

Журнал

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

Председатель редакционной коллегии

К. Н. Матвеев, председатель правления ТАР

Зам. председателя редакционной коллегии

И. Я. Дорман, доктор техн. наук

Ответственный секретарь

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

Редакционная коллегия

В. В. Адушкин, академик РАН

В. Н. Александров

М. Ю. Беленький

А. Ю. Бочкарев, канд. экон. наук

В. В. Внутских

С. А. Жуков

Б. А. Картозия, доктор техн. наук

Е. Н. Курбацкий, доктор техн. наук

М. О. Лебедев, канд. техн. наук

И. В. Маковский, канд. техн. наук

Ю. Н. Малышев, академик РАН

В. Е. Меркин, доктор техн. наук

А. Ю. Старков

Б. И. Федунец, доктор техн. наук

Т. В. Шепитько, доктор техн. наук

Ш. К. Эфендиев

Тоннельная ассоциация России

тел.: (495) 608-8032, 608-8172

факс: (495) 607-3276

www.rus-tar.ru

e-mail: info@rus-tar.ru

Издатель

ООО «Метро и тоннели»

тел./факс: +7 (495) 981-80-71

127521, Москва,

ул. Октябрьская, д. 80, стр. 3,

оф. 4206

e-mail: metrotunnels@gmail.com

Генеральный директор

О. С. Власов

Журнал зарегистрирован

Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов журнала только с письменного разрешения издательства

© ООО «Метро и тоннели», 2021

Актуальное интервью

Строительство метро и дорог в столице по-прежнему в приоритете

2

А. Ю. Бочкарев

Метрострой СПб – 80

80-летняя история Петербургского метростроя

7

Е. И. Игитяк

Проектирование

Итоги работы АО «Метрогипротранс» в 2020 г. и перспективы на 2021 г.

14

В. М. Абрамсон

Гидроизоляция

Причины обводнения конструкций тоннельных сооружений и инновационные «предустанавливаемые» гидроизоляционные системы для его устранения

18

Т. Е. Кобидзе, Д. С. Конюхов

Железнодорожные тоннели

Транспортные тоннели Крыма: прошлое, настоящее, будущее

24

М. С. Плешко, К. В. Абрамчук, И. Ю. Казинцев

Аэродинамика движения высокоскоростных поездов в тоннеле: некоторые результаты проведённых в мире исследований

29

В. В. Космин, В. Е. Меркин

Освоение подземного пространства

Основные принципы комплексного освоения подземного пространства Москвы. Требования современных строительных норм

34

Д. С. Конюхов, И. В. Колыбин

Общие тенденции в освоении подземного пространства городов. Методы уменьшения влияния от строительства в условиях плотной существующей застройки

38

П. Д. Павлов

Российский опыт организации безбарьерной среды в подземных общественных пространствах

42

Д. Я. Прокопов, Д. А. Бойцов, К. В. Романевич

Архитектура метрополитена

Декоративные художественные композиции станции «Лефортово», как пример синтеза инженерно-технических, архитектурных и художественных решений

45

П. Н. Радимов, В. В. Пономаренко

Специальные способы работ

Уточнение области применения технологии jet grouting для условий Московского метрополитена

48

А. А. Долев, В. А. Алексеев

Партнёры Тоннельной ассоциации России



Мосметрострой



СОДЕРЖАНИЕ



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ

Станция «Новокрестовская» Петербургского метрополитена (с. 7)

СТРОИТЕЛЬСТВО МЕТРО И ДОРОГ В СТОЛИЦЕ ПО-ПРЕЖНЕМУ В ПРИОРИТЕТЕ



Заместитель мэра Москвы по вопросам градостроительной политики и строительства А. Ю. Бочкарев рассказал журналу о развитии транспортной инфраструктуры столицы.

– Андрей Юрьевич, в начале ноября 2020 г. правительство Москвы приняло Адресную инвестиционную программу на 2021–2023 годы. Львиная доля средств выделяется на развитие транспортной инфраструктуры. Строительство метро и дорог в столице по-прежнему в приоритете?

– Да, развитие транспортной инфраструктуры для такого огромного мегапо-

лиса, как Москва – одна из важнейших задач, которые решает город на протяжении последних десяти лет. Именно транспортное строительство является драйвером развития Москвы: туда, где появляются новые станции подземки и железнодорожные платформы, интегрированные с метро, современные развязки, трассы, эстакады, удобные подъездные дороги при-

ходят инвесторы и строят жилье, развивают социальную инфраструктуру, недвижимость для создания новых рабочих мест. Каждый рубль, вложенный в развитие транспортной инфраструктуры в пешеходной доступности, приносит три рубля внебюджетных инвестиций плюс дополнительные налоги. Напомню, что за последние десять лет в транспортном

Проект станции метро «Лянозово» Люблинско-Дмитровской линии



строительстве мы совершили настоящий рывок: построено и введено в эксплуатацию более 430 км новых линий и 140 станций скоростного рельсового транспорта, из которых 57 станций метро, 31 – МЦК и 52 – МЦД. Возведено и реконструировано 10 современных электродепо. Таких масштабов и темпов строительства подземка не знала у нас в стране даже в советские времена. В результате, в Москве повысился коэффициент пешеходной доступности, выросла мобильность населения, а это основные слагаемые успешности развития любого мегаполиса. Миллионы москвичей стали существенно экономить время в поездках. Снизилась и нагрузка на улично-дорожную сеть, поскольку у многих отпала необходимость использовать в качестве подъездных путей к метро автомобиль или автобус. В итоге, Москва уже шестой год подряд, при сохранении высокого уровня автомобилизации, не является мировым лидером по пробкам, а средняя скорость движения автотранспорта выросла с 16,5 до 53 км/ч. Этому, безусловно, способствовал не только ввод новых линий и станций подземки, МЦК, МЦД, но и высокие темпы дорожно-транспортного строительства: с 2011 г. плотность улично-дорожной сети выросла почти на 20 %, построено более 1000 км дорог, 292 искусственных сооружения, реконструировано 15 вылетных магистралей и 18 развязок на МКАД.

Ввод даже одного тоннеля позволяет существенно увеличить скорость движения транспорта. Мэром поставлена задача к 2025 г. обеспечить метро в шаговой доступности для более чем 90 % москвичей, сформировать удобную дорожно-транспортную логистику, а главное – интегрировать все виды транспорта в единую взаимосвязанную сеть. Этому помогает про-



Строительство станции «Мневники» БКЛ



Работы в перегонном тоннеле станции «Печатники» БКЛ

Обустройство перегонного тоннеля между станциями «Текстильщики» и «Печатники» БКЛ





Станция метро «Электrozаводская» БКЛ открыта 31 декабря 2020 г.

грамма строительства транспортно-пересадочных узлов, которая предполагает в ближайшие три года возведение 33 таких современных ТПУ, где можно будет быстро совершать удобные пересадки с одного вида транспорта на другой и получать необходимые услуги в шаговой доступности. Кроме того, такие объекты станут драйверами развития близлежащих территорий, их появление будет побуждать инвесторов строить рядом жилье, развивать социальную инфраструктуру и создавать рабочие места. Это та огромная работа, которую мы будем вести в течение ближайших лет. Уже выделены в рамках АИП необходимые объемы финансирования, запланированы сроки прохождения всех процедур.

– Сколько новых линий и станций метро открылось для пассажиров в 2020 г. и сколько планируете построить и открыть в 2021–2023 гг.?

– В 2020 г., несмотря на пандемию, подземных работ в метро мы не останавливали. Конечно же, стройка велась при строгом соблюдении всех санитарно-эпидемиологических требований и правил. В итоге, мы не снизили взятых в прошлые годы темпов и объемов ввода новых линий и станций. Введено в эксплуатацию 17,9 км линий и семь станций на втором участке Некрасовской ветки и северо-восточном участке Большой кольцевой линии – все они пока будут работать в составе Некрасовской ветки. В ближайшие месяцы планируется открытие на западном участке кольца станций «Карамышевская» и «Мневники». Строительство метро в течение ближайших трех лет будет вестись не менее активными темпами. На реализацию проектов в области метростроения предусмотрено более 38 % объема финансовых ресурсов АИП, что сопоставимо с объемами прошлых лет. На 2021–2023 гг. запланировано построить и ввести в эксплуатацию еще более 58 км линий и 24 станции, а также возвести и реконструировать четыре крупных электродепо, которые, по сути, станут настоя-

щими заводами по техническому обслуживанию составов.

– Как продвигаются работы по строительству Большого кольца метро? Что оно даст городу, и когда планируете замкнуть кольцо полностью?

– Строительство БКЛ – важнейшая часть всей программы метростроения, реализуемой с 2011 г. Да и за 85-летнюю историю метро это самый крупный проект: кольцо протяженностью 70 км с 31 станцией! Не все москвичи, возможно, ощущают сейчас его масштаб, но очень скоро поймут его преимущества. БКЛ разгрузит действующую Кольцевую и пересадочные станции в ее пределах на 15–20 %, а значит, в метро станет заметно свободнее и комфортнее. Но главный эффект Большого кольца – экономия времени: если раньше, чтобы перейти с одной линии метро на другую, пассажирам нужно было ехать в центр до Кольцевой и пересадочных станций внутри нее, то с запуском БКЛ эта необходимость отпадет, общее время в пути сократится до получаса. С Большого кольца можно будет сделать 19 пересадок на другие линии метро, 4 пересадки на МЦК, 6 – на МЖД и 11 – на линии железной дороги. Шаговый доступ к станциям второго метрокольца получают более 3 млн москвичей, проживающих в 34 районах. Новое кольцо послужит и импульсом к развитию территорий, где появятся новые станции, включая районы реновации. Словом, это грандиозный проект, имеющий мультипликативный эффект. На всех строящихся участках БКЛ идут активные работы, в которых занято огромное количество людей, полностью замкнуть кольцо планируем к 2023 г. Хочу подчеркнуть, что этот важнейший проект находится на личном контроле мэра Москвы. Никто в мире еще проект подобного масштаба и в такой сравнительно небольшой срок не реализовывал.

– Помимо БКЛ, какие еще линии и станции метро планируется открыть в ближайшие три года?

– В планах на 2021–2023 гг. завершение работ по продлению Люблинско-Дмитровской ветки от «Селигерской» до поселка Северный. На новом участке сооружается три станции: «Улица 800-летия Москвы», «Лианозово» и «Физтех», последняя из которых расположена на границе с подмосковным Долгопрудным, рядом со знаменитым Московским физико-техническим университетом и Международным научно-образовательным кластером. Открытие нового участка улучшит транспортное обслуживание жителей районов Бескудниковский, Восточное Дегунино, Дмитровский, Лианозово и Северный, а также всех, кто туда ездит на работу и учебу. Время каждой поездки для пассажиров сократится на 15–20 минут. Снизится и нагрузка на Дмитровское шоссе. Должны завершить и строительство нового участка Солнцевого радиуса от «Рассказовки» до аэропорта Внуково с промежуточной станцией «Пыхтино» в районе одноименной деревни, рядом с жилым комплексом «Солнцево парк». Аэропорт Внуково станет первой воздушной гаванью России, имеющей свою собственную станцию метро. Добраться оттуда до центра города можно будет менее чем за час. Улучшится и транспортное обслуживание поселений, расположенных вдоль Киевского и Боровского шоссе: при поездке в центр столицы и обратно жители смогут экономить по 15–20 минут. Освободятся и дороги в этом районе. Еще одна ветка, которую продлеваем на юго-западном направлении – Сокольническая: от Коммунарки она дойдет до Потапово, где откроется станция «Новомосковская». Разместится она в районе улицы Потаповская Роща. Продление красной линии метро заметно улучшит транспортное обслуживание жителей Новомосковского округа и района Южное Бутово. А проживают и работают здесь почти 70 тыс. человек. Станцией будут пользоваться и жители новых кварталов Коммунарки – крупнейшей территории комплексного развития Новой Москвы, где возводится жилье, развивается инфраструктура и создаются рабочие места.



Транспортная развязка возле станции метро «Саларьево» на Киевском шоссе

– Андрей Юрьевич, а как продвигается в Москве дорожное строительство? Какие проекты в приоритете?

– Темпы дорожного строительства в столице по-прежнему очень высокие. Ежегодно мы вводим порядка 100 км дорог, и 2020-й год, несмотря на пандемию, не стал исключением. Мы ввели в эксплуатацию 125,5 км новых дорог, 25 искусственных сооружений, 23 пешеходных перехода. Так, в прошлом году открыли последний участок новой вылетной магистрали – проспекта Генерала Дорохова, т. н. Южного дублера Кутузовского проспекта, эстакаду на пересечении МКАД с Волоколамским шоссе, новую четырехполосную дорогу Марьино – Саларьево, прямой выезд из Коммунарки на МКАД, путепровод на съезде с Родниковой улицы к ТПУ «Саларьево» и наземный переход через Киевское шоссе. Там же, на Киевском шоссе, ввели важную транспортную развязку в районе метро «Саларьево», построили целый ряд других объектов улично-дорожной сети. Высокие темпы дорожно-транспортного строительства сохраняются. Уже взяли в работу на 2021–2023 гг. порядка 270 км дорог, 88 искусственных сооружений и 54 пешеходных перехода. Под это выделено почти 30 % средств АИП. Ключевые проекты, которые предстоит реализовать – завершение создания системы хордовых магистралей, строительство че-

тырех транспортных развязок на пересечении вылетных магистралей и МКАД, завершение развития улично-дорожной сети на территории ЗИЛА, сооружение крупных магистралей в ТиНАО, а также реконструкция и строительство 16 мостов.

– А когда все четыре хорды будут готовы полностью? И какого эффекта ожидаете от этого проекта?

– Движение по всему ходу Северо-Западной хорды мы запустили еще год назад. На Северо-Восточной открыто движение по шести участкам, и уже приступили к строительству последнего, связывающего Открытое и Ярославское шоссе. На Южной рокаде движение осуществляется по трем участкам, остальные строятся. Ведутся и работы по сооружению Юго-Восточной хорды – очень важной магистрали, которая существенно разгрузит дороги в юго-восточном, южном и восточном секторах города. Полностью завершить проект формирования системы хордовых магистралей планируем в 2023 г. Хорды – одно из самых распространенных для крупных мегаполисов решений для снижения нагрузки на дороги. Москве, где традиционно сложившаяся кольцевая система движения, хорд не хватало долгие годы. Система организации хордового дорожного движения на 20 % эффективнее, чем замкнутая кольцевая. Преимущество хорд в том, что

они, с одной стороны, выполняют функции вылетных магистралей, обеспечивая выезд транспорта за МКАД, минуя центр города, а с другой – перераспределяют автомобильные потоки между вылетными магистралями, которые они пересекают. Хорды свяжут районы, которые друг от друга оторваны, и сейчас, чтобы попасть из одного в другой автомобилисты совершают значительный перепробег. Словом, владельцы автотранспорта могут выбирать более удобные и быстрые для себя маршруты передвижения по столице. Уже сегодня, благодаря завершению строительства Северо-Западной хорды и вводу участков других хорд, более 3 млн человек сократили свое время в поездках по столице, а рабочие места стали доступнее почти для 2 млн человек. Когда откроется полноценное движение по всем хордам, которые пройдут по территории 73-х районов, улично-дорожная сеть Москвы, основные вылетные магистрали, МКАД и ТТК разгрузятся минимум на 15 %.

Как видно, 2020 год, несмотря на все его вызовы и трудности, был крайне продуктивным и насыщенным. За это я искренне признателен огромной слаженной команде строительного комплекса столицы и благодарен всем тем, кто участвует в создании современной транспортной инфраструктуры, делает всё, чтобы Москва стала комфортнее и уютнее для жителей и ее гостей.





21 февраля 2021 года свое 80-летие отметил Вадим Николаевич Александров.

Вадим Николаевич родился 21.02.1941 г. В 1963 г. окончил Ленинградский институт инженеров железнодорожного транспорта по специальности инженер-строитель мостов и тоннелей. Участник строительства всех линий метрополитена в Санкт-Петербурге, посвятил этому более 55 лет своей трудовой деятельности.

Работал начальником смены (1963–1968 гг.), главным инженером, начальником СМУ (1973–1977 гг.). В это время при участии В. Н. Александрова и под его руководством сооружались станции метрополитена «Василеостровская», «Ломоносовская», «Новочеркасская», «Удельная», «Озерки».

Обладая богатейшим опытом в области метростроения, Вадим Николаевич внес большой личный вклад в отечественное тоннелестроение. При его руководстве Тоннельным отрядом № 3 в 1981 г. был установлен мировой рекорд скорости проходки перегонных тоннелей в сложных горно-геологических условиях – 1250 м в месяц (48 м в сутки, 20 м в смену), который до сегодняшнего дня остается непревзойденным.

За исследование, разработку и внедрение пространственных конструкций в массовое строительство ему и группе метростроителей в 1988 г. присуждена Премия Совета Министров СССР.

За время работы в должности начальника Ленметростроя (1991–1993 гг.), а затем генерального директора ОАО «Метрострой» В. Н. Александров, благодаря своей целеустремленности, доброжелательности и в то же время жесткой требовательности, умению оценить достоинства каждого своего подчиненного, создал дружный коллектив единомышленников из специалистов самого высокого уровня. Завоевал большое уважение и непререкаемый авторитет. За все время его руководства не было ни одной задачи, не решенной ОАО «Метрострой».

В. Н. Александров является одним из авторов уникальной двухъярусной пересадочной станции глубокого заложения с одноводчатой конструкцией – «Спортивная». В 1995–1996 гг. руководил разработкой щадящей, безосадочной технологии проходки тоннелей большого сечения в зоне плотной городской застройки. В результате этих разработок в исторической части города без расселения домов была сооружена подземная станция «Адмиралтейская».

Отдельной страницей трудовой биографии В. Н. Александрова и всего петербургского Метростроя стала ликвидация размыва на участке «Лесная» – «Площадь Мужества», где Вадим Николаевич сыграл решающую роль в выборе технологии и способа проходки новых тоннелей в обход аварийного участка. Выполненные работы, по мнению российских и иностранных специалистов, являются уникальными в области мирового тоннелестроения.

В 2006 г. под руководством В. Н. Александрова Метрострой приступил к выполнению работ по Контракту «Завершение комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений. Судопропускное сооружение С1 и тоннель». Это первый опыт Метростроя, когда подземные строители вышли за пределы метростроения и опробовали новое для себя направление – строительство гидротехнических сооружений. В октябре 2008 г. судопропускное сооружение С-1 приняло первое круизное судно «Георг Отс», а в августе 2011 г. КЗС была полностью введена в эксплуатацию.

2008 год стал знаковым для петербургского Метростроя. К строительству метрополитена и КЗС прибавилось еще два объекта: строительство подземной части второй сцены Мариинского театра и строительство Ленинградской АЭС в Сосновом Бору.

Большой вклад как руководитель внес Вадим Николаевич в подготовку Санкт-Петербурга к чемпионату мира по футболу, который прошел в 2018 г. Так, всего за полгода Метрострой под его руководством завершил строительство стадиона в западной части Крестовского острова на месте снесенного стадиона им. Кирова. Это уникальное сооружение с раздвижной кровлей и выкатным полем рассчитано на размещение до 65 тысяч зрителей. Кроме того, всего за 2,5 года вместо проектных 4,5 лет метростроители построили и сдали в эксплуатацию участок Невско-Василеостровской линии с двумя станциями «Беговая» и «Новокрестовская» (сейчас «Зенит»), которые находятся в непосредственной близости к стадиону. Также, благодаря поддержке и решению В. Н. Александрова, Метрострой принял участие в финансировании строительства Яхтенного моста, соединившего Приморский район города и Крестовский остров.

Вадим Николаевич возглавлял петербургский Метрострой на протяжении 26 лет. Всего же его трудовой стаж в метростроении приблизился к 60 годам. При его участии и под его руководством в Петербурге построено и сдано в эксплуатацию более 40 станций метрополитена. Вадим Николаевич стоял у истоков многих профессиональных общественных организаций, в том числе был одним из идейных вдохновителей создания Тоннельной ассоциации России.

За заслуги в области строительства В. Н. Александрову присвоено звание «Заслуженный строитель Российской Федерации», он награжден орденом «Знак Почета», орденом Трудового Красного Знамени, орденами «За заслуги перед Отечеством» IV и III степени, медалью «Ветеран труда», Почетным дипломом Законодательного Собрания Санкт-Петербурга, Грамотой Губернатора, многими ведомственными и общественными наградами. В 2008 г. В. Н. Александрову присвоено звание «Почетный житель Санкт-Петербурга».

Уважаемый Вадим Николаевич!

От всей души поздравляем Вас с 80-летием! Вы – легендарная личность отечественного метростроения, всю свою трудовую жизнь Вы посвятили любимому делу. Вы стояли у истоков становления Ленинградского метрополитена, и долгое время руководили строительством подземной транспортной инфраструктуры Северной столицы, не боясь брать на себя ответственность при решении самых сложных и нестандартных задач. Ваши заслуги неоценимы! Искренне желаем Вам крепкого здоровья, неиссякаемой энергии и жизненных сил!

Правление Тоннельной ассоциации России
Коллектив ОАО «Метрострой»

80-летняя ИСТОРИЯ ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕТРОСТРОЯ

Е. И. Гигиняк, пресс-секретарь ОАО «Метрострой»

В январе 1941 года, за несколько месяцев до начала войны, в Ленинграде появилась новая организация – Строительство № 5, подчиненная народному комиссариату путей сообщения. Тогда мало кто знал о ней, деятельность ее была засекречена. Главной задачей, которая ставилась перед новой организацией, было строительство метрополитена в Ленинграде.

Начало строительства

В кратчайшие сроки начальник Строительства № 5 НКПС Иван Георгиевич Зубков формирует коллектив метростроевцев, собирая специалистов со всей страны. На помощь метростроевцам приходят лесопильные, железобетонные, станкостроительные и трубопрокатные заводы. Московский Метропроект создает в Ленинграде филиал – стройпроект № 5, который уже к марту 1941 г. выдает проектное задание на сооружение первой очереди Кировско-Выборгского направления длиной 16,5 км с 11-ю станциями глубокого и одной станцией мелкого заложения. За пять довоенных месяцев десятитысячным коллективом Строительства № 5 было заложено 34 шахтных ствола, начата проходка 11 штолен, пройдено 675 погонных метров подходов тоннелей.

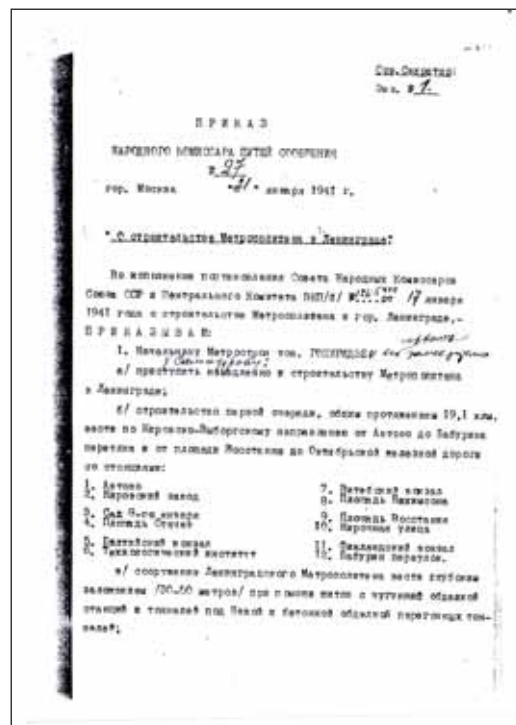
Военные метростроители

В июне 1941 г. городское руководство останавливает стройку и выдает предписание применить к работкам «мокрую консервацию» или попросту их затопить. Метростроевцы рвутся в бой, но по решению Военного совета Северного фронта на Строительство № 5 НКПС возлагается не менее ответственная и не менее опасная задача: строительство оборонительных сооружений на подступах к Ленинграду.

Метростроевцы работают под Кингисепом, Лугой, в районе Пулковских высот и под Выборгом, сооружают тупики для бронепоездов и складов, железнодорожные ветки, дзоты и доты, роют окопы и противотанковые препятствия. В октябре-ноябре 1941 г. под непрерывным огнем противника метростроители налаживают танковую переправу через Неву в районе Невской Дубровки. Холодной зимой 1942–1943 г. метростроевцы прокладывают железную дорогу прямо по льду Ладоги. После прорыва блокады 18 января 1943 г. коллектив метростроевцев направляется на строительство низководного моста через Неву длиной почти полтора километра. Они совершают невозможное и сооружают мост меньше, чем за две недели. 7 февраля 1943 г. на Финляндский вокзал прибывает первый поезд с Большой земли, везший из Волховстроя груз для блокадного Ленинграда. Этот день во многом стал переломным – ленинградцы поверили в Победу, а дорога, построенная метростро-

евцами, получила название «Дорога Победы». В конце 1942 г. метростроевцы направляются в Новгородскую область для строительства угольных шахт Комаровского бассейна, где сооружают 12 шахт с годовой производительностью 360 тонн топлива, так необходимого городу.

В 1944 г. Строительство № 5 задействуют на восстановительных работах. В это время строятся дороги и станционные сооружения на Гдовском, Новгородском, Волховском, Псковском и других направлениях. Вводятся в строй железнодорожные коммуникации вслед за наступающим 3-м Украинским фронтом, сооружаются Карпатские тоннели, ведутся работы в районе Севастополя, порта Каунас. В июне 1944 г., когда начинаются решающие бои за освобождение Карелии, Зубкову поручают восстановить разрушенный мост через реку Свирь. 28 июня самолет, на котором Зубков летел на задание, терпит крушение. Иван Георгиевич был влюблен в жизнь, в своё любимое дело. Он часто повторял: «Чтобы это построить, нужен инженерный размах». С таким инженерным размахом строил он метро, возводил мосты, переправы. И на та-

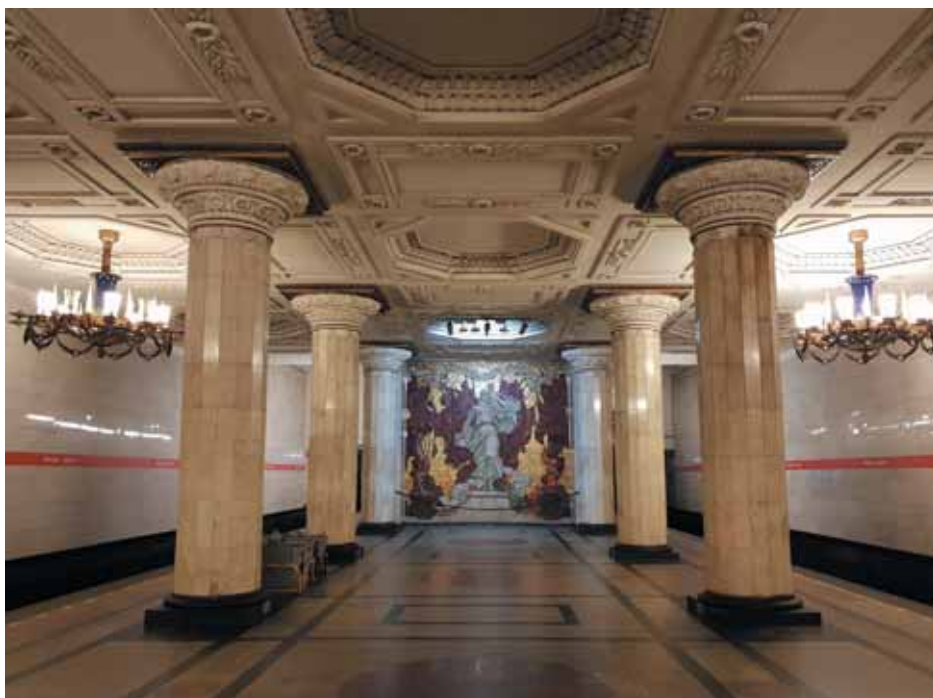


Приказ «О строительстве метро в Ленинграде»

ком же творческом взлёте, с размахом, прожил Иван Георгиевич свою короткую жизнь. Он погиб, не дожив меньше месяца до своего сорокалетия...

Конструкция свайно-ледовой железнодорожной переправы через Неву





Станция «Автово»

Первая линия Ленинградского метро

Нынешнему поколению сложно представить себе, каким встретил Ленинград День Победы 9 мая 1945 г. Город очень сильно пострадал за время фашистской блокады, требовалось несколько лет для того, чтобы город вздохнул и зажил обычной жизнью. Метростроевцы, начиная с 1944 г., трудились над восстановлением жизненно-важных объектов, и только к 1946 г. коллектив вернулся к своей непосредственной задаче – строительству метрополитена.

Прежде всего, в Ленинграде была создана своя проектная организация, отвечающая за разработку технической и архитектурной частей проекта первой линии – Ленметропроект. Проектировщики, большая часть которых была из Москвы, пересмотрели первоначальный проект, сократив количество станций с 12-ти до 8-ми. При этом главная цель – объединить городские вокзалы – была достигнута. Проектировщиками было предложено расположить станции на горках, уменьшив таким образом расход электроэнергии, затрачиваемый при разгоне и торможении поездов. Кроме этого, ради экономии диаметр тоннелей запроектировали не 6 м, как в Москве, а 5,6 м. На лучшие архитектурные проекты станций был объявлен конкурс. И работа закипела.

Над воплощением архитектурных замыслов восьми станций первой линии Ленинградского метро протяженностью 10,8 км трудились коллективы Строительства № 9, 11, 13, 15, 17, 19 и 20, а также рабочие кузнечно-механического завода Ленметростроя и КЭММР. Специально для обеспечения строительства метро был построен завод по производству бетона.

Для повышения темпов строительства метростроевцы применили усовершенствован-

ные технологии производства. Проходка перегонных тоннелей велась с применением механизированных щитов отечественного производства. Благодаря инициативе начальника метростроевцев Константина Александровича Кузнецова, который пропагандировал механизацию процессов строительства Ленинградского метро, первый опытный образец механизированного Ленинградского щита появился уже в 1949 г. Над его созданием вместе с Кузнецовым в течение года трудились ведущие инженерно-технические специалисты И. И. Выдыш, А. И. Мисенко, Н. Д. Сильвестров, Л. К. Фролов, Н. А. Чернышев и другие.

По результатам проведенных испытаний была откорректирована проектная документация и оформлен заказ на изготовление первых шести серийных щитов на Кировском заводе. Помимо механизированной проходки, которая предназначалась для работы в кембрийских глинах, метростроителями активно применялся кессонный метод и заморозка для работ в водонасыщенных породах.

Сооружение тоннелей на первом участке было закончено к концу 1953 г. С этого момента начались строительные отделочные работы: чеканка креплений чугунных тубингов, укладка бетона под цоколь, навеска зонтов, подготовка станций к отделочным работам.

Пуск первой очереди Ленинградского метрополитена оказался под угрозой срыва, когда весной 1955 г. при проходке наклонного тоннеля станции «Пушкинская» рабочие обнаружили прорыв плывуна. В течение трех месяцев было пробурено дополнительно 23 скважины, благодаря которым метростроевцам удалось заморозить грунт и закончить проходку тоннеля в рекордные сроки.

На протяжении всего 1955 г. велись активные работы по строительству вестибюлей станций. 5 августа 1955 г. в 8 утра на станции «Площадь Восстания» началась обкатка первого эскалатора. 6 сентября 1955 г. в эксплуатацию был сдан первый объект – понижающая трансформаторная подстанция. 7 октября 1955 г. запущен первый обкаточный электропоезд.

Благодаря стахановскому труду метростроевцев, станции «Автово», «Кировский завод», «Балтийская», «Технологический институт», «Пушкинская», «Владимирская» и «Площадь Восстания» в назначенный день приняли первых пассажиров. Регулярные пассажирские перевозки первой очереди Кировско-Выборгской линии Ленинградского метрополитена начались 15 ноября 1955 г.

Эволюция технологий

В 1970-е гг. в арсенале метростроителей появились проходческие комплексы Ясиноватского машиностроительного завода. Именно эти щиты установили мировые рекорды скоростной проходки. Рекорд 1981 г. (1250 м тоннеля за месяц) не побит до сих пор. Конструкция КТ-5,6 идеально подходит для работы с протерозойской глиной. Именно поэтому их так любят метростроители, их берегут, стараются сохранить, бережно лагают после проходки и снова спускают под землю.

Яркий след в истории Метростроя оставил щит с красивым именем «Виктория». «Виктория» в переводе с греческого означает «победа», и действительно, эта машина принесла победу метростроителям в борьбе с Размывом 1995–2004 гг. Произведенный в Австрии щит приехал к нам уже не новым, после того, как уже отработал в метрополитене Лиона и Лиссабона. Но именно он на протяжении нескольких лет прокладывал новые тоннели между станциями «Лесная» и «Площадь Мужества». Благодаря «Виктории» в Петербурге узнали, что такое гидропригруз и высокоточная обделка. Тоннели выходят из-под такой машины сухими, светлыми и надежными. С «Виктории» началась эра высокотехнологичных передовых машин, о которых наши деды не могли и мечтать.

«Адмиралтейская», станция «призрак», получила свое прозвище за то, что многие годы не имела выхода на поверхность. И если бы не смелость петербургских метростроителей, решившихся на эксперимент с щитовой проходкой наклонного хода, кто знает, может поезда до сих пор проезжали бы ее без остановки. Поддержку Метрострой вызвал немецкий завод по изготовлению горнопроходческого оборудования Herrenknecht AG, расположившийся в г. Шванау. В 2007 г. был подписан договор, а уже в 2008-м в Петербург прибыли детали красавицы «Авроры». Пока готовилась площадка «Адмиралтейской», ТПМК «Аврора» успел построить

свой первый наклонный ход для другой станции – «Обводный канал». Как только была готова площадка «Адмиралтейской», щит переехал туда и работа вновь закипела. Далее был эскалаторный тоннель для станции «Спасская», «Горный институт». Эскалаторные тоннели под углом 30 % соорудились в условиях небывало плотной городской застройки, но каждый раз щит доказывал, что считавшееся ранее невозможным с современными технологиями и передовым оборудованием становится возможным.

Именно петербургские метростроители впервые на постсоветском пространстве рискнули и построили двухпутный тоннель. Помогла им в этом еще одна машина по имени «Надежда». Ее диаметр 10,3 м. Вес более 1000 т. Но она с легкостью сооружает сначала двухпутный участок на Фрунзенском радиусе, затем на Невско-Василеостровской линии и сейчас работает на проходке Большой кольцевой линии в Москве.

С годами технический прогресс позволил строить метро не только на большой глубине, где располагаются сухие и плотные кембрийские глины, но и на глубине всего в 15–20 м, в самых водонасыщенных и неустойчивых грунтах. Применяя все самое передовое и современное в подземном строительстве, например технологии закрепления грунта «стена в грунте» и jet grouting, петербургские метростроители реализуют проекты, которые 50 лет казались невыполнимыми.

О том, как ускорить проходку метростроители думали с самых первых дней. В тесном сотрудничестве с Ленметропроектом, научно-исследовательскими институтами, ЛИИЖТом разрабатывались и внедрялись новые механизмы, машины, совершенствовался рабочий процесс. Результатом этой совместной работы стали максимальные скорости проходки, достигнутые советскими проходчиками. Для сравнения приведем две цифры. В 1959 г. на строительстве Московско-Петроградской линии коллектив СМУ-17 показал результат 308 м в месяц. В 1981 г. бригада Э. Ф. Лубинского из Тоннельного отряда № 3 на участке ст. «Черная речка» – «Удельная» установила мировой рекорд, не превзойденный по сей день, 1250 м тоннеля за месяц.

Именно в советский период произошел переход обделки тоннелей с чугунной на железобетонную (впервые на шахте № 304 и 305, у завода «Электросила» и Исполкома Московского райсовета, Строительство № 17), а затем на кольца, обжатые в породу. На скоростных проходках бетонщики комбината отделочных материалов трудились не покладая рук. Если в былые времена за смену формовалось всего по 5–7 тубингов, то в конце 1980-х начале 1990-х годов эта цифра достигла показателя 100 тубингов.

На смену социалистическим соревнованиям, максимальным скоростям проходки,



ТПМК «Аврора», 2009 г.

пятилеткам и планам пришли сложные 1990-е. Началась всеобщая приватизация. Ленметрострой, объединявший строительства, заводы, предприятия, задействованные в метростроении, прошел через процедуру акционирования. В результате все строительно-монтажные и другие структурные подразделения Ленметростроя получили статус самостоятельных юридических лиц, а сам Ленметрострой превратился в АООТ «Метрострой». Но благодаря Вадиму Александрову, вступившему в должность начальника Ленметростроя в самый переломный момент в январе 1991 г., метростроевцы сохранили свое единство и по-прежнему остались большим дружным коллективом, главной задачей которого было строительство метрополитена в нашем городе.

Трасса мужества

Первый размыв на перегоне между станциями «Лесная» и «Площадь Мужества» случился 8 апреля 1974 г. во время строительства тоннеля. В этот день жители домов в районе Площади Мужества узнали о том, что под их домами на глубине 70 м течет подземная река. Чтобы обуздать водную преграду метростроителям пришлось применить азотное замораживание.

На протяжении 20 лет подземная река несла свои воды рядом с тоннелями метро. В 1994 г. в тоннеле стали фиксировать протечки. Их заделывали, но это не помогало. Один тоннель пришлось закрыть. Но стихия не унималась, и в результате пассажирское движение на участке было полностью прекращено 4 декабря 1995 г. Почув-

Окончание проходки первого тоннеля, май 2004 г.





Верхний ярус станции «Спортивная»

ствовав свою власть, подземная река с еще большей интенсивностью прорывалась в тоннель. И когда вода стала пребывать со скоростью 700 кубометров в сутки, а конструкция тоннелей опасно деформировалась, было принято решение затопить аварийный участок.

Распоряжением правительства России была создана специальная комиссия, которую возглавил заместитель председателя Госстроя Ю. Е. Мельников. В нее вошли метростроевцы, проектировщики Ленметрогипротранса, ЛИИЖТ, Метрополитен, Тоннельная ассоциация России. На разработку технического решения восстановления двухкилометрового участка Кировско-Выборгской линии был объявлен конкурс. В 1996 г. выработываются основные варианты: строительство дополнительной станции в районе Пискаревки с последующим выходом к «Площади Мужества», строительство новых тоннелей над затопленными, сооружение тоннелей в обход размыва. Вариант восстановления затопленных тоннелей никем всерьез не обсуж-

дался. Все понимали, что потребуется строить новые.

Над выработкой решения думал без преувеличения весь мир. Так, французские метростроители предлагали построить двухпутный тоннель, проложив трассу в сторону объединения «Аврора». Но в результате одобрен вариант с прокладкой новых тоннелей в том же месте, но ближе к поверхности. Проходку решено было производить с применением ТПМК итало-шведского предприятия Impregilo S.p.A./NCC AB.

26 июня 2004 г. по новой трассе перегона «Лесная» – «Площадь Мужества» вновь поехали поезда. Силами коллективов СМУ-17, СМУ-10, СМУ-11 и Тоннельного отряда № 3 опасный участок был навсегда оставлен в прошлом.

Уникальная станция «Спортивная»

В сложные 1990-е вся страна переживала последствия приватизации и переход на новые рыночные условия. Нелегко было и метростроителям. Объемы метростроения резко сократились, зарплата выплачивалась с

задержками. Однако именно в этот период в Санкт-Петербурге началась реализация уникального проекта – двухъярусной односводчатой станции «Спортивная».

В плане развития метрополитена станция значилась, как «Тучков мост», однако к моменту строительства объект решили переименовать в станцию «Спортивная», так как она располагалась рядом с основными спортивными объектами города – стадионом «Петровский» и дворцом спорта «Юбилейный». Изучив на практике технологию строительства односводчатых станций, конструкторы Ленметрогипротранса во главе с Николаем Ивановичем Кулагиным и инженеры Метростроя под руководством Вадима Николаевича Александрова разработали и начали реализацию очень смелого проекта: строительство в центральной части города не просто станции глубокого заложения, а двухуровневого пересадочного узла, соединяющего Правобережную ветку с Колцевой линией. Такое решение позволило бы увеличить пропускную способность узла, сократить время на пересадку, а также исключить потребность в соединительных коридорах, обычно устраиваемых между отдельными станциями пересадочного узла. Нигде в мире до этого момента подобные проекты не сооружались, поэтому петербургские метростроители с еще большим энтузиазмом взяли за строительство.

15 сентября 1997 г. участок Правобережной ветки со станциями «Чкаловская» и «Спортивная» был сдан в эксплуатацию. Объект по сей день вызывает интерес со стороны технических специалистов со всего мира.

Новое время

Последние годы для петербургского Метростроя выдались непростыми. Сменился заказчик (был Комитет по транспорту в лице СКС ГУП «Петербургский метрополитен», стал Комитет по развитию транспортной инфраструктуры в лице ГКУ «Дирекции транспортного строительства»), менялась не раз и вышестоящая власть, нависали угрозой финансовые кризисы внутри страны.

Вторая сцена Мариинского театра



ЛАЭС-2, установка купола реактора





Строительство Комплекса защитных сооружений, 2009 г.



Газпром Арена

Станция «Новокрестовская» («Зенит»)



Тем не менее, коллектив петербургских метростроителей за последние 10 лет реализовал такие проекты, как судопропускное сооружение С1 и автодорожный тоннель в рамках завершения строительства КЗС (петербургской дамбы), вторая сцена Мариинского театра, Ленинградская АЭС-2 в Сосновом Бору и др. Отдельной страницей в истории предприятия стало завершение строительства стадиона в западной части Крестовского острова – Газпром Арены, на которой в 2018 г. успешно прошел чемпионат мира по футболу. Не забывали и про строительство метро. Также в рамках подготовки к ЧМ-2018 всего за 2,5 года вместо проектных 5 лет были построены станции «Беговая» и «Новокрестовская». В 2019 г. сдан участок Фрунзенского радиуса со станциями «Проспект Славы», «Дунайская» и «Шушары». Все станции (их сегодня в Петербургском метро 72) – это результат работы одной организации – Метростроя. Сегодня реализуется строительство еще двух участков Петербургского метро: на Лахтинско-Правобережной линии и на новой, шестой линии. Кроме того, петербургские метростроители приняли участие в строительстве участка Большой кольцевой линии в Москве.

На протяжении 80 лет метростроение в городе ассоциировалось с Метростроем. Однако сегодня эта отрасль переживает трансформацию. При участии банка ВТБ создана новая организация «Метрострой Северной столицы». И вероятнее всего будущее петербургского метростроения будет создаваться именно под ее эгидой. Однако традиции петербургского метростроения останутся, ведь они создаются трудом петербургских специалистов, которые, несомненно, будут по-прежнему востребованы на строительстве новых станций Петербургского метро.





22 февраля 2021 г. Валерию Михайловичу Абрамсону, председателю Совета директоров АО «Метрогипротранс», председателю комитета по предпринимательству в сфере архитектуры, проектирования и строительства Московской торгово-промышленной палаты, кандидату экономических наук исполнилось 60 лет!

Валерий Михайлович родился в Москве, в 1982 г. окончил Московский институт нефтехимической и газовой промышленности им. Губкина, факультет информационных технологий, в 1984 г. защитил диплом в Московском физико-техническом институте по специальности «Автоматизация проектирования».

С 1982 по 1989 гг. работал по специальности во Всесоюзном научно-исследовательском институте буровой техники Миннефтепрома СССР, затем во Всесоюзном научно-исследовательском проектно-исследовательском институте кибернетики ВАСХНИЛ.

С 1989 г. трудовая карьера Валерия Михайловича продолжилась в Научно-производственном центре «Микроинформ» (одной из первых в СССР негосударственных компаний), выполнявшем разработку компьютерных технологий, затем – на ключевых и руководящих должностях в научно-производственной и предпринимательской сфере.

В 1998 г. Валерий Михайлович перешел на работу в крупнейший в России проектно-исследовательский институт в области метростроения «Метрогипротранс» на должность заместителя

генерального директора. В 2000 г., возглавив организацию в трудное для отрасли метростроения время, Валерий Михайлович, опираясь на большой научный и управленческий опыт, сумел сохранить институт, его коллектив, традиции и репутацию; усовершенствовал структуру взаимодействия Метрогипротранса с профильными государственными организациями и подрядчиками, тем самым не только обеспечив возглавляемый им институт работой, но и, как показало время, дав новый импульс инновационным технологиям в проектировании и метростроении.

В 2006 г., на подъеме успешной профессиональной деятельности, В. М. Абрамсон защитил диссертацию, ему была присуждена ученая степень кандидата экономических наук.

При непосредственном участии В. М. Абрамсона и под его руководством разработаны проекты для строительства линий метрополитенов в Москве, Санкт-Петербурге, Нижнем Новгороде, Челябинске, городах СНГ, проекты Кутузовского и Лефортовского тоннелей, двухъярусного Северо-Западного тоннеля с совмещенным движением автомобилей и поездов метрополитена, первого в Москве вантового Живописного моста, ставшего одной из визитных карточек города, вантовых мостов в Дубне и Нагатинской пойме, первой в России подземной железнодорожной станции и пассажирского терминала в аэропорту Внуково, высокоскоростной железнодорожной магистрали Москва – Казань и многих других высокотехнологичных объектов – железнодорожных, автодорожных и гидротехнических тоннелей, городских подземных транспортных пересечений, промышленных и общественных зданий и сооружений в России, Европе и Азии.

Сеть филиалов Метрогипротранса, созданная в крупных городах СССР (Нижнем Новгороде, Ташкенте, Минске, Баку, Тбилиси, Киеве, Харькове), в постсоветскую эпоху оформилась в самостоятельные организации и пришла в упадок из-за потери заказов и квалифицированных кадров. Благодаря усилиям и эффективным действиям В. М. Абрамсона, сегодня региональные структуры возвращены к активной проектной деятельности и интегрированы в строительное бизнес-сообщество, организована большая инжиниринговая сеть на территории России и постсоветского пространства.

Диапазон реализованных Метрогипротрансом высокотехнологичных проектов не был бы столь широк без способности Валерия Михайловича вести конструктивный и результативный диалог с российскими и иностранными партнерами. В последние годы институт, в рамках подписанных Соглашений, сотрудничает с правительством Москвы и Санкт-Петербурга; обменивается опытом с рядом инвестиционных, производственных, проектно-строительных и эксплуатационных компаний из Европы и Китая.

Валерий Михайлович активно участвует в деятельности Тоннельной ассоциации России, направленной на сохранение тесных научно-технических и производственных связей между организациями, участвующими в реализации проектов подземного строительства. На протяжении ряда лет входил в состав руководящих органов этой общественной организации.

В. М. Абрамсон имеет более тридцати авторских свидетельств на изобретения, успешно примененных при строительстве запроектированных объектов. Многие запатентованные проектные решения признаны государственными экспертными органами уникальными, их реализация привела к значительной экономии бюджетных средств.

Эффективная работа института «Метрогипротранс» под руководством В. М. Абрамсона отмечена многочисленными престижными международными и отечественными наградами и архитектурными премиями. Большой творческий вклад Валерия Михайловича в проектирование Российского и мирового метро- и тоннелестроения отмечен медалью «Почетный проектировщик «Метрогипротранса»; также он награжден знаком отличия «Почетный строитель России», двумя орденами Королевства Бельгии за заслуги в области изобретательства, Большой Почетной медалью Республики Франция – за заслуги в области поддержки и развития изобретательства, Золотыми медалями Брюссельской, Страсбургской и Парижской международных выставок инноваций и новых технологий.

В своем обращении в 2018 г. к возглавляемому В. М. Абрамсоном трудовому коллективу по случаю 85-летнего юбилея института Президент РФ Владимир Владимирович Путин отметил деятельность АО «Метрогипротранс» как «серьезный вклад в развитие инфраструктуры стратегически важных отраслей национальной экономики, повышение качества жизни людей».

Уважаемый Валерий Михайлович!

Поздравляем Вас с 60-летием! Пусть этот юбилей ознаменует новый рубеж в Вашей жизни, даст старт для новых начинаний и побед. Желаем, чтобы осуществлялись Ваши самые смелые планы и реализовывались идеи! Здоровья, неиссякаемой творческой активности, новых успехов в Вашей профессиональной деятельности!

*Правление Тоннельной ассоциации России
Коллектив института АО «Метрогипротранс»*



Уважаемый Валерий Михайлович!

Поздравляю Вас с юбилеем!

Ваша биография непрерывно связана со столицей Российской Федерации – городом Москвой и Россией в целом.

На протяжении 20 лет Вы возглавляете старейший проектный институт АО «Метрогипротранс».

Ваша многогранная деятельность основана на Вашем высоком профессионализме, порядочности и чутком отношении к людям.

Энергия, талант, умение работать в коллективе, тонко улавливать жизненные перемены позволяют Вам успешно решать многочисленные задачи в сфере проектирования объектов Московского метрополитена, железнодорожных, автомобильных и гидротехнических тоннелей, мостов, ТПУ, промышленных и общественных зданий и сооружений. И список этот далеко не весь...

Примите мои искренние поздравления и позвольте пожелать успешной реализации всех планов, новых перспектив, надёжных партнёров!

Пусть будет всегда с Вами поддержка семьи, друзей, коллег, вера в собственные силы, а Ваша жизнь наполнится новыми достижениями, положительными эмоциями, радостными встречами и минутами счастья!

Здоровья Вам и сил, уверенности и упорства, смекалки и удачи!

Творите и создайте во имя Москвы и России, создавая комфортные условия для жизни москвичей и гостей столицы, для всех жителей нашей необъятной России!

*Первый заместитель
руководителя Департамента строительства г. Москвы*

П. Н. Аксенов



Уважаемый Валерий Михайлович!

От лица коллектива Москомэкспертизы и подведомственных организаций от всей души поздравляю Вас с юбилеем!

Правильное и глубокое понимание реалий современной жизни, богатый управленческий опыт и взвешенный подход к делу помогают Вам успешно работать на благо развития транспортной отрасли, а также сохранять и приумножать производственные достижения Метрогипротранса. Вы надёжный профессиональный ориентир, безошибочный стратег и мудрый руководитель, которого заслуженно ценят и чтят коллеги и подчиненные.

В этот праздничный день желаю Вам могучего здоровья, счастья, удачи, неиссякаемой энергии для новых профессиональных и личных побед!

Председатель Москомэкспертизы

В. В. Леонов



Уважаемый Валерий Михайлович!

От имени сотрудников Комитета по развитию транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга и от себя лично поздравляю Вас с юбилеем!

Сегодня невозможно представить жизнь современного мегаполиса без метро. Это удобный и надёжный вид транспорта, который помогает миллионам людей быстро и беспрепятственно перемещаться из одного района в другой, экономить силы и время. За этим привычным для нас комфортом стоит упорный труд людей, стремление к развитию и инновациям.

Именно Вы своим примером воодушевляете коллег на внедрение новых эффективных проектных решений. Ведь проектирование – важнейший этап строительного цикла, который является фундаментом для реализации масштабных объектов транспортной инфраструктуры.

Многолетний опыт и глубокие знания помогают Вам в решении ответственных задач на посту руководителя одного из старейших проектных институтов страны. Ваши личностные и профессиональные качества позволяют АО «Метрогипротранс» занимать лидирующие позиции не только в Москве и Санкт-Петербурге, но и во многих других городах России и СНГ.

День рождения – прекрасный повод выразить Вам нашу признательность за труд и колоссальный вклад в развитие отрасли.

Примите самые искренние пожелания крепкого здоровья, успехов в работе, новых побед и достижений, интересных проектов. Счастья, мира, благополучия Вам и Вашим близким!

*Председатель Комитета по развитию
транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга*

А. Ю. Левакин

В связи с 60-летним юбилеем Валерия Михайловича Абрамсона в редакцию также поступили поздравления:

- от заместителя председателя правительства Ленинградской области по транспорту и Топливо-Энергетическому Комплексу ***С. В. Харлашкина***;

- председателя правления АГ Херенкнехт доктора ***М. Херенкнехта***;

- руководителя ГАУ г. Москвы «Московская государственная экспертиза» ***А. И. Яковлевой*** и ряда других коллег

с выражением юбиляру признательности за его вклад в отечественное метростроение и пожеланиями крепкого здоровья и успехов в реализации новых проектов.

ИТОГИ РАБОТЫ АО «МЕТРОГИПРОТРАНС» В 2020 Г. И ПЕРСПЕКТИВЫ НА 2021 Г.

Председатель совета директоров АО «Метрогипротранс» Валерий Михайлович Абрамсон, многие годы возглавляющий коллектив специалистов по проектированию объектов метрополитена, отметившего недавно 87-ю годовщину со дня своего основания, рассказал читателям журнала о работе института в прошедшем 2020-м и перспективах в наступившем 2021 году.

В соответствии с указаниями руководства страны и мэрии Москвы коллектив института в марте 2020 г. перешел на дистанционную работу. Буквально за несколько дней был разработан механизм использования рабочих компьютеров вне предприятия.

Для этой цели установили специальный сервер удаленного подключения и отладили процессы соединения с ним почти двух сотен компьютеров, находящихся по месту жительства сотрудников. При этом обеспечивалась сохранность информации и защита от хакерских атак. Новым способом работы предприятия стали также постоянные видеоконференции, как между сотрудниками, так и с представителями заказчиков и подрядчиков. Таким образом, процесс проектирования Московского метрополитена не прекращался ни на один день.

В 2020 г. продолжалось проектирование участков Большой кольцевой линии (БКЛ) в наиболее сложных инженерно-геологических и градостроительных условиях города Москвы.

По нашим проектам в прошлом году введен в эксплуатацию восточный участок БКЛ от тупиков за станцией «Нижегородская» до станции «Электрозаводская», включая станции «Лефортово» и «Авиамоторная», а в этом году продолжается проектирование и строительство северо-западного участка БКЛ со станциями «Сокольники», «Рижская», «Шереметьевская» с пересадкой на «Савеловскую» Серпуховско-Тимирязевской линии.

На этом сложнейшем в инженерно-геологических и градостроительных условиях участке, под полностью застроенной центральной частью города, под двумя десятками



Вид на котлован диаметром 31 м до разработки грунта, закрепленный по периметру буровескучи-мисы сваями

путей Октябрьской и Московской железной дороги институтом были предложены, руководством города одобрены, запроектированы и выполнены строителями два по существу инновационных решения.

На единственно свободном от застройки участке недалеко от Крестовского путепровода между строящимися станциями БКЛ «Сокольники» и «Рижская», непосредственно в плане над трассой был сооружен безраспорный, укрепленный буровескучи-мисами, круговой котлован диаметром 31 м и глубиной 47 м.

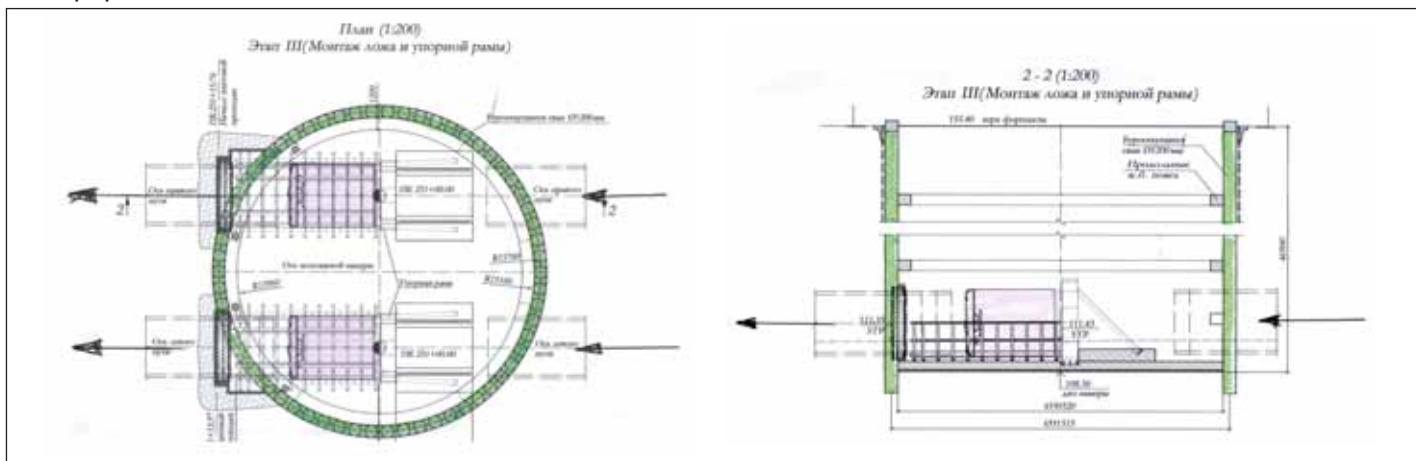
Котлован позволил свободно смонтировать в нем два щитовых комплекса и оборудо-

вание для обеспечения проходки перегонных тоннелей в сторону ст. «Савеловская» БКЛ, а также для приема двух щитовых комплексов, осуществляющих проходку перегонных тоннелей от строящейся также на восточном участке БКЛ станции «Сокольники».

Котлован камеры будет использован в дальнейшем для сооружения в нем постоянных конструкций ТПП с занятием её полного объема, что обосновывает экономическую сторону данного решения.

Второе прорывное решение – это осуществленный на практике проект сквозной проходки вдоль осей трассы боковых тонне-

План и разрез котлована для монтажа и демонтажа ТПК



лей строящихся станций «Рижская» и «Шереметьевская» тоннелепроходческими комплексами (ТПМК) диаметром 6,0 м с выходом щитов в демонтажные камеры за станцией «Шереметьевская», с параллельной по времени переборкой перегонных боковых тоннелей в стационные диаметром 8,5 м.

Тем самым отпала необходимость сооружения с поверхности глубоких котлованов в застроенной части города для строительства станций «Рижская» и «Шереметьевская» открытым способом, которые потребовали бы колоссального сноса наземной застройки.

Эти решения позволяют более чем на год приблизить сроки строительства данного северо-западного участка БКЛ.

Также на Большой кольцевой линии по нашим проектам в 2020 г. введен в эксплуатацию восточный участок от тупиков за станцией «Нижегородская» до станции «Электрозаводская», включая станции «Лефортово» и «Авиамоторная».

Отдельно хочу остановиться на дизайне новых станций метрополитена, разработанном архитектурными мастерскими Метрогипротранс.

Так, оформление станции «Лефортово» выдержано в стиле дворца, владельцем которого был генерал-адмирал Франц Яковлевич Лефорт. В отделке использован светло-серый гранит и белый мрамор. Вестибюль станции украшен большим декоративным панно с изображением дворца, отражающимся в зеркальной глади реки Яузы. В кассовом зале размещена художественная композиция, посвященная первому владельцу дворца, в неё включены геральдические символы фамильного герба Лефорта. В будущем станцию планируется интегрировать в транспортно-пересадочный узел с оборудованными перронами общественного транспорта.

Не менее интересна станция «Авиамоторная». Архитекторы проекта обратились к авиационной тематике из-за ее названия. На по-

толке станции изображен белый облачный шлейф от пролетевшего самолета, созданный из множества светодиодных и неоновых светильников в виде непрерывных лент, колонны повторяют форму деталей трансконтинентального авиалайнера. В вестибюле на потолках из реечных панелей архитекторами симметрировано движение воздушных потоков. Торцы станции украшают барельефы древнегреческой богини Ники и человека в аэродинамическом костюме «крыло», позволяющем выполнять планирующие полёты.

Все строящиеся и проектируемые станции метро имеют индивидуальный облик, наши архитекторы предлагают стильные и современные решения.

Сегодня также идет работа над архитектурным обликом московских станций метро «Пыхтино» и «Внуково» Калининско-Солнцевской линии, «Марьино Роща», «Сокольники», «Рижская» Большой Кольцевой линии, «800-летия Москвы», «Лианозово», «Физтех» Люблинско-Дмитровской линии и на участке вдоль Калужского шоссе – станции «Коммунарка» и «Столбово».

Для Санкт-Петербурга сегодня осуществляется архитектурное оформление станций «Путиловская» и «Казаковская».

Высокая архитектурная планка, установленная нашими предшественниками – величайшими зодчими России, не опускалась, а за последние годы, с начала века и по сегодняшний день, приобрела особо яркие краски и выразительность.

Свидетельство тому – множество профессиональных архитектурных наград, как российских, так и международных.

В наступившем году наш коллектив продолжает выполнять проектные работы по реконструкции Каховской линии, включающей три станции: «Каховская», «Варшавская» и «Каширская».

Реконструкция данной ветки метро необходима, чтобы включить Каховскую ветку в

состав строящейся БКЛ и своевременно обеспечить соответствующей транспортной инфраструктурой прилегающие жилые кварталы, входящие в одну из крупнейших городских программ реновации жилой застройки.

Специалистам АО «Метрогипротранс» предстоит воплотить в жизнь современный проект, соответствующий новым требованиям безопасности и эксплуатации, несмотря на такие сложности, как проектирование реконструкции уже существующего ограниченного пространства, а также отсутствие нормативного регулирования процесса реконструкции.

Таким образом, с учетом пуска в эксплуатацию по проекту института участка БКЛ с шестью станциями «Деловой центр», «Шелепиха», «Хорошевская», «ЦСКА», «Петровский Парк», «Савёловская», из которых четыре – пересадочные, общая длина проектируемого АО «Метрогипротранс» участка БКЛ – самой большой подземной кольцевой линии метро в мире – составляет более 28 км или 40 % трассы!

2020-й стал годом начала активного внедрения технологии информационного моделирования на предприятии: создан специальный отдел, сотрудники прошли обучение, ведется сопровождение специализированной консалтинговой компанией внедрения новой технологии. В планах на 2021 г. стоит развитие этого перспективного направления.

Еще одно из направлений, которые активно развиваются в институте, – это обследование существующих сооружений метрополитена, необходимость в котором возникает при любом строительстве или реконструкции объектов в технической зоне метрополитена, будь то любое коммерческое строительство, или такие знаковые объекты, как музей изобразительных искусств им. А. С. Пушкина, многофункциональный комплекс ГЭС-2 и другие.

Институт также осуществляет мониторинг состояния конструкций зданий и сооружений. В 2020 г. наши специалисты выполняли мониторинг Кольцевой линии Московского

Вид на платформенный участок станции «Лефортово»





Вид на платформенный участок станции «Авиамоторная»

метрополитена на участке между станциями «Киевская» и «Парк Культуры».

Уже не один год проводится горно-экологический мониторинг за строительством Лахтинско-Правобережной линии метро в Санкт-Петербурге. В составе мониторинга осуществляется автоматизированный контроль состояния исторического здания Государственного академического Мариинского театра, попадающего в зону влияния строительства станции «Театральная». В несущих конструкциях сцены Мариинского театра установлены датчики системы автоматического мониторинга.

Для наблюдения за деформациями грунтового массива, попадающего в зону влияния строительства станции «Большой проспект», сооружена автоматизированная система мониторинга, оснащенная датчиками, расположенными в вертикальных скважинах. Осуществляется контроль горизонтальных перемещений грунтового массива по двум осям, контроль вертикальных перемещений и контроль гидродинамического режима.

Мониторинг позволяет контролировать процесс строительных работ и вносить, при необходимости, соответствующие коррективы. В настоящее время отклонений и изменений не зафиксировано.

Хотелось бы упомянуть и другие объекты, проектированием которых сегодня занимается институт.

Это, во-первых, Коммунарская линия, участки от станции «Новаторов» до станции «Севастопольский проспект» с пересадкой на станцию «Крымская» МЦК с двумя промежуточными станциями, и от станции «Коммунарка» до станции «Столбово».

Линия будет проходить в зоне плотной городской застройки, вдоль одной из главных городских правительственных автомобильных трасс, пересекать железнодорожные пути МЦК и линии МЖД Павелецкого направления. Все это не могло не вызвать целый ряд сложностей при проектировании и согласовании участка линии. Был разработан ряд специальных технических условий (СТУ) и компенсационных мероприятий.

Так же в прошлом году институт приступил к проектированию участков Люблинской и Калининско-Солнцевской линий.

Продление Люблинской линии проектируется вдоль Дмитровского шоссе от станции «Селигерская» до станции «Поселок Северный» («Физтех») длиной более 6 км с двумя промежуточными станциями: «Улица 800-летия Москвы» и «Лианозово»; Калининско-Солнцевской – от действующей станции «Рассказовка» до станции «Внуково» с промежуточной станцией «Пыхтино».

Для Петербургского метрополитена АО «Метротранс» разрабатывает рабочую документацию для участка Красносельско-Калининской линии и проектную документацию для участка Фрунзенско-Приморской линии.

Выполнены или находятся в стадии выполнения предпроектные работы по участкам Кировско-Выборгской, Кольцевой, Красносельско-Калининской и Фрунзенско-Приморской линий Петербургского метрополитена.

Проектирование ведется в сложных инженерно-геологических условиях из-за текучести грунтов, большого количества разрывных нарушений в подстилающих толщах, а также высокого уровня грунтовых вод из-за близости Финского залива, наличия озёр, густой и разветвлённой речной сети города.

Отдельно хочу отметить участие нашего института в проектировании участка Москва – Казань высокоскоростной железнодорожной магистрали «Москва – Казань – Екатеринбург» (ВСМ 2).

С 2015 по 2020 г. на участке протяженностью 570 км был выполнен полный комплекс инженерно-гидрометеорологических, инженерно-экологических и инженерно-геологических изысканий, результаты которых получили положительное заключение Государственной экспертизы.

Институтом на этой магистрали запроектировано шесть вокзалов: Петушки, Дзержинск, Нижний Новгород (Аэропорт), Нижний Новгород (Московский), Чебоксары, Казань. Архитектура всех вокзалов выполнена

в едином стиле, соответствующем новому виду железнодорожного транспорта.

Все вокзальные комплексы входят в состав многофункциональных транспортно-пересадочных узлов, включающих в себя гостиницы, деловые центры, торговые площади, паркинги.

Нельзя не отметить и выполненные АО «Метротранс» в 2020 г. проектно-изыскательские работы для восстановления эскалаторной галереи на Воробьевых горах. Были проведены сложнейшие инженерно-геологические изыскания на крутом склоне горы, выполнена документация по демонтажу аварийных конструкций эскалаторной галереи. Архитекторами института разработана концепция новой галереи.

Продолжилось сотрудничество с ГУП «Московский метрополитен» по реконструкции фасадов вестибюлей станций метро; в 2020 г. была выполнена рабочая документация и успешно проведены восстановительные работы по станциям «Чертановская», «Речной вокзал» и «Орехово».

Научно-исследовательский центр «Метротранс» продолжает выполнение работ по оценке виброакустической ситуации вдоль проектируемых линий метрополитена, разрабатывает рекомендации для организаций, проектирующих транспортно-пересадочные узлы, в состав которых входят станции метрополитена.

Также, в ушедшем году, АО «Метротранс» стало патентообладателем и зарегистрировало исключительные права в Федеральном агентстве РФ по интеллектуальной собственности на ряд изобретений конструктивных решений и инженерных систем тоннелей глубокого заложения.

В 2020 г. институтом по запросам строительных и проектных организаций выдано более сотни заключений и согласований об условиях посадки новых и реконструируемых жилых и производственных зданий и сооружений в технической зоне метрополитена.

Таковы, конспективно, итоги работы нашего института в 2020 г. и планы на ближайшую перспективу.

Что хотелось бы сказать в заключение: наш институт ведет свою историю с 1933 г. За это время пройден непростой путь становления и развития: существенно расширилась география деятельности Метротранса, возникли новые задачи, появились новые направления проектирования, сменилось несколько поколений проектировщиков.

Количество молодых специалистов в нашем коллективе за последние несколько лет заметно увеличилось, возникли целые династии проектировщиков метро – происходит обмен знаниями и навыками, сохраняются и преумножаются традиции, накапливается опыт.

Находясь на пороге своего 90-летнего юбилея, сплоченная команда профессионалов АО «Метротранс» готова и хочет участвовать в новых проектах, реализовывать свои новаторские проектные решения, отвечающие самым высоким стандартам современности.



1 февраля 2021 г. Льву Вениаминовичу Маковскому, профессору, кандидату технических наук, заведующему секцией мостов и тоннелей Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ) исполнилось 80 лет!

После окончания в 1963 г. Московского института железнодорожного транспорта Лев Вениаминович работает сначала в московском Метрострое, а затем в проектно-изыскательском институте «Метрогипротранс». В 1966 г. он поступает в аспирантуру МАДИ и в 1969 г. успешно защищает диссертацию на ученую степень кандидата технических наук. С этого момента начинается его длинный научный и педагогический путь в Московском автомобильно-дорожном институте.

Лев Вениаминович – один из ведущих в нашей стране специалистов в области проектирования и строительства автодорожных тоннелей. Специализируясь в исследованиях по совершенствованию конструкций, методов расчета и технологии строительства транспортных тоннелей и подземных сооружений в сложных топографических, инженерно-геологических и градостроительных условиях, он ведет большую научную работу, участвует в разработке и рецензировании нормативных документов по проектированию транспортных тоннелей, в работе экспертных комиссий, осуществляющих экспертизу подземных транспортных сооружений, читает лекции, руководит курсовым и дипломным проектированием.

Лев Вениаминович является автором более 340 печатных трудов, 15 учебников, учебных пособий и монографий, 10 авторских свидетельств и 5 патентов на изобретения, а также статей в Горной, Строительно-архитектурной и Большой Российской энциклопедиях. Под его научным руководством защитили кандидатские диссертации 17 аспирантов. Его многочисленные ученики работают в тоннельных организациях Москвы и всей России.

Свою научную и педагогическую деятельность Л. В. Маковский успешно совмещает с общественной работой – он в течение многих лет являлся членом правления Тоннельной ассоциации России, входит в состав редколлегии журналов «Наука и техника в дорожной отрасли» и «Строительство и архитектура», а также в составы ученых и научно-технических советов министерств и ведомств.

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

Активная научно-педагогическая деятельность, принципиальность и добросовестность, а также замечательные человеческие качества снискали Л. В. Маковскому заслуженное уважение как со стороны коллег по профессии, так и со стороны его учеников, осваивающих азы подземного строительства.

Дорогой и глубокоуважаемый Лев Вениаминович!

Коллектив МАДИ и все члены Тоннельной ассоциации России сердечно поздравляют Вас с юбилеем!

Весь Ваш трудовой путь является примером бережного отношения к лучшим традициям российского высшего образования, стремлением всячески приумножить достижения отечественной инженерной школы и воспитать инженерные кадры, способные справиться со всеми вызовами, которые могут встретиться на пути освоения подземного пространства.

От души желаем Вам крепкого здоровья, благополучия и мира в душе, новых творческих свершений и открытий!

*Коллектив МАДИ
Правление Тоннельной ассоциации России*

ПРИЧИНЫ ОБВОДНЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ТОННЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ИННОВАЦИОННЫЕ «ПРЕДУСТАНАВЛИВАЕМЫЕ» ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ЕГО УСТРАНЕНИЯ

CAUSES OF TUNNEL STRUCTURES FLOODING AND INNOVATIVE «PRE-INSTALLED» WATERPROOFING SYSTEMS TO FLOODING ELIMINATE

Т. Е. Кобидзе, к. т. н., АО «Мосинжпроект»

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

T. E. Kobidze, JSC Mosinzhprojekt

D. S. Konyukhov, JSC Mosinzhprojekt

Концептуальной новизной для представленных в статье гидроизоляционных систем является применение гидроизоляционных материалов последнего поколения, которые проявляют способность к адгезионному сцеплению к свежесушеному бетону возводимых конструкций. Это определило возможность разработки отечественными и зарубежными специалистами гидроизоляционных систем адгезионного закрепления, в том числе для тех частей подземных сооружений, наружная изолируемая поверхность которых, после возведения, характеризуется отсутствием доступа для выполнения гидроизоляционных работ с применением традиционных материалов (наплавляемые рулонные материалы и напыляемые полимерные составы). В результате, применение предлагаемых гидроизоляционных систем будет способствовать повышению надежности, долговечности и ремонтпригодности гидроизоляционных покрытий и безопасности подземных сооружений.

Conceptual novelty for the waterproofing systems presented in the article is the use of last-generation waterproofing materials, which in the form show the ability to adhesive grip to the freshly laid concrete erected structures. This has identified the possibility of developing by domestic and foreign specialists waterproofing systems of adhesive fixing, including for those parts of underground structures, the outer insulated surface of which, after construction, is characterized by a lack of access to perform waterproofing works using traditional materials (melted roll materials and plastered polymer compounds). As a result, the use of the proposed waterproofing systems will improve the reliability, durability and repair ability of waterproofing coatings and the safety of underground structures.

В практике современного подземного строительства самое широкое применение нашли гидроизоляционные материалы, укладываемые на готовое и практически сухое бетонное основание методом сплошного адгезионного сцепления. К ним относятся битумно-полимерные наплавляемые рулонные материалы, полимерные напыляемые составы на основе полимочевины, метилметакрилатных смол, битумно-полимерных композитов и др.

Для организации производства гидроизоляционных работ на основе этих материалов и обеспечения эксплуатационной надежности их применения необходимо:

- наличие доступной бетонной поверхности;
- температурно-влажностные условия производства работ (влажность бетона в пределах 4–6 %);
- нанесение гидроизоляционного покрытия непосредственно на наружную поверхность защищаемой конструкции со сторо-

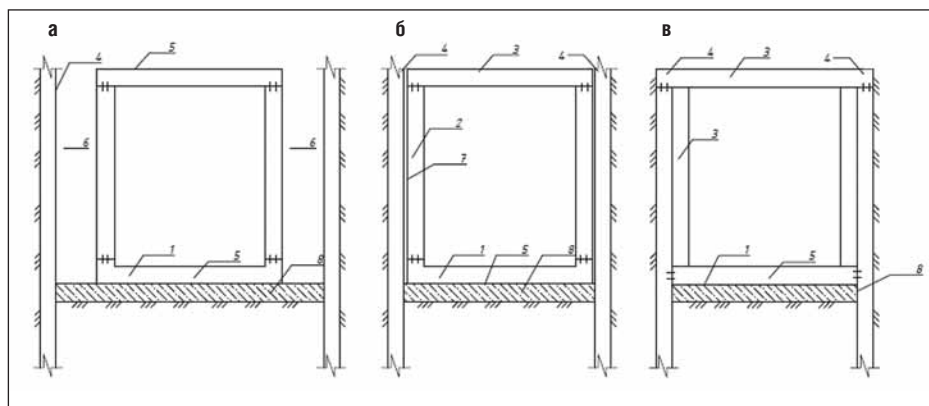


Рис. 1. Базовые методы строительства подземных сооружений: а – открытый способ с пазухами для обратной засыпки грунта; б – открытый или полузакрытый способ без пазух для обратной засыпки грунта; в – открытый и полузакрытый способ при несущей «стене в грунте» с прижимной стеной; 1 – лотковая (фундаментная) плита; 2 – несущая стена; 3 – прижимная стенка, 4 – «стена в грунте»; 5 – плита верхнего перекрытия; 6 – пазухи для обратной засыпки грунта; 7 – плоскость скольжения; 8 – бетонная подготовка

ны воздействия грунтовых вод (СТО НОСТРОЙ 2.27.123-2013, п. 4.3, 7.2.1) для обеспечения работы гидроизоляции на

«прижим» под воздействием положительного гидростатического давления. При этом, сплошное адгезионное сцепление с

бетоном гарантирует локализацию водопроявлений в пределах возможных повреждений, и предотвращает бесконтрольную миграцию проникшей воды по поверхности изолируемой конструкции согласно СП 120.13330.2012 п. 5.6.3.18, 5.6.3.24.

Однако наружная поверхность ряда конструктивных частей подземных сооружений открытого и полужакрытого способа работ, подлежащих гидроизоляции со стороны воздействия грунтовых вод, недоступна для выполнения гидроизоляционных работ, с применением традиционных материалов, в частности (рис. 1):

- нижняя поверхность лотковой (фундаментной) плиты, возводимая всеми известными способами строительства;
- наружная поверхность несущей стены, возводимой вплотную к «стене в грунте», при строительстве без пазух для обратной засыпки грунта;
- наружная поверхность прижимной стены в сооружениях, возводимых с использованием «стены в грунте» в качестве несущей.

В этих случаях гидроизоляционные покрытия укладываются на доступную верхнюю поверхность бетонной подготовки до бетонирования лотковой плиты и внутренней поверхность «стены в грунте» до возведения прижимной стены, или несущей стены без пазух для обратной засыпки грунта. Это приводит к отсутствию адгезионного сцепления гидроизоляционного покрытия с наружной изолируемой поверхностью защищаемых конструкций. В результате, под воздействием отрицательного гидростатического давления, гидроизоляционные покрытия работают на «отрыв», а в случае их повреждения или некачественного выполнения происходит неконтролируемая миграция просочившихся грунтовых вод по всей поверхности защищаемых конструкций и их проникновение во внутрь сооружения через дефекты железобетонных конструкций, что не допускается п. 5.6.1.4 СП 120.13330.2012.

Таким образом, выполнение гидроизоляционных работ в указанных случаях приводит к нарушению нормативных требований, потере эксплуатационной надежности гидроизоляции и водонепроницаемости, снижению безопасности подземного сооружения, что является актуальной проблемой современного тоннелестроения, требующей своего решения. При этом восстановление водонепроницаемости «обводненных» железобетонных конструкций с применением методов локальной инъекции фильтрующих дефектов становится невозможным и требуется выполнение дорогостоящих работ по повторной гидроизоляции поврежденных конструкций с помощью методов вуальной инъектирования.

Зарубежный опыт строительства подземных сооружений показывает возрастающую тенденцию применения так называемых «предустановливаемых» гидроизоляционных листовых мембран заводского изготов-

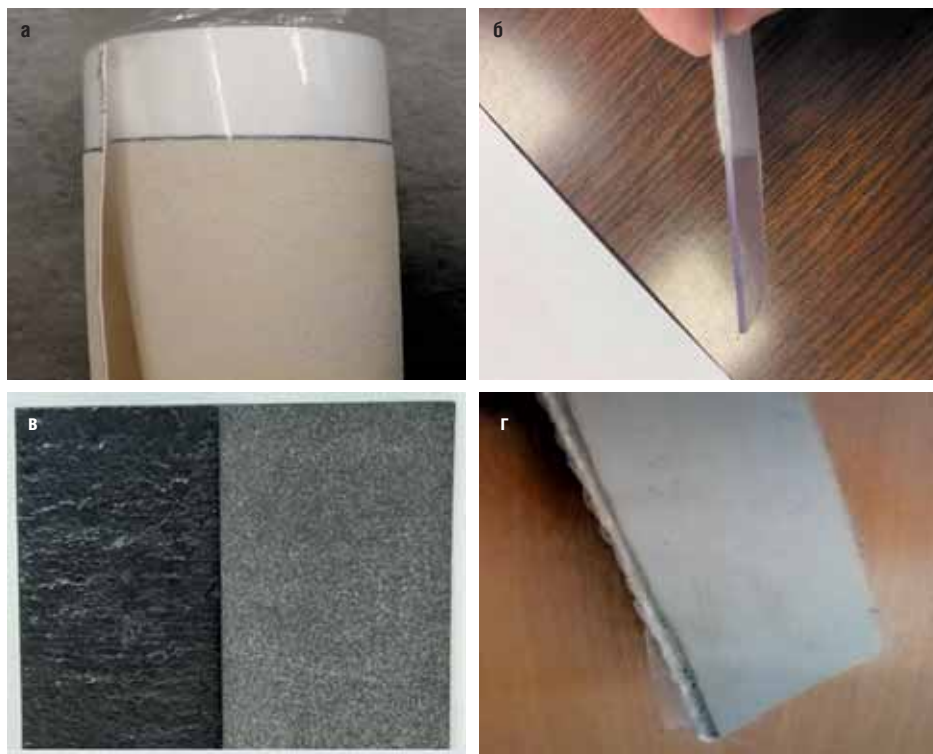


Рис. 2. Гидроизоляционные листовые материалы с адгезией к свежееуложенному бетону: а – гидроизоляционный трехслойный рулон заводского изготовления с самоклеящимися кромками, с поверхностным адгезионным и защитным слоем, в том числе с песчаной посыпкой; б – двуслойный рулон на основе ПВХ мембраны с вживленным поверхностным слоем из фиброматериала Fiber Tex; в – материал на основе битумно-полимерного композита (лицевая сторона с песчаной посыпкой справа); г – бесшовное гидроизоляционное покрытие, изготавливаемое в построчных условиях нанесением поверхностного адгезионного слоя из напыляемых составов с двухсторонней адгезией на геотекстильную армирующую подложку с наружным ПЭ покрытием

ления (рис. 2), отличающихся способностью обеспечивать сплошное адгезионное сцепление к недоступной наружной поверхности монолитных железобетонных конструкций, уложенных на гидроизоляционное покрытие, без устройства защитного слоя гидроизоляции (за счет наличия упрочненной поверхности адгезивного слоя). В результате:

- устраняются недостатки традиционных гидроизоляционных материалов адгезионного крепления, что повышает надежность и ремонтпригодность гидроизоляции, а также безопасность подземного сооружения;
- упрощается, ускоряется и удешевляется выполнение гидроизоляционных работ.

Данный вид импортируемой продукции представлен на отечественном рынке, однако, в отличие от зарубежной практики, фактор новизны, отсутствие опытно-промышленной апробации и адаптации к местным условиям строительства и нормативной базе, препятствуют применению такой продукции в отечественном тоннелестроении. К числу этих материалов относятся следующие.

1. Трехслойные материалы в рулонах толщиной 0,8 и 1,2 мм (для стеновых конструкций и лотковых плит, соответственно), производимые компаниями NORMET и GRACE под маркой TamSeal 2000 и Preprufeplus, соответственно. Состоят из полиэтиленового гидроизоляционного основания, поверхностного клеящего (адгезивного)

слоя и защитного слоя из мелкопористого покрытия или в виде мелкозернистой посыпки (рис. 2а).

Укладка гидроизоляционного покрытия из этих мембран на горизонтальных и вертикальных конструкциях выполняется в один слой путем склеивания кромок смежных рулонов. При склеивании поперечных кромок используются специальные накладные клеящие ленты (рис. 3а, б).

2. Двухслойные рулонные материалы hydroprotect 2М компании «Beratung Planung Ausfuehrung» GmbH (ФРГ), представляющие собой модифицированную гидроизоляционную ПВХ мембрану толщиной 2 мм с вживленным поверхностным слоем из фиброматериала Fiber Tex, разработанного специально для водонепроницаемого механического соединения композитного материала со свежееуложенным бетоном (рис. 2б).

Устройство гидроизоляционного покрытия из hydroprotect 2М производится методом нахлестки и спаивания (сварки) горячим воздухом поперечных и продольных кромок мембран.

3. Рулонный материал Colphene BSW с толщиной 3–4,5 мм компании SOPREMA на основе битумно-полимерного композита с поверхностным адгезивным слоем и защитной мелкозернистой посыпкой (рис. 3в). Материал характеризуется возможностью выполнить перевязку с нахлесткой самоклеящихся продольных кромок рулонов. Для по-

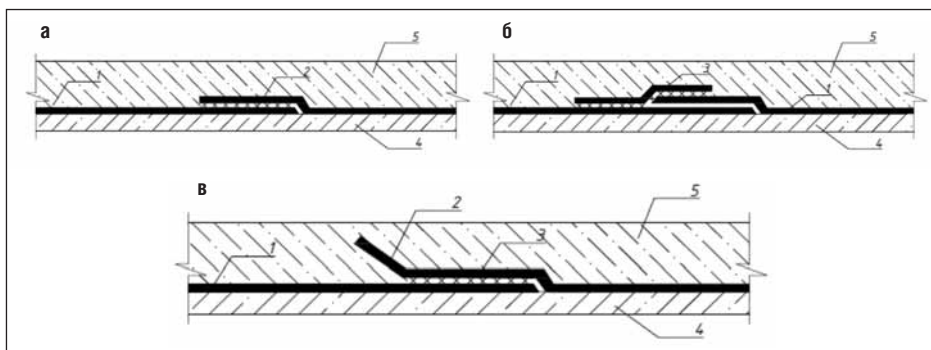


Рис. 3. Гидроизоляция лотковой плиты с применением мембран заводского изготовления. Схема укладки трехслойных листовых мембран с нахлесткой: а – самоклеящихся полос продольных кромок; б – поперечных кромок с накладными клеящимися листами: 1 – трехслойная листовая мембрана; 2 – технологический шов из самоклеящихся полос продольных кромок; 3 – накладной клеящийся лист; 4 – бетонная подготовка, 5 – лотковая плита; в – схема укладки мембран на битумно-полимерной основе «Кольфен BSH» с нахлесткой продольных и поперечных кромок: 1 – рулоны «Кольфен BSH»; 2 – часть кромки для приварки; 3 – самоклеящаяся часть кромки; 4 – бетонное основание; 5 – лотковая плита

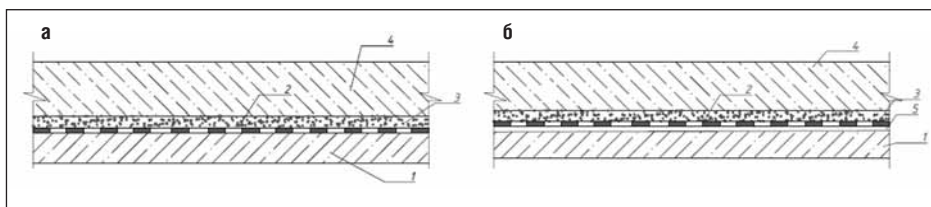


Рис. 4. Бесшовная гидроизоляция лотковой (фундаментной) плиты с укладкой напыляемых составов с двухсторонней адгезией: а – бетонное покрытие; б – подстилающий слой из геотекстильной ткани; 1 – бетонная подготовка; 2 – слой гидроизоляции; 3 – защитный слой гидроизоляции; 4 – лотковая плита; 5 – подстилающий (армирующий) слой из геотекстильной ткани

вышения надежности технологических швов и для перевязки поперечных кромок рулонов используется их тепловой разогрев. Укладка гидроизоляционного покрытия под лотковую плиту производится в два слоя, методом сплошного наплавления гидроизоляционного покрытия с поверхностным адгезивным слоем на ниже лежащее покрытие толщиной 4 мм из битумно-полимерной мембраны с двухсторонним покрытием из расплавляемой полиэтиленовой пленки.

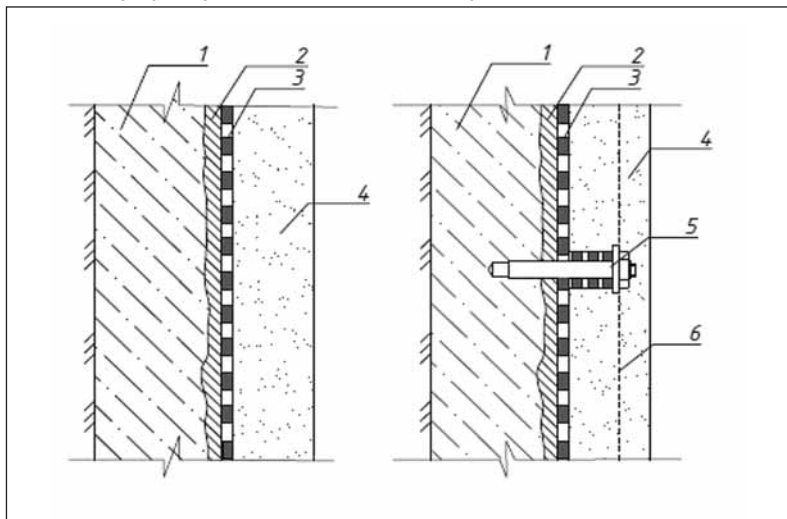
4. Двухслойный рулонный материал Sika Proof A+ компании Sika. Представляет собой

полиолефиновую (ТПО) мембрану толщиной 1,2 мм с поверхностным гибридным полиолефиновым клеевым слоем, содержащим цемент. Клеевой слой обеспечивает двойную адгезию мембраны к свежеуложенному бетону за счет клеевого и механического соединения.

Полотна мембраны соединяются между собой методом нахлестки с использованием клеевых лент или с помощью термического склеивания.

5. К «предустанавливаемым» гидроизоляционным листовым материалам относятся защищенные патентами РФ [3] и [4] гидро-

Рис. 5. Гидроизоляция несущей «стены в грунте»: 1 – несущая «стена в грунте»; 2 – выравнивающий слой из мелкозернистого бетона; 3 – гидроизоляционное покрытие из напыляемых полимерных составов с двухсторонней адгезией; 4 – прижимная стена из монолитного или фибронабрызг-бетона; 5 – стальной анкер; 6 – стальная сетка



изоляционный композитный материал и технологическая система, разработанные специалистами АО «Мосинжпроект» на основе напыляемых полимерных гидроизоляционных составов с «двухсторонней» адгезией и нетканого геотекстильного рулонного материала с плотностью не ниже 500 г/м² (например, марки Tex Stab GW) с односторонним покрытием из полиэтиленовой пленки.

Напыляемые полимерные составы с «двухсторонней» адгезией обеспечивают адгезионное сцепление не менее 0,5 МПа не только к поверхности ранее уложенного «старого» бетона, но и к поверхности свежеприготовленной бетонной смеси, уложенной на твержденное гидроизоляционное покрытие (так называемая «вторичная» адгезия).

К составам этой группы относятся представленные на отечественном рынке напыляемые материалы на основе этилен-винилацетата (Masterseal 345 компании BASF, Tamsel 800 компании Normet).

Данный композитный гидроизоляционный двухслойный листовый материал (рис. 2г) изготавливается в виде бесшовного покрытия в построечных условиях путем нанесения напыляемого состава с двухсторонней адгезией на армирующую подложку из нетканого геотекстильного полотна, заранее уложенного на бетонное основание.

Работы по укладке бетонной смеси на готовое листовое гидроизоляционное полотно производятся после набора полимерным армированным слоем твердости не менее 50 единиц по Шору при температуре воздуха не ниже +6 °С, влажности не более 85 %. В процессе твердения свежеложенного бетона, за счет «вторичной адгезии», происходит сплошное адгезионное сцепление гидроизоляционного листового покрытия к бетону.

Преимуществом такого гидроизоляционного покрытия по сравнению с продукцией заводского изготовления является отсутствие технологических швов, а недостатком – необходимость выдержки на вре-

Рис. 6. Опытный стенд. Устройство гидроизоляции несущей «стены в грунте» при поэтапном сооружении двухслойной бетонной конструкции типа «сэндвич» со средней гидроизоляционной прослойкой с двухсторонней адгезией. Слева направо: модель траншейной «стены в грунте»; выравнивающий слой с выпусками анкеров; слой напыляемой гидроизоляции с двухсторонней адгезией; армирующая сетка, слой набрызг-бетона



мя отверждения полимера и защиты гидроизоляционного покрытия в этот период от атмосферных осадков.

Ниже приводится краткая характеристика гидроизоляционных работ и конструктивных решений, производимых с использованием «предустановленных» гидроизоляционных систем.

Гидроизоляция лотковой плиты может выполняться двумя способами:

- путем укладки на бетонную подготовку гидроизоляционных рулонов заводского изготовления с поверхностным адгезионным слоем (рис. 3);

- с помощью напыления бесшовного гидроизоляционного покрытия из полимерных составов с двухсторонней адгезией непосредственно на бетонную подготовку или армирующую подложку из нетканого геотекстиля, предварительно уложенную на бетонную подготовку (рис. 4).

В обоих случаях, на предварительно уложенном гидроизоляционном покрытии методом монолитного бетонирования возводится лотковая (фундаментная) плита. Однако рулоны заводского изготовления, имея упрочненную поверхность, не требуют дополнительного защитного слоя гидроизоляции перед монтажом арматурного каркаса лотковой плиты.

Гидроизоляция несущей «стены в грунте» выполняется путем напыления составов с двухсторонней адгезией на её подготовленную поверхность с последующим возведением внутренней (прижимной) стены из монолитного или набрызг-бетона вплотную к гидроизоляционному покрытию. Прижимная стена рассчитывается на восприятие ожидаемого отрицательного гидростатического давления. В результате обеспечивается формирование стеновой конструкции типа «сэндвич» со средней гидроизоляционной прослойкой с двухсторонним адгезионным сцеплением (рис. 5 и 6).

Гидроизоляция конструкций, возводимых без пазух для обратной засыпки грунта. Отличительной чертой таких сооружений является взаимный сдвиг при осадке подземного сооружения относительно ограждающей «стены в грунте» (рис. 7). В этом случае предлагается устройство гидроизоляционного покрытия, способного свободно перемещаться (скользить) относительно траншейной «стены в грунте» при разрешенных вертикальных и ограниченных горизонтальных перемещениях. Достигается это путем:

- устройства гидроизоляционного покрытия из рулонов заводского изготовления (рис. 7а) или из полотен геотекстиля с напыляемым поверхностным слоем с двусторонней адгезией (рис. 7б) на подготовленной поверхности ограждающей «стены в грунте». Последняя должна быть выровнена и покрыта защитным слоем со скользящей поверхностью из геотекстиля, плит ППС или профилированных мембран, в зависимости от толщины выравнивающей поверхности и прогнозируемых горизонтальных перемещений [4];

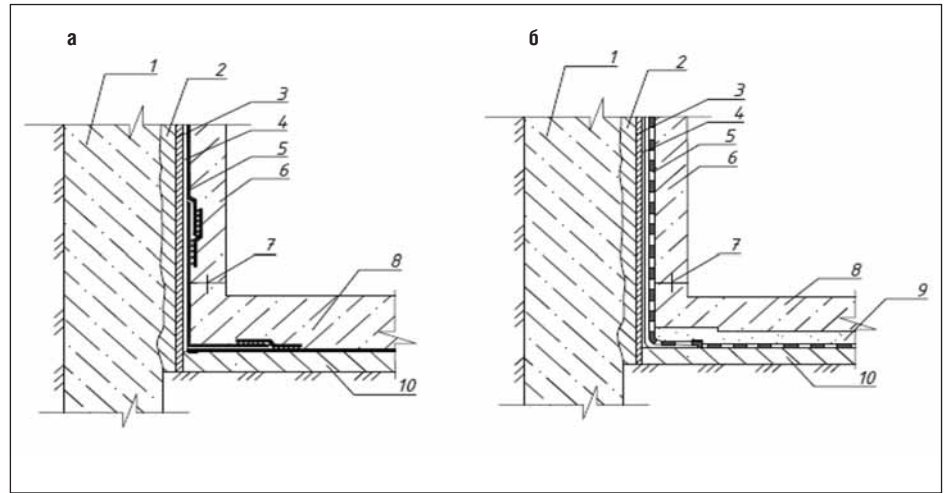


Рис. 7. Гидроизоляция конструкций без пазух для обратной засыпки грунта: а – с применением мембран заводского изготовления; б – с применением листовой гидроизоляции с поверхностным слоем из напыляемых составов с двухсторонней адгезией; 1 – ограждающая «стена в грунте»; 2 – выравнивающий слой из мелкозернистого бетона или фальшстена; 3 – слой из геотекстильной ткани, ППС плит или профилированных мембран; 4 – плоскость скольжения; 5 – гидроизоляционное покрытие; 6 – постоянная стена; 7 – гидрошпонка; 8 – лотковая плита; 9 – защитный слой из мелкозернистого бетона; 10 – бетонная подготовка

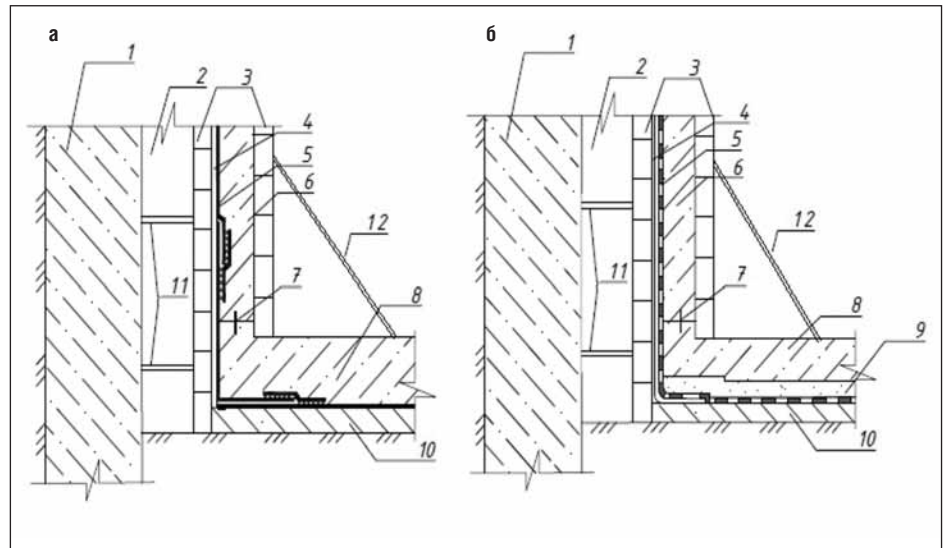


Рис. 8. Гидроизоляция конструкций с пазухами для обратной засыпки грунта: а – гидроизоляционное покрытие из рулонов заводского изготовления, б – гидроизоляционное покрытие из напыляемых составов; 1 – ограждение котлована; 2 – пазухи; 3 – внешний и внутренний щит опалубки; 4 – подложка из геотекстильной ткани; 5 – гидроизоляционное покрытие; 6 – монолитная стеновая конструкция; 7 – гидрошпонка; 8 – лотковая плита; 9 – защитный слой гидроизоляции; 10 – бетонная подготовка; 11 – телескопические шпindelи; 12 – рама для одностороннего бетонирования

- обеспечения адгезии гидроизоляционного полотна к свежесуложенному бетону возводимой конструкции.

Гидроизоляция конструкций с пазухами для обратной засыпки грунта. Устройство подобных гидроизоляционных систем совмещается с процессом поэтапного возведения стен с использованием двухсторонней опалубки без опалубочных стяжек (рис. 8). При этом исключаются работы по подготовке поверхности стены и ее грунтовке, а также необходимость выдержки бетона стен до необходимой сухости для нанесения гидроизоляционного материала. Работы включают в себя укладку рулонов заводского изготовления или геотекстильных полотен-подложек на внутренней поверхности наруж-

ного щита путём временного закрепления их поперечных кромок полотен на верхнем торце щита с помощью специального инвентарного выпрямляющего замка или другим методом. В случае применения геотекстильного полотна-подложки дополнительно выполняется напыление гидроизоляционного бесшовного покрытия на полотно подложки.

Далее производится:

- монтаж арматурного каркаса и внутреннего щита;
- бетонирование захватки;
- демонтаж опалубки;
- устройство защиты гидроизоляционного покрытия с наружной стороны сооружения;
- обратная засыпка пазух песчаным грунтом с трамбовкой.

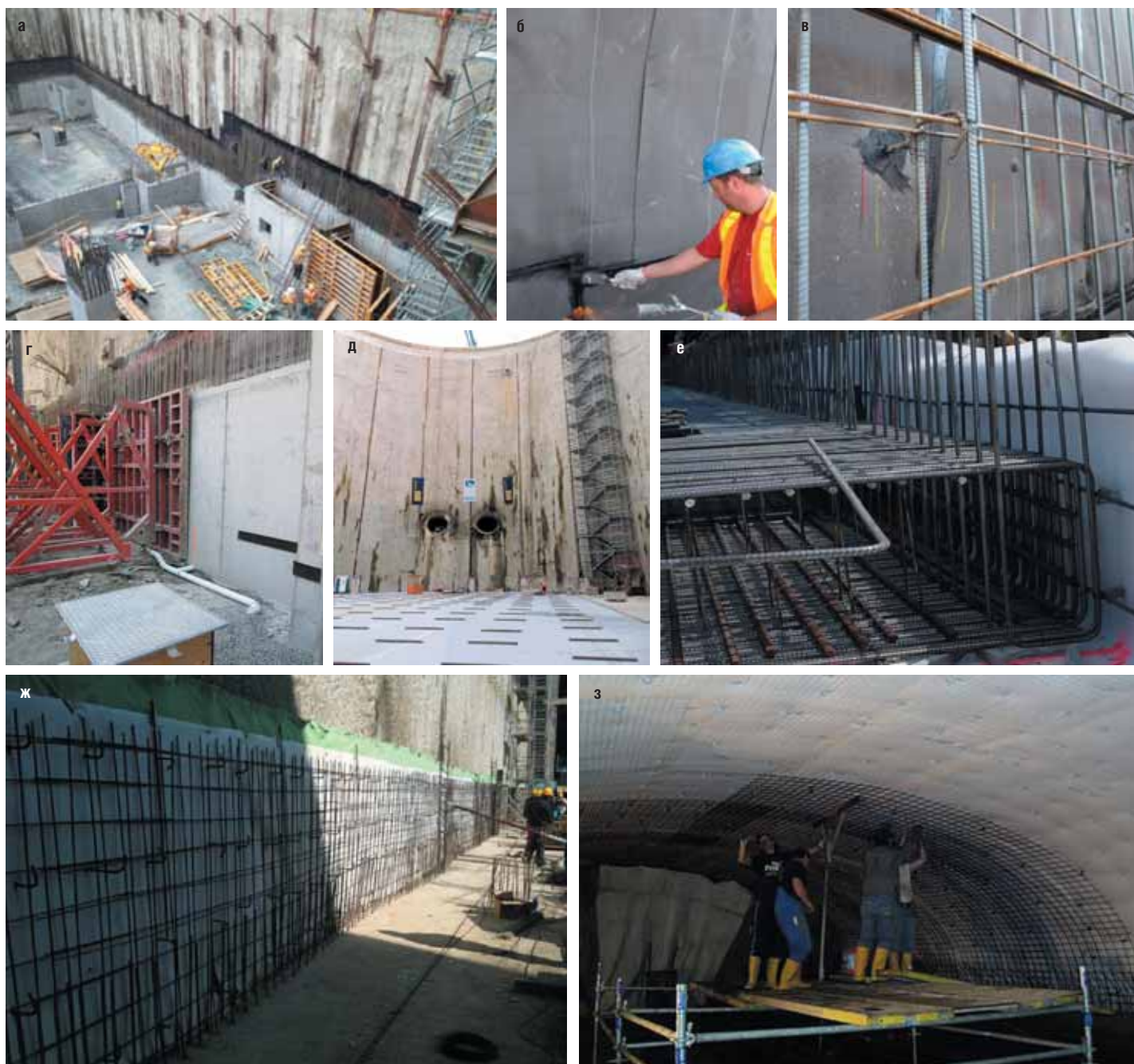


Рис. 9. Примеры устройства гидроизоляции подземных сооружений с применением рулонов заводского изготовления с адгезией к свежесуложенному бетону, изготовленных на основе: а-г – битумно-полимерного композита; д-з – модифицированной ПВХ мембраны hydroprotect

Заключение

Применение «предустанавливаемых» гидроизоляционных систем в подземном строительстве:

- не имеет альтернативы для нанесения гидроизоляционного покрытия адгезионного закрепления непосредственно на изолируемые наружные поверхности, для которых отсутствует доступ при устройстве традиционных гидроизоляционных систем;

- устраняет необходимость выделения времени вызревания и выдержки бетонного основания, а также тщательной подготовки его поверхности для нанесения гидроизоляционного покрытия адгезионного закрепления и его защиты слоем из мелкозернистого бетона перед бетонированием фундаментной (лотковой) плиты;

- ускоряет процесс и снижает стоимость общестроительных и гидроизоляционных работ, устраняет возможность сплошного обводнения конструкций подземных сооружений, повышает надежность, долговечность и ремонтпригодность гидроизоляционных покрытий и безопасность подземных сооружений открытого и полукрытого способа строительства.

Ключевые слова

«Предустанавливаемая» гидроизоляция, адгезионное закрепление, «двухсторонняя» адгезия, «вторичная» адгезия, недоступные изолируемые поверхности, подземные сооружения, «стена в грунте», защита от подземных вод

«Pre-installed» waterproofing, adhesive pinning, «bilateral» adhesion, «secondary» adhe-

sion, inaccessible insulated surfaces, underground structures, «wall in the ground», ground-water protection.

Список литературы

1. СП 120.13330-2012 Метрополитены.
2. СТО НОСТРОЙ 2.27.123.2013. Гидроизоляция транспортных тоннелей и метрополитенов, сооружаемых открытым способом.
3. Подземное сооружение, патент РФ № 162638; 2016.
4. Подземное сооружение, патент РФ № 164721; 2016.

Для связи с авторами

Конюхов Дмитрий Сергеевич
gidrotehnik@inbox.ru
Кобидзе Тенгиз Евгеньевич
koba1948@mail.ru



Организатор конференции



INTERNATIONAL
ASSOCIATION OF
FOUNDATION
CONTRACTORS

МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ
ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ

21
АПРЕЛЯ
2021

МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ

«СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ТЕХНИКА И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ»

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:

МОСКВА, МВЦ «КРОКУС ЭКСПО»,
В РАМКАХ 25-ОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ ВЫСТАВКИ
МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ДОБЫЧИ,
ОБОГАЩЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ «MININGWORLD RUSSIA»

Генеральный спонсор



Официальная поддержка



Генеральные информационные партнеры



Информационный партнер



www.fc-union.com, info@fc-union.com
тел.: +7 (495) 66-55-014, моб.: +7 925 57-57-810

ТРАНСПОРТНЫЕ ТОННЕЛИ КРЫМА: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ

М. С. Плешко, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС

К. В. Абрамчук, АО «Дороги и Мосты»

И. Ю. Казинцев, Ростовский государственный университет путей сообщения



Республика Крым сегодня обладает достаточно развитой железнодорожной инфраструктурой, которая активно модернизируется. Уникальными объектами в ее составе являются тоннели Крыма, построенные в 1874–1878 гг. и находящиеся в непрерывной эксплуатации более 140 лет. Оценка технического состояния тоннелей показывает, что наиболее массовый характер имеют дефекты, связанные с водопроявлениями через «холодные» швы тоннельной обделки. Причиной этой ситуации является несовершенство применявшихся технологий по гидрозащите тоннелей с помощью дренажных штолен, обеспечивающих только частичное отведение подземных вод.

Мощным импульсом для развития железнодорожной транспортной инфраструктуры республики стало строительство Крымского моста. Для обеспечения подхода к железнодорожному мосту со стороны Керчи в 2017–2019 гг. реализован крупномасштабный проект по строительству тоннеля протяженностью 950 м. Проходка велась горным способом с двух порталов одновременно. Параллельно тоннелю пройдена сервисная штольня. Строительство осуществлялось в сложных инженерно-геологических условиях, характеризующихся высокой сейсмической активностью, наличием зон ослабления в виде трещин и прослоев грунта различного состава и свойств, а также грунтов, склонных к набуханию. Для гидрозащиты тоннеля применена современная система напыляемой гидроизоляции. Построенный тоннель станет важным элементом обновленной транспортной инфраструктуры Крыма.

Железная дорога Крыма соединяет основные его города: Севастополь, Симферополь, Евпаторию, Саки, Феодосию, Керчь, Джанкой, Красноперекопск, Армянск и пересекает весь полуостров. Развернутая длина путей составляет 1309,1 км, эксплуатационная длина – 629 км (однопутных – 503 км, двухпутных – 126 км). Электрифицировано 589 км или 45 % от развернутой длины путей [1].

История становления и развития железных дорог Крыма насчитывает почти 200

лет. Еще в 20-х гг. XIX в. англичане предложили Александру I соединить железнодорожной трассой Феодосию и Москву, первой на то время в царской России. По ряду причин проект отложили, и до открытия в 1840 г. Варшаво-Венской железной дороги единственной в стране была построена в 1836–1837 гг. Царскосельская железная дорога общего пользования с шириной колеи 1829 мм.

Первые же рельсовые пути, появившиеся в Крыму, не имели отношения к пассажир-

ским перевозкам, а предназначались для военных нужд. Они были построены силами британской армии, оккупировавшей Балаклаву во время Крымской войны. Протяженность путей составила около 23 км.

После Крымской войны начали появляться различные проекты строительства железной дороги, способной связать полуостров с Большой землей. Реализовать амбициозные планы удалось лишь в 1878 г., когда московским купцом и промышленником Петром Губониным был

Таблица 1

Обобщенная характеристика тоннелей участка Крымской железной дороги Симферополь – Севастополь

Тоннель	Протяженность, м	Максимальная глубина заложения от шельги свода (грунтовые условия)	Особенности расположения в плане	Продольный профиль
1. Сухарный (рис. 1а)	329,5	30 м (переслаивание глин, песчаников, песков и известняков)	На кривой радиусом 528,24 м	Односкатный с уклоном в сторону ст. Инкерман I (южного портала), уменьшающимся от 19,46 (северный портал) до 7,57 ‰ (южный портал)
2. Графский (рис. 1б)	115,3	17 м (глинистые грунты, известняки)	На кривой радиусом 426 м	Односкатный с уклоном 9,2 ‰ в сторону ст. Инкерман I (южного портала)
3. Белый (рис. 1в)	451,4	58 м (мергелистые известняки)	На круговой кривой радиусом 424 м с переходной кривой длиной 50 м	Односкатный со средним уклоном 11,4 ‰ в сторону ст. Инкерман I (южного портала), разность отметок между порталами – 5,3 м
4. Цыганский (рис. 1г)	616,0	Около 90 м (меловидные мергели, мергелистые известняки, нуммулитовые известняки)	На сопрягающихся кривых радиусами 344 и 428 м	Односкатный со средним уклоном 11 ‰ в сторону ст. Инкерман I (южного портала)
5. Троицкий (рис. 1д)	300,5	46,5 м (известняки, чередующиеся с прослойками глин, песков)	В начале и в конце на кривых R = 312 м, средняя часть – на прямой вставке L = 210 м	Односкатный со средним уклоном 5,9 ‰ в сторону северного портала
6. Городской (рис. 1е)	227,5	17,5 м (известняки и известковые песчаники)	Со стороны северного портала на прямолинейном участке L = 173 м, далее – до южного портала – на кривой R = 300 м	Односкатный со средним уклоном 12,3 ‰ в сторону ст. Севастополь (южного портала)

построен участок от станции Лозовой (современная Харьковская область) до Севастополя протяженностью 665 км. Самым сложным оказался крымский участок от Севастополя до Мекензиевых гор – здесь было пройдено шесть тоннелей общей длиной около 2 км [2].

Сооружение тоннелей осуществлялось в период с 1874 по 1878 г., и сегодня эти

объекты являются самыми старыми на территории современной России, так как двухпутный Ковенский железнодорожный тоннель расположен на территории современной Литвы.

Все шесть тоннелей пройдены горным способом и первоначально закреплены каменной кладкой из местного известняка. Обделка сводчатой формы без обратного

свода запроектирована по габариту приближения строений 1873 г., соответствующему двухпутному габариту «1С» с междупутьем 3800 мм без учета уширений на кривых. Тоннели неглубокого заложения (17,5–90,0 м от земной поверхности до шельги свода), и имеют односкатный продольный профиль. Обобщенная характеристика тоннелей представлена в табл. 1.

Рис. 1. Порталы тоннелей участка Крымской железной дороги Симферополь – Севастополь



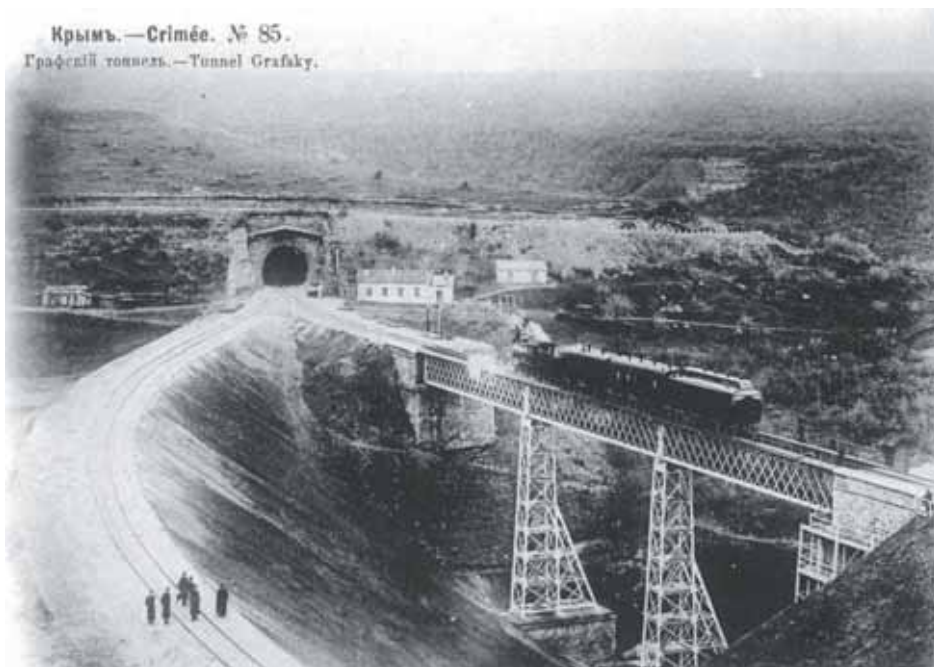


Рис. 2. Устройство насыпи (слева) для подхода к Графскому тоннелю при изменении плана линии пути (архивное фото)

Приведенный перечень составлен по направлению движения от Симферополя к Севастополю. Внешний вид порталов тоннелей представлен на рис. 1.

Тоннели Крыма имеют трудную и богатую на события историю эксплуатации.

В 1928 г. в связи с аварийным состоянием устоев моста через балку Маячная на участке между тоннелями Сухарный и Графский был изменен план линии железной дороги, в результате чего сформирован новый подход к тоннелю со стороны Симферополя, образованный высокой насыпью. По новому плану линии насыпь была отсыпана от старой насыпи с левой стороны на расстоянии 30–40 м, считая по ходу километража (рис. 2).

Рис. 3. Обделка Городского тоннеля



Во время Великой Отечественной войны произведено разрушение подрывами обоих порталов Сухарного тоннеля, северного портала Цыганского тоннеля, а также Троицкого тоннеля в четырех местах. Комплексное восстановление тоннелей осуществлялось в послевоенные годы.

В это же время выполнен капитальный ремонт сводов и порталных стен Графского тоннеля. Порталы были сложены из гранитного камня на цементном растворе, а каменная кладка сводов заменена на монолитный бетонный свод. Каменная кладка стен из инкерманского камня при этом была сохранена и находится в эксплуатации по настоящее время. В дальнейшем был построен железнодорожный мост на высоких

железобетонных опорах через балку Маячная, линия пути была восстановлена, а насыпь частично разобрана в месте прохождения новой автомобильной трассы Симферополь – Севастополь.

Городской железнодорожный тоннель до Великой Отечественной войны эксплуатировался под два пути, в войну один путь был разобран. В июне 1953 г. силами Киевметропроекта был разработан новый проект оздоровления Городского тоннеля, предусматривавший устройство новой несущей железобетонной обделки, покрытой торкретбетоном, по всей протяженности тоннеля (рис. 3). В 1953–1954 гг. проект был успешно реализован.

В 1960 г. выполнен капитальный ремонт обделки Цыганского тоннеля и уложен новый одноколейный путь на деревянных шпалах, а на подходах к нему – на железобетонных.

Активные ремонтные работы в тоннелях осуществлялись и в дальнейшем. Так Южный портал Троицкого тоннеля попадает в зону влияния оползневых процессов, обусловленных особенностями грунтов: известняк имеет прослойки глины и при обводнении наблюдается сползание блоков известняка по глине. Для защиты этого участка тоннеля построены подпорные стенки, сооружены подземные дренажные штольни, а для отвода надтоннельных вод – нагорные каналы.

Новый этап эксплуатации крымских тоннелей начался после вступления республики в состав Российской Федерации в 2014 г. Существенные различия в нормативной базе России и Украины вызвали необходимость проведения комплексного обследования тоннелей, которое было проведено в 2015 г. силами ученых и специалистов Ростовского государственного университета путей сообщения. Его результаты показали, что, несмотря на недостаточное финансирование объектов в украинский период и почтенный возраст тоннелей, сотрудникам ПЧ ИССО ФГУП «Крымская железная дорога» удалось обеспечить в целом работоспособное состояние тоннелей с отдельными аварийными участками.

Статистическая оценка выявленных при обследовании дефектов (табл. 2) показала, что наиболее массовый характер имеют дефекты, связанные с водопроявлениями через «холодные» швы тоннельной обделки.

Основной причиной такой ситуации является несовершенство применявшихся технологий по гидрозащите тоннелей с помощью дренажных штолен, которые обеспечивают только частичное отведение подземных вод от тоннельной обделки [3].

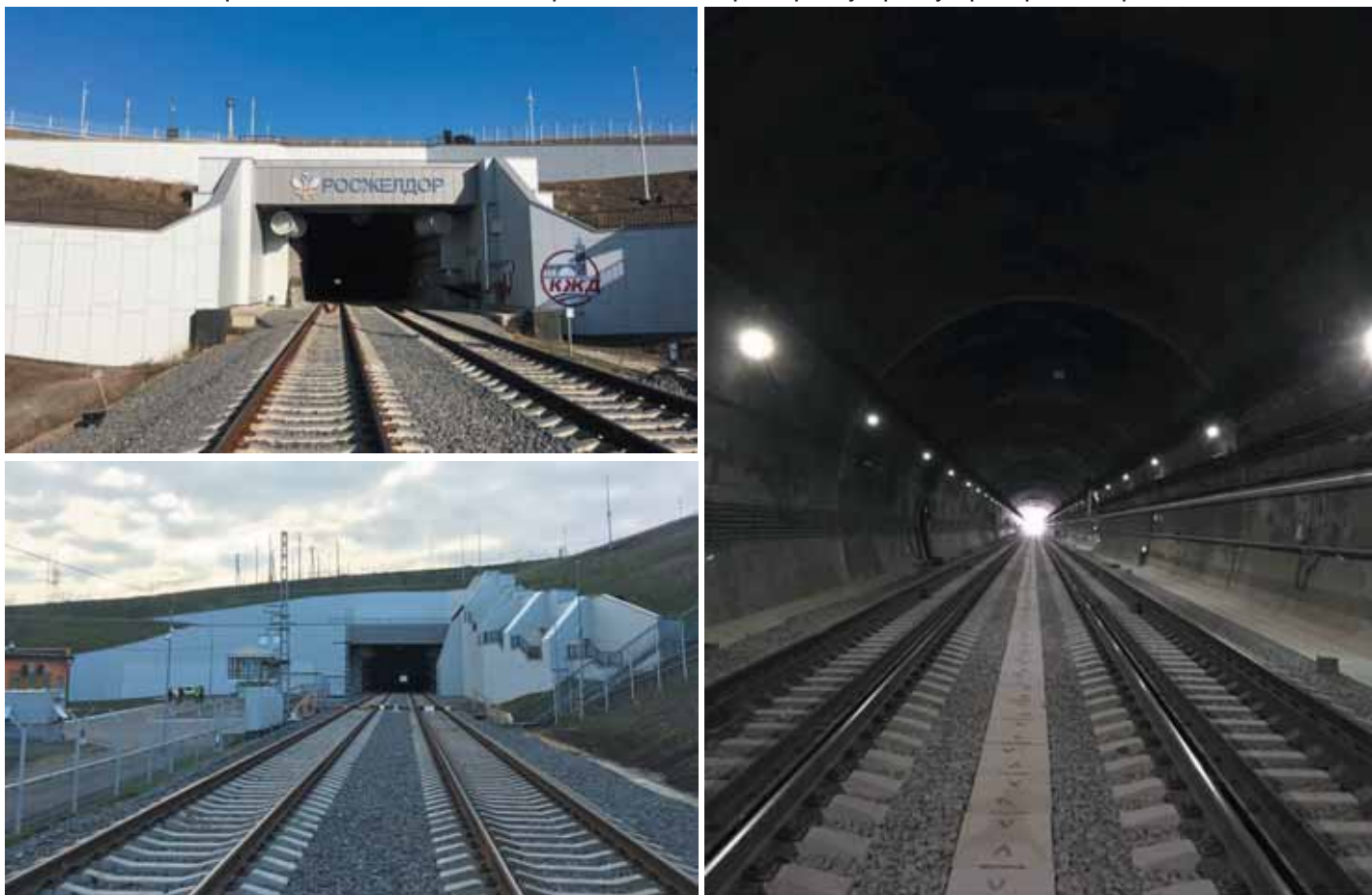
Мощным импульсом для развития железнодорожной транспортной инфраструктуры республики стало строительство Крымского моста. Для обеспечения подхода к железнодорожному мосту со стороны Керчи в 2017–2019 гг. реализован крупномас-

Таблица 2

Сводная оценка дефектов отделки тоннелей Крыма

Описание дефекта	Категория критичности	Удельная доля в общем числе выявленных дефектов, %
Дефекты, снижающие несущую способность		
1. Сквозные трещины в бетоне отделки с признаками ее деформации на длине тоннеля 10 м и более	A	2,7
2. Прочность бетона отделки на 40 % и более ниже проектной	A	13,6
3. Оконтуренный дугообразной трещиной участок возможного вывала с выдвиганием бетона внутрь тоннеля на 10 мм и более)	B	0,8
4. Выдавливание внутрь тоннеля кладки отделки с возможностью вывала	B	0,1
5. Деформация обратного свода на участке тоннеля, локальные разрушения	B	3,5
6. Косые и дугообразные трещины, увеличивающиеся в размерах	C	0,9
7. Вывал бетона несквозной с образованием полости в пределах толщины отделки	C	11,1
8. Внутренние неоднородности в бетоне отделки размером не менее 0,5 толщины отделки	C	6,8
9. Отклонения фактической толщины отделки от проектной на 10 % и более	C	2,4
10. Поперечные трещины в холодных и деформационных швах, раскрытием более 0,2 мм, в том числе увеличивающиеся, при наличии обводнения	D	18,7
11. Деструктивный бетон отделки – размороженный или выщелоченный, разбирающийся вручную, глубиной более 20 мм	D	5,8
12. Отслоение покрытий бетона отделки или выработки (торкрет, набрызг-бетон)	D	4
13. Раковины и каверны на поверхности отделки глубиной более 20 мм	D	29,6
Дефекты, связанные с водопровляниями		
1. Течи с выносом грунта из-за отделки	B	4,8
2. Течи, с возможностью попадания воды на тоннельные коммуникации	B	16,1
3. Участки сырости и отдельного капежа	D	79,1

Рис. 4. Новый железнодорожный тоннель на 66 км железнодорожного подхода к транспортному переходу через Керченский пролив



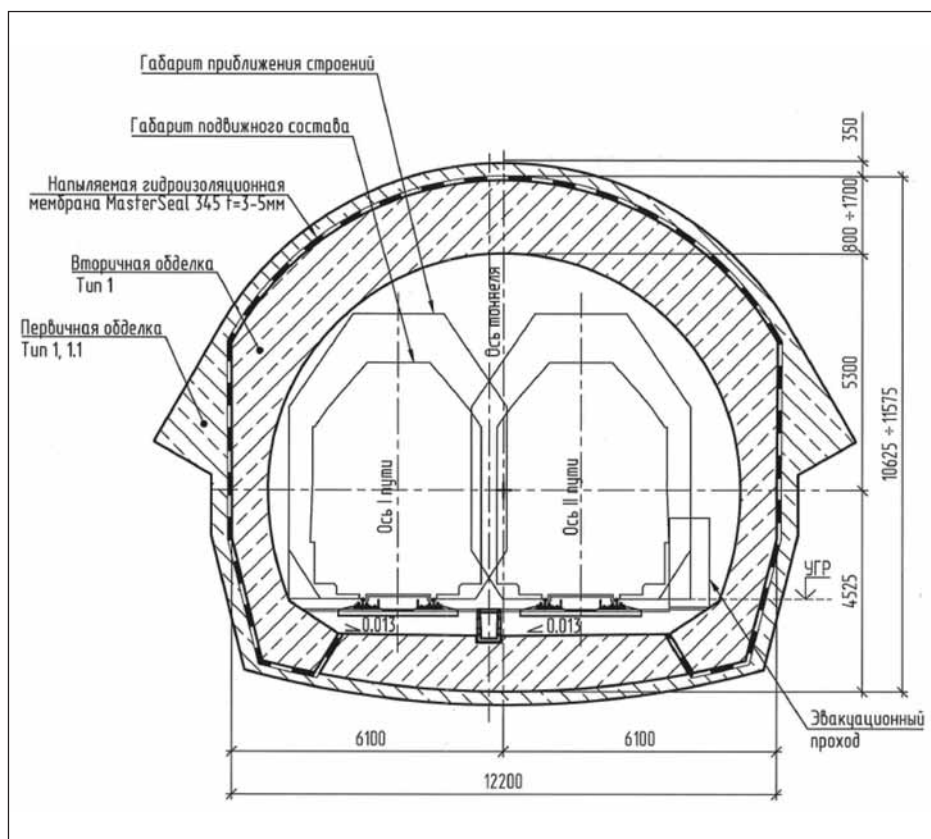


Рис. 5. Сечение железнодорожного тоннеля на 66 км железнодорожного подхода к транспортному переходу через Керченский пролив

штабный проект по сооружению двухпутного тоннеля протяженностью 950 м (рис. 4). Строительство новых железнодорожных тоннелей такой протяженности не велось в России со времен зимней Олимпиады в г. Сочи 2014 г.

Условия строительства были весьма сложными и характеризовались высокой сейсмической активностью, наличием зон ослабления в виде трещин и прослоев грунта различного состава и свойств, а также грунтов, склонных к набуханию.

Организационно-технологическая схема работ предусматривала строительство тоннеля горным способом одновременно с двух порталов с применением комбайнов избирательного действия Sandvik MT-360. Для безопасного раскрытия сечения двухпутного тоннеля в сложных инженерно-геологических условиях принят метод нижнего уступа.

Проходка калотты осуществлялась под защитой опережающего экрана из труб заходками по 1 м. В качестве временной крепи использована комбинированная конструкция из арматурных рам, рам из двутавровых балок, межрамного армирования и набрызг-бетонного покрытия. Ядро штроссы тоннеля проходило заходками по 3 м, далее с отставанием от забоя ядра не менее 9 м в шахматном порядке разрабатывались боковые штроссы. Параллельно тоннелю пройдена сервисная штольня.

Монолитная железобетонная обделка двухпутного тоннеля возводилась 12-метровыми заходками из бетона В30 W8 F150

(рис. 5). Для гидроизоляции использована напыляемая мембрана MasterSeal 345 на основе этиленвинилацетатного полимера. Сооружение рассчитано на сейсмичность 9 баллов.

Высокий профессионализм строителей и применение самых современных технологий позволили сдать объект в запланированные сроки, несмотря на многочисленные трудности. Тоннель станет важным элементом обновленной железнодорожной инфраструктуры Крыма, отвечающей всем мировым стандартам.

Задача ближайшего будущего – обеспечить эффективную загрузку железных дорог республики в условиях действия международных санкций. Для увеличения объема грузоперевозок необходимо развитие транзитного потенциала полуострова за счет наращивания экспорта угля, газа, мазута и других нефтепродуктов через морские порты Крыма. Активно расширяется география пассажирских поездов дальнего следования, курсирующих в Крым и обратно. На правительственном уровне также принято решение о более эффективном использовании железной дороги между Севастополем и Симферополем путем интенсификации пригородного сообщения и запуска аэроэкспресса. Предварительный объем инвестиций оценивается в 8 млрд руб. [4].

С учетом принятых решений в 2020 г. по заданию ФГУП «Крымские железные дороги» начато проектирование объекта «Обход Инкерманского Свято-Климентов-

ского пещерного монастыря (на перегоне Мекензиевы Горы Инкерман II на 1529–1531 км)».

Строительство обходной ветки обусловлено расположением вблизи существующей железнодорожной линии Инкерманского Свято-Климентовского пещерного монастыря, представляющего собой памятник культурно-исторического наследия. Возле монастыря находился водный источник, по преданию открытый чудесным образом святым Климентом для облегчения участи каторжан. Источник пересох в 1970-х годах (возможно, в связи с проводившимися строительными работами), а питающие его подземные воды постепенно затопили карьер по добыче инкерманского камня, находящийся по другую сторону Монастырской скалы.

Трасса обхода запроектирована с кривыми радиусом 350 м и включает два однопутных железнодорожных тоннеля протяженностью 64 и 560 м. Инженерно-геологический разрез по трассе тоннелей представлен преимущественно известняками органического морского происхождения. Проходка тоннелей будет осуществляться способом нижнего уступа с использованием проходческих комбайнов избирательного действия.

Реализация намеченных планов и разрабатываемых проектов должна обеспечить устойчивое развитие Крыма на долгосрочную перспективу.

Ключевые слова

Транспортная инфраструктура, тоннель, проходка, обделка, дефект, работоспособность, долговечность, гидрозащита.

Список литературы

1. Постановление Совета министров Республики Крым от 29.12.2018 № 690 (ред. от 13.11.2019) «Об утверждении Государственной программы Республики Крым «Развитие транспортного комплекса Республики Крым» и признании утратившими силу некоторых постановлений Совета министров Республики Крым».
2. История строительства железной дороги в Крыму. <https://crimeanblog.blogspot.com/2011/07/istoriya-zheleznoy-dorogi.html>. Дата обращения 22.11.2020.
3. Пleshko M. C., Пleshko M. B., Войнов И. В. Оценка технического состояния железнодорожных тоннелей с большим сроком эксплуатации // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2018. № 1. С. 34–40.
4. Правительство поручило развивать сеть железных дорог в Крыму. Российская газета. <https://rg.ru/2020/07/28/reg-ufo/v-sevastopole-smogut-zapustit-gorodskie-elektrichki.html>. Дата обращения 22.11.2020.

Для связи с автором

Пleshko Михаил Степанович
pleshko.ms@misis.ru



АЭРОДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ПОЕЗДОВ В ТОННЕЛЕ: НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЁННЫХ В МИРЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

AERODYNAMICS OF HIGH-SPEED TRAINS IN THE TUNNEL: SOME RESULTS OF THE WORLDWIDE RESEARCH

В. В. Космин, к. т. н., Российская академия транспорта

В. Е. Меркин, д. т. н., проф., НИЦ Тоннельной ассоциации

V. V. Cosmin, Ph.D. (Engineering), Russian Academy of Transport, Moscow

V. E. Merkin, Dr. Sci. (Engineering), Full prof., Research Center of the Tunnel Association, Moscow

Дан обзор проведённых в мире исследований аэродинамики движения высокоскоростных поездов в тоннелях. Специальное внимание уделено выполненным в Китае исследованиям аэродинамики пропуска поездов в тоннеле с акцентом на проблемы проектирования высокоскоростных магистралей на участках тоннелей, в том числе особенностям движения в однопутных и двухпутных линиях на таких магистральных.

An overview of the worldwide research carried on the aerodynamics of high-speed train traffic in tunnels is given. Special attention paid to the studies of the aerodynamics of train passage in a tunnel carried out in China, with an emphasis on the problems of designing high-speed highways in tunnel sections, including the peculiarities of movement in single-track and double-track lines on such railways.

В связи со становящимися всё более определёнными перспективами проектирования в стране железнодорожных магистралей для высокоскоростного (от 200 км/ч и выше) движения поездов весьма актуальным становится учёт аэродинамического воздействия при выборе объёмно-планировочного и конструктивного решения тоннелей на трассе.

В статьях [1–3] и в первых нормативных документах РФ по проектированию высокоскоростных железных дорог [4–7], исходя из опыта и норм стран ЕС (см., например, [8]), предусматривалось, в частности:

- строительство двух однопутных тоннелей, а для коротких тоннелей длиной не более 1000 м и при соответствующем технико-экономическом обосновании – двухпутного тоннеля с разделительной перегородкой, способной выдержать удар поезда при его сходе с рельсов;

- специальная форма портала, отсутствие камер и ниш, а также выступающих частей.

Известно в то же время, что в Китае, где построено наибольшее число высокоскоростных железных дорог, тоннели выполнены в основном в двухпутном исполнении и нормы КНР (см., например, [9]) это разрешают независимо от длины тоннеля.

Учитывая, что от выбора варианта прокладки тоннельного участка зависит экономическая эффективность и техническая целесообразность строительства всей высокоскоростной магистрали (ВСМ), информация

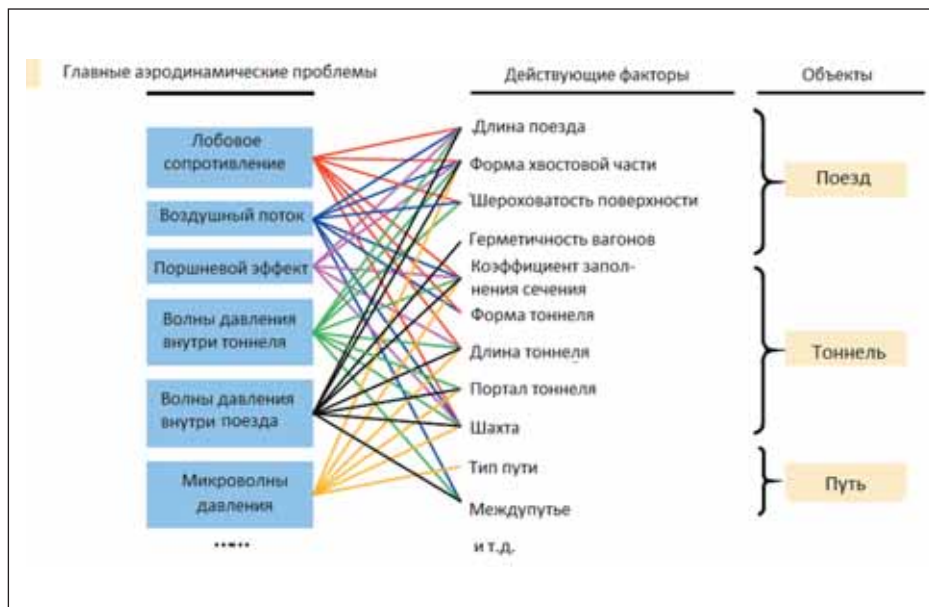


Рис. 1. Взаимосвязь основных аэродинамических проблем в системе «поезд – тоннель» и факторов влияния [10]

о результатах исследований аэродинамических эффектов в системе «поезд – тоннель» представляет несомненный интерес.

Аналізу проведённых в мире и, особенно, в КНР исследований посвящены обстоятельные публикации китайских исследователей [10, 11], опирающиеся, в частности, на обширный, более сотни публикаций в каждой из двух упомянутых статей, библиографический список. Указанные статьи положены в

основу дальнейшего краткого изложения проблемы аэродинамики высокоскоростного движения в тоннелях применительно к их проектированию на ВСМ.

К основным проявлениям экономических и технических эффектов относятся аэродинамическое сопротивление, вибрация подвижного состава, волны давления (в том числе микроволны на выходах из тоннелей), воздушные потоки и т. п.

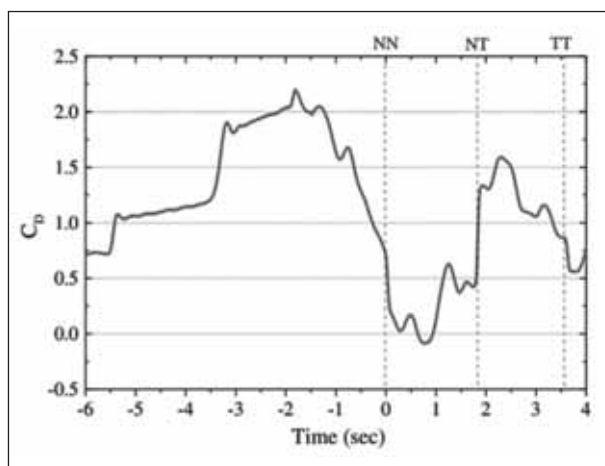


Рис. 2. Временная диаграмма коэффициента лобового сопротивления для случая встречи двух высокоскоростных поездов 700Т в тоннеле (скорость поезда составляет 300 км/ч): NN – пересечение носовых точек поездов; NT – точка встречи носовой части одного поезда и хвостовой – другого; TT – точка встречи хвостовых частей поездов [10]

Когда поезда проследуют тоннель, в том числе встречаются в двухпутном тоннеле на высоких скоростях, конструкция подвижного состава и пугевая стена тоннеля подвергаются сильному переходному аэродинамическому давлению, амплитуда которого может достигать 6 кПа.

Ключевыми в исследованиях последнего времени в области аэродинамики движения поезда в тоннеле являются обобщение механизмов формирования и развития волны давления в тоннелях, взаимосвязи между волной давления и параметрами системы подвижного состава и тоннеля, оценка безопасности волны давления, вызванной поездами, проходящими через тоннели, и методы контроля волн давления в тоннелях.

Факторы, влияющие на аэродинамические эффекты в тоннелях, условно можно разделить на две категории:

- (А) связанные с поездом, включающие площадь поперечного сечения поезда, его длину, форму хвоста поезда, шероховатость поверхности поезда, его герметичность и т. д.

- (Б) связанные с тоннелями и железной дорогой, включающие площадь поперечного сечения тоннеля, его форму и длину, междупутное расстояние в двухпутном тоннеле, портал тоннеля, конструкцию пути и т. д.

Соответственно, аэродинамические проблемы, исследуемые применительно к условиям движения в тоннелях, группируются следующим образом:

- по фактору А (Поезд): аэродинамическое сопротивление поезда, его скорость и потребление энергии; комфорт пассажиров, внутренняя среда поезда (изменение давления и вентиляция системы кондиционирования), изменение давления на поверхности поезда; аэродинамический шум; аэродинамические характеристики головы и хвоста поезда;

- по фактору Б (Тоннель и трасса): зона пониженного давления; волна микронапо-

ра на выходе из тоннеля; тепловая среда, вентиляция и противопожарная защита в тоннеле; колебания давления, комфорт человека при проезде в тоннеле и определение проектных параметров площади поперечного сечения тоннеля; влияние поршневого эффекта на безопасность рабочих и оборудования в тоннеле.

Взаимосвязь этих проблем и воздействующих факторов показана на рис. 1.

По мере повышения скорости движения поездов часть из указанных проблем (аэродинамическое сопротивление, зона пониженного давления за быстро движущимся поездом, волна давления и т. п.) усугубляется, а также начина-

ют возникать новые явления, такие как, например, микроволны сжатия, обусловленные образованием вокруг поезда в тоннеле неустойчивого, турбулентного и сжимаемого воздушного потока. В последние годы для исследования этого явления, а также влияния длины поезда, его скорости, длины тоннеля и коэффициента заполнения поперечного сечения тоннеля на поршневой эффект всё шире используется численное моделирование. Выявлено, в частности, что уменьшение длины тоннеля, так же как и увеличение длины и скорости поезда, усиливает этот эффект. Для управления им с успехом применяют вентиляционные шахты.

Исследования показали также, что на скорость распространения и величину пониженного давления за быстро движущимся поездом влияют длина тоннеля, длина поезда и соотношение этих величин так, что по мере удлинения поезда скорости возрастают. Существенные колебания скорости происходят, в основном, перед поездом и ослабевают с уменьшением амплитуды волны давления. Зона пониженного давления за быстро движущимся поездом в значительной степени зависит от его формы.

По мере увеличения скорости движения поезда влияние аэродинамических сил становится всё более значительным, в частности, возникают дополнительное аэродинамическое сопротивление и боковая качка поездов в тоннелях. В связи с этим предложен новый метод экспериментальных исследований, основанный на испытании движущейся модели. Основная идея метода заключается в использовании фотоэлектрического датчика, закреплённого в нижней части поезда, для сканирования отпечатанных полосок типа «зебра», наклеенных вдоль пути, и получения таких ключевых параметров, как смещение поезда, скорость и ускорение.

Для случаев, когда два поезда проследуют в тоннеле во встречных направлениях, на аэродинамическое сопротивление поезда на тон-

неле (рис. 2) заметно влияет волна давления, достигая максимума при встрече поездов посреди тоннеля и увеличиваясь с ростом скорости поезда.

Ряд исследований выявил монотонную обратную зависимость между аэродинамическим сопротивлением и длиной носовой части поезда, зафиксировав, в частности, что общее сопротивление и давление быстро уменьшаются до длины носовой части 2 м.

Когда эта величина была больше 2 м, степень снижения сопротивления значительно уменьшалась, а вязкое сопротивление было почти постоянным независимо от длины носовой части. Результаты этих исследований могут быть использованы для достижения аэродинамической оптимизации формы носовой части высокоскоростного поезда, входящего в тоннель. Исследованиями выявлено, что боковые и вертикальные колебания поезда под действием аэродинамических сил возрастают по мере приближения состава к portalу тоннеля, что серьёзно влияет на комфорт пассажиров и на безопасность движения поезда.

Распространение и наложение волны сжатия и волны расширения при входе поезда в тоннель и при движении по тоннелю формируют сложную волновую систему, вызывая колебания нагрузок на кузов поезда и, как следствие, усталостное повреждение конструкции подвижного состава. В специальном изучении нуждается также процесс распространения внутри поезда волн переходного давления при высокоскоростном движении в тоннелях, что позволит определить рациональные с позиций безопасности и комфорта параметры конструкций тоннелей и поездов.

Исследования показали, что рекомендуемая минимальная длина тоннеля по аэродинамическим соображениям и с учётом особенностей входа и выхода поезда из тоннеля должна быть 200 м; дополнительная длина, необходимая для обеспечения достаточного пространственно-временного разделения участков изменений давления, рекомендуется на уровне 150 м.

Одним из основных факторов, влияющим на аэродинамические характеристики поезда, движущегося в тоннеле, является длина поезда, но в настоящее время литература о влиянии длины поезда на волну аэродинамического давления в тоннелях относительно немногочисленна. Известно, что длина поезда может достигать 400 м, и существуют значительные различия, как в форме волны, так и в амплитуде волны давления между разными положениями поверхности поезда, т. е. нагрузки на поверхность поезда разные.

Фактором, в наибольшей степени определяющим характеристики волны давления в тоннеле, является скорость поезда. Исследования показывают, что, когда встречные высокоскоростные поезда проходят тоннель с разными скоростями, форма волны давления, измеренная в одном и том же месте на поезде и в тоннеле, почти такая же, как и в

случае с одним поездом, а разница сравнительно велика для случая с двумя поездами.

Выявлено, что в случае движения встречных поездов с разными скоростями вариации коэффициента давления в зависимости от расположения контрольных точек незначительны для всех случаев встречи, кроме диапазона скоростей 200–350 км/ч.

Установлено, что зависимость между длиной тоннеля и амплитудой давления различная для случаев прохода по тоннелю одиночного поезда и двух встречных поездов (рис. 3), при том, что после определённой длины тоннеля изменение амплитуды давления относительно небольшое.

Для смягчения аэродинамических волновых эффектов при движении высокоскоростных поездов в очень длинных сдвоенных тоннелях эффективно соединение их воздуховодами с целью сброса давления. Боковые ответвления снижают максимальный градиент давления и микроволну давления, и этот эффект растёт по мере увеличения длины распространения волны, но такие ответвления одновременно вызывают и волны ответвления, усиливающиеся с ростом скорости движения поезда.

Соединённые поезда позволяют уменьшить волны давления, образуемые при движении поездов в тоннеле, особенно при пропуске двух встречных поездов.

В тоннелях высокоскоростных железных дорог для ремонта повреждений использовалась усиленная обделка, изменяющая пло-

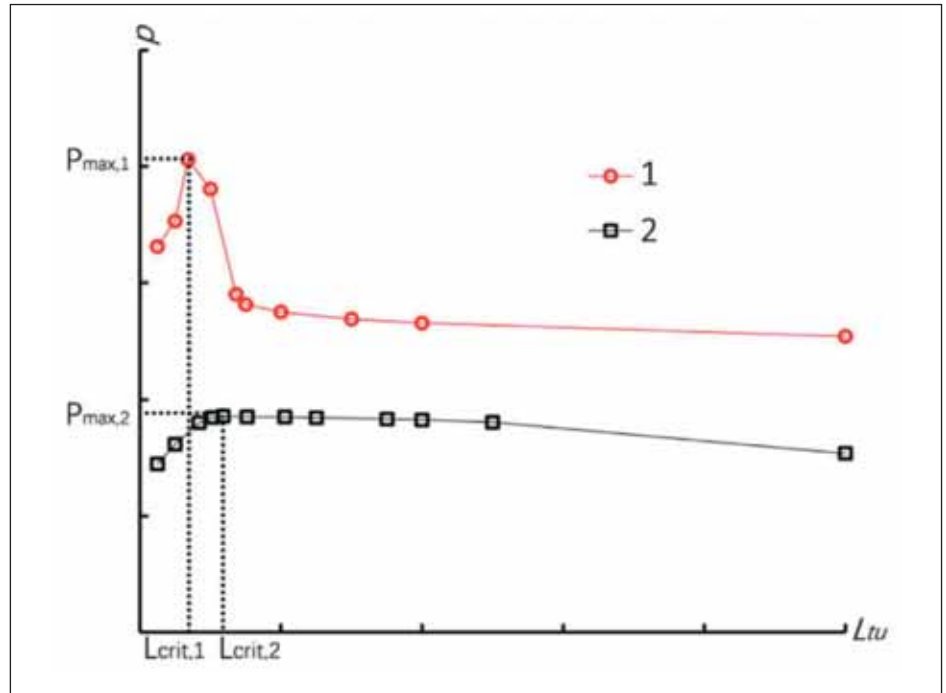


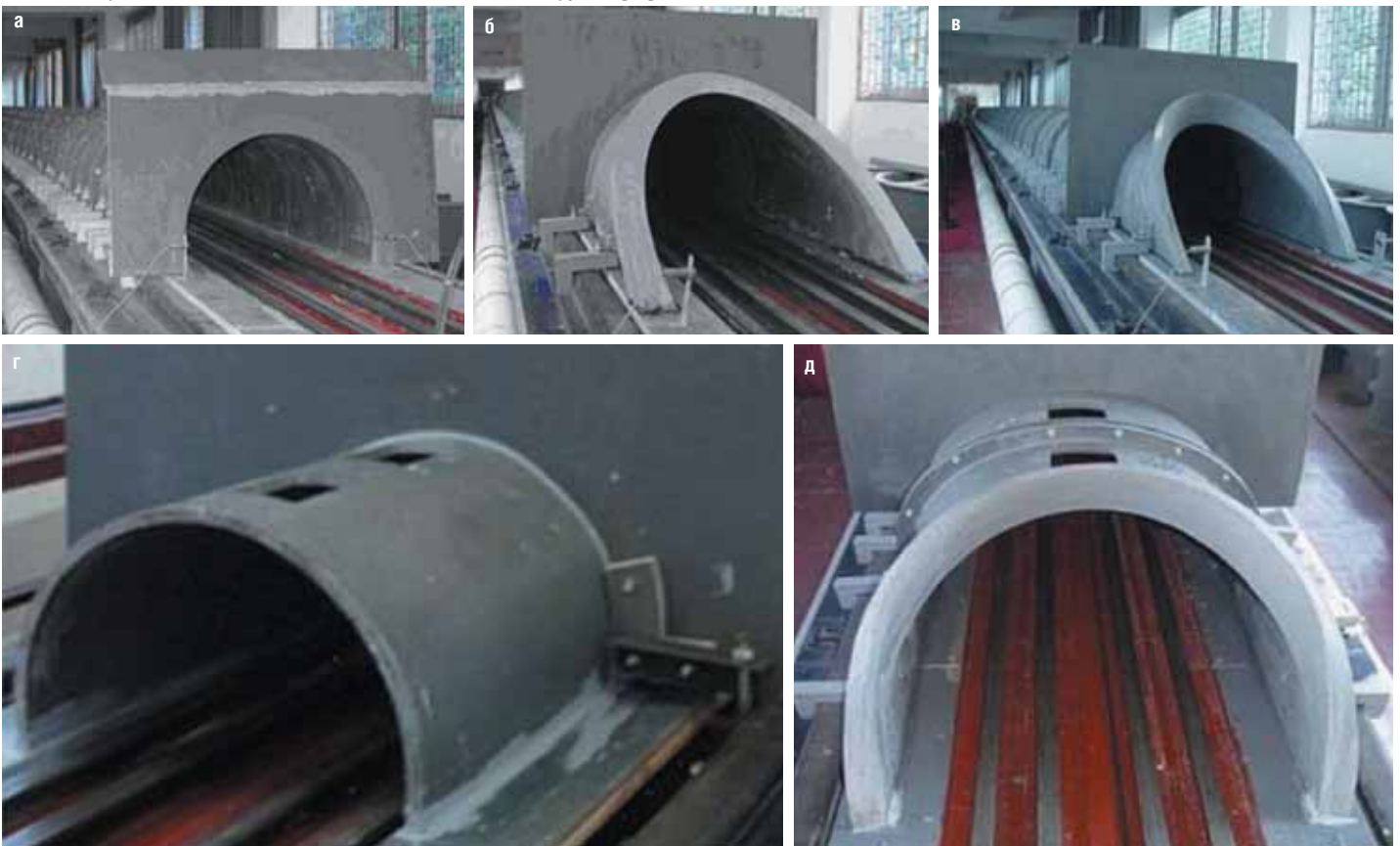
Рис. 3. Зависимость между длиной тоннеля и амплитудой давления, создаваемого поездами: 1 – два встречных поезда; 2 – одиночный поезд [10]

щадь поперечного сечения, что усугубило влияние волны давления в тоннеле и микроволны давления (MPW) на выходе из тоннеля. Оптимизируя формы носовой части поезда и портала тоннеля представляется возможным существенно снизить этот эффект. Так, установлено, что при длине носовой части больше 7 м, максимальная волна микро-

давления может быть уменьшена на 18–27 % по сравнению с параболической формой носовой части, но при длине носовой части поезда короче 5 м уменьшение микроволны давления составляло только около 5 %.

Ещё одним способом уменьшения волны давления в тоннеле или волны микронапора на выходе из тоннеля является установ-

Рис. 4. Модели портала тоннеля: а – торцевая стенка; б – наклонное кольцо; в – наклонная сводовая часть; г – буферная структура с двумя верхними отверстиями; д – комбинированная наклонная сводовая часть и защитная конструкция [10]



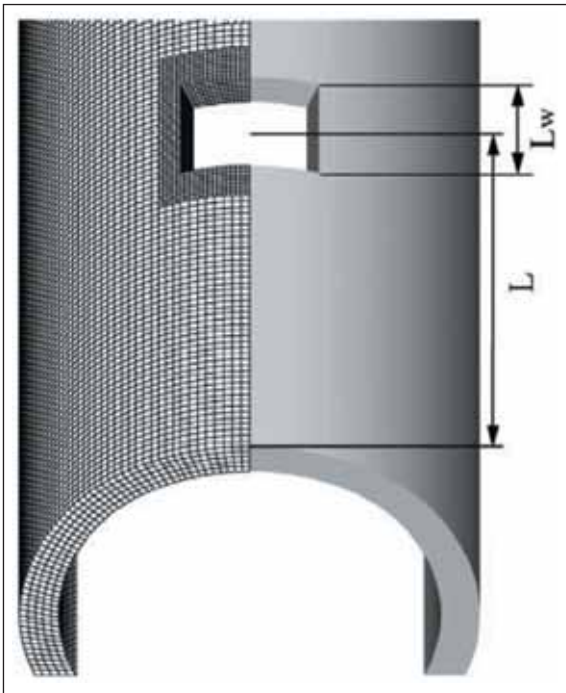


Рис. 5. Выносной портал тоннеля с отверстием [10]

ка специальных устройств на входе в тоннель (рис. 4).

Эффективно уменьшить микроволну давления может оптимальное продольное распределение площади поперечного сечения формы носовой части поезда. Обнаружено, что при определении параметров носовой части поезда необходимо учитывать эффект сводовой части («капюшона») тоннельного портала выносного типа, если его длина больше длины носовой части поезда. Градиент давления и волна микродавления могут быть уменьшены посредством изменения угла наклона конструкции выносного портала.

Оптимизация трёх основных параметров (форма портала, уклон и относительное отверстие) наклонного тоннельного

портала одинакового сечения может быть эффективной для смягчения градиента давления и волны микродавления.

Для уменьшения волны микродавления в конструкции порталов выносного типа предложено устраивать специальные разрезы и окна. Исследования показали, что существует рациональное соответствие между длиной и площадью поперечного сечения такого портала.

Так, наиболее рациональным для уменьшения градиента давления в тоннеле является только одно вентиляционное отверстие, расположенное на стыке между выносным порталом и тоннелем (рис. 5). Установлено также, что на начальную волну сжатия влияет угол наклона θ .

Рассмотрение опубликованных в [11] результатов исследований по аэродинамике в системе «поезд – тоннель», проведённых на китайских ВСМ, показало следующее.

На протяжении более 30 лет железнодорожная аэродинамика была важным базовым элементом в развитии сети высокоскоростных железных дорог Китая, что в немалой степени способствовало развитию аэродинамики высокоскоростных железных дорог во всем мире.

Система ВСМ в Китае рассматривается состоящей из семи основных технических подсистем, включая высокоскоростные поезда, инженерные сооружения, управление движением поездов, тяговое электроснабжение, управление эксплуатацией, мониторинг безопасности и системная интеграция. Все эти системы связаны с аэродинамическими проблемами (рис. 6), решение кото-

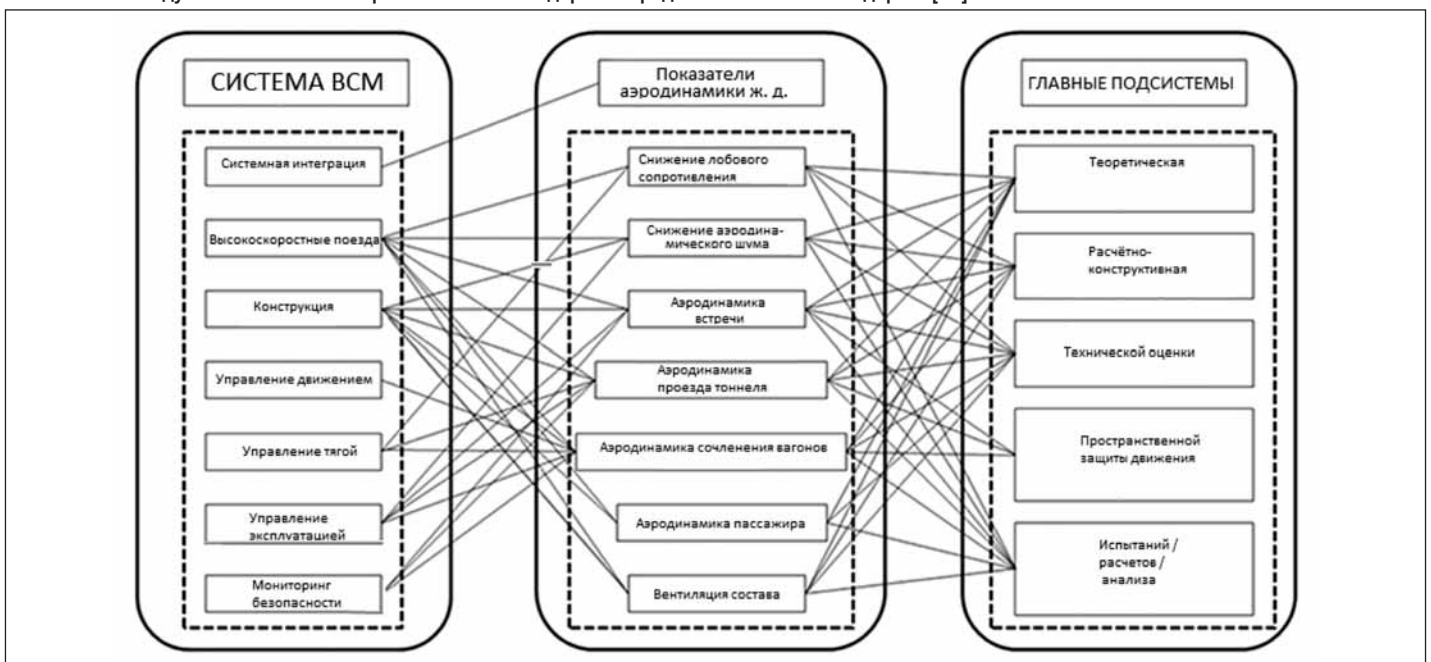
рых направлено на снижение аэродинамического сопротивления и шума поездов, на внутрипоездную вентиляцию, а также на снижение аэродинамических эффектов от встречных поездов, движения поезда в тоннеле, взаимодействия поездов и экологической среды, воздействия поезда на пассажира.

Выявлено, что общее сопротивление высокоскоростного поезда складывается из аэродинамического сопротивления, механического сопротивления и дополнительного сопротивления. Когда поезд движется со скоростью 200 км/ч, аэродинамическое сопротивление составляет 70–75 % от общего сопротивления, при достижении 300 км/ч этот показатель составляет более 85 %. Увеличение аэродинамического сопротивления создаёт большую нагрузку на тяговую систему, которая, в свою очередь, ограничивает максимальную скорость поезда и потребляет больше мощности.

В процессе разработки китайских высокоскоростных поездов были проведены многочисленные эксперименты, в том числе на реальных поездах, испытания в аэродинамической трубе, на движущихся моделях, а также проводилось численное моделирование. На основе этих исследований был создан ряд теорий и технологий снижения аэродинамического сопротивления, в том числе использующие методы контроля турбулентности и бионики жидкости.

Исследования акустики на ВСМ показывают, что шум высокоскоростного поезда состоит, в основном, из аэродинамического внутреннего и внешнего шума, шума колёс-рельсов и шума тяги. Аэродинамический шум вне поезда пропорционален 6–8-й степени скорости поезда. Когда поезд движется со скоростью выше 300 км/ч, аэродинамический шум за пределами поезда составляет более 50 % от общего шума. Аэродина-

Рис. 6. Связь между системой высокоскоростных железных дорог и аэродинамикой железной дороги [11]



мический шум, проникая внутрь поезда, серьёзно влияет на комфорт пассажиров, за пределами поезда формирует шумовое загрязнение, что ухудшает условия жизни и работы людей, проживающих рядом с железнодорожными путями.

Проведённые с 1990 г. теоретические исследования, испытания в натурных условиях и в аэродинамической трубе показали, что основными источниками аэродинамического шума на высокоскоростном поезде являются дипольные и квадрупольные излучатели из-за пульсирующего давления на поверхность поезда, а механизм генерации аэродинамического шума варьируется в зависимости от областей и компонентов его источников.

В настоящее время система снижения аэродинамического шума высокоскоростных поездов в Китае удовлетворяет стандартам показателей шума, действующим в Китае и Европе.

Меры по снижению внутреннего аэродинамического шума поезда включают улучшение герметичности дверных уплотнений, оптимизацию конструкции кондиционирования и использование звукопоглощающих материалов.

В проводимых в Китае исследованиях большое внимание уделяется разработке теоретических основ формирования волн давления, создаваемых встречными поездами. Установлено, что возникающее при этом аэродинамическое возмущение, когда голова или хвост одного поезда проходит мимо другого, приводит к тому, что аэродинамическое давление на встречных сторонах двух поездов меняется в течение чрезвычайно короткого времени.

Амплитуда волны давления для случая движения одного поезда относительно неподвижного другого поезда и для случая встречных поездов, движущихся с равными скоростями, пропорциональна квадрату относительной скорости, а для встречных поездов, движущихся с разными скоростями, связана как с квадратом относительной скорости поездов, так и с произведением скоростей двух поездов. Чем больше относительная скорость, тем больше разница амплитуд волны давления, встречающейся с поездом.

Амплитуда волны давления при встрече с поездом связана отрицательной экспоненциальной функцией с междупутным расстоянием и экспоненциальной функцией – с шириной каждого поезда и пропорциональна квадрату относительной скорости. Вследствие этого увеличение междупутного расстояния, уменьшение ширины поезда и снижение скоростей движения поездов может уменьшить амплитуду волны давления встречных поездов.

Для обеспечения эксплуатационной безопасности поездов, уменьшения запылённости, повышения комфорта пассажиров и снижения затрат на строительство в КНР предложен ряд мероприятий по снижению воздействия волн аэродинамического да-

вления встречных поездов, в числе которых следующие.

1. Меры, основанные на аэродинамической форме поездов:

- регулировка длины обтекаемой части головы поезда, которая должна учитывать, что чем длиннее эта часть, тем меньше волна давления, создаваемая событием встречи поезда;
- регулирование формы носовой части поезда: она должна быть как можно более плоской и широкой, с максимальным уменьшением радиуса кривизны (такая форма считается «естественной формой воздушного потока»);
- регулирование ширины поезда: установление надлежащего междупутного расстояния (рекомендуется 5 м).

2. Меры, основанные на улучшении конструктивных характеристик кузова поезда:

- создание хорошей пневмоизоляции подвижного состава для предотвращения распространения сильной волны давления в пассажирские салоны, повышающее комфортабельность поездки пассажиров;
- усиление конструкции кузова вагона и оконного стекла, а также прочности заполнения между стеклом и стальной конструкцией кузова вагона, гарантируя таким образом, что поезд сможет выдержать сильные переходные процессы при встрече поездов, воздействие волны давления.

3. Меры, основанные на стратегии организации перевозок:

- построение научного плана формирования поездов, имея в виду, что высокоскоростные поезда должны формироваться на основе одинаковых профилей поперечного их сечения и не должны, например, включать сочетание одно- и двухэтажных вагонов;
- разработка соответствующих графиков встреч поездов, чтобы максимально исключить встречи разноскоростных пассажирских и грузовых поездов; также следует максимально разделять высокоскоростные и низкоскоростные поезда;
- разработка эффективной системы погрузки и крепления для железнодорожных грузов, повышение прочности их крепления.

Судя по результатам, реализация этих мероприятий позволила Китаю занять лидирующее положение в мире по количеству ВСМ и обеспечить скорости движения встречных поездов до 420 км/ч (при относительной скорости 840 км/ч) на действующих линиях. Представляется, что отражённые в настоящей статье на основе обстоятельных публикаций китайских учёных результаты исследований аэродинамических проблем движения высокоскоростных поездов в тоннелях будут полезны российским специалистам при подготовке нормативно-методической документации и планировании собственных исследований в этой области.

Список литературы

1. Меркин В. Е., Космин В. В. О нормах проектирования тоннелей на высокоскоростных железнодорожных магистралях // *Транспортное строительство*. 2013. № 7. С. 12–15.

2. Фролов Ю. С. Тоннели на высокоскоростных железнодорожных магистралях // *Транспорт Российской Федерации*, 2010. № 1 (26). С. 28–31.

3. Ледяев А. П., Кавказский В. Н., Кеер Р. О. Особенности проектирования тоннелей на высокоскоростных магистралях // *Транспорт Урала*, 2015. № 4 (47). С. 3–9.

4. Технический регламент «О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта». Утверждён постановлением Правительства Российской Федерации от 15 июля 2010 г. № 533.

5. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта» (ТР ТС 002/2011). Утверждён решением Комиссии Таможенного союза от 15 июля 2011 г. № 710.

6. СП 1325800.2019 Сооружения искусственные высокоскоростных железнодорожных линий. Правила проектирования и строительства.

7. Специальные технические условия. Сооружения искусственные участка Москва – Казань высокоскоростной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург. Технические нормы и требования к проектированию и строительству. Изм. №1. ПГУПС. СПб, 2016.

8. RIL 853 Проектирование и строительство тоннелей для немецких железных дорог Deutsche Bahn. URL: https://www.tunnel-online.info/en/artikel/tunnel_High-Precision_Segments_Prerequisite_for_a_high-quality_monocoque_Tunnel_1564165.html (дата обращения 12.01.2021; режим доступа свободный).

9. TB 10621 2014. Code for Design of High Speed Railway. Chapter 8. URL: <https://www.chinesestandard.net/PDF/English.aspx/TB10621-2014> (дата обращения 14.01.2021; режим доступа – ограниченный).

10. Jiqiang Niu, Yang Sui, Qiuqun Yu, Xiaoling Cao, Yanping Yuan. Aerodynamics of railway train/tunnel system: A review of recent research // *Energy and Built Environment* 1 (2020) 351–375.

11. Hong-qi Tian. Review of research on high-speed railway aerodynamics in China // *Transportation Safety and Environment*, 2019, Vol. 1, No. 1 1–21.

Ключевые слова

Аэродинамика, высокоскоростное движение, высокоскоростная магистраль, железная дорога, конструкция тоннельного оголовка на ВСМ, научные исследования, поезд, тоннель, факторы аэродинамики в тоннеле.

Aerodynamic factors in the tunnel, aerodynamics, construction of the tunnel head on the high-speed railway, high-speed mainline, high-speed traffic, railway, scientific research, train, tunnel.

Для связи с авторами

Космин Владимир Витальевич
vvcosmin@mail.ru
Меркин Валерий Евсеевич
mve11@inbox.ru



ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА МОСКВЫ. ТРЕБОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ НОРМ

THE BASIC PRINCIPLES OF COMPLEX DEVELOPMENT OF MOSCOW'S UNDERGROUND SPACE. REQUIREMENTS OF MODERN BUILDING CODES

Д. С. Конюхов, АО «Мосинжпроект»
И. В. Колыбин, ГУП НИЦ «Строительство»
D. S. Konyukhov, JSC «Mosinzhprojekt»
I. V. Kolybin, GUP NIZ «Building»

Рассмотрены основные принципы, цели и задачи комплексного освоения подземного пространства Москвы, закрепленные в Своде Правил «Здания, сооружения и комплексы подземные. Правила градостроительного проектирования». Приведен обзор имеющегося опыта строительства и эксплуатации жилых районов Москвы, построенных по автономному принципу «города в городе». Рассмотрены методы обеспечения сохранности и технологической безопасности существующей застройки при комплексном освоении подземного пространства.

The report considers the basic principles, goals and objectives of the integrated development of the underground space of Moscow, indicated in the Code «High rise buildings and complexes. Regulation of urban planning». A review of accumulated experience in the construction and operation of residential areas of Moscow, built on the autonomous principle of «city in city». Methods for ensuring the integrity and technological safety of existing buildings with integrated development of the underground space are considered.

Москва – наиболее динамично развивающийся мегаполис в РФ. Это город с почти тысячелетней историей, где на площади 2,5 тыс. км² проживает около 12,65 млн человек. Из них порядка 12,1 млн – на территории «старой Москвы» площадью около 0,9 тыс. км². Экономическая эффективность использования подземного пространства характеризуется отношением площади подземной части сооружения к его общей площади.

С 2011 по 2019 г. в Москве построено 50 новых станций метро и около 82 км новых линий. До конца 2027 г. предполагается построить 329 км новых линий и 151 станцию. Программой реновации жилищного фонда предусматривается реновация 5175 жилых домов с максимальным использованием подземного пространства для обеспечения комфортного проживания людей.

Анализ зарубежного опыта подземного строительства в городских агломерациях, схожих с Москвой по таким показателям, как численность населения, количество транспортных средств на одного жителя, площадь занимаемой территории, соотношение исторической и современной застройки, показывает следующее. Оптимальные условия для обеспечения устойчивого развития и комфортного проживания достигаются при доле подземных сооружений от общей площади вводимых объектов в 20–25 % [9].

В Москве этот показатель изменяется в пределах от 4,0 до 87,5 % для объектов гражданского строительства и до 100 % для сооружений транспорта и инженерного обеспечения. Максимально активное использование подземного пространства наблюдается в центральной зоне, где

этот показатель близок к 30 %. В периферийных же районах и в «новой Москве» этот показатель совсем незначителен. В среднем по городу он составляет менее 8 %.

В 2012 г. было принято Постановление правительства Москвы «Об утверждении Перечня объектов перспективного строительства Московского метрополитена» [5]. В настоящее время планируется до конца 2027 г. построить 329 км новых линий и 151 станцию. Для обслуживания вновь построенных линий должно быть введено в эксплуатацию 19 метродепо (рис. 1).

Это позволит снизить нагрузку на действующую сеть метро, а также обеспечит «шаговую доступность» к станциям для 93 % населения Москвы. В общей сложности с 2011 по 2020 г. в Москве построено 301,4 км новых линий и 56 станций метро.

Программой реновации жилищного фонда в городе Москве предусматривается «совокупность мероприятий, направленных на обновление среды жизнедеятельности и создание благоприятных условий проживания граждан, общественного пространства в целях предотвращения роста аварийного жилищного фонда, обеспечения развития жилых территорий и их благоустройства». При этом «реновация жилищного фонда осуществляется с учетом развития сети объектов инфраструктуры, создания дополнительных условий для развития человеческого потенциала, экологии, что обеспечивает комплексное развитие территории в соответствии с современными требованиями к городской среде» [6].

Комфортное жилье без организации комфортной городской среды превратит кварталы реновации в новые спальные районы массовой жилой застройки. Мегало-

лис завтрашнего дня – это экологически безопасный, энергоэффективный, доступный и ориентированный на человека город, в котором приоритет отдается эффективному использованию природных ресурсов и сокращению загрязнения окружающей среды. Использование подземного пространства позволяет создать новое, 4-е измерение привычной городской среды, дает возможность возводить компактные инфраструктурные комплексы на ограниченной территории, минимизировать экологический ущерб от строительства и повысить качество жизни населения [3]. По мнению зарубежных исследователей [7, 8], к созданию городской инфраструктуры нового поколения нужно подходить, в первую очередь, с экологической точки зрения.

Модель комплексного использования подземного пространства Москвы должна учитывать следующие принципы долгосрочного планирования:

- взаимодополняемости – например, проектируемые транспортные системы жилого района должны обеспечивать быстрое и комфортное перемещение человека от дверей его квартиры до дверей вагона метро;
- взаимозаменяемости – в частности, объекты гражданской обороны должны проектироваться как парковки, склады магазинов, фитнес центры, хранилища библиотек и проч.;
- безопасности;
- централизации систем мониторинга, управления и обслуживания;
- социального развития.

Решение этих задач возможно только путём комплексного освоения подземного пространства. С этой целью был разработан нормативный документ, определяющий основные градостроительные принципы регулирования освоения подземного пространства в России: СП 473.1325800 «Здания, сооружения и комплексы подземные. Правила градостроительного проектирования» [14]. Разработчики свода правил основывались на следующих принципах создания экономически эффективного, комфортного и безопасного экологического города:

- комплексное, в том числе многократное использование территории и подземного пространства;
- компенсация сокращающегося земельного ресурса путём размещения в подземном пространстве объектов транспорта, инженерной инфраструктуры и обслуживания населения;
- использование надземного пространства в первую очередь для размещения жилья, объектов социальной инфраструктуры и зеленых зон;
- синергетический эффект от использования энергии и природных ресурсов;
- применение передовых строительных технологий, оказывающих минимальное воздействие на природно-техногенную среду.

Градостроительные задачи создания подземного пространства должны предусматривать:

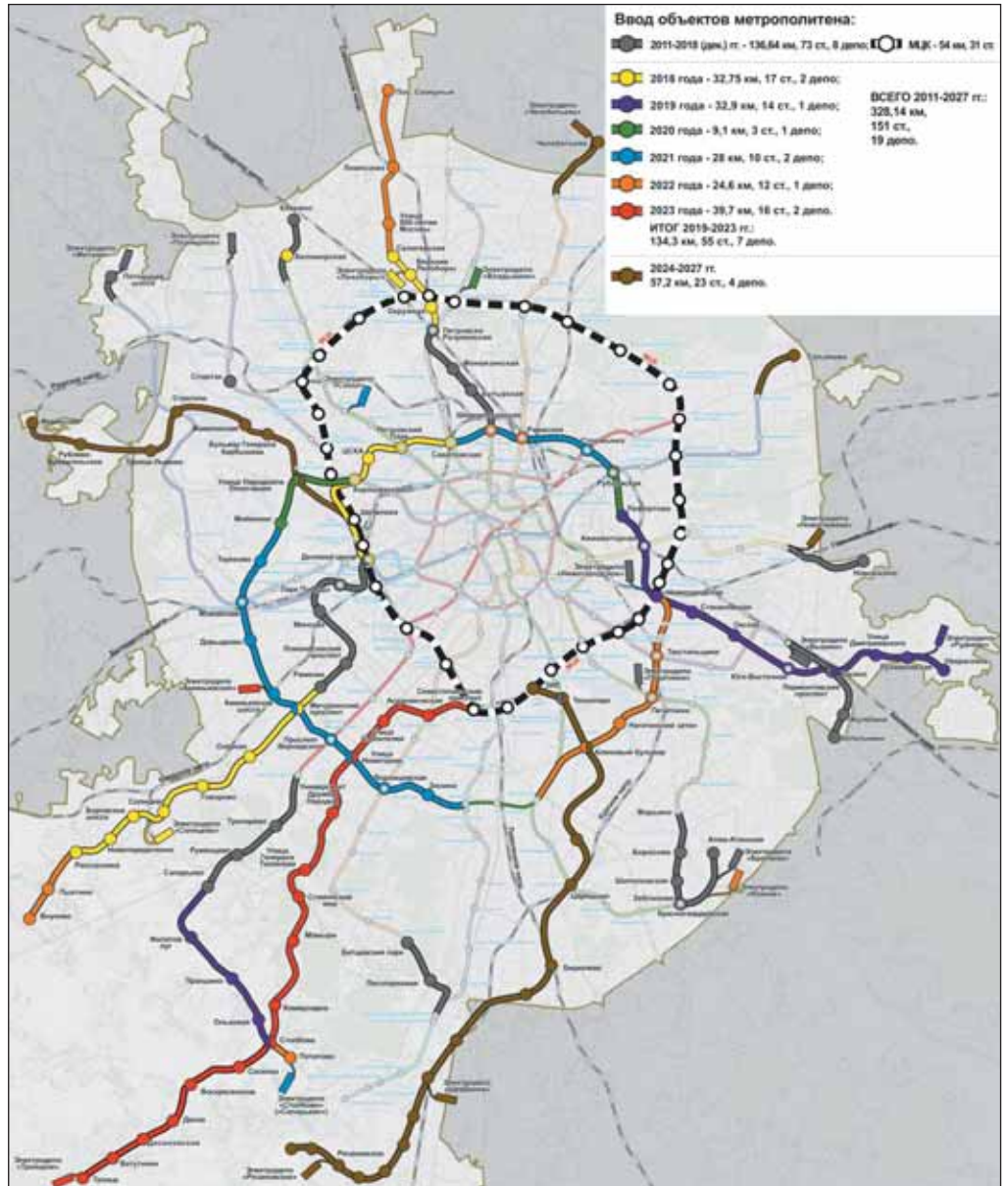


Рис. 1. Строящиеся объекты метрополитена Москвы

• преемственность исторического развития городов, их пространственной организации, обеспечение их гармоничного и композиционного городского единства, создание системы общегородских центров, включающей исторически сложившиеся центры городов и центры их периферийных зон с учетом максимального использования подземных пространств;

• увеличение доли территорий смешанного и многофункционального использования в балансе территорий городов, территорий высокоплотной общественной застройки и подземных пространств;

• создание и развитие центров периферийных районов с подземными пространствами, объединёнными с транспортно-пересадочными узлами;

• создание системы общественных, торговых, деловых комплексов, концентрирующих значительные потоки работающих и посетителей в составе подземных пространств на периферии исторического центра.

Свод правил содержит рекомендации по разрешенному использованию объектов капитального строительства, размещаемых в подземном пространстве, по степени использования подземного пространства в городах с различной численностью населения, по размещению подземных объектов на территориях различных функ-

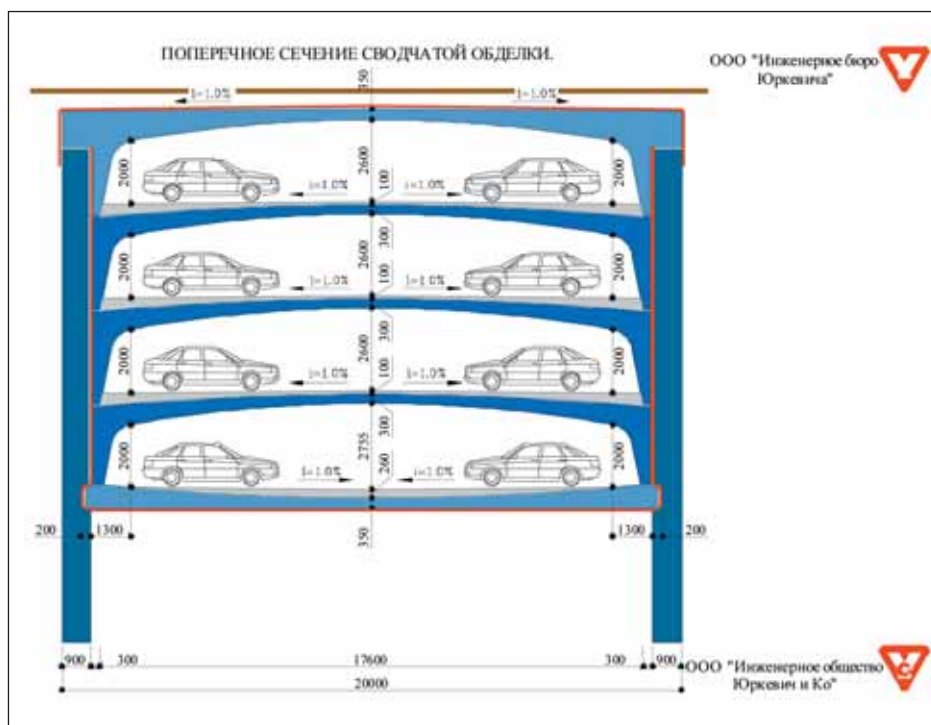


Рис. 2. Подземная автостоянка под улично-дорожной сетью

циональных зон города, по функциональному составу подземных помещений.

Наряду с горизонтальным зонированием, предлагается использовать рациональное зонирование подземного пространства по вертикали. Для этого предложено функциональное распределение подземного пространства по четырём уровням глубины с учётом социальных и медицинских показателей:

- первый уровень (малозаглубленный – до 5 м) – это пешеходные зоны и тяготеющие к ним учреждения, предприятия розничной торговли, культурно-досуговые центры и другие предприятия торгово-бытового обслуживания населения, постоянно эксплуатируемые и посещаемые неограниченным количеством людей;
- второй уровень (среднего заглубления – 5–15 м): транспортные тоннели, гаражи и автостоянки, подсобные складские помещения, грузовые дворы, служебные коммуникации и т. п., сооружения, кратковременно используемые неограниченным количеством людей;
- третий уровень (повышенного заглубления – 15–30 м): предприятия промышленности и энергетики с постоянным присутствием ограниченного количества квалифицированного персонала;
- четвертый уровень (особо глубокий – более 30 м): глубокие инженерные коммуникации, метрополитен, специальные сооружения, эксплуатируемые без постоянного присутствия человека.

При этом предлагается предусматривать возможность создания многофункциональных подземных пространств, позволяющих обеспечивать их эксплуатацию населением без необходимости выхода на поверхность.

Использование подземного пространства должно обеспечивать:

- рациональное размещение подземных частей зданий и подземных сооружений различного назначения в необходимых местах города, в том числе в условиях стеснённой застройки;
- совершенствование транспортного обслуживания населения путем использования вневуличных электрифицированных видов транспорта для скоростных массовых перевозок пассажиров, организации скоростного и непрерывного движения на магистральных улицах и отдельных участках автомобильных дорог; формирование транспортно-пересадочных узлов и устройство транспортных развязок с использованием подземного пространства;
- формирование оптимальных условий для развития, эксплуатации и ремонта городских инженерных сетей путем устройства проходных коллекторов, компактных очистных водопроводных и канализационных сооружений, сооружений электро- и газоснабжения, насосных станций и т. д.;
- хранение и паркование легковых автомобилей и других видов транспорта в подземном пространстве;
- приспособление для современного использования территорий объектов культурного наследия, ансамблей памятников архитектуры, зон охраны объектов культурного наследия;
- повышение комфортности пребывания в общественных, деловых и торгово-коммерческих зонах, зонах обслуживания населения;
- защиту населения в защитных сооружениях гражданской обороны в условиях военного времени и при чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера;

- создание дружелюбной к маломобильным группам населения городской среды.

Для этого предполагается постепенный переход от использования подземного пространства городов для размещения отдельных объектов к его комплексному развитию, позволяющему сделать городскую среду более комфортной для жизни населения. Одновременно с этим в своде правил вводятся санитарные ограничения на использование подземного пространства для размещения:

- жилых помещений;
- учебных помещений для детей;
- учебных помещений для взрослых с пребыванием в них более 4 часов;
- административных помещений с постоянным режимом работы.

Рассмотрим реализацию этих принципов и подходов на конкретных примерах.

При строительстве в районах массовой жилой застройки перегонных тоннелей и станций метрополитена открытого способа работ предлагается использовать зону над тоннелями для размещения в ней пешеходных и автотранспортных тоннелей, автостоянок и гаражей, а также предприятий торговли. В некоторых случаях подземные сооружения могут располагаться под перегонными и станционными тоннелями или рядом с ними.

В районах, где не планируется развитие сети строящегося метрополитена, и реновация не предполагает квартального принципа застройки, для размещения подземных парковок и объектов бытового обслуживания шаговой доступности предлагается использовать существующую улично-дорожную сеть (рис. 2) [1].

При ширине парковочного места 2,5 м, подобное техническое решение позволит разместить до 1500 машино-мест (с учётом въездов-выездов и других техпомещений) на 1 пог. км автостоянки. При автоматизированной системе хранения ёмкость автостоянки увеличится примерно до 1650 машино-мест на 1 пог. км.

Также для хранения личного автотранспорта населения должна использоваться подземная часть строящихся торгово-развлекательных комплексов и ТПУ. Для этого необходимо, чтобы часть стояночных мест на автостоянках использовалась не только для ТПУ, посещения учреждений торговли, общественного питания и проч., но и для хранения личного автотранспорта сотрудниками близко расположенных административных и офисных зданий в дневное время, а жителями близлежащего района – ночью.

Для районов, где предполагается квартальный принцип застройки эти же задачи могут быть решены принципиально иным способом. В этом случае, на наш взгляд, целесообразно строительство общей подземной части микрорайона [3]. Подобное решение позволит практически полностью разделить жилую и инженерную зоны микрорайона. Наземная часть будет отдана жилой застройке, детским садам, школам, больницам, зелё-

ным насаждениям. За счёт перевода всего транспорта в подземную часть района будет обеспечена максимальная безопасность жителей, снижение ДТП, улучшена экологическая обстановка.

Примером подобного решения может быть экспериментальный район Северное Чертаново, построенный в 1970-х годах. Район был спроектирован как «город в городе», который включал в себя локальные бытовую, торговую, культурную и административную зоны. При этом в микрорайоне была реализована единая система обслуживания зданий с подземными автостоянками, пневматическим удалением мусора и централизованным контролем инженерных систем [2].

Необходимо учитывать, что строительство ведется в условиях плотной городской застройки. Для примера, в среднем в зоне влияния строительства котлована для станции метрополитена располагается пять-семь существующих зданий и сооружений (рис. 3).

Для обеспечения сохранности существующей застройки необходимо применение современных передовых технических и технологических решений [4, 10].

Таким образом, еще одной серьезной градостроительной задачей подземного строительства в Москве является обеспечение безопасной и безаварийной эксплуатации существующей окружающей застройки, подземных сооружений и инженерных коммуникаций [11]. При подземном строительстве деформации близлежащих зданий вызываются неизбежными воздействиями, связанными с изменением существующего напряженно-деформированного состояния грунтового массива, равно как и так называемыми «технологическими» воздействиями работающего строительного оборудования. Отечественные строительные нормы предусматривают необходимость выполнения геотехнического прогноза, как правило, методами математического моделирования. Геотехнический прогноз должен давать ответы на вопросы о безопасности планируемого подземного строительства и степени влияния на существующие здания и сооружения. Результаты геотехнического прогноза должны быть подтверждены в процессе геотехнического мониторинга [12], который следует вести на всем протяжении строительства подземного объекта. В том случае, если результаты прогноза показывают, что подземное строительство может оказать недопустимое воздействие на те или иные существующие объекты капитального строительства, в проекте должны быть предусмотрены защитные мероприятия, снижающие степень влияния. Проектирование защитных мероприятий регламентируется сводом правил [13], разработанным в последние годы в связи с интенсивным освоением подземного пространства в крупнейших городах РФ и, в первую очередь, конечно Москвы.

Использование опыта, накопленного строителями и проектировщиками Моск-



Рис. 3. Вид на котлован строящейся станции метро «Юго-Восточная» и перспективу Некрасовской линии метрополитена

вы, инновационных решений по ресурсосбережению и энергоэффективности, зонированию территории, организации транспортной доступности с преобладанием скоростной массовой перевозки пассажиров, позволит создать город, удобный для жизни, и повысить безопасность и инвестиционную привлекательность городского строительства.

Ключевые слова

Подземное пространство, тоннелестроение, подземное строительство, реновация, метрополитен, транспортно-пересадочный узел, комфортная городская среда, долгосрочное планирование, экологический город.

Underground space, tunneling, underground construction, renovation, metro, transport hub, comfortable urban environment, long-term planning, ecological city.

Список литературы

1. Власов Д. Н., Говорова Т. Б., Конюхов Д. С. *Инженерные вопросы реконструкции сложившихся районов Москвы.* – Механизация строительства, № 6, 2002.
2. Голубев Г. Е. *Подземная урбанистика и город.* – М.: ИПЦ МИКХиС, 2005.
3. Конюхов Д. С. *Основные принципы комплексного освоения подземного пространства при реновации жилой застройки Москвы.* – Метро и тоннели, № 2, 2019.
4. Конюхов Д. С. *«Высокие технологии» подземного строительства при реновации жилой застройки в Москве.* – Метро и тоннели, № 3, 2019.
5. *Постановление правительства Москвы от 4 мая 2012 г. № 194-ПП № 282-ПП «Об утверждении Перечня объектов перспективного строительства Московского метрополитена»*
6. *Постановление правительства Москвы № 497-ПП от 1 августа 2017 года «Про-*

грамма реновации жилищного фонда в городе Москве».

7. *Admiraal H., Cornado A. Dankable and investment-ready underground space developments. 16th World Conference of the Associated Research Centers for the Urban Underground Space (ACUUS 2018).* – Hong Kong, 2018.

8. *Brown, H. Next Generation Infrastructure: Principles for Post-Industrial Public Works.* doi: 10.5822/978-1-61091-202-0, 2014.

9. *Merkin V., Konyukhov D. Development of Moscow underground space plans, results, perspectives.* – Procedia Engineering, v. 165, 2016, pp. 663–672.

10. *Koniukhov D. S., Polyankin A. G. Ensuring the safety of the existing buildings during the construction of the underground in Moscow.* – Tunnels and Underground Cities: Engineering and Innovation meet Archaeology, Architecture and Art – Peila, Viggiani & Celestino (Eds). Taylor & Francis Group. – London, 2019.

11. *Российская архитектурно-строительная энциклопедия. Том XII «Строительство подземных сооружений»,* ОАО «ВНИИГТПИ», М.: 2008.

12. СП 305.1325800.2017 *«Здания и сооружения. Правила проведения геотехнического мониторинга при строительстве»/ Минстрой РФ, М., 2017.*

13. СП 361.1325800.2017 *«Здания и сооружения. Защитные мероприятия в зоне влияния строительства подземных объектов»/ Минстрой РФ, М., 2017.*

14. СП 473.1325800 *«Здания, сооружения и комплексы подземные. Правила градостроительного проектирования»*

Для связи с авторами

Конюхов Дмитрий Сергеевич
gidrotehnik@inbox.ru
Колыбин Игорь Вячеславович
kolybin@eccpf.ru

ОБЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ В ОСВОЕНИИ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ГОРОДОВ. МЕТОДЫ УМЕНЬШЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ОТ СТРОИТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ЗАСТРОЙКИ

GENERAL TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF UNDERGROUND SPACE IN CITIES. METHODS FOR REDUCING THE IMPACT OF CONSTRUCTION IN CONDITIONS OF DENSE EXISTING DEVELOPMENT

П. Д. Павлов, заместитель главного инженера АО «Метрогипротранс»

P. D. Pavlov, Deputy Chief Engineer of Metrogiprotrans

В статье автор рассматривает общие тенденции в освоении подземного пространства мегаполисов. Выделяет факторы, влияющие на создание потенциала развития подземного строительства. На примере локальной территории города Москвы рассмотрена эволюция освоения подземного пространства от строительства первой линии метрополитена до современных проектов расширения доступных музейных площадей за счет строительства подземных этажей. Приведены примеры практического использования методов, позволяющих уменьшить влияние строительства на окружающую застройку и действующие сооружения метро.

In the article, the author examines General trends in the development of underground space in megacities. Identifies factors that affect the creation of potential for underground construction development. On the example of the local territory of the Moscow, the evolution of underground space development from the construction of the first metro line to modern projects to expand the available Museum space through the construction of underground floors is considered. Examples of practical use of methods that reduce the impact of construction on the surrounding buildings and existing metro structures are given.

Общие тенденции в освоении подземного пространства городов

Со времен самых древних городов подземное пространство всегда было частью городской среды, начиная от простого строительства подвалов, винных погребов, колодезев и заканчивая системами тайных ходов за городские стены, катакомбами, системами канализации и т. д. Люди давно осознали преимущества подземного строительства и научились их использовать.

В последние десятилетия во всем мире наблюдается тенденция к более активному освоению подземного пространства городов. Это связано как с развитием технологий, так и с несколькими фундаментальными факторами. Факторы, влияющие на развитие подземного пространства, можно укрупненно разделить на четыре основные группы:

- нехватка пространства и необходимость его экономии;
- необходимость сохранения архитектурного облика исторической части города;
- энергоэффективные аспекты подземных сооружений;
- защитные свойства и устойчивость к природным воздействиям.

Для древних городов при освоении подземного пространства на первом месте стояли, если говорить современным языком, факторы энергоэффективности – это подземные винные и продуктовые хранилища, а также защитные свойства – это всякого рода катакомбы и подземные ходы.

Для современных городов на первое место вышли факторы нехватки пространства и необходимость сохранения архитектурного облика исторической части городов. В то же время энергоэффективность и защитные свойства подземных сооружений не утратили свою актуальность. Так при строительстве подземных складских помещений и холодильников эксплуатационные затраты сокращаются на порядок и в долгосрочной перспективе приносят немалую экономию как энергоресурсов, так и средств. В подземных сооружениях проще поддерживать постоянный микроклимат, а соответствующий тепло-влажностный режим очень важен для сохранности предметов искусства, поэтому такого рода хранилища актуальны для крупных музеев, основная часть коллекций которых находится в хранилищах, а не экспонируется, например, Лувр в Париже.

Защитные свойства подземных сооружений также актуальны, как и раньше. Заглубленные и подземные сооружения отлично подходят для приспособления в качестве защиты от воздействия проникающей радиации и других поражающих факторов современных средств поражения, а также от климатических факторов: дождя и снега, жары, холода, ветра и солнечного излучения.

Знаковые примеры реализации подземных сооружений в Москве хорошо известны – это торговый центр «Охотный Ряд» на Манежной площади и Большой театр, при реконструкции которого активно осваивалось подземное пространство. Строительство любого современного здания, как правило, включает значительное освоение подземного пространства – это, как минимум, два-три уровня подземных парковок.

Потенциал развития подземного строительства

Любое движение в природе создается и реализуется за счет потенциала. Так и движение в направлении освоения подземного пространства осуществляется за счет потенциальной привлекательности такого строительства. Выделяя те условия, которые влия-

ют на принятие решения о подземном строительстве, надо хорошо понимать как преимущества, так и возможные сложности в реализации намеченного.

К безусловным преимуществам таких проектов относится следующее:

- подземные сооружения могут проектироваться под существующими зданиями, дорогами, коммуникациями, водными объектами;

- на строительство не влияют перепады рельефа, проблемы инсоляции или затененности соседних существующих объектов, воздействие внешних факторов;

- само подземное строительство не влияет на архитектурный вид города;

- подземное пространство позволяет прокладывать кратчайшие пути для транспорта.

Все эти факторы, наряду с развитием и доступностью современных технологий, и создают потенциал дальнейшего развития в этом направлении.

Осложняющие факторы, которые обязательно следует учитывать, следующие:

- необходимость большого объема изысканий, к которым относятся инженерно-геологические изыскания, оценка влияния от строительства, а также необходимость большого объема обследования существующей инфраструктуры, которая попадает в зону влияния строительства;

- часто приходится прибегать к специальным способам ведения работ и дорогостоящим мерам по уменьшению оказываемого влияния;

- необходимость привлечения высококлассных специалистов в области подземного строительства;

- итоговая стоимость выполнения подземных работ, особенно в условиях плотной городской застройки.

Примеры освоения подземного пространства в исторической части города

Несмотря на все сложности, возникающие при освоении подземного пространства, наблюдается рост числа уникальных проектов, которые находятся на разной стадии реализации и затрагивают историческую часть города. По роду своей деятельности институт «Метрогипротранс», как разработчик проектов линий метрополитена, сталкивается с согласованием проектной документации строительства или приспособления существующих зданий в технической зоне действующего метрополитена, в которых предусматривается освоение подземного пространства. Силами специалистов института выполняются работы по обследованию действующих сооружений метрополитена, проводится оценка возможного вибрационного и акустического влияния метрополитена на строящееся сооружение, выполняются расчеты возможного взаимного влияния.

Приведу лишь несколько примеров таких наиболее интересных объектов:



Рис. 1. Схема линий 1-й очереди Московского метрополитена

- реконструкции и реставрации с приспособлением для современного использования объекта ФГУК «Политехнический музей» по адресу: г. Москва, Новая площадь, д. 3/4;

- реконструкция объекта «Многофункциональный комплекс ГЭС-2» по адресу: г. Москва, Болотная набережная, вл. 15;

- Государственный музей изобразительных искусств им. А. С. Пушкина.

На примере Государственного музея изобразительных искусств им. А. С. Пушкина и Сокольнической линии метро рассмотрим, как осваивалось и продолжает осваиваться подземное пространство города.

Сокольническая (Кировско-Фрунзенская) линия – это первая линия Московского метрополитена (рис. 1). Она была открыта 15 мая 1935 г. и шла от станции «Сокольники» до станции «Охотный Ряд» с ответвлением на станции «Парк культуры» и «Смо-

ленскую». Участки линии от «Сокольников» до «Комсомольской» и от «Библиотеки имени Ленина» до «Парка культуры» сооружались открытым способом, тоннели между станциями «Александровский сад» и «Смоленская» – траншейным способом. На участке глубокого заложения от станции «Охотный Ряд» до «Площади Дзержинского» («Лубянка») был применен метод щитовой проходки.

Строительство первой линии метро (рис. 2) велось с применением большого объема ручного труда: с помощью кирки и лопаты. Не обошлось и без ноу-хау: так фундаменты старых домов, под которыми должна была пройти линия, вывешивали на период проходки, а затем опирали на конструкции линии.

Строительство линии на участке между станциями «Библиотека имени Ленина» и «Дворцом Советов» («Кропоткинская») ве-

Рис. 2. Строительство 1-й линии Московского метрополитена





Рис. 3. Строительство 1-й линии Московского метрополитена напротив здания музея



Рис. 4. Тоннель Сокольнической линии метрополитена

лось в непосредственной близости от здания музея им. А. С. Пушкина (рис. 3). Само здание было построено в 1898–1912 гг. по проекту архитектора Романа Клейна, выполнено в неоклассическом стиле в виде античного храма на высоком стилобате и ионической колоннадой по периметру. Линия метро на данном участке представляет собой двухпутный тоннель прямоугольного очертания, выполненный из монолитного бетона с железобетонной ребристой плитой перекрытия

(рис. 4). При строительстве линии стояла задача по сохранению существующей исторической застройки района. Советские инженеры и рабочие с успехом с ней справились.

Освоение подземного пространства и ведение строительных работ в непосредственной близости от действующих сооружений метрополитена

В наши дни возникла обратная задача, необходимо минимизировать влияние на дей-

ствующую линию метрополитена от ведения строительно-монтажных работ. Дело в том, что всем хорошо известное здание музея им. А. С. Пушкина – это далеко не весь музей. На рис. 5 показан комплекс зданий музейного городка, и условно нанесена Сокольническая линия, которая проходит в непосредственной близости от зданий музея и совсем рядом с поверхностью – засыпка до 3 м. Все здания планируется объединить подземными переходами (рис. 6). Основное здание также будет расширяться за счет создания подземного уровня, кроме того строится новый депозитарно-реставрационный и выставочный центр (ДРВЦ на рис. 5 – комплекс зданий справа от основного здания музея).

Депозитарно-реставрационный и выставочный центр представляет собой комплекс из трех разноэтажных зданий – сохраняемого кирпичного и двух новых из монолитного железобетона, объединенных общим стилобатом.

Для уменьшения влияния на окружающую застройку и сооружения метрополитена при строительстве комплекса предусматривается ряд проектных решений и спецметодов.

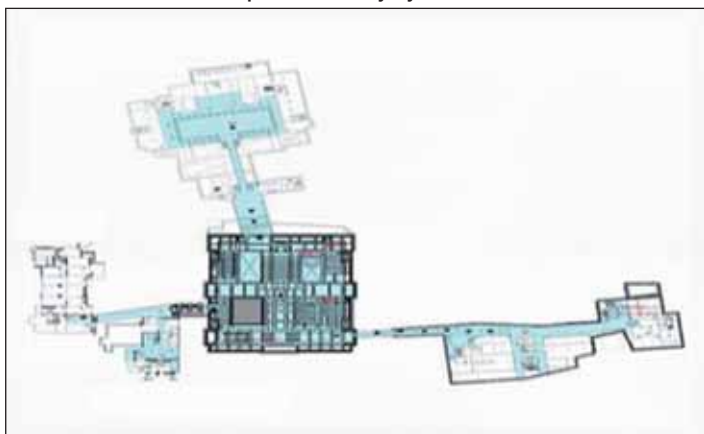
Строительство подземной части объекта предусматривает устройство котлована глубиной 14,9–20,5 м. Ограждение котлована запроектировано в виде монолитной железобетонной «стены в грунте» (рис. 7).

Разработка котлована и строительство подземной части выполняется под защитой «стены в грунте» с устройством перекрытий, начиная с перекрытия на нулевой отметке методом Top-Down (сверху вниз).

Рис. 5. Взаимное расположение музейных зданий и Сокольнической линии



Рис. 6. План подземных переходов между музейными зданиями



При этом перекрытия опираются на временные стойки и выполняют функцию распорной системы.

До устройства «стены в грунте» выполняются защитные мероприятия для зданий и сооружений окружающей застройки, находящихся в зоне влияния проектируемого объекта. Для уменьшения влияния на конструкции Сокольнической линии метрополитена предусмотрено устройство защитного геотехнического барьера.

Геотехнический барьер выполняется путем закачивания в грунт цементного раствора методом многоразовой инъекции через ряд инъекторов по манжетной технологии, устанавливаемых на пути распространения волны изменения напряженно-деформированного состояния грунта между конструкциями проводимого строительства и существующими зданиями окружающей застройки и сооружениями метрополитена.

АО «Метрогипротранс» выполняло работы по обследованию существующих сооружений метрополитена в зоне строительства ДРВЦ [2] и рассматривало проектную документацию, в том числе, разработанную НИИОСП им. Н. М. Герсеванова по устройству геотехнического барьера [1]. Были произведены расчеты и оценка влияния от предлагаемых методов ведения работ на сооружения метрополитена. По результатам проведенной оценки потребовалась некоторая корректировка принятых решений, а именно: линия геотехнического барьера отодвинута от тоннеля и притоннельного сооружения метрополитена практически до «стены в грунте», проектная документация дополнена необходимыми пояснениями по устройству геотехнического барьера, обеспечивающими исключение негативного влияния при его устройстве на тоннели метрополитена.

По результатам цифрового моделирования внесены изменения по перекрытиям подземной части для обеспечения большей сплошности конструкций плит перекрытия, которые служат распорной системой для ограждения котлована. Это позволило в целом увеличить жесткость ограждающих конструкций котлована и уменьшить влияние на окружающую застройку.

Также расчетом было установлено, что влияние строительства проектируемого объекта на дополнительные деформации конструкций тоннеля метрополитена глубокого заложения Серпуховско-Тимирязевской линии отсутствует.

Для тоннеля мелкого заложения Сокольнической линии при выполнении защитных мероприятий максимально возможные значения дополнительных осадок стометрового участка составят не более 3,4 мм (относительные смещения условных метровых участков тоннеля – 0,03 мм, что является допустимым). Горизонтальные перемещения верха ограждения котлована со стороны тоннеля составят 1,8 мм, максимальный прогиб – 14,5 мм.

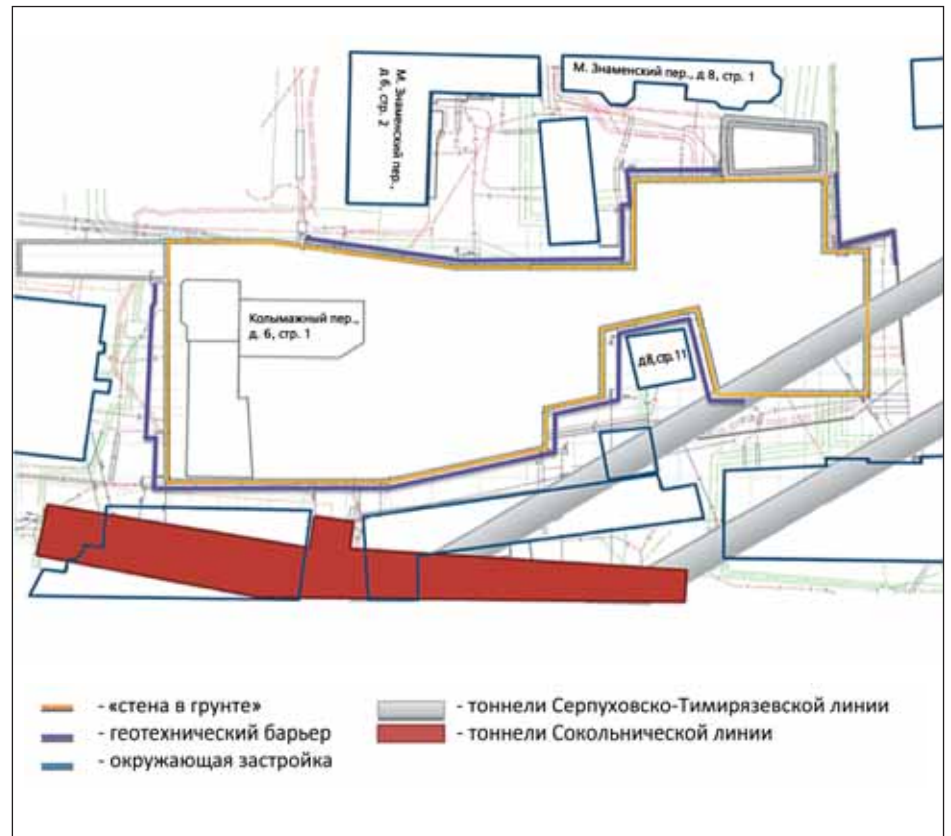


Рис. 7. План взаимного расположения котлована ДРВЦ, линий метрополитена и окружающей застройки

На сегодняшний день проект строительства ДРВЦ получил положительное заключение Главгосэкспертизы и фактически реализован с соблюдением заданных параметров. Работы по другим участкам подземного строительства музейного комплекса продолжаются и находятся в разной степени реализации.

Подводя итог, хочу отметить, что острая нехватка пространства и градостроительные ограничения создают потенциал развития подземного строительства. Современные технологии позволяют вести подземное строительство в условиях существующей плотной городской застройки, однако вопросы безопасности при производстве такого вида работ являются приоритетными. На подготовительном этапе важно правильно провести оценку влияния и определить сооружения, которые могут быть затронуты. Учитывать следует не только наземные здания, но и существующие подземные сооружения: метрополитен, коммуникации и др.

Методы уменьшения влияния строительства надо учитывать и закладывать на этапе проектирования. Сочетание различных методов может дать лучшие результаты. Задача подземного строительства должна решаться комплексно, важно привлекать квалифицированные организации к решению таких сложных задач на всех этапах жизненного цикла объекта.

На примере рассмотренного в статье объекта хорошо видно, как сегодня востребовано подземное пространство. Подземный город развивается вместе с совершенствовани-

ем технологий. Можно с большой вероятностью спрогнозировать дальнейшее повышение интереса к подземному строительству в недалеком будущем – это не только метро, но и другие уникальные проекты, которых с каждым годом становится все больше.

Ключевые слова

Подземное пространство, тенденции развития, потенциал, метро, безопасность, методы производства работ.

Underground space, development trends, potential, metro, safety, production methods.

Список литературы

1. Проектная документация «Строительство депозитарного-реставрационного и выставочного центра. Конструктивные и объемно-планировочные решения. Мероприятия по защите существующих зданий, инженерных сетей и подземных сооружений, попадающих в зону влияния строительства объекта. Геотехнические барьеры» АО «НИЦ «Строительство» НИИОСП им. Н. М. Герсеванова.
2. Научно-технический отчет «Обследование сооружений метрополитена, попадающих в зону влияния строительства объекта: Строительство депозитарного-реставрационного и выставочного центра» АО «Метрогипротранс»
3. Рис. 1, 2, 3, 4, 5 – из открытых источников сети Интернет.

Для связи с авторами

Павлов Павел Дмитриевич
PavlovP@metrogiptotrans.com



РОССИЙСКИЙ ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ БЕЗБАРЬЕРНОЙ СРЕДЫ В ПОДЗЕМНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВАХ

Д. Я. Прокопов, Д. А. Бойцов, К. В. Романевич, ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»

В статье рассматривается отечественный опыт применения различных средств и методов для организации безбарьерной среды на примере подземных общественных пространств метрополитена Москвы и Санкт-Петербурга.

Опыт развития крупных городов мира свидетельствует о необходимости комплексного перехода от горизонтального планирования городской среды к вертикальному – это способствует обеспечению более комфортной жизни для горожан. Транспортные системы городов переполнены, а концентрация населения требует больше площадей для общественных пространств в исторических центрах крупных городов [1]. Комплексное освоение подземной части городов является наилучшим решением в сложившихся обстоятельствах.

Организация комфортного пребывания человека в условиях подземного пространства является важнейшим фактором для полноценного функционирования объекта подобного рода. Этот фактор проявляет себя еще в большей степени, когда мы затрагиваем маломобильные группы населения (МГН) в контексте подземной урбанистики городов, которой свойственны перепады высот, что ставит вопрос развития безбарьерной среды в условиях проектирования и строительства подземных пространств.

Согласно официальной статистике [2] на 2020 г. в России 11 875 000 человек официально являются инвалидами. Отмечено, что с 2012 по 2020 г. количество инвалидов в стране уменьшилось (такие изменения связаны с улучшением качества медицины, условий труда и общего уровня жизни). Больше всего людей со 2-й категорией инвалидности – около 50 % от общего числа, это люди, утратившие возможность самообслуживания лишь частично: они могут передвигаться и выполнять определённые действия с помощью окружающих или используя специальные приспособления. 37 % приходится на 3-ю категорию – они способны самостоятельно обслуживать свои потребности с помощью вспомогательных средств. Такие люди передвигаются самостоятельно, но медленнее и на меньшие расстояния. 12 % приходится на 1-ю категорию – эти люди лишены возможности самообслуживания. Они зависят от окружающих и нуждаются в уходе. Их передвижение возможно только с чужой помощью. Помимо людей с инвалидностью к МГН относятся люди от 60 лет и старше, беременные женщины и женщины с детскими колясками, а также люди, получившие травму опорно-двигательной системы и временно

не способные передвигаться без специальных приспособлений. Можно сделать вывод, что категория МГН проявляется в целом спектре различий и особенностей, что формирует целый ряд особых требований для организации безбарьерной среды в подземных пространствах города.

Программа социальной поддержки «Доступная среда» [4] включает в себя различные направления по развитию и поддержке МГН, в том числе и комплексную организацию безбарьерной среды в общественных пространствах города. Результат реализации данной программы в контексте подземной урбанистики можно наблюдать на примере метрополитенов крупных городов России, как обширной подземной транспортной сети, которая ежедневно обслуживает миллионы пассажиров.

Система сооружений метрополитена для человека с ограниченными возможностями передвижения всегда представляла труднопреодолимую среду с большим количеством препятствий в условиях оживленного пассажиропотока. Особенно это проявляется, если затрагивать инвалидов-колясочников, которые не всегда могут самостоятельно заехать в вагон с платформы, не говоря уже о возможности самостоятельной эвакуации в случае аварии. Ситуация постепенно меняется – начиная с 2010 г. в Московском метрополитене в поездах серии 81-760 в головных вагонах предусмотрены специальные места для инвалидов-колясочников, а с 2017 г. в поездах серии 81-765 обеспечен беспрепятственный, сквозной проход через вагоны [3].

Раньше традиционно считалось, что людям с затруднениями в передвижении проще пользоваться наземным транспортом, однако разработанные СНиП 35-01-2001, а затем, на его основе, издание СП 59.13330.2010 и его актуальная версия – СП 59.13330.2016 обозначили проблему доступности подземных сооружений для МГН в нормативно-правовом поле и предложили ее решение. В том числе и для метрополитена, где можно



Рис. 1. Сотрудник Дистанции обеспечения мобильности инвалидов сопровождает пассажира со специальным подъемно-спусковым устройством для использования на эскалаторах (<http://www.metro.spb.ru>)

наблюдать адаптацию пешеходных путей под нужды маломобильного населения при реконструкции старых станций и при строительстве новых. Подобная адаптация проявляется во многих аспектах: оборудование пандусов при входах в метро, при спуске на платформу, на путях переходов между станциями. Все это начали внедрять относительно недавно, чему также способствовала программа «Доступная среда» и в своей основе это благоприятно повлияло на использование метрополитена людьми с ограниченными возможностями передвижения. В эту программу входят различные аспекты организации социальной и городской адаптации для маломобильного населения, в том числе и доступность метрополитена, где предполагался рост доли станций метро, доступных для инвалидов и других маломобильных групп населения – до 25,3 % к 2025 г. [4].

Сегодня возможность использования метрополитена людьми с затруднениями в пере-



Рис. 2. Вертикальный подъемник на станции метро «Октябрьская» (<https://realt.onliner.by/2016/02/05/metro-podemnik?amp=1>)

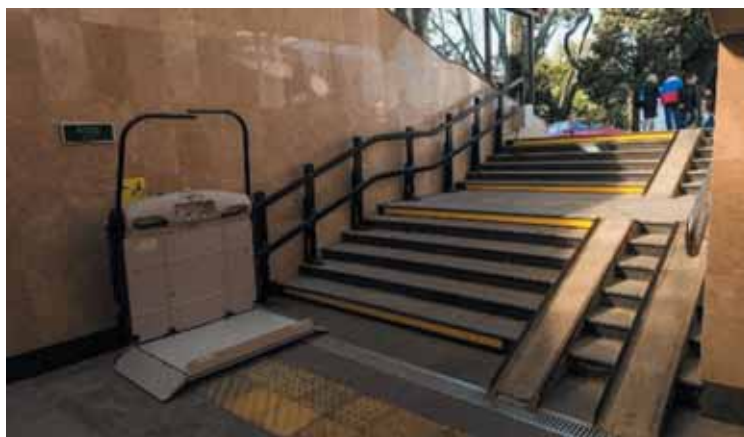


Рис. 3. Платформенный лестничный подъемник в г. Сочи (<https://azur.ru/sochi/photo/v/90551>)

движении предоставляют службы обеспечения мобильности пассажиров («Дистанция обеспечения мобильности пассажиров» в Петербургском метрополитене и «Центр обеспечения мобильности пассажиров» в Московском метрополитене). Подготовленный персонал готов помогать преодолевать различные препятствия, эскалаторы и лестничные спуски, а также сопровождать на протяжении всего пути не только людей с ограниченными возможностями здоровья, но и женщин с колясками и пожилых людей (рис. 1).

Это нивелирует то, что не в каждом случае есть возможность устройства пандуса с нормативным уклоном, так как подобное решение требует достаточно протяженного, по длине пути. Применяются различные вспомогательные устройства и механизмы, решающие проблему размещения протяженного пандуса: платформенные лестничные подъемники, лифтовые подъемники, тележки для перевозки инвалидов-колясочников по эскалаторам и лестницам (рис. 2 и 3). Большинство подъемников оборудуются инструкциями по использованию без посторонней помощи, однако это не исключает необходимости присутствия специально подготовленного персонала. Если на станции мелкого заложения можно обойтись пандусами и подъемниками, то на станциях глубокого заложения, в которых, как правило, применяются эскалаторы, без посторонней помощи у инвалида-колясочника нет возможности попасть на платформу станции. Из этого можно сделать вывод, что специализированный персонал необходим, тем более на станциях метрополитена глубокого заложения. Тем не менее, это не исключает возможности создания полностью доступной станции метро мелкого заложения, при соблюдении необходимых требований и продуманной пешеходной инфраструктуры для МГН.

Для людей, относящихся к 1-й и 2-й группе инвалидности, которые способны самостоятельно передвигаться, но с ограничениями из-за проблем со слухом или зрением (группы М1 и М2 по классификации СП 59.13330.2012 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения»), большинство станций метрополитена

так же представляют достаточно агрессивную среду. Существует целая система визуальных и тактильных маркеров, нацеленная на обеспечение безопасности при передвижении в метрополитене, которая основывается на ГОСТ Р 52131-2019 «Средства отображения информации знаковые для инвалидов» (рис. 4 и 5).

Маркеры проявляются в различных деталях интерьера, начиная с подходов к станции метрополитена и внутри: маркировка краевых ступеней лестничного марша и маркировка, обозначающая края пандуса, а также маркировка прозрачных дверей. Размещение тактильных указателей на подходах к лестничному спуску и знаковые обозначения, продублированные шрифтом Брайля – эти элементы применяются для предотвращения падения человека и для комфортной навигации при перемещении по станции метро [5]. Сюда же стоит причислить интерактивные терминалы, применяемые в метрополитене для навигации пассажиров, с помощью которых можно узнать необходимую информацию



Рис. 4. Тактильная плитка для слабовидящих людей (https://www.liveinternet.ru/community/rss_rss_hh_full/post_422170643/)

Рис. 5. Турникет для инвалидов-колясочников и пассажиров с габаритным грузом (<https://www.vdomodedovo.info>)





Рис. 6. Интерактивный терминал на станции метро «Адмиралтейская» (http://www.hellopiter.ru/The_subway_in_petersburg.html)

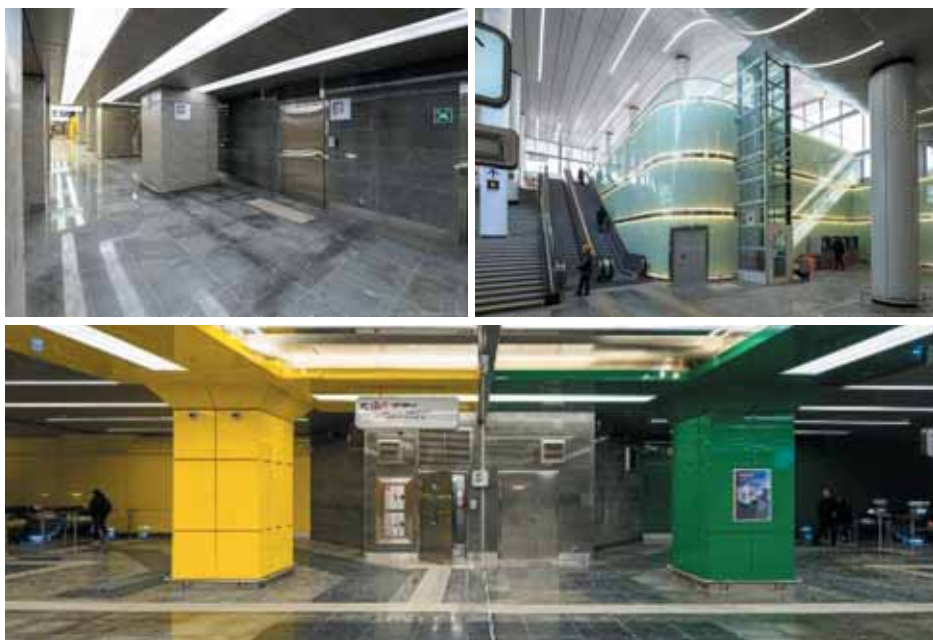


Рис. 7. Лифтовые подъемники на станции метро «Нижегородская» и ТПУ «Рязанская» (<https://bluesmaker.livejournal.com/446797.html>)

или запросить помощь (рис. 6). Но являются ли эти меры достаточными?

Важным элементом безбарьерной среды в метрополитене являются контрольно-пропускные устройства с турникетами на входе, которые устраивают как минимум один проход шириной в свету не менее 1 м, приспособленные для пропуска инвалидов на креслах-колясках. Этим же проходом могут воспользоваться люди с объемным грузом, детскими колясками.

Современный подход к организации безбарьерной среды в контексте подземной урбанистики можно рассмотреть на примере станции метро «Нижегородская» в Москве, являющейся частью масштабного, мультимодального транспортно-пересадочного узла (ТПУ) «Нижегородская», который объединил станции Некрасовской и Большой кольцевой линий метро, а также одноименную станцию

московского центрального кольца (МЦК) и платформу Карачарово Горьковской железной дороги. Несмотря на то, что за разработку самой станции метро и ТПУ отвечали разные проектные организации: НИПИИ «Ленметрогипротранс» и Архитектурное бюро Т. Башкаева соответственно, можно проследить единый подход к решению задачи обеспечения беспрепятственного передвижения по всему комплексу ТПУ. Здесь лестницы и эскалаторы, связывающие ключевые перепады высот, продублированы лифтовыми подъемниками, как в подземной, так и в наземной части ТПУ. Это дает возможность без каких-либо затруднений человеку с ограничениями в возможностях передвижения совершить пересадку или же проследовать от платформы станции метро до выхода в город из вестибюля ТПУ, который расположен в одном с

землей уровне (рис. 7). Также, помимо уже привычных визуальных маркеров, можно выделить цветное оформление тактильных указателей в интерьерах ТПУ, которое сочетается с общей цветовой гаммой.

Вывод

Появление службы обеспечения мобильности внесло большой вклад в степень комфорта при использовании метрополитена маломобильными группами населения и в целом показывает, что такая служба необходима в долгосрочной перспективе, особенно на станциях глубокого заложения, наряду с разработкой и внедрением новых технических средств и методов организации безбарьерной среды в подземных общественных пространствах.

Современные тенденции комплексного подхода к организации безбарьерной среды в условиях подземного проектирования и строительства могут быть оценены на примере новых станций Московского и Петербургского метрополитена. При этом требования улучшения среды и формирования социально-ориентированных решений постоянно модернизируются. Для соблюдения объемно-планировочных решений новым требованиям и возможному учету перспективных тенденций в этой сфере, проекты будущих объектов в ряде случаев должны быть принципиально новыми и актуальными. К таким решениям в первую очередь можно отнести необходимость оснащения всех станций глубокого заложения лифтами и специальными подъемниками, позволяющими передвижение всех категорий пассажиров самостоятельно без сопровождения.

Ключевые слова

Безбарьерная среда, доступная среда, метрополитен, подземные общественные пространства, маломобильные группы населения.

Список литературы

1. Шатило С. Л., Романевич К. В. Использование подземного пространства для культурных объектов в Санкт-Петербурге // *Метро и тоннели* № 2, 2020. – С. 32–33.
2. Инвалиды в России: количество, ступени и виды, размер ЕВД. <https://rosinfo-stat.ru/invalidy/>
3. Предшественники «Москвы»: какими были первые поезда в метро. <https://www.mos.ru/news/item/70522073/>
4. Постановление Правительства РФ от 29 марта 2019 г. № 363 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Доступная среда».
5. ГОСТ Р 52131-2019 Средства отображения информации знаковые для инвалидов. Технические требования.

Для связи с авторами

Прокопов Дмитрий Ярославович
paradise309@gmail.com
Бойцов Дмитрий Анатольевич
DBoitsov@imgt.ru
Романевич Кирилл Викторович
romanevichkirill@gmail.com



ДЕКОРАТИВНЫЕ ХУДОЖЕСТВЕННЫЕ КОМПОЗИЦИИ СТАНЦИИ «ЛЕФОРТОВО», КАК ПРИМЕР СИНТЕЗА ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ, АРХИТЕКТУРНЫХ И ХУДОЖЕСТВЕННЫХ РЕШЕНИЙ

EXPERIENCE IN SYNTHESIZING ENGINEERING, ARCHITECTURAL AND ARTISTIC SOLUTIONS OF THE LEFORTOVO STATION ENTRANCE GROUP

П. Н. Радимов, зам. генерального директора Комбината монументально-декоративного искусства

В. В. Пономаренко, гл. специалист Дирекции метро-2 АО «Мосинжпроект»

P. N. Radimov, Monumental and Decorative Art Complex

V. V. Ponomarenko, JSC Mosinzhprojekt

Особую роль в создании гармоничного архитектурно-художественного облика Московского метрополитена играет объединение усилий архитекторов, инженеров, художников, дизайнеров для достижения синтеза архитектуры, техники и искусства. Удачным примером такого сотрудничества стала станция «Лефортово», открывшаяся в марте 2020 г. Станция «Лефортово» находится в районе Москвы, тесно связанном с деятельностью Петра I и его ближайшего соратника Франца Лефорта. Авторский коллектив художников Комбината монументально-декоративного искусства под руководством художника Александра Рукавишникова и архитектора Леонида Борзенкова избрал темой декоративного оформления станции старинный дворец Лефорта, сохранившийся на гравюрах XVIII в. и его герб. Декоративная композиция в наземном павильоне выполнена по электронной версии авторских картонов в технике плоттерной печати по металлу, а панно плафона в кассовом зале подземного вестибюля с гербом Лефорта создано в технике авторской росписи по металлу. Декоративные композиции станции «Лефортово», созданные с применением новых технологий, органично вписаны в архитектуру и продолжают великие художественные традиции Московского метрополитена.

A special role in creating a harmonious architectural and artistic appearance of the Moscow Metro is played by the unification of efforts of architects, engineers, artists, designers to achieve a synthesis of architecture, technology and art. The Lefortovo station, which opened in March 2020, is a good example of such cooperation. The Lefortovo station is located in an area of Moscow closely associated with the activities of Peter I and his closest associate, Franz Lefort. The group of artists of the Combine of Monumental and Decorative Arts under the direction of the artist Alexander Rukavishnikov and the architect Leonid Borzenkov chose the old Lefort palace, preserved on engravings of the 18th century and its coat of arms, as the theme of the station's decorative design. The decorative composition in the ground pavilion was made according to the electronic version of the author's cardboards using the technique of plotter printing on metal, and the panel of the plafond in the cash hall of the underground lobby with the Lefort coat of arms was created using the technique of the author's painting on metal. The decorative compositions of the Lefortovo station, created with the use of new technologies, organically fit into the architecture and continue the great artistic traditions of the Moscow metro.

Московский метрополитен, без которого на сегодняшний день невозможно представить себе транспортную сеть нашей столицы, имеет богатую историю, начавшуюся в первой половине XX века. 15 мая 1935 г. была запущена первая очередь Московского метрополитена, положившая начало грандиозному строительству, которое и по сей день не прекращается.

Придание индивидуального архитектурно-художественного облика станциям Мо-

сковского метрополитена всегда было и остается сегодня в числе приоритетных задач, решаемых при их проектировании и строительстве.

Стоит отметить, что уже 48 станций Московского метрополитена являются памятниками архитектуры и исполняют роль подземного музейного пространства. Экскурсии по ним пользуются популярностью не только у москвичей, но и у многочисленных гостей столицы.

Начиная с 2010 г. появляются новые художественные техники и новые строительные детали, позволяющие воплотить художественный замысел на больших изобразительных поверхностях, что прежде было если и возможно в техниках классической росписи или мозаики, то несопоставимо по трудоемкости и затратам. Благодаря цифровым технологиям многократно выросли возможности точности и скорости проектирования, а также, что особенно важно для художника,



Панорамное изображение дворца Лефорто в наземном павильоне



П. Радимов, Л. Борзенков, А. Панов

Плафон кассового зала подземного вестибюля



возможности визуализации промежуточных результатов творческой деятельности и перевода в материал конечного результата.

Произведение изобразительного искусства в архитектуре создается в результате творческих усилий архитектора, художника, строителя и инженера. Удачным примером такого сотрудничества стала работа над созданием декоративных художественных панно для станции «Лефортово», которая открылась в марте 2020 г. Здесь при художественном оформлении были использованы как традиционная роспись, так и плоттерная печать на металле. Весь комплекс художественных работ осуществил Комбинат монументально-декоративного искусства под руководством генерального директора, заслуженного деятеля искусства РФ, академика Н. Аникиной. Тематическая концепция панно была разработана архитектором Л. Борзенковым и народным художником РФ, академиком А. Рукавишниковым. Графические варианты форэскизов разрабатывал художник-график К. Пузанков, он же выполнял графические эскизы и масштабные картоны. Роспись плафона выполнила бригада художников-монументалистов под руководством А. Панова. Плоттерная печать, изготовление панелей из сотового алюминия для панно наземного павильона и изготовление панелей и конструкции плафона для подземного вестибюля осуществило ООО «ГК АСП».

Архитектурно-художественное решение станции «Лефортово» связано с историей этого района времен Петра I, на рубеже XVII и XVIII веков, о которых сейчас остались воспоминания в основном в гравюрах и письменных свидетельствах. Стилистика старинной гравюры была положена в основу композиционного построения и цветографического решения панно.



Внешний вид наземного павильона

Декоративная художественная композиция в наземном павильоне станции «Лефортово» прямоугольной формы высотой 5,593 м и шириной 18,9 м, общей площадью 92,16 м², выполнена в технике принтерной печати на 38 прямоугольных панелях из сотового алюминия, закрепленных на металлическом каркасе. Композиция представляет собой панорамное изображение дворца Франца Лефорта. Панно, стилизованное в традициях гравюры XVIII в., занимает всю стену наземного павильона и показывает нам Лефортовский дворец в первозданном великолепии в виде его воображаемого отражения в водах реки Яузы.

Методика и этапы работы при создании произведений в архитектуре сложились еще в эпоху Возрождения и включают в себя создание тематической концепции и технического задания, разработку вариантов форэскиза и создание эскиза произведения по утвержденному заказчиком варианту форэскиза. Далее следует создание масштабного картона будущего произведения, картона в натуральную величину и кальки-шаблона, и только после этого начинается этап выполнения в материале. Все эти этапы являются необходимыми стадиями перехода от плоскостного изображения на листе бумаги к пространственному изображению на архитектурной поверхности. В процессе этой работы уточняются масштаб, отношения частей композиции, ее колорит и фактура поверхности. Например, при исполнении панно было сделано несколько цветowych проб для выбора цвета фона, соответствующего цвету старой бумаги (в итоге был выбран цвет RAL 2002),

при подготовке к плоттерной печати панно наземного павильона были важны также характер линии и глубина ее тона для того, чтобы передать живой характер линии.

Плафон кассового зала подземного вестибюля, помимо его изобразительной графической составляющей, является уникальным произведением архитектурного и инженерного дизайна. Плафон в плане круглый диаметром 7,465 м, развернутая площадь поверхности 50,58 м². Имея вогнутую сферическую форму, плафон состоит из 17 панелей с поверхностью из листового алюминия.

Изображение на поверхности плафона стилизовано под гравюру XVIII в., в центральной части которого расположен герб Франца Лефорта.

Плафон был изготовлен на заводе ООО «ГКА АСП». Изначально поверхность плафона планировалось расписывать после его установки в вестибюле, но в условиях стройки оказалось невозможным создать необходимый для росписи эмалевыми красками температурный режим и главное защитить поверхность от пыли, а также выделить необходимое для росписи время. Поэтому было принято решение расписывать плафон в цехе ООО «ГКА АСП».

Первоначально была выполнена эскизная разметка основных частей композиции по проекции изображения на поверхность плафона, находящегося в горизонтальном положении, затем плафон был разделен на две части, которые были установлены вертикально.

Таким образом, было достигнуто то положение поверхности, при котором художник не

стеснен в движениях, свободно ведет линию и может контролировать масштаб изображения и соотношения его частей. Соответствие получаемого изображения картону обеспечивало применение кальки-шаблона, что было особенно важно при исполнении миниатюрных геральдических фрагментов композиции. Роспись плафона выполнена эмалевыми красками для металла и покрыта слоем защитного лака.

По завершении росписи плафон был разобран на панели и перевезен на место монтажа.

Каркасы плафона выполнены из стали и прикреплены к потолку зала системой подвесок и анкерных, между собой панели скреплены болтовыми соединениями. По периметру плафона за карнизом расположена светодиодная подсветка, полностью заливающая мягким светом его поверхность.

Декоративные композиции станции «Лефортово» органично вписаны в их архитектуру, сомасштабны пространству и зрителю, визуально привлекательны и тематически содержательны, их сдержанная графическая стилистика и материал исполнения созвучны архитектуре станции.

Ключевые слова

Наземный павильон, подземный вестибюль, декоративная композиция. *Ground pavilion, underground hall, decorative composition.*

Для связи с авторами

Радимов Петр Николаевич
kmdirus@mail.ru

Пономаренко Валерия Валерьевна
ponomarenkovv@mosinzhprouekt.ru



УТОЧНЕНИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ JET GROUTING ДЛЯ УСЛОВИЙ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

CLARIFICATION OF THE JET GROUTING TECHNOLOGY SCOPE FOR THE MOSCOW METRO CONDITIONS

А. А. Долев, главный специалист АО «Мосинжпроект», к. т. н.

В. А. Алексеев, зав. лабораторией кафедры технологии вяжущих веществ и бетонов НИУ МГСУ

A. A. Dolev, main specialist, Company «Mosinjproekt», PhD (Candidate of Science in Technics), Moscow, Russia

V. A. Alekseev, head of the Laboratory of department of Technology of binder and concrete, Moscow State (National Research) University of Civil Engineering, Moscow, Russia

Подземное строительство в условиях Московского мегаполиса сильно осложнено неоднородными инженерно-геологическими условиями, требующими специальных способов строительства. Закрепление грунтов цементационными материалами на минеральной основе является одним из самых эффективных и доступных методов, которые, в частности, широко применяются при строительстве Московского метрополитена. Технологии цементации широко варьируются в зависимости от технологического режима подачи раствора. В настоящее время на объектах города Москвы наиболее широко используется технология струйной цементации. Данная технология имеет свои особенности, т. к. в большинстве случаев до проведения опытных работ и уточнения инженерно-геологического строения участка трудно спрогнозировать параметры получаемого грунтобетона. При опыте сопровождения подземного строительства авторами отмечены различные особенности проведения работ, при которых требуются особые методики для достижения проектного результата. В статье представлены особенности закрепления грунтов по технологии струйной цементации, в том числе для ненормативных условий, отмечены особенности закрепления по jet-технологии в грунтах различного типа. Показано что обоснованная корректировка технологических режимов и требований к процессу возможна различными методами в зависимости от поставленных задач.

Underground construction in the conditions of the Moscow megalopolis is highly complicated by heterogeneous engineering and geological conditions that require special construction methods. Fixing soil with cementation materials on a mineral basis is one of the most effective and affordable methods, which, in particular, are widely used in the construction of the Moscow metro. Cementation technologies vary widely depending on the technological mode of feeding the product. Currently, jet cementation technology is most widely used at the facilities of the city of Moscow. This technology has its own characteristics, because in most cases, it is difficult to predict the parameters of the resulting ground concrete before conducting experimental work and clarifying the engineering and geological structure of the site. In the experience of supporting underground construction, the authors noted various peculiarities of work that require special techniques to achieve the project result. The article presents the features of soil anchoring by jet cementation technology, including for non-standard conditions, and highlights the peculiarities of anchoring by Jet technology in various types of soils. It is shown that justified adjustment of technological modes and process requirements is possible by different methods depending on the tasks set.

Технология укрепления грунтов jet grouting получила широкое распространение в строительстве вот уже более 20 лет [1], с тех пор как в нашей стране массово стали появляться соответствующие установки итальянского, испанского и немецкого производства. Часть компаний, в основном итальянских, помимо продажи самого оборудования также предоставляли консультационные услуги по технологии производства работ, связанной со следующими вопросами:

- расход цемента при разном диаметре jet-элемента [2, 3];
- подбор режимов устройства jet-элементов (давление, длительность обработки, шаг подъема);
- использование химических добавок;
- зависимость всех переменных от вида грунтов для достижения заданных диаметров jet-элементов [4].

И действительно, технология jet grouting на тот момент казалась одной из самых удачных благодаря простоте главной идеи.

Ведь создать каменный материал непосредственно в том месте, где необходимо усиление слабого грунта, без разработки множественных шурфов или даже котлована, без устройства дополнительных строительных конструкций и монтажных работ, казалось очень заманчиво как с экономической, так и с организационной точек зрения. А тот факт, что при смешении с цементом затвердевает любой грунт, открывал перед использованием этой технологии практически безграничные перспективы.



Так, например, в Италии технология jet grouting используется очень широко – устройство ограждений котлованов, устройство целиков закрепленного грунта, для стабилизации откосов (в тех или иных формах), для создания противодиффузионных завес (ПФЗ) при устройстве оснований и фундаментов зданий, подземных инженерных систем, устройстве оснований устойчив мостов, сбоек тоннелей и т. д. [5, 6].

В общем, фактически, наибольшее распространение технология jet grouting получила на территориях, имеющих горный или долинный рельеф, сложенных несвязными или крупно обломочными грунтами (реже плотными связанными грунтами), в основном песками средней крупности и выше, с минимальной примесью более тонких частиц. В связи с относительно недавним (по геологическим меркам) дроблением исходных горных пород на мелко-дисперсные, кристаллическая поверхность имеет аморфную фазу, повышающую реакционную способность, например, в связке с портландцементом, что не особенно значительно, но все же повышает прочность грунтобетона [7, 8].

На территории нашей страны, после приобретения установок jet grouting, возникла ситуация, когда простаивание приобретенного оборудования приводило к

большим экономическим потерям для организаций-собственников, поэтому данную технологию стремились использовать во всем спектре возможных применений. Однако территория нашей страны (в части применения jet grouting) по рельефу является не горной, а равнинной. При этом равнины занимают огромное пространство, имеют очень большую удаленность от горных массивов. Этим обусловлены грунтовые особенности:

- полное отсутствие крупнообломочных грунтов;
- большое количество мелких песков с глинистым заполнением;
- повсеместное наличие грунтовых вод в нескольких горизонтах;
- почти повсеместное наличие плавунных грунтов;
- частое переслаивание пластов переменной толщины;
- почти повсеместное наличие глинистых грунтов текучей и текуче-пластичной консистенции;
- отсутствие аморфной фазы в кристаллической структуре вследствие глубокой выветренности [9].

Материалы и методы исследования

В настоящее время большие объемы строительства Московского метрополите-

на также потребовали больших объемов закрепления грунта. Применение jet grouting в метростроении, в основном, заключается в устройстве массивов грунта (внешних пригрузов) для ввода/вывода тоннелепроходческих механизированных комплексов (ТПМК), устройстве ПФЗ дна котлована, устройстве замковых элементов в местах соприкосновения бурящихся/бурокосательных свай, усилении основания существующих конструкций или новом строительстве (например, водоводов или канализационных коллекторов) и т. д.

Однако с ростом объемов производимого закрепления грунтов по технологии jet grouting, с увеличением охвата грунтовых условий, начали накапливаться неудовлетворительные результаты подобного усиления [10, 11]. Прямым выражением этого являлось отсутствие надежного ПФЗ свойств полученных закрепленных грунтов и повышенное время твердения. В ряде случаев необходимо было полностью переделывать работы по устройству jet-элементов. Анализ результатов выполненных работ (расход цемента, осмотр выбуренных кернов, испытание на прочность образцов закрепленного грунта, наблюдение за деформациями окружающего грунтового массива/существующих строительных



Устройство jet-элементов

конструкций) позволил выделить и сгруппировать основные причины неудачного опыта устройства jet-элементов.

Результаты и обсуждение

При сооружении объектов подземного строительства, в частности Московского метрополитена, были проанализированы пределы применения технологии струйной цементации, отмечено, что возмож-

ности технологии могут быть всегда расширены и дополнены для местных инженерно-геологических условий. Ниже приведены основные сложности, являющиеся препятствиями при выполнении работ по jet-технологии.

Применение в пльвунах – отсутствие однородности по глубине. При устройстве ПФЗ массивов в мелких и пылеватых, особенно обогащенных глинистыми/илистыми

ми частицами, водонасыщенных песчаных грунтах, было замечено, что раз за разом, на разных площадках, но со схожими инженерно-геологическими условиями при отработанных на опытных участках режимах устройства jet-элементов (расход цемента, количество оборотов монитора, времени обработки на одном горизонте и т. д.) при визуальном штатном режиме устройства (стабильный выход пульпы прогнозируемого объема и консистенции) при последующих буровых работах по контролю качества закрепления обнаруживались значительные зоны незакрепленного грунта. При этом в положении этих зон, их количестве, толщине и положении не просматривалась закономерность. Добиться однородности грунтобетонной колонны позволяло только последующее неоднократное устройство jet-элементов на этих же местах.

При анализе возможных причин отсутствия однородности jet-элементов было установлено следующее. Поскольку мелкий и пылеватый песчаный водонасыщенный грунт, особенно с глинистыми включениями, способен к проявлению пльвунных свойств при вибрационном воздействии, а монитор при истечении струи цементно-водной суспензии, как и сама струя, являются источником локальной вибрации, то при работе монитора подобный окружающий грунт переходит в текучее состояние [12, 13, 14]. Вследствие этого из-за разницы в плотности грунта и инъекционной суспензии стабильного последовательного формирования колонны

Излив пульпы в процессе работ по струйной цементации



из закрепленного грунта не происходит. Происходит же наоборот, хаотичное перераспределение произвольных, но незначительных объемов цементной суспензии во временно разжиженном объеме пльвуна. Следствием этого является грунт, закрепленный хаотичным расположением линз грунтоцемента или просто цементным материалом. Устроенная подобным образом противофильтрационная завеса (ПФЗ) пропускает грунтовую воду и не является монолитным массивом закрепленного грунта. Подобную проблему можно решить, выполняя jet-элементы по нескольку раз на одном и том же месте, причем желательно после схватывания предыдущей суспензии [15]. Альтернатива – повышенный расход цемента на фоне долгого размыва на горизонтах с заниженным шагом поднятия монитора.

Применение на больших глубинах – снижение радиуса jet-элемента с глубиной из-за увеличения давления вышележащей пульпы в теле jet-элемента. При устройстве столбов закрепленного грунта, например, замковых элементов между бурокасательными или буросекущими сваями, было замечено, что не удастся добиться водонепроницаемости ограждений глубоких котлованов, т. е. при их разработке появлялись водопритоки через дно котлованов/стволов с интенсивностью, приводящей к их потере.

При анализе возможных причин самым правдоподобным объяснением признано расхождение со значительной глубиной буровых свай и невыполнение замковыми jet-элементами своих функций по закреплению грунта между буровыми сваями. Наиболее вероятно, что это является следствием уменьшения диаметра jet-элемента с глубиной, по-видимому, не зависящее от вида грунта, расхода цемента и вариации времени размыва и шага поднятия монитора, а зависящее только от глубины устройства jet-элемента. Действительно, диаметр размыва напрямую зависит от энергии струи [16], которая гасится окружающей средой и чем выше давление или плотность окружающей среды, тем больше энергии струи отбирается вязкостью (плотностью) окружающей среды.

Поскольку с увеличением глубины jet-элемента увеличивается столб жидкости (пульпы), то давление в нижней части скважины способно настолько гасить энергию размывающей струи, что отсутствует возможность в нижней части jet-элемента размыва грунта на требуемый проектом диаметр. В верхних и средних частях jet-элементов, где давление пульпы не такое значительное, подобных эффектов по гашению размывающей струи не возникает и проектный диаметр размыва достигается повсеместно [11, 17]. В связи с этим очевидно, что использование jet-технологии для устройства грунтобетонных столбов на больших глубинах не

оправдано без учета уменьшения диаметра размыва.

Высокая усадка грунтобетона – необходимость узлов сопряжения и последующих доливочных работ или опрессовки. При устройстве массивов закрепленного грунта (внешних пригрузов), усиления основания сооружений и т. д. еще совсем недавно широко применялся метод jet grouting. При этом накоплено много натуральных наблюдений, свидетельствующих о незапланированных осадках зданий и сооружений на ленточных фундаментах при усилении их основания грунтобетонными колоннами с частым шагом их расположения. Незапланированные осадки, и даже просадки, происходили вследствие того, что плотный грунт основания пусть временно и локально, но замещался на объем жидкой пульпы, которая под нагрузкой от фундамента деформировалась до своего твердения. Впоследствии, после многих последовательных устройств рядом расположенных jet-элементов, подобные деформации друг на друга накладывались [12, 18]. Кроме деформаций, вызванных наличием жидкой пульпы в основании, так же еще присутствовали обыкновенные усадочные деформации. Действительно, при водоцементном отношении (В/Ц) пульпы около 1, расслаиваемость грунтобетона в только что устроенном jet-элементе достигает 10 % [5, 7, 8], следовательно, для глубины 10 м теоретическая осадка устья jet-элемента будет достигать 1 м.

В реальных условиях это не особенно заметно, если jet-элемент и его устье расположено на большой глубине – тогда объем пульпы из буровой скважины может компенсировать объем в самом jet-элементе. Однако, поскольку в скважине возможно образование пробок, достижение однородной плотности (прочности) по всему объему jet-элемента, по-видимому, невозможно. При усилении основания возможно проведение специальных мероприятий:

опрессовка устья jet-элементов, периодическая доливка цементно-песчаного раствора, введение сердечника (для обеспечения передачи усилий на нижележащие слои) или комбинация перечисленных методов. Резюмируя вышеперечисленное, необходимо отметить, что устройство jet-элементов без учета особенностей их твердения вносит неоднородность в грунтовый массив и недоучет этого явления может привести, пусть к не особо значительным, но незапланированным деформациям.

Уменьшение прочности грунтобетона при использовании в глинах и за торфованных грунтах. Известно, что глины состоят из чешуек монтмориллонита, который обладает свойством поглощать огромный объем свободного кальция (служащего материалом для кристаллического каркаса) из раствора и адсорбировать его на поверхности своих чешуек. Следствием этого является значительный перерасход (более 2-х раз) цемента для достижения одинаковой прочности на безглинистом грунтобетоне [1, 5, 11, 16]. Для того чтобы этого избежать, используют предварительный размыв глинистого грунта струей воды или цементно-водной суспензии, однако это, помимо увеличения диаметра грунтобетонного столба, еще больше увеличивает расход цемента и временные затраты на единицу грунтобетонной колонны.

Использование жидкого стекла и хлорида кальция. В настоящее время почти все работы по устройству jet-элементов производятся с использованием ускорителей твердения. Практика показывает, что самыми распространенными ускорителями по критерию цены являются жидкое стекло и хлорид кальция. Эти добавки вводят в смеситель, где они растворяются в воде затворения и смешиваются с цементом. Затем, по системе трубопроводов модифицированная цементная суспензия поступает в плунжерный насос и далее, опять

Анализ образцов-кернов грунтобетона при контроле качества работ



через систему трубопроводов, в рабочий орган буровой установки. Однако указанные ускорители твердения начинают взаимодействовать с цементом сразу после введения воды затворения. Побочным воздействием ускорителей твердения является загущение цементного раствора, т. е. он практически сразу начинает терять свою подвижность до 30 % в течение 10 минут. И если благодаря использованию мощных высокопроизводительных насосов изменение подвижности смеси не сказывается на ее транспортировке в системе трубопроводов, то это изменение вязкости напрямую сказывается на способности струи к размыву, которая снижается пропорционально увеличению вязкости и, соответственно, количеству введенной добавки [3, 9, 13]. Как следствие этого, диаметр jet-элемента уменьшается по сравнению с тем случаем, когда ускоритель твердения не используется. Вот почему так часто не получается монолитного грунтобетонного массива при расположении jet-элементов на расстояниях, соответствующих диаметрам этих элементов [16], полученных без использования ускорителей.

Заключение

Подытоживая указанное выше, необходимо отметить, что получившая широкое распространение в гражданском строительстве технология jet grouting, при всех своих положительных аспектах, таких как технологичность и универсальность, все же имеет ряд нюансов, ограничивающих ее применение для строительства Московского метрополитена. Связано это, прежде всего, со спецификой самого метрополитена, т. к. устройство заглубленных и подземных конструкций производится на довольно значительных глубинах (20–30 м), на которых эффективность jet технологии посредственна. Кроме того, в большинстве случаев не представляется возможным переносить места производства работ из-за осложняющих грунтовых условий (пльвинные грунты, частые переслоения разнородных грунтов), а приходится устраивать, например, пригрузки в точно заданном месте.

В связи с вышесказанным, необходимо отметить следующие особенности технологии jet grouting:

- ее применение в пльвинных грунтах (трудности в создании монолитного массива);
- использование на больших глубинах (трудности в соблюдении одинакового диаметра грунтобетонных колонн в их верхней и нижних частях на глубинах более 15–20 м);
- высокая усадка грунтобетона;
- уменьшение прочности грунтобетона в глинах (перерасход цемента);
- использование ускорителей твердения (снижение диаметра размыва при устройстве грунтобетонной колонны).

Эти эффекты предлагается учитывать при проектировании и выполнении работ по устройству колонн из закрепленного грунта по технологии jet grouting. Однако имеется необходимость по дальнейшему сбору и систематизации информации для определения реальных, достигнутых опытным путем изменений значений расхода цемента, изменения диаметра jet-элементов, усадки и снижения прочности грунтобетона в зависимости от физико-механических свойств вмещающих грунтов и глубины устройства самого jet-элемента.

Ключевые слова

Подземные сооружения, строительные конструкции, струйная цементация, закрепление грунта, стабилизация грунтового массива, противодиффузионная завеса, грунтобетон, грунтоцемент.

Underground structures, building structures, jet grouting, soil consolidation, stabilization of the soil mass, cutoff curtain, soil-concrete, soil-cement.

Список литературы

1. Zbi-Feng Wang, Shui-Long Shen, Giuseppe Modoni. *Enhancing discharge of spoil to mitigate disturbance induced by horizontal jet grouting in clayey soil. Theoretical model and application // Computers and Geotechnics, Volume 111, July 2019, Pages 222–228. DOI: 10.1016/j.compgeo.2019.03.012.*
2. Mabdi Heidari, Fulvio Tonon. *Ground reaction curve for tunnels with jet grouting umbrellas considering jet grouting hardening // International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Volume 76, June 2015, Pages 200–208. DOI: 10.1016/j.ijrmm.2015.03.021.*
3. О. А. Makovetskiy. *Application of «Jet Grouting» for Installation of Substructures of Estates // Procedia Engineering, Volume 150, 2016, Pages 2228–2231. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.269.*
4. Ekaterina Nezhnikova. *The Use of Underground City Space for the Construction of Civil Residential Buildings // Procedia Engineering, Volume 165, 2016, Pages 1300–1304. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.11.854.*
5. G. G. Kashevarova, O. A. Makovetskiy. *Analysis of Experimental and Estimated Jet-grouted Soil Mass Deformations // Procedia Engineering, Volume 150, 2016, Pages 2223–2227. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.268.*
6. Hamza Gullu. *On the viscous behavior of cement mixtures with clay, sand, lime and bottom ash for jet grouting // Construction and Building Materials, Volume 93, 15 September 2015, Pages 891–910. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2015.05.072.*
7. Hamza Gullu. *A new prediction method for the rheological behavior of grout with bottom ash for jet grouting columns // Soils and Foundations, Volume 57, Issue 3, June 2017, Pages 384–396. DOI: 10.1016/j.sandf.2017.05.006.*

8. Nuno Cristelo, Edgar Soares, Ivo Rosa, Tiago Miranda, Ana Chaves. *Rheological properties of alkaline activated fly ash used in jet grouting applications // Construction and Building Materials, Volume 48, November 2013, Pages 925–933. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2013.07.063.*

9. Долов А. А. *Основные технологические решения при выводе ТПМК с трассы тоннеля в демонстрационный котлован // Метро и тоннели. № 4, 2019 г.*

10. Jj Andrei Belyi, Eduard Karapetov, Yuri Efimenko. *Structural Health and Geotechnical Monitoring During Transport Objects Construction and Maintenance (Saint-Petersburg Example) // Procedia Engineering, Volume 189, 2017, Pages 145–151. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.05.024.*

11. О. А. Makovetskiy. *Application of «Jet Grouting» for Installation of Substructures of Estates // Procedia Engineering, Volume 150, 2016, Pages 2228–2231. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.269.*

12. M. Axelsson, G. Gustafson. *The PenetraCone, a new robust field measurement device for determining the penetrability of cementitious grouts // Tunneling and Underground Space Technology, Volume 25, Issue 1, January 2010, Pages 1–8. DOI: 10.1016/j.tust.2009.06.004.*

13. Katia Boschi, Claudio Giulio di Prisco, Matteo Oryem Ciantia. *Micromechanical investigation of grouting in soils // International Journal of Solids and Structures, 15 June 2019. DOI: 10.1016/j.ijsolstr.2019.06.013.*

14. Quansheng Liu, Lei Sun. *Simulation of coupled hydro-mechanical interactions during grouting process in fractured media based on the combined finite-discrete element method // Tunneling and Underground Space Technology, Volume 84, February 2019, Pages 472–486. DOI: 10.1016/j.tust.2018.11.018.*

15. Ekaterina Nezhnikova. *The Use of Underground City Space for the Construction of Civil Residential Buildings // Procedia Engineering, Volume 165, 2016, Pages 1300–1304. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.11.854.*

16. Малинин А. Г. *Влияние режимов струйной цементации на диаметр грунтоцементных колонн // Метро и тоннели. 2013. № 4. С. 30.*

17. Бройд И. И. *Струйная геотехнология: учеб. пособие для студентов, обучающихся по направлению 653500 «Строительство» / ИИ. Бройд. – М.: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2004 (ППП Тит. Наука). – 440, [1] с.: ил, табл.; 22 см.; ISBN 5-93093-258-1 (в пер.).*

18. Тер-Мартirosян З. Г., Струнин П. В. *Усиление слабых грунтов в основании фундаментных плит с использованием технологии струйной цементации грунтов // Вестник МГСУ. 2010. № 4–2. С. 310–311.*

Для связи с авторами

Долов Андрей Андреевич
Dolevaa@mosinzhprouekt.ru
Алексеев Вячеслав Александрович
634586@mail.ru

