств на строительство новых станций метро предстоит потратить около 50 млрд руб.

Средства инфраструктурного бюджетного кредита по ставке всего 3 % годовых правительство Нижегородской области должно будет вернуть в федеральный бюджет в



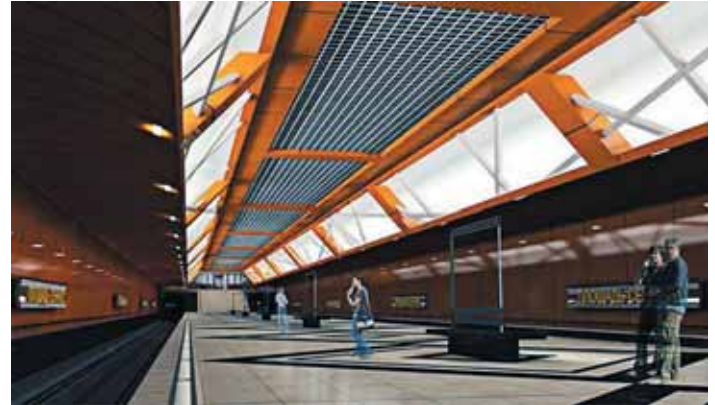
течение 15 лет. Как показывают темпы возврата кредитов в последние годы, растущей экономике региона это по силам.

Размер бюджетного кредита, предоставленного Нижнему Новгороду – самый боль-

шой в стране. Для сравнения – в середине прошлого года Москва получила подобный кредит на сумму чуть более 81 млрд. Сопоставимой суммой может похвастаться еще только Красноярский край, получивший 89 млрд

## Изменения в схему внеуличного пассажирского транспорта Нижнего Новгорода





Станция «Площадь Свободы»

на строительство ветки метро в столице региона. У сибиряков это единственная цель финансирования.

Разумеется, намеченные перемены в Нижнем Новгороде будут реализованы не только на кредитные средства, 75 % финансовых затрат на стройку – это внебюджетные инвестиции, чему способствуют новые поправки в бюджет области, которые в августе анонсировал губернатор Глеб Никитин.

25 августа 2022 г. депутаты Законодательного собрания в двух чтениях приняли изменения в закон Нижегородской области «Об областном бюджете на 2022 г. и на плановый период 2023 и 2024 гг.». В целом доходы региональной казны увеличены на 3,162 млрд руб. до 246,3 млрд руб., а расходы на 9,5 млрд руб. – до 285,3 млрд руб. Общая сумма, которую планируется потратить на развитие Нижегородской агломерации, составляет 410 млрд руб.

### «Площадь Свободы» и «Сенная»

Одно из самых ожидаемых изменений в столице региона в этом году – строительство метро в верхней части Нижнего Новгорода. В нагорной части пока работает единственная станция «Горьковская», которая была введена в эксплуатацию в 2012 г. Первым этапом продления Автозаводской линии станет строительство станций «Площадь Свободы» и «Сенная».

Первый транш в размере 1 млрд рублей на обновление проектно-сметной документации строительства метро (средства ИБК) регион уже получил. В декабре 2021 г. правительство Нижегородской области подвело итоги конкурса на разработку проектной документации и строительство двух станций метро Автозаводской линии и заключило контракт с АО «Моспроект-3» – столичная компания оптимизирует проект станции «Сенная», разработанный 10 лет назад. Изменения касаются плана трассы с сокращением длины тоннелей до 3 км, объемно-планировочных решений подземных станций, а также сокращения количества строительных площадок с девяти до четырех за счет изменения технологических решений. Такие корректировки позволяют существенно снизить затраты на строительство и сократить сроки возведения станций до трех лет.

Группа компаний «Моспроект-3» – московская организация, ставшая единственным участником конкурса на продление ветки до «Сенной». Юридически компания является акционерным обществом, ее полное название – «Научно-исследовательский и проектный институт гражданского строительства, благоустройства и городского дизайна «Моспроект-3».

Общая стоимость муниципального контракта на проектирование и строительство станций «Площадь Свободы» и «Сенная» и продление метрополитена составляет 35,58 млрд руб. Контракт под ключ включает в себя разработку проекта и возведение двух новых станций – эти задачи будут решаться параллельно. Детально фронт работ определила документация по планировке и межеванию территории, утвержденная приказом регионального Министерства градостроительной деятельности и развития агломераций Нижегородской области в июне 2022 г. Подрядчику предстоит построить перегонные тоннели, разместить объекты для инженерно-технического обслуживания метро и сооружений гражданской обороны. Также потребуются реконструкция участков городских улиц. Все мероприятия будут сопряжены с переустройством инженерных коммуникаций. Станционные комплексы «Площадь Свободы» и «Сенная» разместят в открытых котлованах. Каждый будет оснащен двумя подземными вестибюлями с техническими помещениями, вентиляционными киосками, входными павильонами и подземными переходами. Общая протяженность новой линии в двухпутном исчислении составит около 3,15 км. Построить новую линию планируется до конца 2025 г.

«Нижегородская область продолжает реализацию крупных инфраструктурных проектов, в частности создание новых станций метро, позволяющих обеспечить дальнейшее развитие региона. Каждый такой проект в перспективе даст серьёзный экономический эффект, будет способствовать созданию новых возможностей для территорий», – считает глава региона Глеб Никитин.

На текущем этапе идёт подготовка к старту первой проходки нового участка Автозаводской линии. Работы будут выполняться в

рамках строительства классического метро мелкого заложения – станции расположатся на глубине 10–11 м. Всего Нижегородское метро будут прокладывать тремя щитами, одному из них уже дали имя «Владимир». Интересно, что тоннелепроходческий комплекс впервые в истории российского метростроения назвали мужским, а не женским именем.

Известно, что весь проект продления Автозаводской линии метрополитена поделен на восемь этапов – три подготовительных и пять основных, все проекты находятся на госэкспертизе. Ранее положительное заключение госэкспертизы получил проект котлована на площади Свободы. А 8 ноября 2022 г. стало известно, что еще два этапа продления Автозаводской линии метро в Нижнем Новгороде прошли госэкспертизу. Речь идет о проектной документации для подготовки стартового котлована для станции «Сенная» на улице Большой Печерской и котлована на улицах Горького и Белинского. Один этап подразумевает устройство котлована и подготовку территории для строительства дополнительной ветки Автозаводской линии метрополитена от площади Горького до Сенной. Рабочие установят тоннельную вентиляцию и водоотлив. На втором этапе будет подготовлен стартовый котлован на станции «Сенная».

Подземные работы по прокладке новых станций метро в нагорной части Нижнего Новгорода стартуют в конце 2022 г. Нахождение тоннелепроходческого щита в одну сторону уйдет около шести месяцев. По словам подрядчика строительства, в местах ввода и вывода тоннелепроходческих щитов планируется устройство пригрузов и размещение просадочного грунта. Кроме того, для обустройства тоннелей будет использоваться высокоточная железобетонная оболочка с применением резиновых уплотнителей, защищенная от проникновения воды. Эти мероприятия обусловлены сложными гидрогеологическими условиями, в частности, наличием техногенных и просадочных грунтов. Кроме того, в работах по строительству тоннелей между станциями «Площадь Свободы» и «Сенная» будут задействованы еще два проходческих щита. Как их назовут, пока неизвестно.





Станция «Сормовская»



Станция «Стрелка»

Согласно проекту, на станции «Площадь свободы» будет два вестибюля, на два выхода каждый. Через них можно будет попасть на улицы Горького, Ошарскую, Варварскую, Ванеева, Семашко, а также к скверу 1905 года и театру оперы и балета.

На площади Сенной также будет два вестибюля и четыре выхода. Они будут вести к улицам Ковровской, Большой Печерской, Сеченова, Горького, Минина, Родионова и заводу им. Петровского.

### Метро в Сормово

Параллельно правительство Нижегородской области работает и над продлением второй ветки метро – Сормовско-Мещерской. В заречной части города решается вопрос о строительстве новой станции «Сормовская». Ещё одна станция – «Варя» – находится в перспективных планах.

В конце июня 2022 г. губернатор Глеб Никитин объявил, что до конца года разработкой проектной документации по продлению

этой ветки займется организация АО «Моспроект-3», которая задействована в работах с метро в нагорной части. Региональное правительство официально заключило с компанией контракт на проектирование и строительство нового участка метро Сормовско-Мещерской ветки. Работы в этом направлении начались в 2022 г. Проект предполагает строительство станций «Сормовская» и «Варя». Подрядчик подчеркнул, что эту линию будет строить на участке около 3 км, и добавил, что новая станция «Сормовская» будет неглубокого заложения. Ожидается, что новая станция метро в заречной части города появится до конца 2026 г. Об этом в своем телеграм-канале сообщил мэр города Юрий Шалабаев.

### Метро к Нижегородскому Кремлю

31 октября 2022 г. постановлением правительства региона утверждено внесение изменений в генеральный план города. Согласно плану, изменения затронули схему внеулично-

го общественного транспорта. Так, на схеме как проектируемые линии метрополитена отмечены станции на Сенной и в районе площади Свободы. На этих территориях строительство уже ведется. При этом на схеме отображены также и станции нижегородской подземки в районе площадей Минина и Лядова. Это центр города. Станции обозначены как перспективные линии метро. Если их строительство будет осуществлено, метро в Нижнем Новгороде удастся подвести к Кремлю.

### Метро до Новинки

Метро от Нижегородского Кремля до поселка Новинки точно не построят до 2030 г., сообщили в министерстве градостроительной деятельности и развития агломераций региона. В ведомстве отметили, что в генеральном плане Нижнего Новгорода действительно предусмотрены линии на отдаленную перспективу. Одной из них является Гагаринская линия метрополитена – она предполагает прокладку метро от деревни Ольгино и поселка Новинки вдоль проспекта Гагарина до площади Минина и Пожарского. Однако это возможно только в случае дальнейшего роста города в южном направлении по правому берегу Оки. При этом также в генплане прописано, что строительство Гагаринской линии – трудоемкий и дорогостоящий процесс. По этим причинам возведение новых станций подземки в этом направлении до 2030 г. не предполагается. Отмечается, что также специалисты ориентировались на результаты прогнозных расчетов по нагрузке.



По материалам издания «Приоритетные проекты метро и тоннелестроения России 2022–2023 гг.» (автор текста Наталья Алхимова, ООО «Гидротехника XXI век», при участии Василия Митрофанова, Тоннельная ассоциация России)

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММ ДЛЯ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОХОДКИ ТОННЕЛЕЙ

А. Г. Леонов, ООО «Навигатор»

**В настоящее время при строительстве тоннелей широко применяются тоннелепроходческие механизированные комплексы. В связи с этим существенно повысилась скорость проходки тоннелей и возникла потребность быстро и оперативно контролировать соответствие фактического положения обделки тоннеля проектным размерам. Чтобы облегчить труд маркшейдеров, на каждом этапе строительства рекомендуется использовать нижеперечисленные маркшейдерско-геодезические программы.**

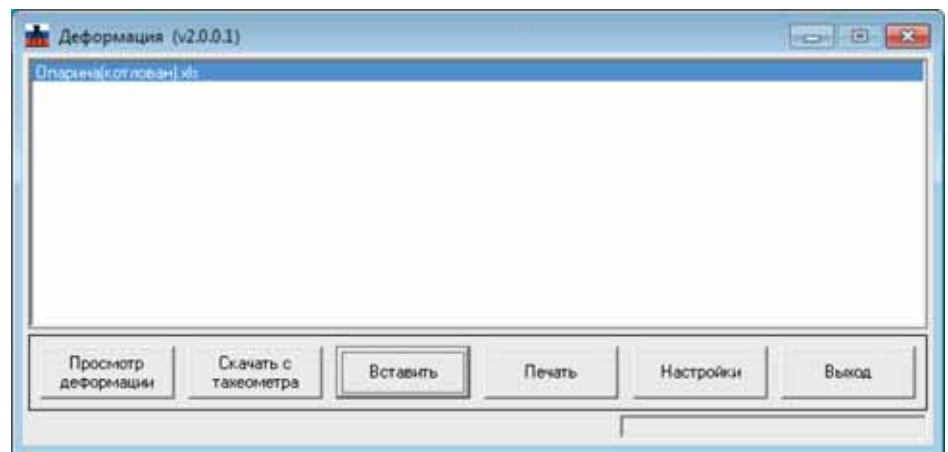
**В** процессе сооружения и эксплуатации стартового котлована необходимо следить за деформацией его стен. Для ускорения обработки деформационной съемки и составления наглядных отчетов можно применять программу «Деформация».

Данная программа предназначена для автоматизированной обработки деформационных точек, снятых любым тахеометром, в любом порядке и с любой нумерацией. Программа заполняет в файл Excel отклонения от «нулевого» цикла, а также в файле AutoCAD рисует деформационные точки в 3D виде с подписью номера точки, отклонения этой точки от «нулевого» цикла по трем направлениям, а также указывает стрелкой направление деформации. Если создать объемную модель объекта деформационного мониторинга в AutoCADe и вставить туда с истинными координатами деформационные точки, созданные программой, мы получим наглядную картину деформации в 3D виде.

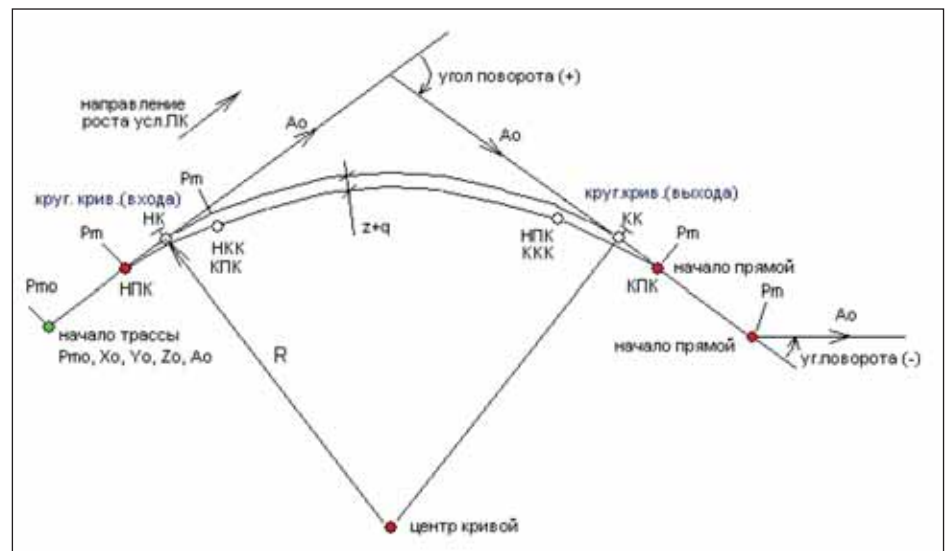
При желании в Excel можно создать любые диаграммы, наглядно отображающие деформационный процесс. Съемочный координатный файл всех основных марок тахеометров распознается автоматически и не требуется никакого редактирования. В программу встроен модуль передачи данных с тахеометра на компьютер.

Перед началом проходки возникает задача вычисления трассы тоннеля в виде координатных точек, вычисленных через метр, для загрузки в систему навигации. Для этой цели рекомендуется использовать трассовые редакторы самой навигационной системы, либо программы «Кольца». Пользователь вводит в трассовый редактор координаты начальной точки, и далее необходимые данные по каждому элементу трассы. Для трассы в плане существует четыре элемента: прямая, переходная кривая (входа), круговая кривая, переходная кривая (выхода). В профиле – только два элемента: прямая и вертикальная кривая.

В процессе проходки требуется производить съемку и вычисление колец по радиусам от проектной оси тоннеля. Для облегчения вычисления радиусов колец и составления таблиц и отчетов применяется программа «Кольца». Эта программа также



Главное окно программы «Деформация»



Типы элементов трассы в плане

вставляет вычисленные кольца в AutoCAD. После сбояки тоннеля по существующим тоннельным знакам прогоняют полигонометрический и высотный ход и уравнивают его. В программе «Кольца» есть функционал, позволяющий перевычислить радиусы колец от уравненной полигонометрии. Это дает возможность исключить необходимость повторной съемки колец от уравненных знаков.

При монтаже сборной обделки тоннеля иногда требуется измерить плоскость забойного кольца. В условиях большой стесненно-

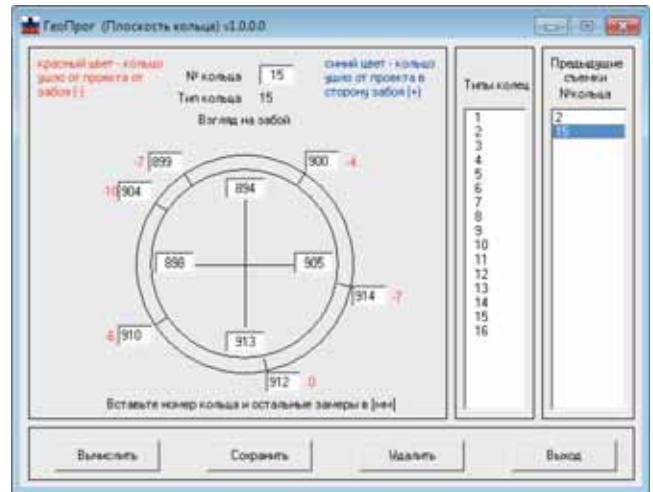
сти в монтажной области, сделать эту съемку традиционным способом не представляется возможным. Программа «Плоскость кольца» позволяет вычислить плоскость кольца, используя замеры, сделанные от щита.

Также есть программа «Сечения», позволяющая автоматически начертить в AutoCADe план и профиль с легендой всего тоннеля, и создать таблицу сечений круглого тоннеля в Excel для исполнительной долгосрочного хранения. Исходными данными для этой программы служат перевычисленные радиусы колец из программы

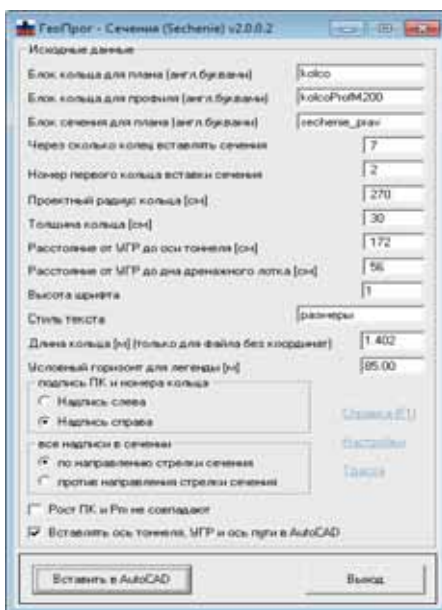




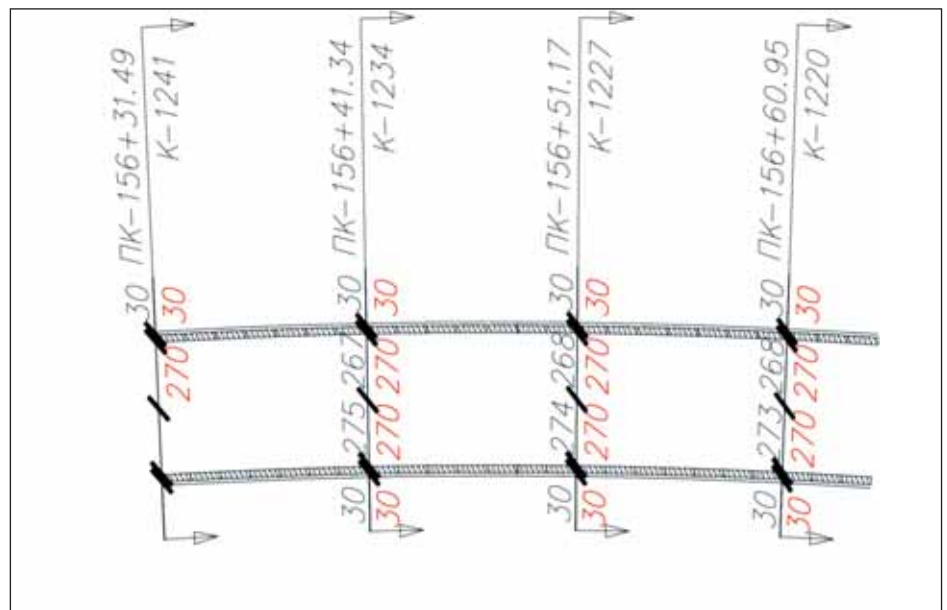
Главное окно программы «Кольца»



Главное окно программы «Плоскость кольца»

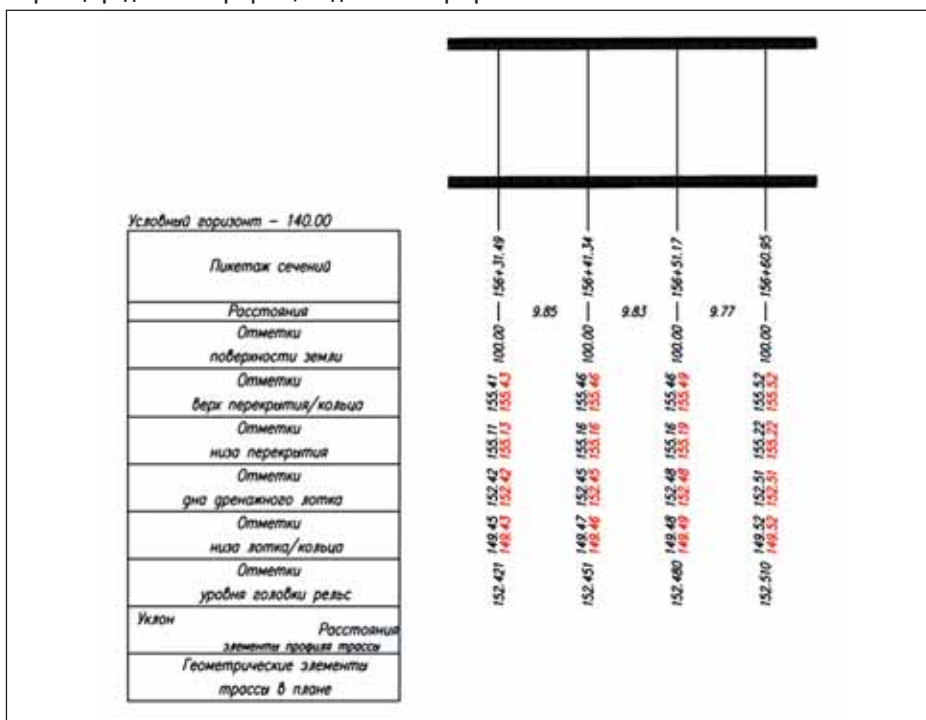


Главное окно программы «Сечения»



Образец плана тоннеля, создаваемого программой «Сечения»

Образец продольного профиля, создаваемого программой «Сечения»



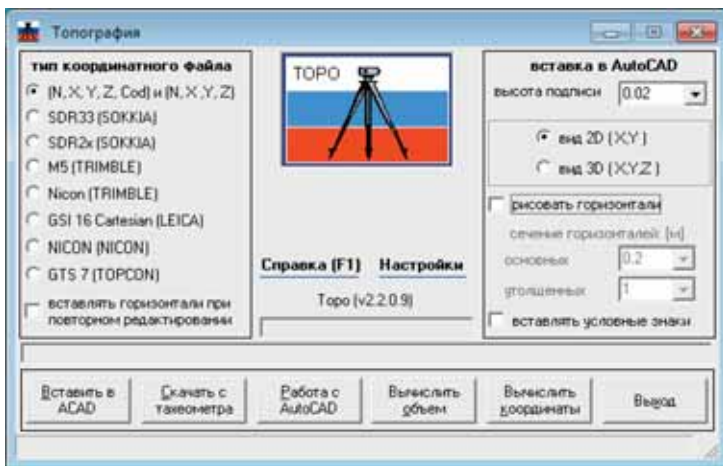
«Кольца». Также есть возможность нанести ось тоннеля, УГР и ось пути.

Форматы исходных файлов, поддерживаемых программой:

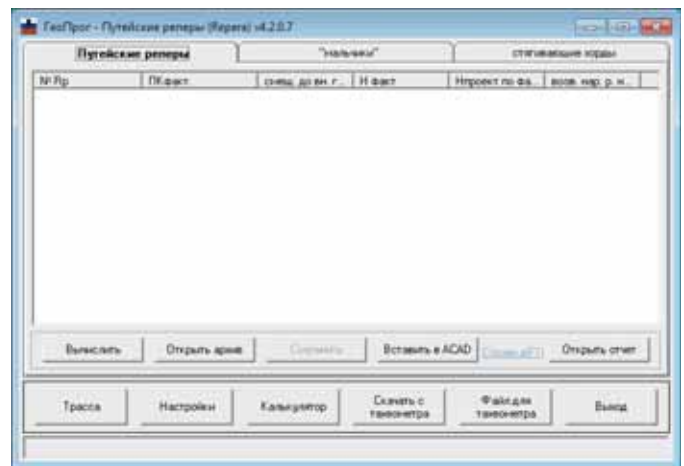
- номер кольца, усл. Рм, ПК пер. грани кольца, X, Y, Z, R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8;
  - номер кольца, ПК пер. грани кольца, X, Y, Z, R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8;
  - номер кольца, ПК пер. грани кольца, R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8,
- где X, Y, Z – координаты центра кольца; R1...R8 – радиусы, м.

В процессе строительства тоннеля необходимо оперативно, по мере его удлинения, закладывать знаки подземной полигонометрии и определять их координаты. Для вычисления и уравнивания полигонометрических ходов можно применять программу «Топография». Замеренные несколькими приемами углы и длины, без всякого редактирования, после скачивания с тахеометра, обрабатываются этой программой.

Эта программа также вставляет съемочные точки в AutoCAD в 2D и 3D виде, рисует горизонтали, вставляет условные знаки, вычисляет объемы грунтов насыпи и выемки с рисов-



Главное окно программы «Топография»



Главное окно программы «Путьские реперы»



Главное окно программы «Рельсы»



Путьеизмерительный шаблон ПШ-1520П с призмами

кой изогипс и линии нулевых работ, составляет сечения, выбранные на плане с горизонталями, выбирает с чертежа AutoCADa выделенные точки или координатные элементы (точки, линии и полилинии).

Для строительства верхнего строения путей необходимо забетонировать, замерить и вычислить путьские реперы. Для вычисления параметров этих реперов рекомендуется использовать программу «Путьские реперы». С ее помощью можно вычислить также стрелки прогиба для хорд и составить ведомость отметок на пикетах бетонных кубиков, на которых лежит рельсошпальная решетка.

Также есть система рихтовки и съемки рельсов, которая состоит из ноутбука, высокоточного тахеометра-робота фирмы «Leica» или «Торсон», путьеизмерительного шаблона ПШ-1520П с двумя призмами, либо самодельного шаблона с одной призмой и программы «Рельсы». Программа управляет тахеометром, вычисляет и визуализирует фактическое положение рельсов на пикете установленного шаблона с отклонениями от проектного положения в плане и по высоте.

Программа «Рельсы» состоит из двух модулей:

- модуль рихтовки железнодорожного пути;
- модуль контрольной съемки.

В наличии имеются два режима измерения:

- ручной (используется обычный высокоточный тахеометр);
- автоматический (используется высокоточный тахеометр-робот).

Измерения можно вести как на две призмы, закрепленных на путьеизмерительном шаблоне, так и на одну призму, установленную вертикально.

При производстве исполнительной съемки данные сохраняются в файле Excel: Исполнительная.xls лист: исполнительная.

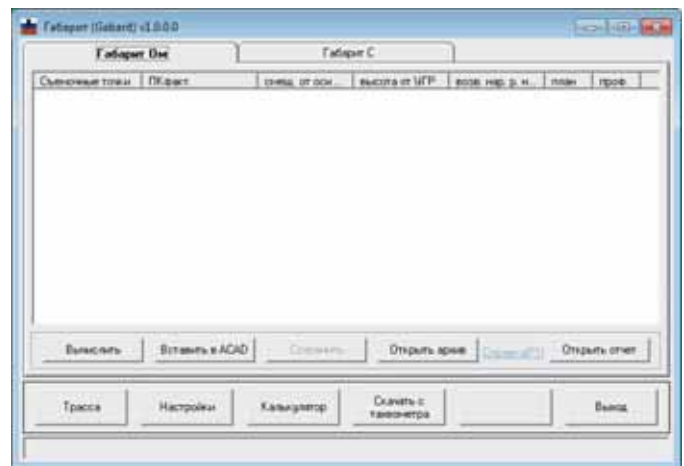
Любое измерение можно сохранить в файле Excel: Исполнительная.xls лист: рихтовка.

Программу можно использовать для вычислений положения рельсов в плане и профиле в камеральных условиях, обрабатывая файл, созданный при съемке рельсов.

Также программу можно использовать в полевых условиях в измерительной системе для рихтовки рельсов.

Данная программа позволяет рихтовать железнодорожный путь, не используя путьские реперы. Это особенно важно при строительстве высокоскоростных железнодорожных путей на «жесткой основе», позволяющих достигать скорости до 300 км/ч.

Перед пуском тоннеля и до прогона габаритного вагона иногда требуется определить, попадает ли какое-то оборудование в



Главное окно программы «Габарит»

габарит приближения оборудования. Для этой цели и была написана программа «Габарит». Введя координаты сомнительного места в программу, мы видим сечение тоннеля с габаритом приближения оборудования и снятыми точками.

Как вы видите, для маркшейдерского обеспечения каждого этапа строительства тоннеля созданы соответствующие маркшейдерско-геодезические программы. Все вышеперечисленные программы относятся к отечественному программному обеспечению.

**Для связи с автором**

Леонов Александр Григорьевич  
leonov1954@mail.ru





# ИЗУЧЕНИЕ КУСТОВОГО ЭФФЕКТА ДЛЯ ГРУПП СВАЙ С УШИРЕНИЕМ ВДОЛЬ ТЕЛА

## STUDY THE GROUP EFFECT FOR PILE GROUPS WITH EXTENSION ALONG THE BODY

Д. Ю. Чунюк, НИУ МГСУ

Чан Ван Хунг, Колледж промышленности и строительства, Уонг Би, Куангнинь, Вьетнам

С. М. Сельвиан, НИУ МГСУ

D. Yu. Chunyuk, Moscow State University of Civil Engineering

Tran Van Hung, College of Industry and Construction, Wong Bi, Quang Ninh, Vietnam

S. M. Selvian, Moscow State University of Civil Engineering

Есть много отечественных и зарубежных авторов, изучающих кустовой эффект. Большинство этих исследований проводится со сваями круглого или квадратного сечения. Параметры, которые в основном влияют на кустовой эффект: расстояние, длина свай, количество и форма свай. Однако не так много исследований по кластерному эффекту, где рассматриваются буронабивные сваи с уширением вдоль тела. В рамках данной статьи авторы изучают форму и расположение свай в фундаменте, чтобы учесть эффект взаимодействия между сваями с крестообразным уширением вдоль тела.

*There are many domestic and foreign authors who study the bush effect using piles of round or square cross-section. Parameters that mainly affect the bush effect, such as: distance, pile length, number of piles, shape of piles. However, not many studies on the cluster effect are considered with bored piles running along the hull. Within the framework of this article, the authors will consider in detail the question of the influence of the shape and location of piles in the foundation, in order to take into account the effect of interaction between piles with broadening along the body.*

Кустовой эффект – это взаимное влияние свай при небольшом расстоянии между ними [1]. Работа свай в кусте отличается от работы одиночных свай [2]. Осадка свай в кусте превышает осадку одиночной сваи, поскольку сопротивляющиеся этому силы бокового трения полностью не мобилизуются. Кустовой свайный фундамент является своеобразной конструкцией фундамента, его работа существенно отличается от работы одиночной сваи. Взаимное влияние свай друг на друга в кустовом свайном фундаменте обуславливает проявление кустового (группового) эффекта – предельные зоны соседних свай куста пересекаются, что затрудняет развитие разрушения по поверхности. Величина предельных зон зависит от очень многих факторов [3–8]: расстояния между сваями; длины свай; формы свай; количества свай; величины приложенной нагрузки на группу свай и свойств грунта вокруг группы свай.

Описанные результаты совместной работы свай в кустах принято называть кустовым эффектом. Кустовой эффект проявляется не только при вертикальных, но и при других видах нагрузок на фундаменты. Влияние кустового эффекта на работу свайных фундаментов сложно, иногда противоречиво и требует тщательного экспериментального изучения. Изменение начальных свойств грунтов при погружении свай, зависимость этих изменений от технологии устройства

Таблица 1

Слой №	Описание грунта	$\gamma_{\text{sat}}$ , кН/м <sup>3</sup>	$\gamma_{\text{unsat}}$ , кН/м <sup>3</sup>	C, кПа	$\phi$	E, кПа	$\nu$	Z
1	Тощая глина	18	18	15	12°	15×10 <sup>3</sup>	0,3	10
2	Песчаная глина	20,0	20,0	30,0	30°	30×10 <sup>3</sup>	0,3	9,2

$\gamma_{\text{sat}}$  – удельный вес грунта под поверхностью воды;  $\gamma_{\text{unsat}}$  – удельный вес грунта над поверхностью воды

Таблица 2

Свая (модель упругости)								
Свая		Длина свай, м	$\gamma$ , кН/м <sup>3</sup>	Диаметр, м	Макс. нагрузка	E, кПа	$\nu$	Объем свай, м <sup>3</sup>
1	Куст из четырех свай с их углом поворота 45° и расширением вдоль тела (вариант 1)	10	25	0,418	по Plaxis	3E7	0,2	1,375
2	Куст из четырех свай с их расширением вдоль тела (вариант 2)	10	25	0,500	по Plaxis	3E7	0,2	1,375

свайных фундаментов и используемого оборудования, взаимное влияние свай при их совместной работе в кустах, включение в ряде случаев в работу низкого ростверка, а также многое другое предопределило чрезвычайно сложный характер взаимодействия свай с грунтовым основанием, не поддающийся строгому математическому описанию. Поэтому для решения практических задач фундаментостроения в действительных условиях совместной работы свай и грунто-

вого основания необходимо изучать кустовой эффект.

### Материалы и методы

#### Материалы

В статье использованы инженерно-геологические изыскания, выполненные во Вьетнаме. При решении этой задачи были использованы данные предпроектных испытаний двух групп свай статической вдавливающей нагрузкой.

В соответствии с изложенным выше, было проведено моделирование взаимодействия группы свай с окружающим грунтом, обладающим характеристиками, приведенными в табл. 1 по данным геологического обследования условий строительства во Вьетнаме.

Расчетная область массива грунта для свай длиной  $L = 10$  м, диаметром  $d = 0,5$  м и толщиной сжимаемого массива – 20 м имела размеры  $20 \times 20$  м.

**Методы**

На самом деле, сваи часто проходят через множество слоев грунта с различными физическими свойствами. В данной статье представлен расчет несущей способности свай методом конечных элементов (МКЭ). Используя программное обеспечение Plaxis 3D, получены расчеты для указанных ниже двух случаев с исходными данными в табл. 2.

Размеры свай и куста свай приведены на рис. 1.

**Результаты исследований**

**Результаты**

Показанные на рис. 2 и 3 графики «нагрузка-осадка», полученные в результате расчетов с помощью программы PLAXIS 3D, с использованием упругой и упругопластической модели грунтового основания, в заданном диапазоне изменения вертикальной нагрузки дают близкий результат. Это говорит о возможности применения моделей для решения практических и исследовательских задач, связанных с вопросами взаимодействия свай с грунтовым основанием.

Расчетная схема и графики «нагрузка-осадка» варианта 1 показаны на рис. 2.

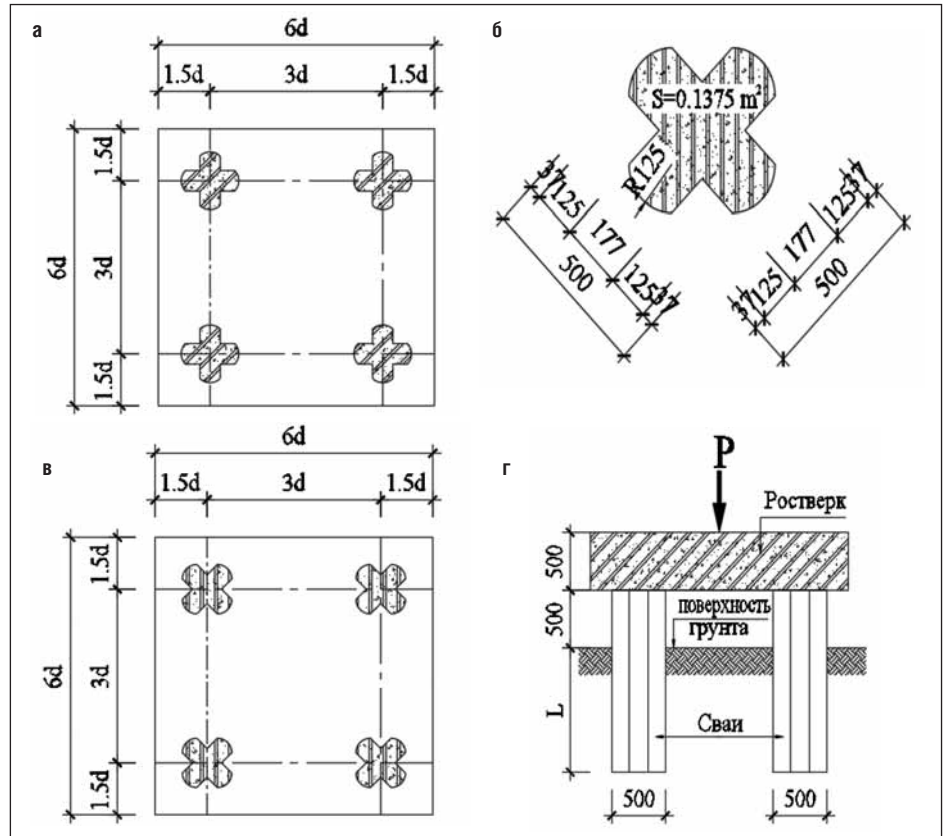


Рис. 1. Расчетная схема куста из четырех свай: а – без поворота свай с расширением вдоль тела (вариант 2); б – размеры поперечного сечения сваи с ее углом поворота 45°; в – с углом поворота свай 45° и расширением вдоль тела (вариант 1) ; г – размеры поперечного сечения свайного фундамента

Таблица 3

Расчет максимальной несущей способности свайной группы по Plaxis 3D

Вариант	Макс. нагрузки, т	Осадка, мм
Вариант 1	1460	-100
Вариант 2	1532	-100

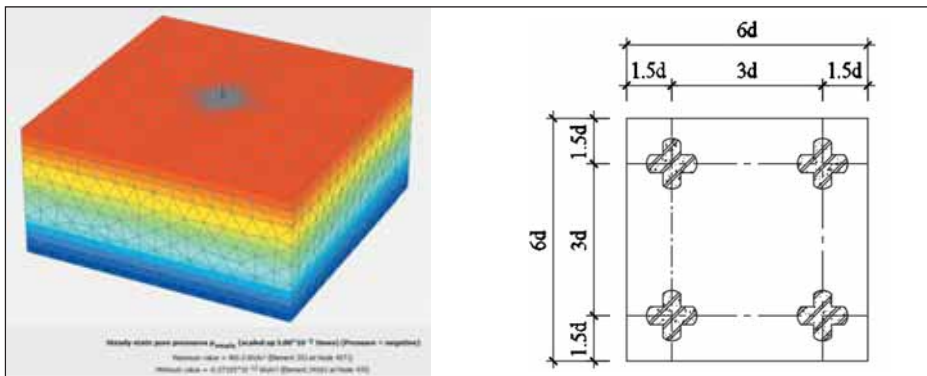


Рис. 2а. Расчетная схема, вариант 1

Рис. 2б. Расчетная схема, вариант 2

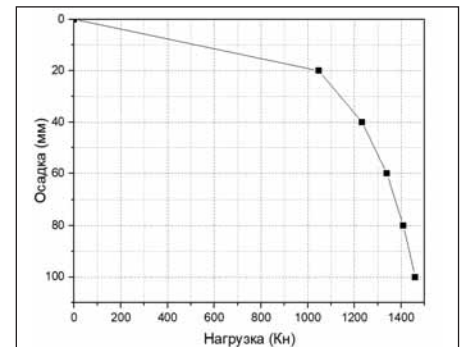
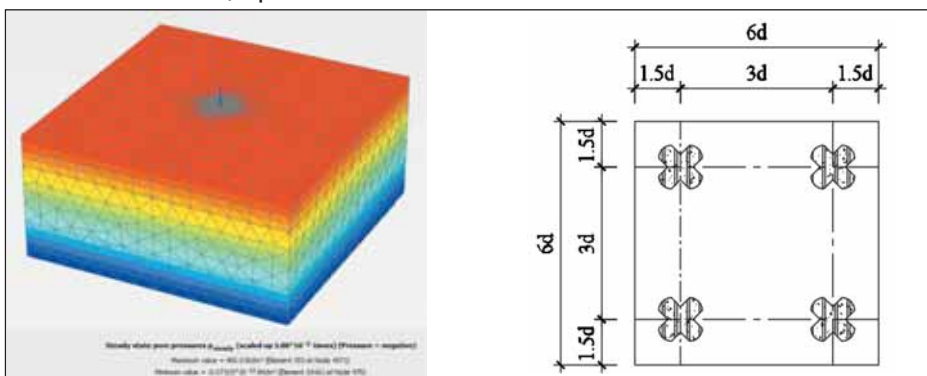


Рис. 2б. Кривые зависимости осадки свай от нагрузки, вариант 1

Рис. 3б. Кривые зависимости осадки свай от нагрузки, вариант 2

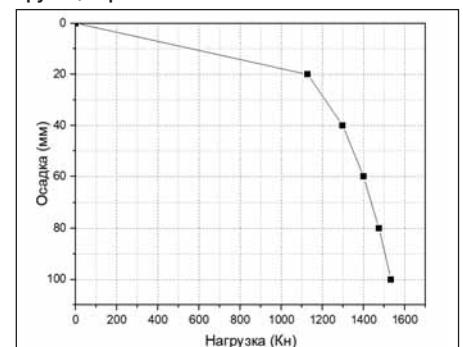




Таблица 4

№	Осадка, мм	Нагрузки, кН		Нагрузка, %
		Вариант 1	Вариант 2	
1	2	3	4	$5 = (4-3)/3 \times 100\%$
1	0	–	–	–
2	20	1,047	1,127	7,7
3	40	1,232	1,297	5,3
4	60	1,339	1,399	4,5
5	80	1,409	1,474	4,6
6	100	1,460	1,532	4,9

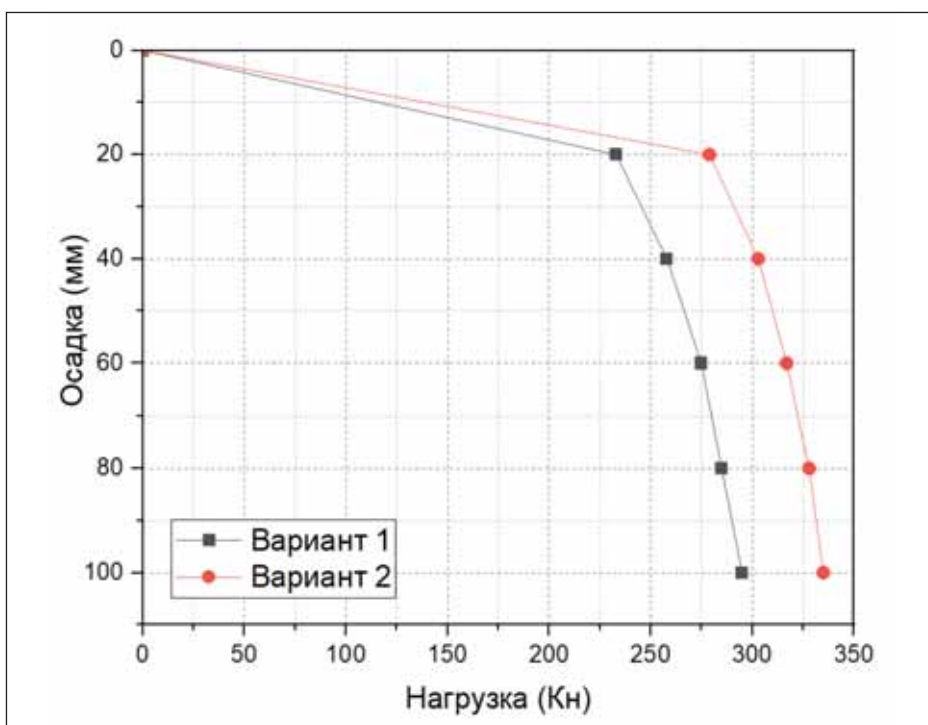


Рис. 4. Кривые зависимости осадки сваи от нагрузки (варианты 1 и 2)

Расчетная схема и графики «нагрузка-осадка» варианта 2 показаны на рис. 3.

#### Анализ результатов

В результате анализа расчета, выполненного программным обеспечением Plaxis, можно сделать вывод: при использовании моделей фундамента свай, повернутых в плане на  $45^\circ$  относительно контура ростверка (вариант 2), сечение которых расширяется вдоль корпуса сваи, достигается увеличение несущей способности группы (с 4,5 до 7,7 %) по сравнению со свайным фундаментом, выполненным из не поверну-

тых свай (вариант 1) с таким же общим объемом бетона (табл. 4).

Нагрузка на свайный фундамент с углом поворота  $45^\circ$  свай относительно контура ростверка увеличивается от 4,5 до 7,7 % по сравнению со свайным фундаментом из не повернутых свай с таким же общим объемом и одинаковых осадках (рис. 4).

#### Заключение

Применение вышеуказанных результатов на практике позволит сократить время строительства, сэкономить сырье для строительства свай и снизить стоимость проекта, по-

высить эффективность использования капитальных вложений.

Проведенное выше исследование послужит предпосылкой для исследования авторами несущей способности группы буронабивных свай с расширением вдоль тела сваи, с различной длиной и расстоянием между ними при одновременной разработке модели конструкции протяженных буронабивных свай с расширением вдоль тела сваи.

#### Ключевые слова

Буронабивная свая, несущая способность, свайные фундаменты, устройство уширения сваи, коэффициент взаимодействия свай.

*Bored pile, bearing capacity, pile foundations, pile widening device, pile interaction coefficient.*

#### Список литературы

1. Viggiani C., Mandolini A. & Russo G. *Piles and Pile Foundaton*. Spon Press, p. 258P, 2012.
2. Bowles. J. E. *Foundation analysis and Design*. Mc. Raw, 1997.
3. Mandolini, A., Russo, G., Viggiani, C. *Pile foundations: Experimental investigations, analysis and design* / A. Mandolini, G. Russo, C. Viggiani,» *Proceedings of the 16th Int. Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, pp. P. 177–213, 2005.
4. Viggiani, C. *Pile groups and piled rafts behavior* / C. Viggiani. *Proc. 3rd Int. Geot. Seminar on Deep Foundations on Bored and Auger Piles*, pp. P.77–94, 1998.
5. Hooper, J.A. *Review of behavior of piled raft foundations* / J.A. Hooper. *CIRIA report, m. № 83*, p. 79 p, 1979.
6. Hooper, J.A. *Comparative behavior of raft and piled foundations* / J. A. Hooper, L. A. Wood. *Proc. IX Int. Conf. Soil Mech. and Found. Eng. m. Vol. 1*, pp. P. 545–550, 1977.
7. Hooper, J.A. *Review of behavior of piled raft foundations* / J.A. Hooper. *CIRIA report, m. № 83*, p. 79 p, 1979.
8. Poulos, H. G. *Settlement prediction for bored pile groups* // *Deep Foundations on Bored and Auger Piles* / H. G. Poulos. *Balkema, Rotterdam*, pp. P.103–118, 1993.

#### Для связи с авторами

Чунюк Дмитрий Юрьевич  
Chunyuk@mail.ru

Чан Ван Хунг  
tranvanhung2009@gmail.com

Сельвиан Серафима Михайловна  
SelviyanSM@yandex.ru

#### Уважаемые коллеги!

Кафедра Механики грунтов и геотехники НИУ МГСУ, ведущая подготовку студентов по направлению 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений», по профилю «Строительство подземных сооружений», обращается к организациям для предоставления базы с целью прохождения студентами III и IV курсов в период с 04.08.2023 г. по 31.08.2023 г. производственной практики.

Контакты для связи: +7 (495) 287 49 14, доб. 1425; MankoAV@gic.mgsu.ru

Манько Артур Владимирович

# МЕТОД РЕГИСТРАЦИИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОГО ГЕОТЕХНИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ТОННЕЛЕЙ

## METHOD FOR RECORDING NATURAL ELECTROMAGNETIC RADIATION OF ROCKS AS PART OF THE INTEGRATED GEOTECHNICAL MONITORING SYSTEM IN TUNNELS

М. О. Лебедев, К. В. Романевич, С. А. Шляев, ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»

M. O. Lebedev, K. V. Romanevich, S. A. Shljaev, OJSC Research and design institute «Lenmetrogioprotrans»

В связи с интенсификацией подземного строительства в мире отмечен рост аварийных ситуаций в тоннелях. Для минимизации риска наряду с проведением качественных изысканий и выполнением оценки геологических условий в районе строительства тоннеля, а также применением надлежащих методов строительства и технического обслуживания, одним из основополагающих принципов обеспечения безопасности тоннельных сооружений в период их строительства и эксплуатации является система геотехнического мониторинга.

В статье приводятся некоторые примеры систем геотехнического мониторинга в тоннелях мира при их строительстве и эксплуатации. Подробно рассмотрена автоматизированная система комплексного геотехнического мониторинга в г. Сочи. Основной акцент сделан на подсистеме регистрации естественного электромагнитного излучения горных пород. Приведены примеры анализа комплексных данных долгосрочного мониторинга для двух характерных участков, а также интерпретация полученных результатов, в ходе которой предложена гипотеза о возникновении закономерной цикличности многолетних данных ЕЗМИ.

Так как метод ЕЗМИ является весьма чувствительным к геомеханическим процессам и явлениям в массивах горных пород, выявление стабильного многолетнего хода ЕЗМИ по системе датчиков в тоннелях является основой для прогнозирования возможных аварийных ситуаций.

*In connection with the intensification of underground construction in the world, an increase in emergency situations in tunnels has been noted. In order to minimize the risk, along with conducting quality surveys and assessing the geological conditions in the area of the tunnel construction, as well as applying proper construction and maintenance practices, one of the fundamental principles for ensuring the safety of tunnel structures during their construction and operation is a geotechnical monitoring system.*

*The article provides some examples of geotechnical monitoring systems in tunnels of the world during their construction and operation. The automated system of complex geotechnical monitoring in Sochi is considered in detail. The main emphasis is placed on the subsystem for recording natural electromagnetic radiation of rocks (EMR). Examples of the analysis of complex long-term monitoring data for two characteristic areas are given, as well as the interpretation of the results obtained, during which a hypothesis is proposed about the occurrence of a regular cyclicity of long-term EMR data. Since the EMR method is very sensitive to geomechanical processes and phenomena in rock masses, the identification of a stable long-term course of the EMR recording using a system of sensors in tunnels is the basis for predicting possible emergency situations.*

Основными геологическими причинами обрушений в тоннелях являются камнепады, оползни, инфильтрация воды, сейсмическая активность, наличие трещиноватых зон в породном массиве, активизация тектонических разломов и др. Обрушения могут быть вызваны нестабильностью породного массива, возникающей из-за природных факторов, таких как выветривание и эрозия, а также из-за техногенных факторов, таких как взрывные работы или строительство в условиях взаимного влияния.

В монографии [1] впервые систематизирована практически вся отечественная и зарубежная информация по аварийным ситуациям, имевшим место в горных, подводных и городских тоннелях, в том числе тоннелях метрополитенов до 2000 г. Проведена классификация аварий по определяющим признакам, установлены их причины, дана оценка эффективности мероприятий по ликвидации последствий аварий.

Вот несколько наиболее заметных обрушений в новейшей истории:

- в 2000 г. массивный оползень вызвал обрушение железнодорожного тоннеля в Таурэрне, Австрия, что на несколько месяцев прервало железнодорожное сообщение. Причиной оползня стали сильные дожди;

- в 2000 г. камнепад нанес ущерб дорожному покрытию тоннеля Лэрдал, Норвегия и его электрическим системам. Событие было вызвано нестабильностью скального массива и наличием трещиноватых зон в породном массиве;

- в 2001 г. в Швейцарии в результате сильного камнепада обрушилась часть железнодо-



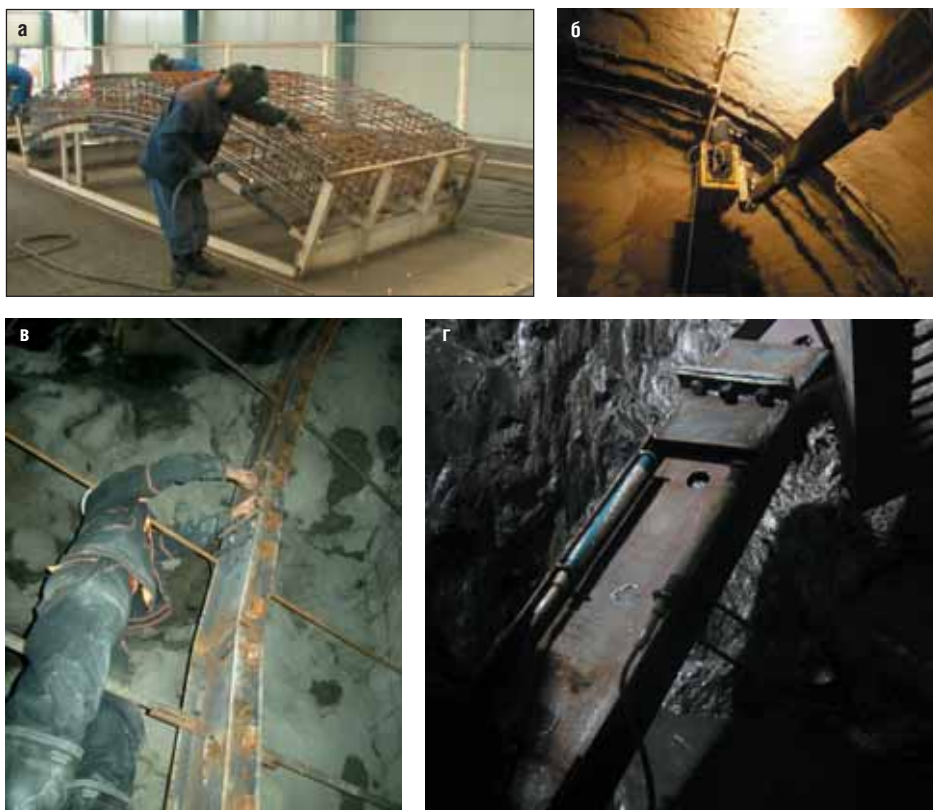


Рис. 1. Установка датчиков в блок обделки при его изготовлении (а), установка датчиков в арматурную арку при монтаже временной аркобетонной крепи в забое тоннеля (б), установка датчиков в двутавровую балку (в), установленные датчики (г)

рожного тоннеля Сен-Готард, в результате чего 11 человек погибли и несколько получили ранения. Обрушение было вызвано сочетанием природных факторов, включая сложные геологические условия и проливные дожди;

- в 2007 г. часть тоннеля Симплон, Швейцария обрушилась из-за нестабильности вмещающего массива в зоне разлома, что привело к значительным повреждениям железнодорожных путей;

- в 2000 г. участок Шанхайского тоннеля обрушился из-за нестабильности вмещающего скального массива. Обрушение было вызвано наличием трещин и ослабленных зон, которые активизировались в процессе проходки горных выработок;

- в 2014 г. часть тоннеля высокоскоростной железной дороги Гуйян-Гуанчжоу была временно закрыта из-за камнепада, повредившего конструкцию тоннеля и железнодорожные пути. Событие было связано с наличием в этом районе разуплотненных грунтов, которые были стабилизированы при строительстве тоннеля;

- в 2016 г. часть тоннеля высокоскоростной железной дороги Чэнду-Чунцин обрушилась из-за нестабильности окружающего скального массива. Обрушение было вызвано наличием высокой трещиноватости пород, которая усугубилась в процессе проходки тоннелей;

- в 2018 г. был временно закрыт эксплуатируемый тоннель Гонконг-Чжухай-Макао из-за оседания грунта, вызванного обрушением естественной пещеры под тоннелем.

Это лишь некоторые примеры из множества аварий, произошедших в транспортных

тоннелях по геологическим причинам. Такие инциденты приводят к значительным перебоям в транспортировке и требуют значительного времени и ресурсов для ремонта.

Наряду с проведением качественных изысканий и выполнением оценки геологических условий в районе строительства тоннеля, а также применением надлежащих методов строительства и технического обслуживания, одним из основополагающих принципов обеспечения безопасности тоннельных сооружений в период их строительства и эксплуатации является система геотехнического мониторинга.

### Системы геотехнического мониторинга

В нашей стране для целей контроля уровня геотехнических рисков при строительстве, вводе в эксплуатацию, эксплуатации, реконструкции, восстановлении, консервации и ликвидации транспортных тоннелей в рамках мероприятий по обеспечению их безопасности применяется методика по комплексному горно-экологическому мониторингу транспортных тоннелей (ГЭМ) [2]. По данной методике производятся мониторинговые наблюдения как в ручном режиме сбора геотехнической информации с переносными приборами, так и по автоматизированным системам комплексного геотехнического мониторинга.

Аналогичные системы геотехнического мониторинга применяются в различных тоннелях мира. Вот несколько примеров:

- Швейцария: Готардский базовый тоннель оснащен обширной системой геотехниче-

ского мониторинга, включающей инклинометры, экстензометры и георадарные системы;

- Соединенное Королевство: в тоннеле под Ла-Маншем используется система геотехнического мониторинга, включающая инклинометры, наклонометры и датчики давления;

- Япония: тоннель Сейкан имеет комплексную систему геотехнического мониторинга, включающую инклинометры, наклонометры и сейсмографы. Эти системы используются для контроля устойчивости тоннеля и контроля влияния сейсмической активности;

- Тайвань: Taipei MRT использует геотехническую систему мониторинга, включающую инклинометры, наклонометры и тензометрические датчики.

В Китае также есть много примеров успешного применения систем мониторинга в тоннелях:

- в тоннеле Ханьчжоу-Чжэнду была установлена система мониторинга, которая позволяла в реальном времени отслеживать изменения геотехнических условий в течение всего процесса строительства;

- в тоннеле Лонг-Хай-Роуд была установлена система мониторинга, которая включала в себя несколько технологий, таких как мониторинг деформаций, напряжений и геотехнических изменений. Эта система позволяла предупреждать о возможных проблемах в реальном времени и обеспечивала безопасность всех участников строительства;

- в тоннеле Шанхай-Хунань была установлена система мониторинга, которая включала в себя мониторинг геотехнических изменений, таких как изменения в пористости породы и напряжения в окрестности тоннеля в период строительства;

- в действующих тоннелях высокоскоростной железной дороги Ичан-Ваньчжоу, тоннелях Гонконг-Чжухай-Макао и Гуйян-Гуанчжоу установлена обширная система мониторинга, включающая инклинометры, наклонометры и тензометрические датчики;

- в тоннелях высокоскоростной железной дороги Чэнду-Чунцин и Шанхайском тоннеле используется система мониторинга, включающая инклинометры, наклонометры и сейсмографы.

Это всего лишь несколько примеров из множества систем геотехнического мониторинга, используемых в тоннелях в разных странах. Тип используемой системы мониторинга может варьироваться в зависимости от конкретных геологических условий района и конкретных особенностей тоннеля.

### Автоматизированная система комплексного геотехнического мониторинга в г. Сочи

При подготовке инфраструктуры региона к проведению Олимпиады в г. Сочи была сооружена и введена в эксплуатацию совмещенная (автомобильная и железная) дорога Адлер – горноклиматический курорт «Альпика Сервис» общей протяженностью 48 км. Строительство выполнялось с 2008 по 2013 г. За это время было возведено 14 тоннелей (шесть железнодорожных, три автодорожных и пять вспомога-

тельных) общей длиной около 27 км – из них 10,3 км железнодорожных, 6,7 км автомобильных и около 10 км вспомогательных эвакуационных и сервисных штолен.

С самого начала проходческих работ специалистами института ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс» осуществлялись режимные наблюдения в составе горно-экологического мониторинга [2]. Основной объем работ приходился на выполнение инструментальных геомеханических, геофизических, сейсмологических, гидрогеологических, геодезическо-маркшейдерских и экологических наблюдений. Исследования велись как по временным профилям и точкам наблюдений в горных выработках и на поверхности, так и по системе устанавливаемых по мере проходки тоннелей постоянных датчиков разного типа, которые монтировались с учетом геологических особенностей трассы (литологические разности, тектонические нарушения, разломы и др.). К концу 2013 г. была установлена и запущена в эксплуатацию вся контрольно-измерительная аппаратура, выполнена синхронизация всех установленных в конструкции датчиков и налажена регистрация измеряемых параметров в автоматическом режиме.

### Подсистема контроля НДС

Геомеханические исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) массива горных пород, крепей и обделок являются основой геотехнического мониторинга при строительстве и последующей эксплуатации транспортных тоннелей. Их результаты необходимы для оценки рисков и прогноза повреждений и разрушений конструкций обделок от высоких нагрузок при изменениях НДС, в том числе после землетрясений. Для контроля изменений напряженно-деформированного состояния конструкций тоннелей используются тензометры, работающие по принципу стандартных струнных датчиков. Все они были установлены на этапе строительства и включались в работу сразу после возведения крепей и обделок (рис. 1).

В настоящее время все «Олимпийские» тоннели оснащены автоматизированными системами регистрации изменений напряженно-деформированного состояния обделок тоннелей, фиксации естественного электромагнитного излучения и системами сейсмического мониторинга (рис. 2 и 3).

### Подсистема сейсмического мониторинга

Все тоннельные участки трассы лежат в зоне сейсмичности 8 баллов, местами с неблагоприятными инженерно-геологическими условиями. Согласно инструкции [3] тоннели в районах с сейсмичностью 8 и более баллов оборудуются инженерно-сейсмометрическими станциями для записи смещений, скоростей и ускорений элементов обделки и окружающего массива во время землетрясения. В каждом тоннеле трассы Адлер – Красная Поляна установлена аппаратура для непрерывной записи сейсмического сигнала по трем компонентам (x, y, z). Сигнал разде-



Рис. 2. Размещение и коммутация систем ГТМ в тоннелях трассы Адлер – Красная Поляна: а – внешний вид сейсмостанции, б – внешний вид блока регистрации и передачи информации аппаратуры ЕЭМИ, в, г – коммутация систем ГТМ

ляется на 5-секундные блоки, сравнивается с максимально возможными амплитудами ускорений в соответствии с MSK-64 для 3-, 6-, 9- и более балльного землетрясения. В настоящее время на базе сейсмической системы развернута служба по неразрушающему контролю за состоянием основных конструкций тоннелей на основе анализа возмущений, вызванных потоком транспорта.

### Подсистема контроля ЕЭМИ

Мониторинг ЕЭМИ в подземных сооружениях выполняется в различных странах, в основном это режимные мониторинговые наблюдения с переносными приборами [4, 5], мониторинговые системы различного типа в рудных шахтах [6] и в угольных шахтах [7, 8].

Автоматизированная система регистрации естественного электромагнитного излучения в «Олимпийских» тоннелях в г. Сочи, как составляющая общей мониторинговой системы создана для оперативного контроля изменения напряженно-деформированного состояния горных пород вблизи подземных выработок.

Регистрация ЕЭМИ производится аппаратурой типа «Ангел» в частотном диапазоне 1–150 кГц с центральной частотой 30–50 кГц в заданном временном режиме. Вся получаемая информация подвергается предварительной обработке, с учетом которой ведется селекция типов вариаций естественного электромагнитного излучения. Информативным индикатором электромагнитного излучения горных пород считается осредненное значе-

Рис. 3. Расположение отдельного автоматизированного рабочего места (АРМ) геотехнического мониторинга в диспетчерской





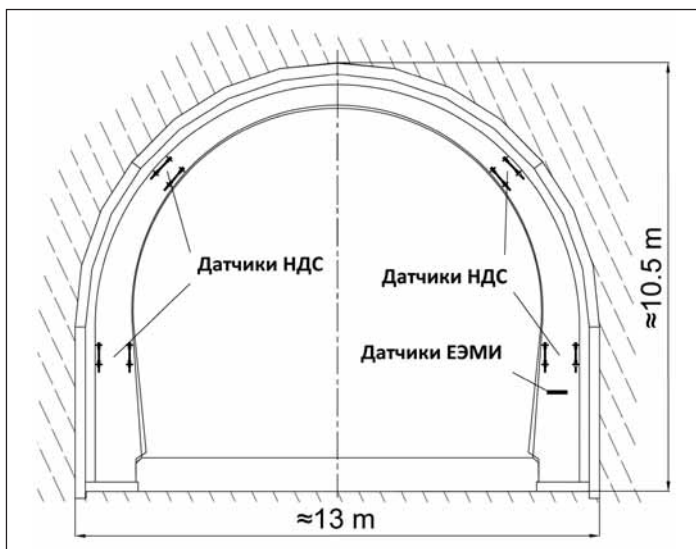


Рис. 4. Схема расположения датчиков в постоянной обделке двухпутного железнодорожного тоннеля № 6

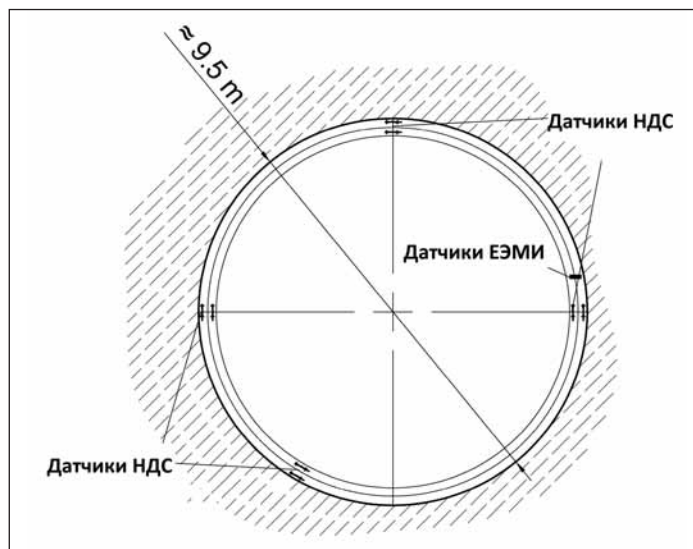


Рис. 5. Схема расположения датчиков в постоянной обделке однопутного железнодорожного тоннеля № 5

ние амплитуд, превышающих уровни значимости, намного превышающие уровень шумов на интересующем участке тоннеля. Следующим этапом обработки является выделение информативных участков регистрации поля в реальном масштабе времени, определение пространственного местоположения источника электромагнитных возмущений и определение пространственно-временного смещения характеристик распространения (с учетом фиксированной частоты).

Техническая сложность поставленных задач определяется тем, что автоматизированная система регистрации ЕЭМИ находится в эксплуатируемых автодорожных и железнодорожных тоннелях действующей железной дороги, поэтому принимаются меры для защиты от промышленных и других помех при проведении измерений. Во-первых, это фильтрация гармонической составляющей промышленных помех и регулярной импульсной помехи алгоритмами используемой аппаратурой. Во-вторых, это комплексное сопоставление результатов измерений с данными по напряженно-деформированному состоянию тоннельных крепей, обделок и вмещающих массивов [9]. В-третьих, выбранный диапазон частот позволяет учитывать влияние атмосфериков (их частотный диапазон 1–20 кГц) и избегать влияния дальних радиостанций (их частотный диапазон – первые сотни и более кГц). И, наконец, это массовый статистический подход, при котором с определенной вероятностью фиксируются основные закономерности естественного электромагнитного излучения горной породы при ее возможном деформировании в процессе эксплуатации тоннелей.

### Комплексная интерпретация данных системы мониторинга

Приведем результаты наблюдений по двум показательным участкам «Олимпийских» тоннелей и только по системе железнодорожных тоннелей, где регулярная электромагнитная помеха (проходы электропоез-

дов) сравнительно легко учитывается при анализе и интерпретации данных. С целью сглаживания данных и повышения их точности без искажения сигнала тенденции, на графиках ниже для данных ЕЭМИ применен цифровой фильтр Савицкого-Голея [10].

В качестве демонстрации выбраны следующие железнодорожные тоннели и их отдельные интервалы с сечениями датчиков ЕЭМИ и НДС.

#### Первый участок

Железнодорожный двухпутный тоннель № 6 подковообразного очертания общей длиной 433 м.

На ПК 453+08 (223 м от южного портала) установлены датчики НДС, на ПК 453+28 (243 м от южного портала) – датчики ЕЭМИ.

Глубина сечения  $\approx 38$  м.

Участок полностью расположен в делювиальных отложениях, представленных углистыми алевросланцами темно-серого, черного цвета, тонко-среднеплитчатых, жирными на ощупь – от сильнотрещиноватых до раздробленных, в большей массе перемятых, местами перетертых по трещиноватости и сланцеватости с кварц-карбонатными прожилками, местами достигающих мощности до 10 см.

Водоприток умеренный. От слабоустойчивых до совершенно неустойчивых. Коэффициент крепости пород по Протодюяконову 0,8–1,5 – 70 %, 1,5–2,5 – 30 %.

Схема расположения датчиков в постоянной обделке железнодорожного тоннеля № 6 показана на рис. 4.

#### Второй участок

Железнодорожный однопутный тоннель № 5 круглого очертания общей длиной 2910,2 м.

На ПК 406+65 (730 м от южного портала) установлены датчики НДС.

Глубина сечения с датчиками  $\approx 70$  м.

Геологическое строение: туфы алевро-пелитовые, массивно-слоистые, бурые, трещи-

новатые. Средней прочности средней устойчивости. Коэффициент Протодюяконова 2–4.

В пяти метрах южнее – граница небольшой (10 м) тектонической зоны, в ней туфы, туфобрекчии порфириковой свиты, зеленовато-серые или бурые. Породы раздробленные перетертые до дресвы, глины светло-серые и бурые с включениями дресвы и щебня. Коэффициент Протодюяконова от 0,8–1,0 до 1,5. Породы маловлажные.

На ПК 407+80 (845 м от южного портала) установлен датчик ЕЭМИ.

Глубина сечения с датчиком  $\approx 108$  м.

Геологическое строение: авитовые порфириты средней прочности, прочные устойчивые. Трещиноватые. Трещины выполнены гематитом, карбонатом. Коэффициент Протодюяконова 3–5. Породы естественновлажные.

На ПК 410+18 установлены датчики НДС.

Глубина сечения  $\approx 100$  м.

Сечение находится в зоне тектонического нарушения, представленной миндалекаменными порфиритами серо-зеленого цвета с налетами гематита красновато-вишневого цвета по плоскостям трещин вкрапления оливина до 0,5 см. Породы средней прочности, малопрочные, средней и слабой устойчивости, участками совершенно неустойчивые. Коэффициент по Протодюяконову от 1–2 до 3–4. Породы естественновлажные.

Схема расположения датчиков в постоянной обделке железнодорожного тоннеля № 5 показана на рис. 5.

### Результаты долгосрочной регистрации ЕЭМИ и НДС

На рис. 6 представлены результаты совместной обработки данных ЕЭМИ и НДС системы «обделка тоннеля – вмещающий горный массив» по первому участку в железнодорожном тоннеле № 6. Показан временной интервал измерений с декабря 2013 г. по февраль 2021 г.

Также приведены графики температуры воздуха по двум метеорологическим станциям: 1 (в начале трассы тоннелей) – в

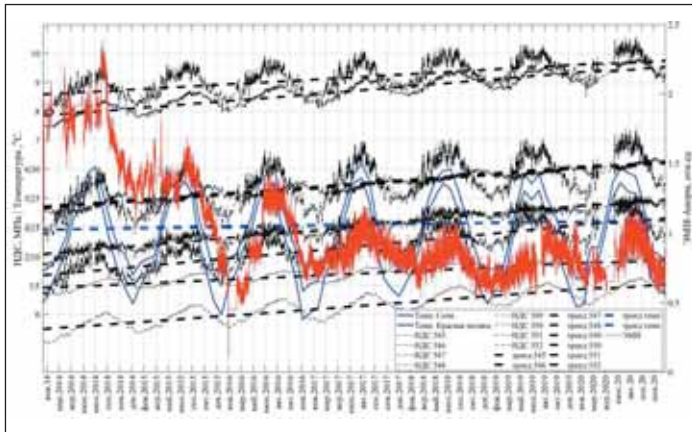


Рис. 6. Результаты совместной обработки данных ЕЭМИ и НДС по первому участку (железнодорожный тоннель № 6)

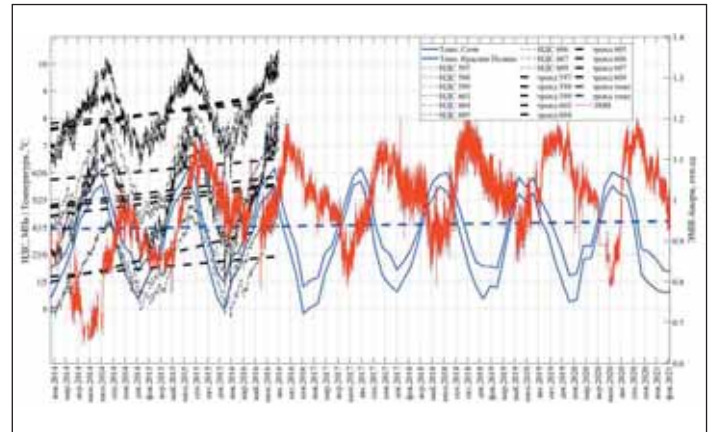


Рис. 7. Результаты совместной обработки данных ЕЭМИ и НДС по второму участку (железнодорожный тоннель № 5)

г. Сочи (Краснодарский край, Россия): широта 43.58, долгота 39.77, высота над уровнем моря 132 м; 2 (в окончании трассы тоннелей) – в Красной Поляне (Краснодарский край, Россия): широта 43.68, долгота 40.20, высота над уровнем моря 567 м. Для графиков НДС и температуры воздуха проведены линии тренда.

Температурные колебания значений по датчикам НДС за показанный период находятся в пределах 1–2 МПа с четко выраженной сезонностью. Прослеживается безусловная прямая зависимость регистрируемых данных по датчикам НДС от температуры воздуха (и соответственно температуры тоннельной обделки). Это объясняется процессами сезонного сжатия и растяжения стержней в измерительных стержневых тензодатчиках.

По линиям тренда для датчиков НДС можно сделать вывод о плавном увеличении напряжений в обделке с последующей стабилизацией. В начале эксплуатации напряжения в монолитной железобетонной обделке тоннеля развиваются интенсивнее.

Анализируя графики ЕЭМИ можно заметить, что сезонные колебания ЕЭМИ идентичны в течение всего периода наблюдений, но отличаются по интенсивности в начале измерений.

В начале эксплуатации тоннель и вмещающий массив приходят в равновесие. Накопленных зарядов на бортах микротрещин, микродефектов, микронеоднородностей, трещиноватости больше, и первое время происходит их активная компенсация. На высокую интенсивность ЕЭМИ в начале эксплуатации тоннеля влияет и тот факт, что обделка выполнена из монолитного железобетона, а также то, что в начале эксплуатации напряжения в монолитной железобетонной обделке тоннеля развиваются интенсивнее.

Далее с декабря 2017 г. по настоящее время наблюдается стабилизированный ход ЕЭМИ с выдержанными по интенсивности и частоте минимумами и максимумами.

В начале измерений минимумы ЕЭМИ достаточно четкие, с 2017 г. минимумы растянуты на несколько месяцев.

Минимумы ЕЭМИ наблюдаются:

- в январе 2014, январе 2015, январе 2016 гг;
- с декабря 2016 – января 2017 по июль 2017 г;
- с января 2018 по май 2018 г;
- с ноября 2018 по июль 2019 г;
- с января 2020 по июль 2020 г.

То есть минимумы ЕЭМИ в начале измерений достаточно четко совпадают с минимумами температур, после трех лет эксплуатации минимумы ЕЭМИ растягиваются с минимума температур до начала лета.

На графиках ЕЭМИ наблюдаются локальные и основные максимумы.

Максимумы ЕЭМИ наблюдаются:

- в марте-апреле 2014 г. – локальный;
- в августе 2014 г. – основной;
- в феврале-апреле 2015 г. – локальный;
- в августе 2015 г. – основной;
- в мае-июне 2016 г. – локальный;
- в июле-августе 2016 г. – основной;
- в январе 2017 г. – локальный;
- в августе 2017, августе 2018, августе 2019, августе 2020 г.

Локальные максимумы ЕЭМИ связываются с резким перепадом температур, основные максимумы ЕЭМИ – с максимальными температурами.

На рис. 7 представлены результаты совместной регистрации данных ЕЭМИ и НДС системы «обделка тоннеля – вмещающий горный массив» по второму участку в железнодорожном тоннеле № 5. Показан временной интервал измерений с декабря 2013 по февраль 2021 г. (для ЕЭМИ) и с декабря 2013 по март 2016 г. (для НДС).

Также приведены графики температуры воздуха. Для графиков НДС и температуры воздуха проведены линии тренда.

Колебания значений по датчикам НДС за показанный период находятся в пределах 3–4 МПа с четко выраженной сезонностью. Прослеживается безусловная прямая зависимость регистрируемых данных по датчикам НДС от температуры воздуха (и соответственно температуры тоннельной обделки). Как и в первом случае, исключая температурные колебания по линиям тренда для датчиков НДС можно сделать вывод о плавном увеличении напряжений в обделке с последующей стабилизацией.

Здесь также, как и для первого рассматриваемого участка, в начале измерений наблюдаются нехарактерный для всего остального периода наблюдений ход ЕЭМИ. Уровень ЕЭМИ в отличие от первого участка наоборот повышен. Стабилизация и выход на обычный ход минимумов и максимумов ЕЭМИ здесь наблюдается после года регистрации.

С начала измерений в декабре 2013 г. фиксируется спад интенсивности ЕЭМИ до минимальных значений в мае-июне 2014 г., то есть минимальные ЕЭМИ достигаются на один-два месяца раньше, чем достигаются максимальные значения температуры.

После начала снижения температуры рост ЕЭМИ продолжается.

Локальное повышение ЕЭМИ фиксируется в момент достижения максимальных температурных значений, но все же абсолютный годовой максимум ЕЭМИ (в октябре-ноябре 2014 г.) отмечается только через три-четыре месяца после достижения температурных максимумов, в то время как значения по датчикам НДС переходят к снижению практически синхронно со снижением температуры.

С минимальных значений в январе 2015 г. температура воздуха начинает повышаться, что отмечается в начале этого процесса локальными повышенными значениями ЕЭМИ, а уже через 15–20 суток к снижению до минимума, который сохраняется для ЕЭМИ в течение последующих четырех месяцев.

Очередной рост ЕЭМИ начинается в мае 2015 г. с минимальных значений до максимума в сентябре-декабре 2015 г., также как в предыдущем году максимум ЕЭМИ достигается примерно через месяц после достижения максимальных температурных значений, наблюдавшихся в августе 2015 г.

Далее совместное поведение параметров температуры воздуха, НДС и ЕЭМИ аналогично. Последующие колебания ЕЭМИ свидетельствуют о дальнейшем сохранении выявленной цикличности.

Минимумы ЕЭМИ наблюдаются:

- в начале измерений «растянутые» в апреле-июле 2014 г., марте-июне 2015 г., декабре-мае 2016 г.;



• далее более «точечные» стабильно в мае-июне 2017, 2018, 2019, 2020 гг.

Максимумы ЕЭМИ наблюдаются:

- октябрь-ноябрь 2014 г.;
- сентябрь-декабрь 2015 г.;
- сентябрь-ноябрь 2016 г.;
- ноябрь-декабрь 2017 г.;
- октябрь-декабрь 2018 г.;
- октябрь-декабрь 2019 г. и январь 2020 г.;
- сентябрь-ноябрь 2020 г.

### Интерпретация полученных результатов

Наблюдаемая связь ЕЭМИ с температурой не прямая, а опосредованная через изменение свойств прилегающих к выработке горных пород, а именно – через процессы их сжатия и растяжения, ведущих к смыканию и размыканию существующих в них микродефектов и микротрещиноватости. Так, предполагается, что в стабильном сжатом состоянии фиксируются минимумы импульсов ЕЭМИ, при растяжении массива и материала обделки происходит разделение зарядов на бортах микродефектов и происходит нарастание ЕЭМИ, полное разделение бортов микродефектов приводит к прекращению интенсивного ЕЭМИ. Данный процесс протекает в обратную сторону при сжатии микродефектов и микротрещиноватости в массиве горных пород. Периоды сжатия и растяжения тесно связаны с температурными колебаниями, в связи с этим возникает сезонность ЕЭМИ.

Учитывая особенности расположения стационарных датчиков ЕЭМИ в системе «обделка тоннеля – вмещающий горный массив», можно предположить, что решающее значение в формировании сезонных вариаций оказывает изменение температурного режима, на фоне которого происходит периодическое смыкание и размыкание существующих в горных породах микродефектов и микротрещиноватости.

Подтверждение такому выводу можно найти в работах, которые проводились на тоннелях БАМа [11, 12], где перепады температуры были значительней. Влияние температурных воздействий на напряженно-деформированное состояние обделок тоннелей представлено в [11], здесь дается механизм изменения раскрытия трещин, четко коррелирующий с изменением температуры воздуха в тоннеле, при понижении температуры – трещины раскрываются, при повышении – закрываются.

В работе [12] приводятся результаты комплексных наблюдений за развитием трещин в бетонной обделке Северомурского железнодорожного тоннеля. На ряде участков с заметным проявлением деформаций были оборудованы замерные станции деформаций бетона обделки тоннеля, проводились прямые наблюдения за деформациями трещин, режимные измерения температуры воздуха на контакте с обделкой тоннеля, а также режимные наблюдения методом регистрации ЕЭМИ с аналоговой аппаратурой.

По результатам теоретических, лабораторных и натурных исследований установлено, что ЕЭМИ отражает реальный процесс изменений напряженно-деформированного состояния в материалах конструкций и горных породах, особенно при трещинообразовании (прорастании, торможении и закрытии существующих трещин). Процесс наблюдается в том числе и на микроуровне – когда видимых трещин ни в обделке, ни в породе не образуется, а деформированию под действием изменения температуры подвергаются микродефекты, неоднородности и микротрещины в материалах обделки и во вмещающем массиве горных пород.

### Выводы

Приведенные результаты долгосрочной регистрации ЕЭМИ системой автоматизированного геотехнического мониторинга в «Олимпийских» тоннелях трассы Адлер – Красная Поляна отражают цикличные изменения свойств прилегающего к тоннелям горного массива в тесной взаимосвязи с температурным режимом. На двух различных участках показано, что связь эта не прямая и не постоянная, она может зависеть от структурного состава вмещающих горных пород, этапа эксплуатации, материалов и конструкций обделок железнодорожных тоннелей, различных механизмов смыкания и размыкания микродефектов для конкретного вмещающего массива.

Важным аспектом является подтверждение возможности контроля современной динамики изменения напряженно-деформированного состояния горных пород и конструкций тоннелей, выявление стабильной сезонности, соответствующей нормальному функционированию систем «обделка тоннеля – вмещающий горный массив». Метод ЕЭМИ является весьма чувствительным к геомеханическим процессам и явлениям в массивах горных пород, выявление стабильного многолетнего хода ЕЭМИ по системе датчиков в тоннелях является основой для прогнозирования возможных аварийных ситуаций.

### Ключевые слова

Транспортные тоннели, геотехнический мониторинг, естественное электромагнитное излучение горных пород, комплексная интерпретация, анализ данных.

*Transport tunnels, geotechnical monitoring, natural electromagnetic radiation of rocks, complex interpretation, data analysis.*

### Список литературы

1. Власов С. Н., Маковский Л. В., Меркин В. Е. *Аварийные ситуации при строительстве и эксплуатации транспортных тоннелей и метрополитенов. При участии Куплиса А. Э., Сарabeeва В. Ф., Торгалова В. В. – 2-е издание, дополненное. – Москва: ТИМР, 2000. – 198 с.*
2. *Методическое руководство по комплексному горно-экологическому мониторингу при строительстве и эксплуатации транс-*

*портных тоннелей. – М.: ИПКОН РАН, НИПИИ «Ленметрогипротранс», 2009. – 68 с.*

3. *Инструкция по учету сейсмических воздействий при проектировании горных транспортных тоннелей ВСН 193-81. 1982.*
4. Qiu L, Wang E, Song D, Liu Z, Shen R, Lv G, Xu Z. *Measurement of the stress field of a tunnel through its rock EMR. J. Geophys. Eng* 2017; 14:949–959. DOI:10.1088/1742-2140/aabddde
5. Lichtenberger, Marco. *Underground Measurements of Electromagnetic Radiation Related to Stress-induced Fractures in the Odenwald Mountains (Germany). Pure and Applied Geophysics.* 2006. 163. Pp. 1661–1677. DOI:10.1007/s00024-006-0083-5
6. Liu, Xiaofei & Wang, Enyuan. *Study on characteristics of EMR signals induced from fracture of rock samples and their application in rockburst prediction in copper mine. Journal of Geophysics and Engineering.* 2018. 15. 10.1088/1742-2140. DOI:10.1088/1742-2140/aaa3ce
7. Wang, E.; He, X.; Liu, X.; Xu, W. *Comprehensive monitoring technique based on electromagnetic radiation and its applications to mine pressure. Saf. Sci.* 2012, 50, Pp. 885–893. DOI:10.1016/j.ssci.2011.08.013
8. Li, X.; Wang, E.; Li, Z.; Liu, Z.; Song, D.; Qiu, L. *Rock Burst Monitoring by Integrated Microseismic and Electromagnetic Radiation Methods. Rock Mech. Rock Eng.* 2016, 49, Pp. 4393–4406. DOI:10.1007/s00603-016-1037-6
9. Романевич К. В. *Разработка критериев и методики идентификации геодинамических процессов по электромагнитному излучению вблизи выработок неглубокого заложения: диссертация кандидата технических наук: 25.00.20 / ИПКОН РАН – Москва, 2015. – 156 с.*
10. Romanevich K. V., Lebedev M. O., Andrianov S. V., Mulev S. N. *Integrated Interpretation of the Results of Long-Term Geotechnical Monitoring in Underground Tunnels Using the Electromagnetic Radiation Method. Foundations* 2022, 2, 561–580. <https://doi.org/10.3390/foundations2030038>
11. Трунев В. Г. *Влияние температурных воздействий на напряженно-деформированное состояние обделок тоннелей БАМа: диссертация кандидата технических наук: 05.23.15 / Ленингр. ин-т инж. ж/д транспорта. – Ленинград, 1990. – 170 с.*
12. Безродный К. П., Исаев Ю. С., Басов А. Д., Романевич К. В. *Проблемы оценки напряженно-деформированного состояния горных пород методом ЕЭМИ. / Труды Всероссийской конференции «Геодинамика и напряженное состояние недр Земли». Том 1. – Новосибирск: Ин-т горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, 2011. С. 233–238.*

### Для связи с авторами

Лебедев Михаил Олегович  
lebedev-lmgt@yandex.ru  
Романевич Кирилл Викторович  
romanevichkirill@gmail.com  
Шляев Сергей Алексеевич  
vbstudio@mail.ru



# ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СТРОЯЩИХСЯ И ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ АВТОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ

## PROBLEMS OF ENSURING THE SAFETY OF ROAD TUNNELS UNDER CONSTRUCTION AND IN OPERATION

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

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

L. V. Makovsky, Prof. PhD, Department of Bridges, Tunnels and building constructions MADi

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

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.

*The article considers and analyzes the data of domestic and foreign experience related to ensuring the safety of road tunnels under construction and in operation. Examples of large mountain, underwater and urban tunnels in Russia and a number of European countries are given, during the construction and operation of which abnormal emergencies occurred, accompanied by the death of people. The most effective measures to prevent such situations and to eliminate their consequences are given.*

*Attention was paid to the introduction of new technologies, including information modeling (BIM), which make it possible to assess the degree of safety both during the construction and operation of the tunnel and develop the necessary measures.*

*It is noted that a number of countries are currently using the European road tunnel safety program – Euro TAP, which includes systematic testing of the largest road tunnels in order to reduce accidents. In our country, it is necessary to develop a unified concept for the safety of tunnels under construction and operation and create the necessary regulatory framework.*

В настоящее время в нашей стране реализуется один из важнейших нацпроектов на период с 2019 по 2024 г. – «Безопасные и качественные дороги». В рамках этого проекта предусмотрено строительство большого количества автодорожных и городских тоннелей, а также эксплуатация, ремонт и реконструкция действующих тоннелей [1, 2].

Безопасность строящихся и эксплуатируемых тоннелей является одной из важнейших проблем современного тоннелестроения.

Разнообразные аварии в строящихся и эксплуатируемых тоннелях во многих странах дают основание характеризовать тоннели как «зоны повышенного риска» для людей,

находящихся под землей в стесненном замкнутом пространстве и зачастую неподготовленных к действиям по своему спасению.

Вероятность аварийных ситуаций повышается с ростом интенсивности движения, растущей длиной тоннелей, наличием встречного движения, в связи с перевозкой опасных грузов, техническими неисправностями автомобилей и пр. Безопасность движения в автодорожных тоннелях во многом определяется их геометрическими характеристиками, наличием эксплуатационных систем и оборудования.

Далее приведен анализ данных отечественного и зарубежного опыта обеспечения безопасности автодорожных тоннелей в

процессе их строительства и эксплуатации, даны рекомендации по выработке эффективных мер, значительно снижающих вероятность возникновения аварийных ситуаций.

### Строящиеся тоннели

Известно, что процесс строительства автодорожных тоннелей целиком и полностью зависит от развития сети автомобильных дорог, трасса которых пересекает различные высотные (холмы, возвышенности, горные массивы) и контурные (реки, озера, водохранилища) препятствия. В первом случае сооружают горные тоннели, а во втором – подводные. К наиболее крупным горным автодорожным тоннелям России относятся Гим-





Рис. 1. Крупные горные автодорожные тоннели России: а – Гимринский; б – Рокский

ринский в Дагестане (длина около 4,5 км) и Рокский в Осетии (3,6 км) (рис. 1).

Подводные тоннели построены под рекой Москвой (три тоннеля длиной по 0,4 км), под Морским каналом (1 км) и под судоходным каналом защитной дамбы в Финском заливе (около 2 км) в Санкт-Петербурге. Планируется строительство ряда крупных подводных автотранспортных тоннелей под реками Нева, Лена, Амур.

За последние 30 лет в Москве построены такие крупные автотранспортные тоннели, как Кутузовский, Гагаринский, Лесфортовский, Серебряноборский, Алабяно-Балтийский. В Санкт-Петербурге эксплуатируются недавно построенные тоннели под Литейным мостом, под Финляндским проспектом, вдоль Синопской набережной. Автотранспортные тоннели построены также в Новосибирске, Казани, Уфе, Перми, Волгограде, Владивостоке, Рязани, Грозном. Автотранспортные тоннели горного типа общей длиной 6,8 км построены на дороге Адлер – Красная Поляна, в том числе Мацестинский тоннель, а также ряд тоннелей на Курортном проспекте на обходе г. Сочи.

Более 10 тыс. км транспортных тоннелей построено в европейских странах, причем только за последние 15 лет их протяженность увеличилась на 2 тыс. км [3].

В настоящее время реализуются более 650 проектов автодорожных тоннелей, причем наметилась тенденция увеличения их длины

(тоннель Лэрдал в Норвегии (24,5 км), через Тюрингский лес в Германии (19,6 км), два тоннеля Хида (по 10,75 км), подводные тоннели под Токийской бухтой в Японии (по 10 км) и др.

К крупнейшим городским автотранспортным тоннелям относится подземная сеть Central Artery в г. Бостон (США) общей протяженностью 11,3 км, два тоннеля на автомагистрали А-8 в Париже (Франция) длиной 10 и 7,5 км и др. [2].

Вопросы безопасности при строительстве тоннелей включают неукоснительное соблюдение мер по охране труда и требований техники безопасности, регламентируемых специальными нормативными документами. В процессе строительства тоннелей закрытыми способами предусматривают системы искусственной вентиляции, освещения, водоотведения.

Не менее важно обеспечить защиту работ по строительству тоннелей от нештатных ситуаций, а также иметь на вооружении эффективные методы преодоления их последствий, если они все же произойдут.

Нештатные ситуации при строительстве тоннелей могут быть связаны как с природными явлениями (нарушенные и неустойчивые грунты, тектонические нарушения, сейсмическая активность, карстовые процессы и др.), а также с ошибками, допущенными при изысканиях, проектировании и строительстве. Последствиями недостаточного

учета природных и техногенных факторов могут стать повреждения и разрушения тоннельных конструкций (рис. 2) и элементов временной крепи, обрушения породы и прорыв в тоннель подземных вод, загазованность воздуха, пожары и взрывы [7].

Для сведения к минимуму риска возникновения нештатных ситуаций требуются профилактические организационные, конструктивные и технологические меры, включающие

в себя полномасштабные изыскания, оптимальное проектирование, проведение тоннелестроительных работ в точном соответствии с проектом, а также систематическое проведение планово-предупредительных осмотров и непрерывного мониторинга. Поскольку никакие профилактические меры не могут гарантировать полной безаварийности тоннелестроительных работ, необходимо предусматривать специальные меры по ликвидации последствий вероятных аварий.

Эффективность применения в тоннелестроении новых технологий, машин, оборудования и материалов напрямую связана с развитием отраслевой науки.

Говоря о перспективах технологического развития тоннелестроения, необходимо отметить, что подземное строительство предполагает использование машин и механизмов для работы в ограниченном пространстве, большие объемы строительных материалов и техники, запыленность, загазованность и другие факторы, затрудняющие работу при повышенных требованиях по безопасности тоннелепроходческих работ. Цена ошибок и несоответствий при этом крайне высока.

В связи с этим важным этапом в решении проблем безопасности тоннелей стало применение BIM технологий (информационное моделирование сооружений) [2]. Эти технологии позволяют создавать модели будущего сооружения, содержащие необходимые технические, физические и функциональные характеристики объекта, в том числе и взаимодействие с окружающей средой. Таким образом, предоставляется возможность оценить степень безопасности, как в процессе строительства, так и эксплуатации тоннельного сооружения, и своевременно принять необходимые меры.

### Эксплуатируемые тоннели

В эксплуатируемых автодорожных и городских тоннелях длиной более 150–200 м для безопасности движущихся транспортных средств и находящихся в тоннеле людей, помимо систем вентиляции, освещения и водоотведения, применяются специализированное оборудование. К такому оборудованию относятся телекамеры, противопожар-

Рис. 2. Обрушение строящегося тоннеля в г. Нараянпет (Индия) в 2019 г.





Рис. 3. Последствия пожара в автодорожном тоннеле Монблан

ные средства, системы, обеспечивающие эвакуацию людей в аварийных ситуациях, приборы световой и звуковой сигнализации, датчики температуры, влажности и загазованности воздуха в тоннеле.

Контроль над эксплуатационными устройствами и оборудованием осуществляется из центрального диспетчерского помещения, оснащенного комплексом устройств, регистрирующих и обрабатывающих поступающую информацию. Для этого используется центральный пульт, световое табло и другое оборудование, управляемое с использованием компьютерных технологий.

Несмотря на оснащенность тоннелей эффективным эксплуатационным оборудованием, повышающим степень надежности и безопасности, существует риск возникновения аварийных ситуаций, зачастую с катастрофическими последствиями. Особенно велик этот риск в тоннелях постройки начала и середины прошлого столетия, которые строились и длительное время эксплуатировались по старым нормам.

Увеличение интенсивности и скорости движения транспортных потоков, в составе которых велика доля большегрузных, крупногабаритных автомобилей, часто приводит к различным ДТП, как в самих тоннелях, так и на въездах из них. Столкновения автомобилей, наезд на ограждения и конструкции тоннелей, возгорание и взрывы провозимых по тоннелям огне- и взрывоопасных грузов во многих случаях сопровождаются человеческими жертвами, повреждением тоннельных конструкций и оборудования, что приводит к длительному прекращению эксплуатации тоннеля и наносит большой экономический ущерб.

Наиболее катастрофичными по своим последствиям явились пожары в тоннелях Монблан (погибли 39 чел.) (рис. 3), Тауэрн (погибли 12 чел.), Фрежюс (отравились 14 чел.), Сен-Ютард, где с 1992 по 1998 гг. было зафиксировано 43 пожара из-за столкновений транспортных средств (погибли 11 чел.) [4, 7].

Таким образом, можно констатировать, что безопасность автодорожных тоннелей – глобальная технико-экономическая и социально-экологическая проблема, для решения которой необходимы совместные усилия специалистов многих стран.

Для решения этой проблемы в ряде европейских стран реализуется комплекс мер по контролю безопасности движения в автодорожных тоннелях. Создана база данных по более чем двумстам тоннелям в 14 странах, а также разработана методика тестирования, принятая как единая для всех стран Евросоюза.

Была также создана европейская программа безопасности автодорожных тоннелей EuroTAP – одна из восьми исследовательских программ под эгидой Европейской комиссии [5, 6].

К этой программе подключились 12 автомобильных ассоциаций, которые совместно с Международной федерацией автомобилистов (FIA) выражают интересы около 40 млн автомобилистов Европы.

Программа EuroTAP включает систематическое тестирование наиболее крупных автодорожных тоннелей Европы, развитие информационной базы и просветительскую деятельность с целью снижения аварийности и повышения комфортабельности проезда по тоннелям [7].

Требования безопасности автодорожных тоннелей длиной более 500 м на трансевропейской сети закреплены в Европейских нормах, принятых всеми странами Евросоюза. Они касаются в основном вновь построенных тоннелей, однако к 2014 г. в соответствии с этими требованиями переоборудованы все эксплуатируемые тоннели.

### Заключение

Дальнейшее развитие и совершенствование тоннелестроения должно быть направлено на ускорение темпов и снижение стоимости строительства при обеспечении технической и экологической безопасности, надежности и долговечности тоннельных сооружений.

Должна быть разработана единая концепция безопасности строящихся и эксплуатируемых в нашей стране тоннелей, предусматривающая оценку возможных аварий и факторов риска, а также прогнозирование предела безопасности строящихся и эксплуатируемых тоннелей.

С этой целью необходимо проведение комплекса теоретических и экспериментальных исследований и опытно-конструкторских работ, по результатам кото-

рых должна быть создана необходимая нормативная база.

### Ключевые слова

Автотранспортный тоннель, безопасность, аварийная ситуация, ликвидация последствий аварий, снижение аварийности.

*Road tunnel, safety, emergency situation, elimination of the consequences of accidents, reduction of accidents.*

### Список литературы

- ГОСТ P56521-2015. Тоннели автомобильные. Требования безопасности.
- Маковский Л. В., Кравченко В. В. Разогнаться под землей. «Автомобильные дороги», 2021, № 6, с. 75–78.
- Маковский Л. В., Кравченко В. В. Безопасность движения в автодорожных тоннелях. «Подземные горизонты», 2018, № 16, с. 36–40.
- Маковский Л. В. Оценка безопасности европейских автодорожных тоннелей. Сборник научных трудов МАДИ «Исследования конструкций мостов и транспортных тоннелей». 2009, с. 4–13.
- Маковский Л. В. Экспертная оценка безопасности европейских автодорожных тоннелей. «Метро и тоннели». 2008, № 2, с. 12–14.
- Tunnel. 2008, № 8, с. 48–53.
- Интернет-ресурсы:  
URL:Режим доступа <https://www.autonews.ru/news/5c8e86559a794783baeb0343>, свободный (дата обращения 16.02.2023).  
URL:Режим доступа <https://undergroundexpert.info/issledovaniya-i-tehnologii/nauchnyestati/avarij-pri-stroitelstve-tonnelej/>, свободный (дата обращения 16.02.2023).  
URL:Режим доступа <https://real.onliner.by/2017/03/10/montblanc>, свободный (дата обращения 16.02.2023).  
URL:Режим доступа <https://labadr.com.ua/news/2018/02/24/84-evropejskie-tonneli-cherez-kotorye-dvizheniya-s-опасnymi-gruzami-ogranichenno/>, свободный (дата обращения 16.02.2023).

### Для связи с авторами

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





# ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ГАЗОНАПОЛНЕННЫЙ ТОННЕЛЬ ДЛЯ ПАССАЖИРСКОГО РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА

## ENERGY-EFFICIENT GAS-FILLED TUNNEL FOR PASSENGER RAIL TRANSPORT

В. В. Космин, академик РАТ, Москва

V. V. Kosmin, RAT academician, Moscow

По материалам зарубежной научно-технической печати представлена система рельсового пассажирского транспорта в газонаполненной трубе, заполненной смесью атмосферного воздуха с гелием под давлением несколько ниже атмосферного, характеризующаяся энергоэффективностью вследствие меньшего по сравнению с движением в атмосфере аэродинамического сопротивления. Описаны принципиальные конструктивно-технологические решения системы. Отмечена ее совместимость с линиями высокоскоростного пассажирского рельсового транспорта и повышенная пожаробезопасность.

*Based on materials of foreign scientific and technical press, a system of rail passenger transport in a gas-filled tube filled with a mixture of atmospheric air with helium at a pressure slightly below atmospheric pressure, characterized by energy efficiency due to less aerodynamic resistance as compared with movement in the atmosphere, is presented. Fundamental constructive and technological solutions of the system are described. It is noted its compatibility with lines of high-speed passenger rail transport and increased fire safety.*

Наращивание скоростей пассажирского сообщения в железнодорожной и других транспортных системах сопряжено с решением комплекса теоретических и практических проблем, в том числе с созданием принципиально новых видов транспорта, таких как Hyperloop [1], магнитолевитационные системы [2] и т. п. При этом следует иметь в виду, что сверхвысокие скорости вызывают повышенные энергозатраты, для снижения которых прибегают к усовершенствованию аэродинамических характеристик подвижного состава [3], замене трения качения на магнитную левитацию, организации движения специальных пассажирских капсул в сильно разреженном пространстве внутри трубы и др. В указанных условиях, при всё еще не решенных многих научно-практических задачах реально высокие скорости (до 350 км/ч) достигаются на рельсовом железнодорожном транспорте на специализированных линиях [4]. Дальнейшее повышение скоростей сопряжено с резким ростом сопротивления движению и потребного тягового усилия, в результате энергоэффективность железной дороги снижается [5]. Одним из путей разрешения этой проблемы является снижение воздушного сопротивления (в авиации с этой целью летательные аппараты поднимают на большие высоты, где плотность воздушной среды меньше).

В качестве одного из направлений решения указанных проблем является система Hyperloop [1], в которой подвижной состав движется в вакууме. Однако это сопряжено с большими техническими и технологическими трудностями по созданию специализиро-

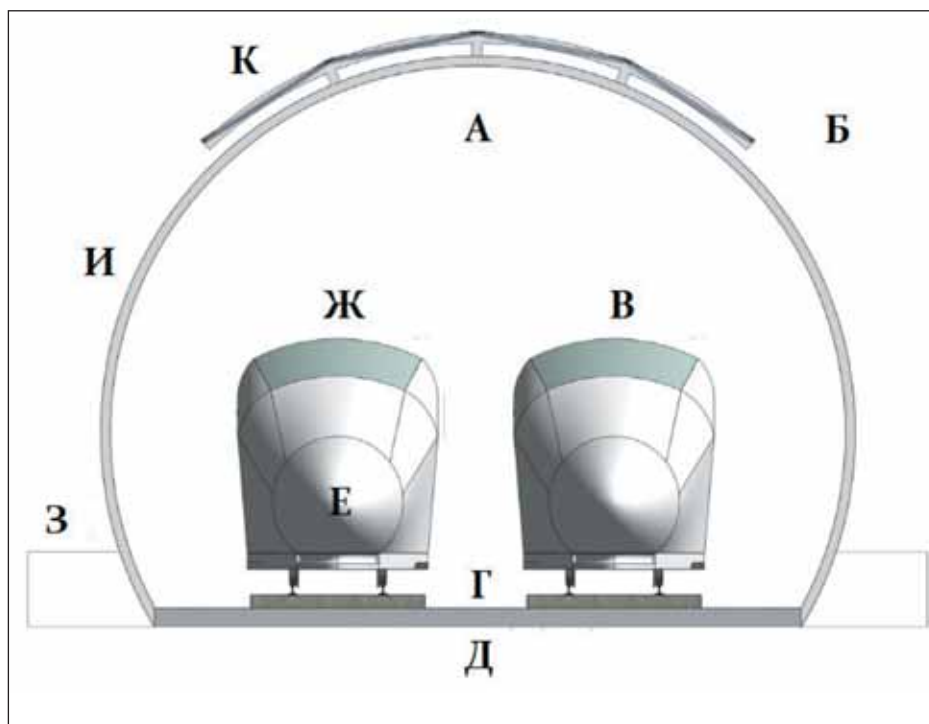


Рис. 1. Поперечное сечение конструкции системы HeliRail: А – смесь гелиоксидов низкой плотности при давлении несколько ниже атмосферного; Б – атмосферный воздух; В – герметизированный подвижной состав обычной конструкции; Г – обычные металлические железнодорожные колеса; Д – бетонные плиты (под два пути), опирающиеся на земляное полотно; Е – салоны вагонов с давлением воздуха несколько ниже, чем давление гелиокса в трубе; Ж – контактная сеть электроснабжения; З – воздуховоды и очистка геликса; И – непрозрачная труба; К – солнечные панели

ванного подвижного состава, путевой структуры для его пропуска в разреженном пространстве, по обеспечению достаточной провозной способности линии и безопасности движения, сопряжению с работой обычных железных дорог и т. п.

В связи с изложенным в зарубежной научно-технической литературе выдвинуто предложение перейти к движению в трубе, заполненной смесью гелия и атмосферного воздуха (эта смесь получила название гелиокс), имеющей меньшую плотность по срав-



Рис. 2. Поезд в трубе HeliRail

нению с воздухом при давлении несколько меньше атмосферного [5, 6, 7].

Одновременно предлагается отказаться от магнитной левитации, требующей создания специальной транспортной системы, не гармонизированной с обычным колесно-рельсовым железнодорожным транспортом, а воспользоваться привычными колесными парами для высокоскоростных магистралей (ВСМ).

В целом предлагаемая система HeliRail (рис. 1) состоит из герметично соединенных труб, зафиксированных в плитной конструкции верхнего строения рельсового пути, аналогичного укладываемому на обычных ВСМ, по которому движутся стандартные пассажирские вагоны ВСМ.

Принципиальные особенности системы HeliRail следующие.

Система HeliRail применима как на новых линиях, так и при переустройстве эксплуатируемых ВСМ. Если путь ВСМ уложен на балласте, то его заменяют на плитную конструкцию, обеспечивающую жесткое крепление оболочки. Конструкция HeliRail предусматривается только для двухпутных участков, наиболее часто встречающихся на ВСМ и исключая эффект поршня при движении (возникает при движении объекта в ограниченном газообразном пространстве; создаст дополнительное сопротивление, потенциально сводя на нет энергетические преимущества, достигаемые при движении поезда в среде с низким давлением). Высокоскоростной подвижной состав имеет герметичную конструкцию, при этом разность давлений внутри вагонов и вне их (около 95–99 % атмосферного) в пределах соответствующего промежутка препятствует загрязнению гелиокса воздухом, протекающим через уплотнения в вагонах. Система воздухопроводов поддерживает давление и перерабатывает гелиокс для обеспечения требуемого уровня его чистоты. Солнечные батареи питают систему воздухопроводов. Вследствие незначительной разности давлений воздействие гелиокса на пассажиров исключено. Малая величина отклонения давления гелиокса относительно атмосферного воздуха вне трубы позволяет устраивать ее из легких конструкций (могут быть применены прозрачные пластики) и при сравнительно несложном уплотнении. Универсальный подвижной состав может обращаться как на HeliRail, так и на ВСМ, используя для перехода быстродействующие воздушные шлюзы.

Система HeliRail перевозит пассажиров с той же скоростью, что и существующие ВСМ, но при этом затрачивает на 60 % меньше энергии, чем ВСМ или Hyperloop.

Поскольку пассажиры обычно довольствуются 50-% полем зрения изнутри поезда, труба может представлять собой сочетание прозрачного пластика и бетона, армированного микрофиброй либо углеродным волокном (рис. 2). Необходимо только повысить герметизацию кузова вагона.

Большим достоинством HeliRail является более высокая по сравнению с Hyperloop безопасность для пассажиров в случае разрушения трубы или нарушения герметичности уплотнения транспортного средства HeliRail. Во-первых, разница между давлением в трубах HeliRail и атмосферным давлением составляет менее 5 %, что вполне допустимо для человеческого организма. В отличие от этого, очень низкие давления, используемые при вакуумной транспортной конструкции, мгновенно приводят к летальному исходу в случае воздействия на человека. Во-вторых, смесь гелиокса содержит около 10–15 % кислорода, что хотя и может вызвать нарушение координации, но превышает порог выживания человека (примерно 6 %). Поэтому несмотря на то, что на борту транспортных средств HeliRail предусматриваются противогазы, в случае разрыва кузова негативные последствия воздействия гелиокса на пассажиров будут ограничены. Аналогично, если произойдет разрыв трубы, единственным эффектом будет увеличение сопротивления движению поезда, вызванное попаданием воздуха внутрь трубы. Кроме того, трубы HeliRail имеют большой диаметр по сравнению с Hyperloop, что упрощает эвакуацию. В отношении пожарной безопасности это также благоприятнее, чем в случае тоннеля ВСМ, поскольку гелий инертен, а содержание кислорода ниже порога горения (около 16 %). Таким образом, HeliRail обеспечивает повышенную противопожарную защиту.

Еще одним достоинством системы HeliRail является изоляция от внешних воздействий, например, от попадания листьев окружающей трассы растительности, от льда и других попутных загрязнений, ухудшающих взаимодействие колеса и рельса в зоне их контакта. Кроме того, на HeliRail предупреждается попадание на путь людей и/или животных, тем самым исключая опасность несчастных случаев.

Расчеты показали, что срок окупаемости инвестиций по переустройству в HeliRail су-

ществующих ВСМ с верхним строением пути на балласте (балластная путевая структура демонтируется и заменяется комбинированной системой из трубы HeliRail и бетонной плиты) составляет 25 лет, на плитах (крепление трубчатой конструкции HeliRail к уже имеющемуся плитному основанию) – 18 лет.

В целом HeliRail – гибридная железнодорожная система, использующая существующую инфраструктуру, повышающая энергоэффективность и эксплуатационную эффективность высокоскоростных пассажирских перевозок, потенциально уменьшая спектр исследовательских задач, возникающих при решениях на основе вакуума.

#### Ключевые слова

Аэродинамическое сопротивление, гелиокс, пассажирский транспорт, транспорт в трубе, энергоэффективность.

*HeliRail, Hyperloop aerodynamic drag, energy efficiency, heliox, HeliRail, Hyperloop, passenger transport, transport in a tube.*

#### Список литературы

1. *Hyperloop*. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Hyperloop>.
2. *Магнитолевитационные транспортные системы и технологии. 8-я Международная научно-практическая конференция. Тезисы*. <http://mtstpgups.ru/files/ThesesMTST21.pdf>
3. Kim T.K., Kim K.H., Kwon H. Bin. *Aerodynamic characteristics of a tube train*. // *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.* 99 (12) (2011), 1187–1196.
4. *Высокоскоростной железнодорожный транспорт. Общий курс. Тм. 1-2. Киселев И. П. (ред.)*. – М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014.
5. Connolly D. P., Woodward P.K. *HeliRail: A railway-tube transportation system concept* // *Transportation Engineering*. (1) 2020.100004. <https://doi.org/10.1016/j.treng.2020.100004>.
6. Mossi M., Sibilla S. *Swissmetro: aerodynamic drag and wave effects in tunnels under partial vacuum* // *Proc. of the 17th Intern. Conf. on Magnetically Levitated Systems and Linear Drives, Lausanne, Switzerland*. – 2002. – С. 156–163.
7. Piechna, J. *Low Pressure Tube Transport – An Alternative to Ground Road Transport – Aerodynamic and Other Problems and Possible Solutions* // *Energies*. 2021, 14, 3766. <https://doi.org/10.3390/en14133766>.

#### Для связи с автором

Космин Владимир Витальевич  
vvcosmin@mail.ru





# К ВОПРОСУ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ПОДРАБОТКИ ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А. В. Гришин, доц., к. т. н., НВК «Горгеомех»

При освоении земных недр целью геомеханического обеспечения является предотвращение аварийных ситуаций при освоении недр, повышение безопасности и эффективности горных работ, обеспечение сохранности и нормальной эксплуатации зданий, сооружений и инженерных сетей, попадающих в зону их влияния в период реконструкции и, особенно, ликвидации, а также охрана природной среды.

Определяются геомеханические риски, подлежащие дальнейшему анализу и управлению, составляется их реестр. Не выявленные риски не будут учтены при дальнейшем анализе, что особенно опасно.

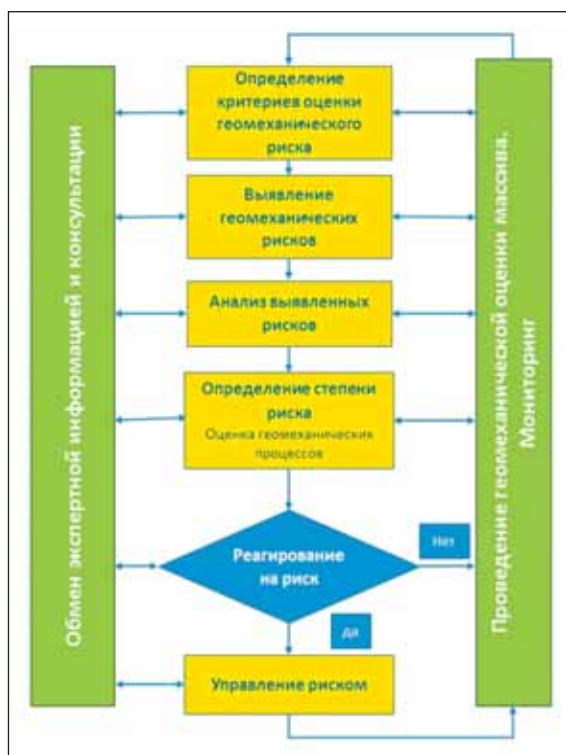


Рис. 1. Блок-схема процесса оценки и управления геомеханическими рисками при подработке природных объектов

Рис. 2. Определение степени риска



Методы оценки рисков распределяются по трем основным группам: качественные, полуколичественные и количественные.

В качественных методах используются словесные описания вероятности геомеханических событий и масштаб возможных их последствий. Такой подход применяют при первичном анализе для выявления рисков, требующих более подробного изучения или когда имеющиеся данные и ресурсы не позволяют выполнить количественную оценку.

В полуколичественных методах качественные описания дополняют шкалами балльных значений или взвешивающих коэффициентов (обычно на основе экспертного мнения) в целях получения более детального ранжирования. В количественных методах для характеристики вероятности и последствий событий используются только числовые значения.

Риск возникновения негативных геомеханических событий при подработке природных объектов на рассматриваемом участке определяется по формуле:

$$P = B \times Y,$$

где  $P$  – показатель геомеханического риска;

$B$  – величина (уровень) вероятности возникновения выявленного типа нарушения устойчивости деформации (определяется качественно или количественно);

$Y$  – величина ожидаемого ущерба от проявлений деформационных процессов.

С помощью различных методов контроля состояния массива в каждой конкретной ситуации можно своевременно установить вероятность наступления определенных событий, которые могут спровоцировать риск.

Результаты анализа отображены на рис. 1.

В соответствии с результатами анализа определяются методы контроля деформационных процессов и управления ими.

Сравнение полученных данных с предварительно заданными критериями определяет степени риска, что позволяет принимать решения о необходимости использовать как защитные, так и профилактические мероприятия, и степень их достаточности (рис. 2).

Геомеханический прогноз выполняется как для типовых условий строительства и эксплуатации горного предприятия, так и для наиболее вероятных аварийных ситуаций. Аварийные ситуации при строительстве и эксплуатации подземных сооружений – это разрушение крепи выработок, прорыв в них поверхностных или подземных вод, развитие карстовых образований, активизация древних тектонических нарушений и т. д.

Особенности методов реализации геомеханического прогноза:

- теоретические методы базируются преимущественно на уравнениях, используемых в механике сплошной среды, при этом массив горных пород рассматривается как упругая, пластичная, вязкая или другая идеализированная среда, существенно отличающаяся от реального породного массива;
- эмпирические методы базируются на зависимостях, полученных непосредственно из результатов инструментальных наблюдений в натуральных условиях;
- полумпирические методы базируются на зависимостях, установленных на основании обобщений, теоретических предпосылок и математических аналогий, численные значения коэффициентов в которых определяются по данным натуральных наблюдений.

Для связи с автором



Гришин Александр Викторович  
dir@gorgeomeh.ru

# О МЕЖДУНАРОДНОМ ТОННЕЛЬНОМ КОНГРЕССЕ – 2022

А. Р. Попонин, Тоннельная ассоциация России

С 2 по 8 сентября 2022 г. в Копенгагене состоялся Международный тоннельный конгресс WTC 2022. Организатором форума стала Международная тоннельная ассоциация, а принимающей стороной – Датское общество тоннелей и подземных работ.

Конгресс прошел под общей темой «Подземные решения для меняющегося мира» со следующими приоритетными направлениями:

- климатическая устойчивость;
- инновационные решения для устойчивого общества;
- планирование недр;
- устойчивые подземные сооружения

Технические секции включали в себя все основные темы тоннелестроения: обычное тоннелирование, механизированное тоннелирование, погруженные тоннели, шахты, механические и электрические установки, информационное моделирование, эксплуатация и обслуживание, планирование, безопасность эксплуатации подземных сооружений, изучение геологических и геотехнических условий, договорная практика, контроль грунтовых вод, контрольно-измерительные приборы и мониторинг, охрана труда и техника безопасности.

Перед началом тоннельного конгресса состоялась Генеральная Ассамблея, где были проведены выборы среди представителей стран-членов Международной тоннельной ассоциации с правом голоса. В рамках Международного тоннельного конгресса прошли выборы нового президента и вице-президента Международной тоннельной ассоциации, руководителей рабочих групп и определено место проведения Международного тоннельного конгресса в 2025 г.

Представители Российской Федерации приняли участие в этом голосовании. Заместитель генерального директора по маркетингу и внешнеэкономической деятельности АО «Мосметрострой», член Международной тоннельной ассоциации Михаил Юрье-



Логотипы Международного тоннельного конгресса – 2022 и Международной тоннельной ассоциации

вич Беленький принял участие в выборах в дистанционном формате.

На церемонии открытия с приветственным словом выступила президент Международной тоннельной ассоциации в период с 2019 по 2022 г. г-жа Джинхуи Ян, которая, в частности, сказала: «Этот конгресс стал первым очным конгрессом с момента начала пандемии коронавируса, в общей сложности было потрачено четыре года на подготовку. Конгресс также знаменателен тем, что это первое мероприятие Международного тоннельного конгресса, которое было проведено в гибридном формате. Тоннелестроители со всего мира принимали участие в очном и дистанционном формате, что позволило сделать этот конгресс более доступным для всех».

С приветственным словом к участникам выступил также руководитель организационного комитета Сорен Ескессен: «Тема этой конференции: «Подземные решения для меняющегося мира». Да, действительно, мы живем в меняющемся мире, который постоянно бросает нам вызовы. Наиболее значимым из них является изменение климата, которое стало серьезной угрозой для земли, на которой мы живем. Как вы знаете, использование тоннелей и подземного пространства может обеспечить устойчивые решения для общества. Поэтому важно объединить наши ресурсы и возможности, чтобы сделать про-



Баннер Международного тоннельного конгресса – 2022

цесс строительства более экологичным, быстрым и инновационным. Пора повысить осведомленность общественности о вкладе тоннелей и подземного пространства в устойчивое развитие всего человечества!»

В центральной холле конференц-площадки все желающие могли ознакомиться с компаниями сферы тоннелестроения, их продукцией и основными проектами, а также со спонсорами.

Основные спонсоры Международного тоннельного конгресса – 2022







Визуализация укладки секций подводного тоннеля между Данией и Германией



Баннер Международного тоннельного конгресса – 2024

Ключевым докладом стало выступление Датского общества тоннелей и подземных работ с проектом тоннеля между Данией и Германией Fehmarnbelt.

89 элементов, которые будут производиться на заводе в Рёдбихавне, будут погружены один за другим и собраны под водой, соединяя датскую и немецкую стороны. Строительные работы начались (на датской стороне) в 2020 г., а на немецкой стороне начнутся в 2023 г.

Благодаря этому новому сооружению поездка между Рёдбихавном и Путтгарденом займет семь минут на поезде и десять минут на машине.

Для изготовления элементов тоннеля на Лолланде возводится крупное производственное предприятие. Само строительство производственного объекта занимает два года. Когда завод заработает в полную силу, стандартный элемент будет выпускаться примерно каждую вторую неделю в течение трех с половиной лет. Всего потребуется изготовить 79 стандартных и 10 специальных элементов. Для размещения элементов тоннеля будет вырыта траншея длиной 18 км от Дании до Германии. Элементы тоннеля погружат в траншею, соединят между собой и засыплют гравием, песком и камнем.

От Российской Федерации в Международном тоннельном конгрессе в дистанцион-

ном формате участвовали Д. С. Конюхов (АО «Мосинжпроект») и А. Р. Попонин (Тоннельная ассоциация России). Д. С. Конюхов в соавторстве с Е. Ю. Куликовой представил на конгрессе доклад в стендовом формате «Интерактивное управление геотехнологическими параметрами как метод обеспечения безопасности при проходке тоннелей».

На форуме обсуждалось много вопросов, касающихся проблем и перспектив подземного строительства во всем мире. Это и строительство метрополитенов, и инновационное развитие подземной инфраструктуры, и особенности проектирования нового строительства подземных объектов в условиях плотной городской застройки, и безопасность на объектах подземного строительства, и многие другие вопросы. От эффективного решения этих проблем во многом зависит совершенствование единой транспортной системы, как отдельных стран, так и всего мира, и улучшение качества жизни людей.

За время проведения конгресса докладчиками со всего мира было представлено порядка 160 научно-технических докладов на различную тематику. Все выступления разделили на четыре трека, в рамках которых доклады проходили параллельно друг другу каждый день. Именно благодаря этому решению в организации Международного тон-

нельного конгресса за три дня было выслушано рекордное количество сообщений. В стендовом формате было представлено еще порядка 150 работ.

Как и всегда, Международный тоннельный конгресс прошел на высшем уровне, как для очных участников, так и для участников дистанционного формата. На сайте и специальной платформе Международного тоннельного конгресса в электронной версии были представлены все материалы, у всех участников была возможность в онлайн режиме и в записи просмотреть все представленные доклады.

Участники и докладчики со всего мира с нетерпением будут ждать следующего Международного тоннельного конгресса.

Китайское общество гражданского строительства приглашает всех желающих принять участие во Всемирном тоннельном конгрессе 2024 года (WTC 2024) и связанных с ним мероприятиях с 19 по 25 апреля 2024 г. во Всемирном конференц-центре г. Шэньчжэнь, Китай. Семидневный конгресс под девизом "Тоннелирование для лучшей жизни" посвящен устойчивому развитию тоннелестроения и последним тенденциям в тоннелестроении и подземной инженерии с 17 темами и 89 сессиями.

В рамках Международного тоннельного конгресса будет проведена Генеральная ассамблея ИТА и незабываемые технические туры по крупнейшим проектам подземного строительства в Китае. WTC 2024, как ожидают организаторы, привлечет порядка 3500 посетителей со всего мира.

Организаторы Международного тоннельного конгресса 2024 года приглашают принять участие в этом уникальном мероприятии подземной отрасли экспертов и ученых со всего мира.

