

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. Бельский

А. Ю. Бочкарев, канд. экон. наук

В. В. Внутских

С. А. Жуков

В. Н. Захаров, академик РАН

Б. А. Картозия, доктор техн. наук

Е. Н. Курбачкий, доктор техн. наук

М. О. Лебедев, канд. техн. наук

И. В. Маковский, канд. техн. наук

В. Е. Меркин, доктор техн. наук

М. Х. Миралимов, доктор техн. наук

М. М. Рахимов, канд. техн. наук

А. Ю. Старков

Т. В. Шепитько, доктор техн. наук

Ш. К. Эфендиев

Тоннельная ассоциация России

тел.: (495) 608-8032, 608-8172

факс: (495) 607-3276

www.rus-tar.ru

e-mail: info@rus-tar.ru

Предпечатная подготовка

ООО «Метро и тоннели»

тел./факс: +7 (495) 981-80-71

127521, Москва,

ул. Октябрьская, д. 80, стр. 3,

оф. 4206

e-mail: metrotunnels@gmail.com

Журнал зарегистрирован

Минпечати РФ ПИ № 77-5707

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



Мосметрострой



№ 3 2023

Строительство

**Организация строительства подземного
пешеходного перехода через железную дорогу
в районе платформы Быково** 2
И. Я. Дорман, А. Б. Лебедев, С. В. Мазеин

**Оценка роли защитного экрана
при строительстве транспортных тоннелей** 10
А. Ю. Долгих

Тоннельная обделка

**Оценка эффективности способов
усиления тоннельных обделок** 12
В. Е. Меркин, Д. В. Устинов, И. Н. Хохлов

Осушение тоннелей с обделкой из каменной кладки 16
В. А. Гурский, К. А. Рябов,
М. В. Головин, О. А. Пирожков, А. С. Гнителинко

Щитовая проходка

**Использование российской щитовой системы навигации
SN-P при строительстве метрополитена в Алма-Ате** 22
Г. М. Стафеев, А. Г. Леонов

Шахтное строительство

**Экспериментальная оценка напряженно-
деформированного состояния крепи шахтных стволов** 24
Д. С. Паринков

Мониторинг

Обследование и мониторинг сооружений метрополитена 26
В. А. Гарбер

Научно-техническое сопровождение

**Научно-техническое сопровождение проектирования
линейных объектов инженерной инфраструктуры
в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов** 28
Е. Н. Борисевич, А. В. Гришин, И. Н. Даниеля,
Д. С. Конюхов, Б. А. Крымов, Е. Ю. Куликова

Метрополитены

Екатеринбургское метро: возможны варианты 33

**Новосибирский метрополитен:
соединяя берега, соединяем людей** 36

Зарубежный опыт

**Изменения в технологии и нормах проектирования
железнодорожных тоннелей в Японии** 40
В. В. Космин

Новые линии метро в Китае 43
В. В. Космин

В Азербайджане строятся новые автодорожные тоннели 44
Ш. К. Эфендиев, А. М. Алиев

В Международной тоннельной ассоциации

Обзор Международного тоннельного конгресса – 2023 45
А. Р. Попонин, Н. Г. Бобылев

СОДЕРЖАНИЕ



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ

Тоннель № 6
после осушительных
мероприятий (г. Сочи)
(с. 16)

ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДЗЕМНОГО ПЕШЕХОДНОГО ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ ЖЕЛЕЗНУЮ ДОРОГУ В РАЙОНЕ ПЛАТФОРМЫ БЫКОВО

ORGANIZATION OF THE CONSTRUCTION OF AN UNDERGROUND PEDESTRIAN CROSSING OVER THE RAILWAY IN THE AREA OF THE BYKOVO PLATFORM

И. Я. Дорман, д. т. н., А. Б. Лебедев, С. В. Мазейн, д. т. н., Тоннельная ассоциация России

I. Y. Dorman, A. B. Lebedkov, S. V. Mazein, Tunneling Association of Russia

Специалисты Тоннельной ассоциации России в рамках научного сопровождения проектирования строительства пешеходного перехода через пути железной дороги без перерыва движения поездов по магистрали Москва–Казань в районе платформы Быково в Московской области проанализировали на стадии «Проект» метод строительства горным способом. Ими поддержан инженерный центр «Мосты и тоннели», предложивший заменить метод строительства на более прогрессивный и, главное, безопасный метод продавливания готовых секций.

Specialists of the Tunneling Association of Russia, within the framework of scientific support for the design of the construction of a pedestrian crossing over the railway tracks without interrupting the movement of trains along the Moscow–Kazan highway in the area of the Bykovo platform of the Moscow region, analyzed the mining construction method at the project stage method and supported the engineering center «Bridges and Tunnels» to change it to a more progressive and, most importantly, safe method of pushing through finished sections.

Объект строительства

Проектируемый пешеходный переход через полотно Московской железной дороги Рязанского направления находится между станциями Быково и Удельная. Строительство будет осуществляться в районе с высокой плотностью малоэтажной жилой застройки.

Рабочая документация проекта организации строительства ОАО «Гипростроймост» переработана инженерным центром «Мосты и тоннели» (ИЦ «МиТ»).

Принципиальное отличие заключается в строительстве тоннельной части пешеходного перехода под насыпью железной дороги методом продавливания заранее изготовливаемых замкнутых железобетонных секций вместо проходки с временными рама-

ми с затяжкой кровли и бетонированием тоннеля за устанавливаемой опалубкой, т. е. при строительстве горным способом.

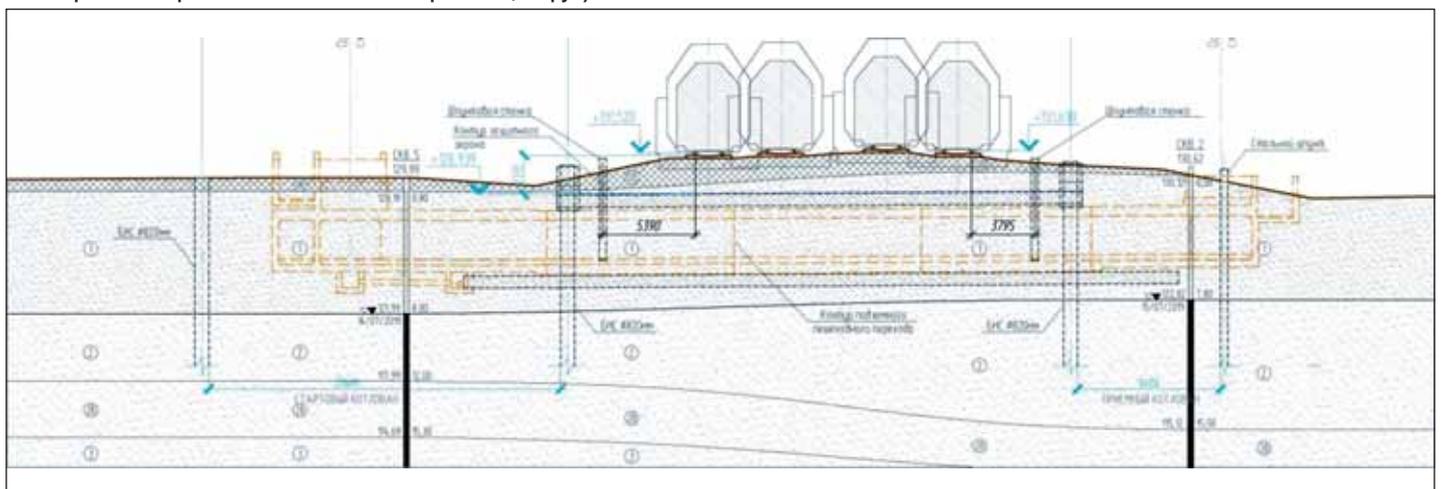
Ниже анализируется рабочий проект организации строительства пешеходного тоннеля методом продавливания готовых железобетонных секций.

Схема пешеходного тоннеля

Проектируемый подземный пешеходный переход через железную дорогу расположен на ПК 1+87.4 32 км железной дороги Рязанского направления в районе платформы Быково.

Проектируемое сооружение относится к нормальному уровню ответственности (№ 384-ФЗ от 30 декаб-

Рис. 1. Схема проектируемого пешеходного перехода под насыпью железной дороги (коричневым цветом обозначена конструкция, пунктиром – ограждение стартового и приемного котлованов и направляющих труб)



ря 2009 г. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений и Градостроительный кодекс, ст. 48.1).

В составе пешеходного перехода запроектирована тоннельная часть под насыпью железной дороги, сооружаемая методом продавливания, и входная часть за пределами насыпи, сооружаемая открытым способом. Конструкция тоннеля монолитная индивидуального проектирования. В поперечном сечении тоннель подземного перехода запроектирован под два направления движения пешеходов. Габарит прохода назначен с учетом перспективной интенсивности движения пешеходов и составляет 2,3 м в высоту и 4 м в ширину. Толщина перекрытия тоннеля 550 мм, лотка – 600 мм, стен тоннеля – 450 мм (рис. 1).

Тоннельная часть под полотном железной дороги состоит из трех монолитных секций длиной по 10–11 м или, как вариант, четырех монолитных секций длиной 8 м, изготавливаемых на стапеле в стартовом котловане и продавливаемых системой домкратов.

По концам тоннельного участка пешеходного перехода запроектированы входные группы. Конструктивные решения входной группы перехода включают в себя два лестничных схода, два пандусных спуска с тактильно-контрастными напольными указателями и три технологических помещения.

Для исключения прямого попадания осадков на входную группу предусмотрены наземные павильоны, а для удобства доступа в подземный переход маломобильных групп населения по обоим концам перехода на лестничных сходах должны быть установлены подъемные устройства.

Для сбора воды под тоннелем необходимо проложить дренажную трубу с продольным уклоном 0,007 и устроить водосборные колодцы, а для удаления воды из сооружения запроектировать насосную площадку 17 м² с устройством водосборного резервуара.

Для электрификации сооружения запроектирована электропитательная площадка 10 м², а для размещения эксплуатационного инвентаря – служебное помещение площадью 9 м².

Инженерно-геологические и гидрогеологические условия строительства. Физико-механические свойства грунтов

Геологическое строение

По результатам выполненных изыскательских работ в геологическом строении района до исследуемой глубины 50 м имеются четвертичные отложения различного генезиса, подстилаемые отложениями нижнего отдела юрской и каменноугольной системы.

Четвертичная система представлена отложениями голоцена (современное звено), плейстоцена (среднее звено).

Голоцен. Современные техногенные образования (тН) – это природные перемещенные насыпные грунты, образованные при промышленном и гражданском строительстве, прокладке подземных коммуникаций; до-

рожной одеждой автомобильных дорог, насыпями железной дороги. В основном представлены песками средней крупности, с включениями щебня, обломков кирпича, мощностью от 0,8 до 2,0 м.

Плейстоцен. Среднее звено. Московский горизонт. Аллювиально-флювиогляциальные отложения (afQlms) залегают под насыпными грунтами, представлены песками разнозернистыми, с гравием, редкой галькой, светло-коричневыми, серо-коричневыми, малой степени насыщения, насыщенными водой, с тонкими слоями супесей, местами суглинков. Общая мощность отложений доходит до 17–19 м. Абсолютные отметки подошвы образований 109–110 м балтийской системы (БС).

Юрская система в районе предполагаемого строительства представлена отделами: верхним (волжским и оксфордским ярусами) и средним (келловейским ярусом). Отложения развиты повсеместно, залегают под четвертичными образованиями.

Верхний отдел. Волжский ярус (J3v) – пески мелкие, пылеватые, серые, темно-серые, слюдястые, насыщенные водой, с фосфоритами, тонкими слоями глины черной, мощностью до 4 м, абсолютными отметками подошвы слоя 103–104 м БС. Оксфордский ярус (J3ox) – глины слюдястые черные, с детритом, мощностью до 7 м, абсолютными отметками подошвы слоя 97–99 м БС.

Средний отдел. Келловейский ярус (J2k) представлен глинами серыми плотным, с прослоями мергеля, фауны, мощностью до 9 м, абсолютными отметками подошвы слоя 88 м БС.

Юрские отложения залегают трансрессивно на размытой поверхности каменноугольных отложений с резким стратиграфическим несогласием.

Категория сложности инженерно-геологических условий участка работ в соответствии с СП 11-105-97 ч. 1 (приложение Б) – установлена как II (сложная).

Гидрологические условия участка работ

Гидрогеологические условия участка характеризуются наличием двух водоносных горизонтов.

Первый уровень надюрского водоносного горизонта зафиксирован на глубинах 6,6–9,5 м от поверхности земли. Водоносный горизонт функционирует в безнапорном режиме. Нижним водоупором являются юрские глины.

Второй уровень измайловского водоносного горизонта появился на глубине 35–36 м и установился на глубине 8,7–9,2 м. Водоносный горизонт функционирует в напорном режиме, напор достигает 27,2 м. Основными водосодержащими породами являются трещины в известняках. Нижним водоупором являются каменноугольные полутвердые глины. По составу подземная вода второго водоносного горизонта гидрокарбонатная магниево-кальциевая, пресная, жесткая (жесткость карбонатная) и гидро-

карбонатная кальциевая, пресная, жесткая (жесткость карбонатная), показатель кислотности pH = 7,3–7,4.

В периоды обильного выпадения осадков и снеготаяния возможно поднятие уровня грунтовых вод на 1 м.

Подземные воды, согласно ГОСТ 31384-2017, слабоагрессивные к бетонам марок W4 и неагрессивны к бетонам марок W6, W8, W10-W12. Воды среднеагрессивные к металлическим конструкциям согласно СП 28.13330.2017. Агрессивность к оболочкам кабелей по ГОСТ 9.602-2005, к свинцовой – средняя, к алюминиевой – высокая.

Физико-механические свойства грунтов

Физико-механические свойства грунтов изучались полевыми (статическое зондирование, штамповые испытания) и лабораторными методами (на образцах ненарушенной структуры). Испытания грунтов выполнялись в соответствии с действующими методиками и ГОСТами.

В результате анализа и обобщения данных, полученных полевыми и лабораторными методами, грунты, слагающие площадку изысканий до глубины 45 м, выделены в 11 инженерно-геологических элементов (ИГЭ).

Вывод. Инженерно-геологические, гидрогеологические и физико-механические свойства грунтового массива под насыпью железной дороги, через которую будет осуществляться продавливание железобетонных секций пешеходного перехода, достаточны для проведения расчетов конструкций и технологических операций (шпунтовое ограждение и ограждение котлованов буровыми сваями, определение усилий продавливания опережающих экранов из труб, толщины упорной стены и усилий домкратной группы для продавливания в грунте секций пешеходного перехода, а также для осушения стартового и приемных котлованов).

Организационно-технологическая схема сооружения пешеходного перехода

В разработанном проекте организации строительства (ПОС), в соответствии с нормативными документами, прежде всего в соответствии с требованиями СП 48.13330.2019 «Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004» разработана организационно-технологическая схема сооружения пешеходного тоннеля, предусматривающая организационный, подготовительный и основной периоды строительства. Кратко проанализируем разработанную в ПОС документацию по данному разделу.

Организационный период

В организационный период строительной организацией должно быть получено разрешение на строительство и, в соответствии с ТУ РЖД, заключен договор с железной дорогой на осуществление в течение всего срока строительства техниче-

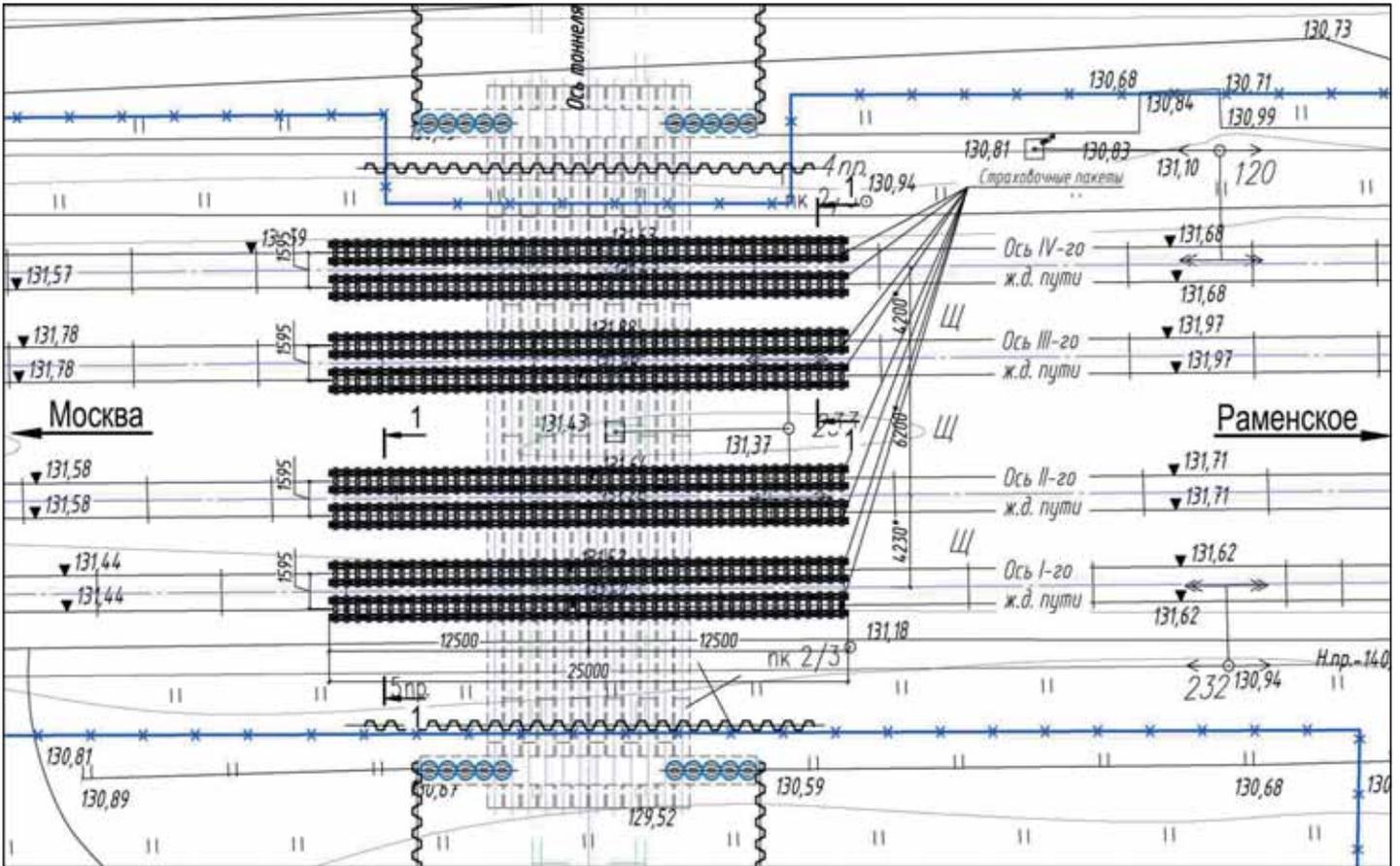


Рис. 2. План установки страховочных пакетов путей железной дороги

ского надзора за состоянием железнодорожной инфраструктуры и обеспечения безопасности движения поездов (состояние пути, контактной сети, железнодорожных коммуникаций).

Технический надзор предусматривает осуществлять все работы в присутствии представителей железной дороги.

В организационный период решаются вопросы обеспечения строительства материалами, конструкциями, схемы их доставки на стройплощадку, обеспечение строительства источниками электроэнергии, водой и сжатым воздухом и др.

Также в этот период разрабатываются рекомендации по выбору машин и механизмов для строительства.

Проанализируем, как эти вопросы отражены в ПОС.

Обеспечение строительства материалами, конструкциями и др. Фактическое обеспечение строительства материалами, конструкциями и полуфабрикатами проектом предусмотрено осуществлять с ближайших действующих производственных предприятий с учетом сложившихся производственных связей условного подрядчика (определяемого по результатам конкурсных торгов на подрядные работы) с поставщиками строительных материалов и конструкций.

Для снабжения строительства грунтом земляного полотна, песком и щебнем предполагается использовать карьеры и перевалочные базы, расположенные в ре-

гионе строительства, и разработана транспортная схема.

Доставка строительных материалов, полуфабрикатов и конструкций к местам производства работ предусмотрено осуществлять автомобильным транспортом от поставщиков указанных ресурсов или производственной базы, намечаемых подрядчиком, с использованием существующей сети автомобильных дорог общего пользования.

Приведены ведомость источников получения, способ и дальность транспортировки основных строительных материалов, изделий и конструкций, а также мест утилизации отходов.

Обеспечение строительства электроэнергией. Для обеспечения строительства пешеходного перехода электроэнергией устанавливаются передвижные электростанции. Временные электросети прокладываются по столбам и стойкам. Освещение строительной площадки производится с помощью мачт освещения.

Вывод. В утвержденной экспертизой документации ОАО «Институт Гипротранс» на стадии «Проект» электроснабжение на период строительства предполагалось получать от существующей ТП. В ПОС это изменение недостаточно обосновано. Подрядчик строительства должен выбрать способ электроснабжения исходя из сложившихся на момент строительства условий.

Выбор оборудования, машин и механизмов. Выбор оборудования, машин и ме-

ханизмов для выполнения работ в ПОС производился с учетом следующих условий:

- соответствие технических характеристик оборудования, машин и механизмов для выполнения определенных видов строительного-монтажных работ;
- преимущественного использования тех или иных машин, механизмов и оборудования, которые оказывают наименьшее отрицательное воздействие на окружающую среду по уровню шума и загрязнению окружающей среды вредными выбросами;
- преимущественного применения отечественного оборудования, машин, механизмов и автотранспортных средств, при условии, что их технические характеристики не уступают зарубежным аналогам.

Также в ПОС сделана ремарка, что конкретный выбор зависит от наличия у подрядной организации, которая будет осуществлять строительство, комплекта соответствующего оборудования и автотранспортных средств.

Вывод. В ПОС приведен подробный перечень необходимых для строительства машин и механизмов, но в него необходимо добавить оборудование и материалы, предназначенные для нагнетания за обделку продавливаемых секций тоннеля бентонитовой суспензии, с целью:

- снижения усилий продавливания за счет уменьшения коэффициента трения между грунтом и продавливаемой обделкой;
- защиты металлоизоляции тоннеля от коррозии.

Видимо, этот вопрос оставлен за подрядчиком.

Организация системы физической защиты (СФЗ) объекта строительства и мероприятия по противодействию террористическим угрозам. В отдельном разделе ПОС подробно расписаны мероприятия по СФЗ, включающие выполнение ряда организационных и технических мероприятий по физической защите и охране объекта в целом. Мероприятия по физической защите и охране объекта регламентируют действия персонала СФЗ объекта по охране объекта с использованием индивидуальных технических средств охраны (ИТСО). Целью СФЗ объекта является предотвращение террористических актов (ТА) в отношении критических элементов объекта, что возможно при условии обеспечения средствами обнаружения радиоактивных и взрывчатых веществ при поступлении на объект или в процессе монтажа элементов объекта, своевременного обнаружения нарушителя, задержки его продвижения к месту совершения ТА, наличия возможностей и подготовленности подразделений охраны объекта или других сил реагирования.

Вывод. В этом разделе ПОС с достаточной полнотой рассмотрены все вопросы по оснащению стройплощадки системой охраны и физической защиты объекта, а также контроля за безопасностью параметров строительных материалов.

Подготовительный период

В данном разделе ПОС перечислены необходимые работы и мероприятия, которые должны быть выполнены до начала основных работ по строительству пешеходного тоннеля:

- создание геодезической разбивочной основы;
- устройство строительных площадок и бытовых городков с ограждением, устройство технологических и подъездных дорог в соответствии со стройгенпланом;
- инженерная подготовка территории строительной площадки с первоначальными работами по планировке, временных канализации, водоснабжения, противопожарных мероприятий;
- переустройство инженерных коммуникаций различного назначения, попадающих в зону строительных работ в соответствии с нормативными требованиями.

Вывод. Все мероприятия подготовительного периода в ПОС предусмотрены в соответствии с СП 49.13330.2010 «Безопасность труда в строительстве» и «Правилами проведения земляных работ, установки временных ограждений...» № 299-ПП от 16 сентября 2020 г.

Основной период строительства

В этом разделе ПОС рассмотрена технология строительства, представляющая собой описание 54 технологических операций, разбитых на шесть основных блоков, начи-

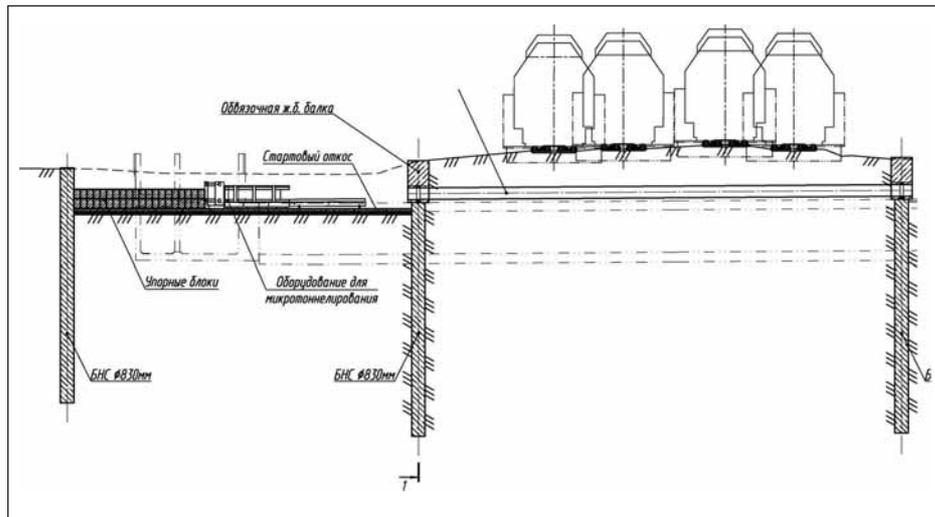


Рис. 3. Ограждение стартового котлована буронабивными сваями (ограждение приемного котлована – аналогично)

ная с мероприятий по устройству страховочных пакетов железнодорожных путей в зоне продавливания пешеходного перехода и организации мониторинга за состоянием грунтового массива (насыпи) и железнодорожного пути в соответствии с ТУ РЖД, и кончая сдачей объекта в эксплуатацию.

Первый блок технологических операций. Вынос коммуникаций из зоны стартового и приемных котлованов, установка страховочных пакетов железнодорожных путей (рис. 2), монтаж оборудования по установке элементов для осуществления мониторинга за просадками железнодорожной насыпи при продавливании тоннеля.

Второй блок технологических операций: ограждение стартового и приемного котлованов из буровых свай и шпунта, сооружение насыпи под площадку для буровой установки и подъездную дорогу.

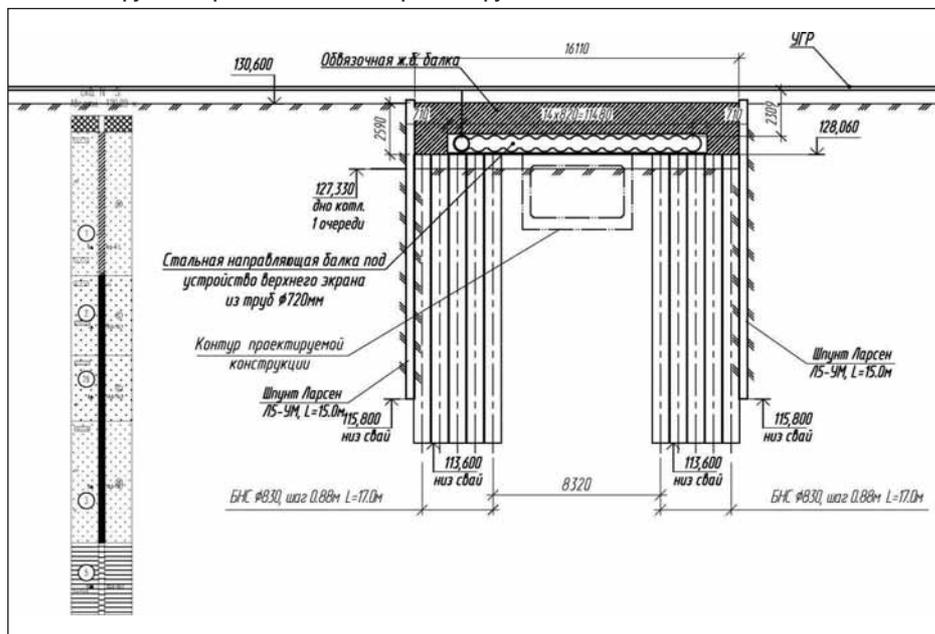
Буровой установкой типа «Liebherr LB 16» сооружаются буровые сваи ограждения котлованов со стороны железнодорожных пу-

тей и упорной стены для восприятия усилия от вдавливания горизонтальных труб защитного экрана (рис. 3). Упорная стена одновременно служит тыловой стенкой ограждения стартового котлована. Боковые ограждающие конструкции стартового и приемного котлованов выполняются из шпунта типа «Ларсен» (см. рис. 2).

Перед устройством верхнего экрана из труб выполняется устройство обвязочных балок в порталных частях закрытой проходки. Для защиты насыпи железнодорожных путей до начала разработки грунта для сооружения обвязочных балок выполняется выibroпогружение шпунтовых стенок $L = 6$ м вдоль этих путей. После сооружения обвязочных балок шпунтовые стенки извлекаются.

Третий блок технологических операций: устройство защитного экрана из труб в насыпи железной дороги для возможности строительства тоннеля без остановки движения поездов (рис. 4), он необходим как временная несущая конструкция.

Рис. 4. Конструкция верхнего защитного экрана из труб



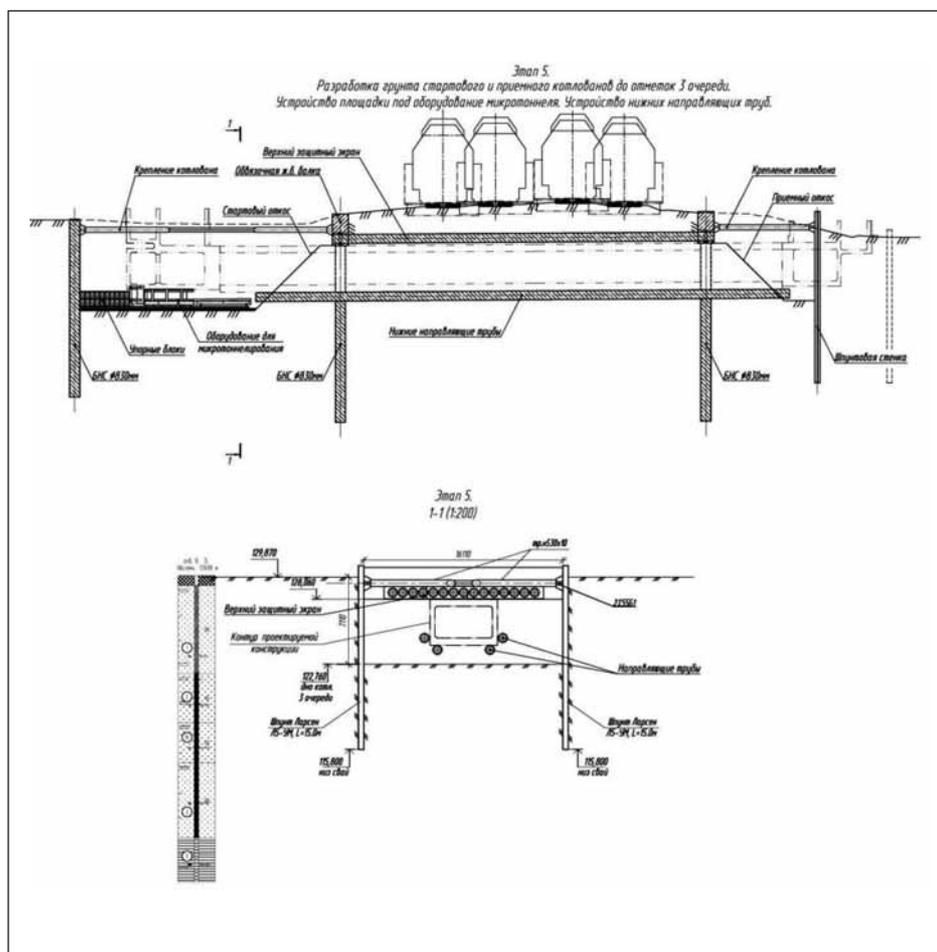


Рис. 5. Схема размещения нижних направляющих труб

Защитный экран для проходки тоннеля предусмотрен из стальных труб диаметром 720×10 мм, заполняемых после вдавливания бетоном.

Его сооружают микротоннелепроходческим комплексом типа AVN600 XC «Herrenknecht» или другим аналогичным оборудованием, позволяющим выполнять данные виды работ (см. рис. 3).

В головном участке вдавливаемой трубы устанавливается и закрепляется щит. В стар-

товом котловане производится установка системы продавливания с гидродомкратами. Для снижения сопротивления продавливанию осуществляется нагнетание бентонитового раствора. По мере продвижения трубы к ее хвостовому участку приваривается новая секция. Длина секции 6 м.

Продавливание трубы выполняется до тех пор, пока она не выйдет в проектное положение в приемном котловане. Объединение труб осуществляется с помощью замка. По

окончанию продавливания каждой трубы защитного экрана, в них устанавливаются арматурные каркасы, которые соединяются между собой электросваркой, торцы труб заделываются заглушками из стального листа с отверстиями для подачи бетонной смеси и отвода воздуха. После этого в трубы нагнетается бетон B25 F200 W6.

Далее котлован разрабатывается на 3 м, и организуется монтажный стапель. Первоначально выполняется продавливание нижних направляющих труб, по которым при продавливании будут «скользить» секции (рис. 5).

Четвертый блок технологических операций. Бетонирование железобетонных секций в стартовом котловане с наружной теплоизоляции.

После окончания сооружения нижних направляющих труб на стапеле бетонируются последовательно три 10–11-метровые железобетонные секции тоннеля (как вариант – четыре 8-метровые секции).

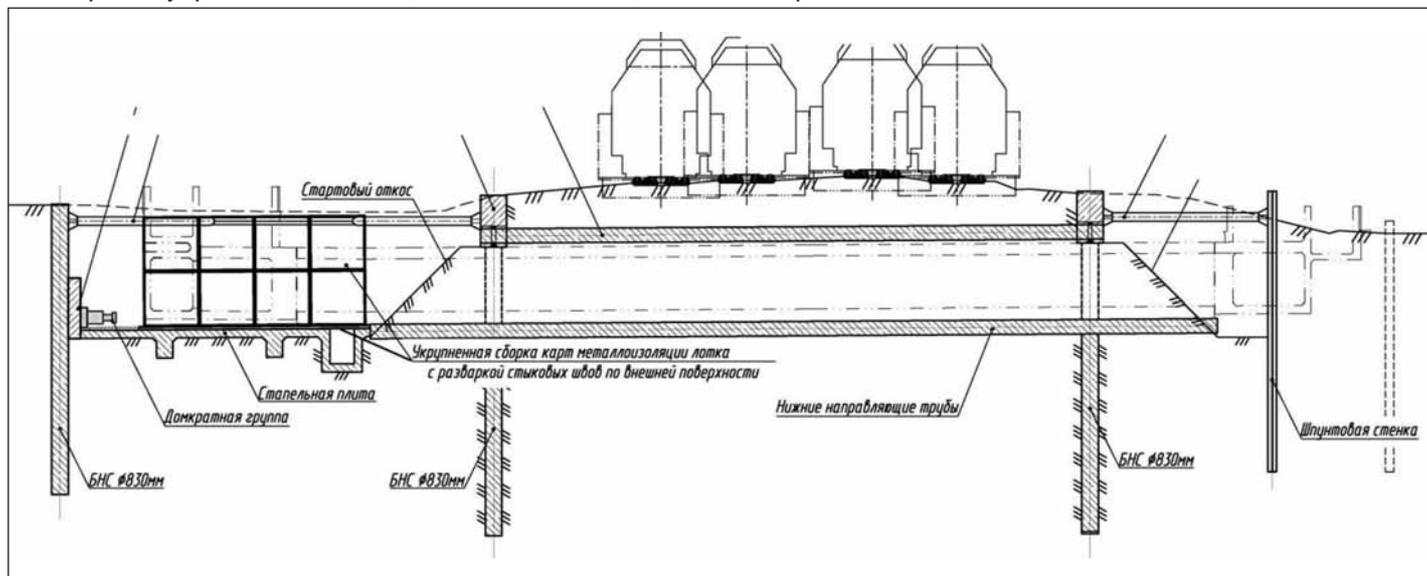
Осуществляется армирование и бетонирование лотка, устройство СВСиУ для установки арматурных каркасов и бетонирования перекрытия и стен, устройство теплоизоляции перекрытия тоннеля. Продвижение секции тоннеля осуществляется после набора прочности бетоном.

Пятый блок технологических операций: строительство закрытого (тоннельного) участка пешеходного тоннеля продавливанием под насыпью полотна железной дороги.

Предусмотрена следующая последовательность производства работ. Одновременно с сооружением на стапеле в котловане первой секции перед ее продавливанием осуществляется монтаж ножевой секции в стартовом котловане и под ее защитой производится разработка грунта и продавливание секций. На рис. 6, 7, 8 и 9 показаны этапы строительства.

Продавливание 10–11-метровой секции тоннеля (как вариант – 8-метровой секции тоннеля) с ножевой частью осуществляется

Рис. 6. Фрагмент устройства теплоизоляции железобетонной секции на стапеле стартового котлована



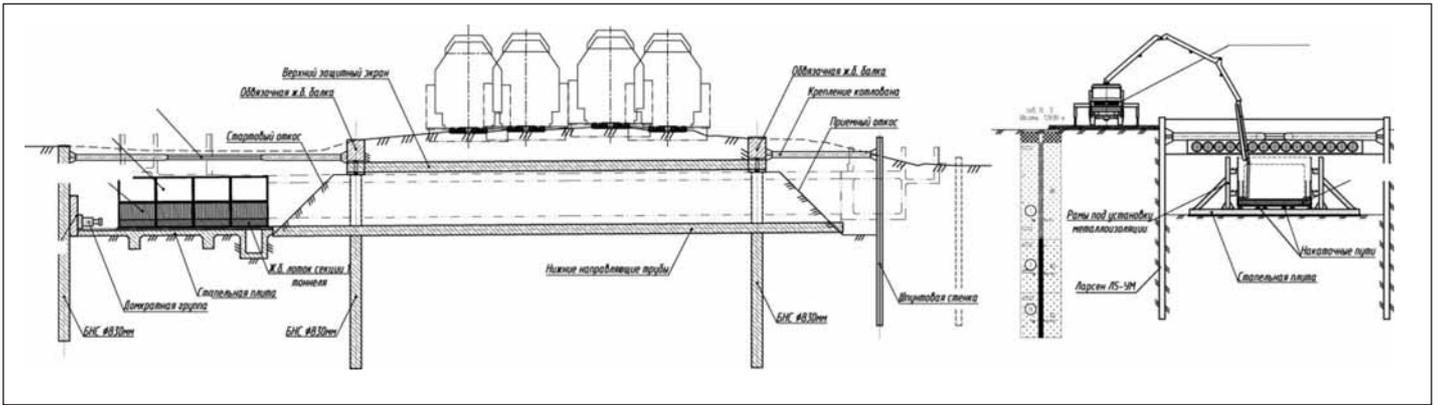


Рис. 7. Бетонирование на стапеле нижней плиты железобетонной секции

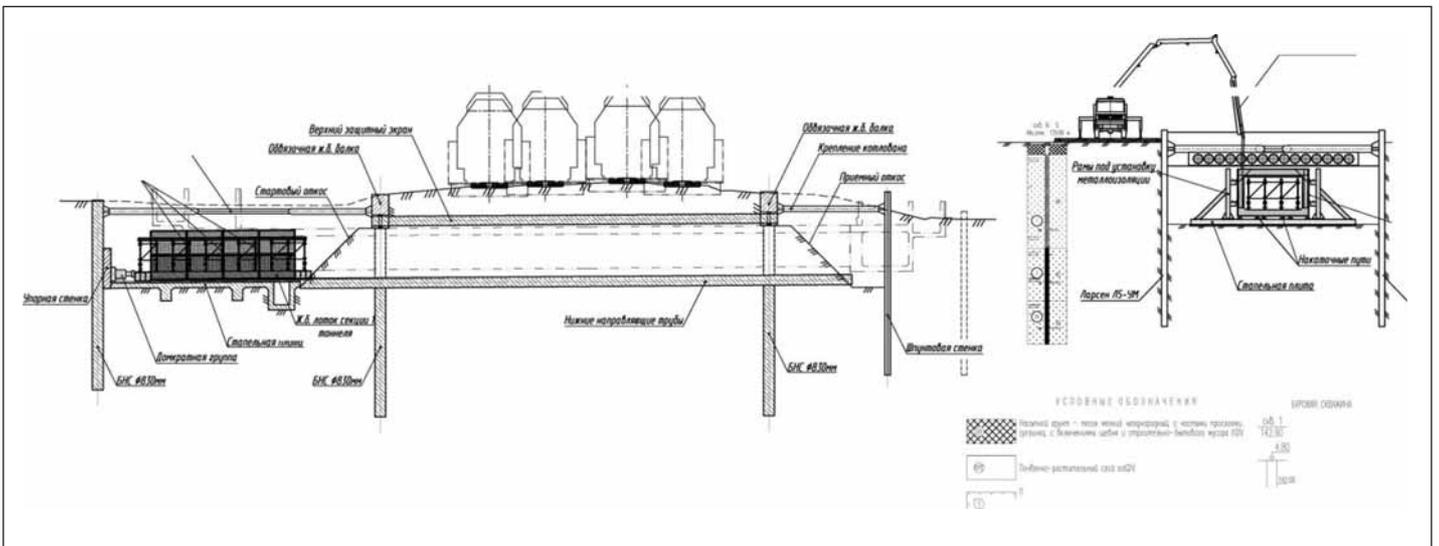


Рис. 8. Бетонирование на стапеле стен и перекрытия железобетонной секции

при помощи домкратной группы с ходом штока 800 мм в несколько заходов с установкой доборных блоков шириной 600 мм на стапеле тоннеля. Предусмотрено нагнетание бентонитового раствора за обделку тоннеля. Грунт в забое разрабатывается миниэкскаваторами. После продвижения в насыпь железной дороги первой секции по такому же тех-

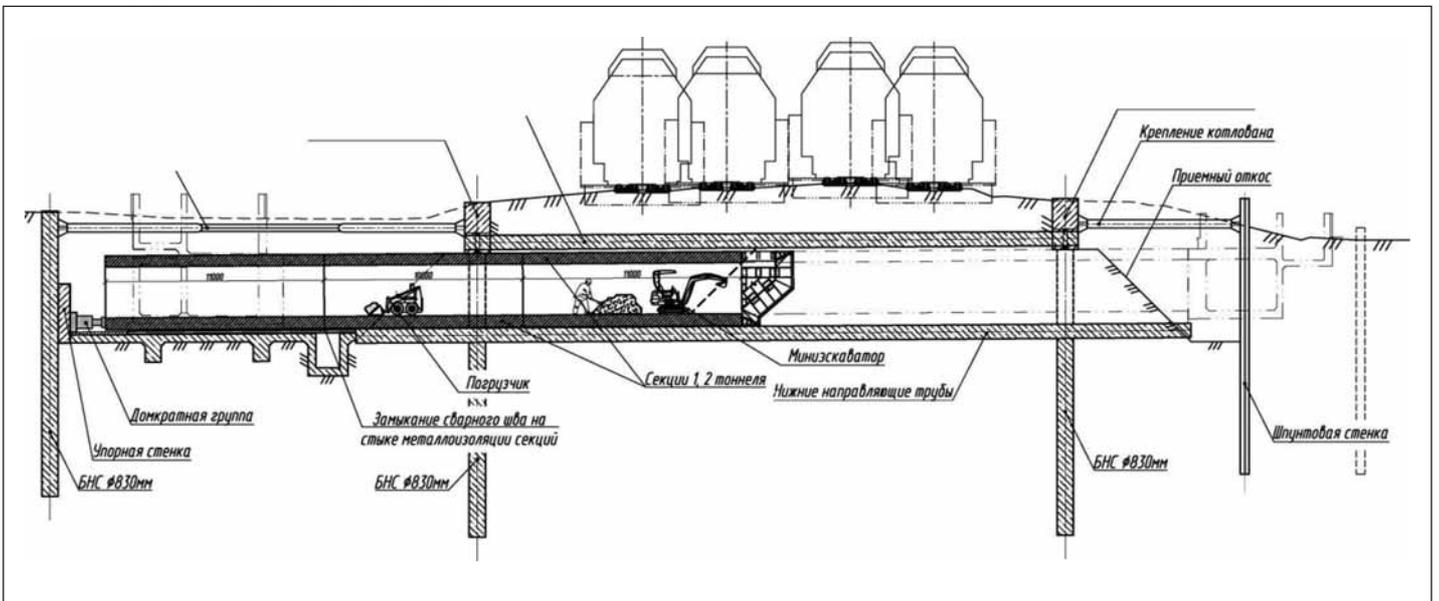
нологическому регламенту на стапеле последовательно монтируются (бетонируются) вторая и третья (и четвертая) секции. Объединение теплоизоляции сваркой двух секций выполняется по мере выполнения теплоизоляции последующей секции.

Продавливание продолжается до выхода из насыпи ножевой секции в приемный

котлован и установки тоннеля в проектное положение, после чего ножевая секция демонтируется, а также демонтируется оборудование для продавливания и стапель в стартовом котловане.

Шестой блок технологических операций: сооружение входных участков пешеходного тоннеля – лестничных сходов,

Рис. 9. Схема разработки и транспортировки грунта под защитой ножевой секции



пандусов и павильонов по концам закрытой части тоннеля.

Вдоль входных участков устраивается шпунтовое ограждение, разрабатываются котлованы, сооружаются монолитные участки с обеих сторон железной дороги, строятся павильоны и благоустраивается территория.

Составлен подробный график строительства с указанием длительности каждого технологического этапа по блокам работ.

Общая продолжительность строительства по графику определена в 15 месяцев.

Помимо текстового описания технологических операций представлен 21 лист чертежей на стадии «РД».

Вывод. Данный раздел является основным для организации процесса сооружения пешеходного тоннеля под насытью железной дороги методом продавливания. Его содержание позволяет строительной организации разработать Проект производства работ (ППР) по всем технологическим этапам, а также Программу мониторинга состояния железнодорожного пути при сооружении тоннеля под насытью.

В ПОС целесообразно было бы дать ссылку, что объемы крепления в физическом выражении, параметры торцевой упорной стенки и выбор домкратного оборудования определены на основании расчетов, отраженных в конструкторском разделе рабочей документации.

Кроме того на чертежах ПОС показаны домкраты, расположенные соосно в один ряд с основанием продавливаемых секций тоннеля, но нет упоминания о наличии (или отсутствии необходимости) промежуточной конструкции (нажимной распределительной рамы), объединяющей домкратную группу, для передачи усилия как на продавливаемую секцию тоннеля, так и на промежуточные доборные элементы (их конструкция не указана), поскольку продавливание секций осуществляется несколькими стадиями, исходя из хода штоков домкратов, ограниченного размером 800 мм.

Также в тексте ПОС имеется указание о нагнетании бентонитового раствора для обделки тоннеля, однако не пояснено, каким оборудованием и как осуществляется данная операция. А также, для чего и каким образом (технологически) осуществляется «первичное и контрольное нагнетание», как указано в пояснительной записке. В данном случае, при заполнении пространства между экраном из труб и продавливаемой обделки под давлением бентонитовой суспензией, это не требуется.

Мероприятия по предотвращению в ходе строительства опасных инженерно-геологических и техногенных явлений

В данном разделе ПОС подробно перечислены многочисленные требования нормативных документов при разработке котлованов с различным креплением стен.

По ситуационному плану в зоне стройплощадок стартового и приемного котлованов не имеется зданий и сооружений ближе 15 м.

Участок строительства пешеходного перехода не находится в зоне опасных инженерно-геологических и техногенных явлений, иных опасных природных процессов.

Для данного строительства с целью обеспечения сохранности и возможности нормальной эксплуатации малоэтажной застройки, окружающей строительную площадку, помимо принятия конструктивных решений при производстве работ вблизи существующих сооружений, необходимо было предусмотреть выполнение ряда технологических мероприятий, таких как:

- складирование строительных материалов, устройство отвалов грунта и строительство временных сооружений на строительной площадке, примыкающей к существующим сооружениям, должно осуществляться по проекту производства работ в строго определенных зонах во избежание перегрузки грунтовых оснований ограждающих котлованов сооружений;

- предусматривать в условиях отрицательных температур наружного воздуха мероприятия против промерзания грунтового основания фундаментов существующих сооружений при осуществлении земляных работ в непосредственной близости от них;

- оценивать возможность влияния динамических воздействий работающих буровых станков на расположенные в непосредственной близости от них существующие здания; для устройства свай в рассматриваемых условиях рекомендуется, как правило, использовать либо станки, оборудованные инвентарными буровыми обсадными трубами, либо станки, обеспечивающие бурение скважин под бентонитовым раствором;

- предусмотреть разработку на работы по устройству буронабивных свай соответствующего регламента;

- предусматривать методы контроля в соответствии со СНиП 3.02.01-83 и ГОСТ 18321-73 и ГОСТ 16504-81 при производстве работ по проектированию и устройству оснований и фунда-

ментов вблизи существующих зданий и сооружений.

Вывод. В ПОС при строительстве стартового и приемных котлованов предусмотрено применение буронабивных свай, поэтому в тексте не следовало приводить многочисленные требования к забивным, винтовым и другим типам свай.

Мероприятия, обеспечивающие сохранение окружающей среды в период строительства

В этом разделе ПОС изложены ряд конкретных мероприятий, которые должны выполняться в процессе строительных работ с целью уменьшения воздействия на окружающую среду.

Процессы строительного производства оказывают техногенное воздействие на все основные составляющие природной среды: атмосферу, гидросферу, биосферу и геосферу. Это воздействие усиливается по мере возрастания масштабов строительства – увеличения мощности строительной техники, интенсификации технологических процессов.

Задача состоит в предотвращении или снижении интенсивности этих разрушающих воздействий и в разработке таких принципов и технологий строительного производства, которые бы не вели к деградации среды жизни.

Экологическая безопасность строительства означает защищенность природной среды от неустраняемых отрицательных последствий. Эта защищенность обеспечивается реальными затратами в природоохранные мероприятия.

Для данного конкретного объекта из числа всеобъемлющих требований к экологической безопасности мероприятий, сохраняющих экологическое равновесие в процессе строительного производства, относятся:

- выбор экологически чистых материалов при проектировании и строительстве;

- устройство очистных и обезвреживающих сооружений и устройств.

Проектом организации строительства предусмотрены проектные решения, мероприятия и работы, направленные на локализацию и снижение временного антропогенного воздействия строительства на окружающую природную среду:

- акустического воздействия;
- загрязнения атмосферы при работе строительных машин;
- замутнения, загрязнения вод, сбросов нефтепродуктов;
- загрязнения строительного-хозяйственными отходами земли, поверхностных вод;

- негативного воздействия строительного-хозяйственных построек, складов, площадок, коммуникаций;
- нарушения почвенного и растительного покрова;
- запыления атмосферы продуктами строительства.

Для минимизации шумового воздействия проектом предусмотрены следующие основные шумозащитные мероприятия:

- все строительные работы, осуществляемые на открытой поверхности и связанные со значительным воздействием (работа буровой установки, строительство ограждения котлованов, разработка грунта, погрузочно-разгрузочные работы, вывоз грунта, земляные работы т. д.) проводятся в дневное время суток. Производство строительных работ, связанных с превышением уровня шума на ближайшей жилой застройке, в ночное время суток (с 23:00 до 7:00) – запрещено;

- ограждение зоны ведения работ сплошным забором высотой не менее 2 м;

- вентагрегаты временной тоннельной вентиляции оснащаются шумоглушителями.

В качестве дополнительных мер по снижению шума на стадии ППР должны быть предусмотрены следующие организационные и конструктивные мероприятия:

- ведение работ минимальным количеством машин и механизмов;
- использование строительной техники и оборудования с минимальными шумовыми характеристиками;
- размещение наиболее интенсивных по шуму источников на максимально возможном удалении от жилых зданий;
- ограничение времени непрерывной работы техники с высоким уровнем шума до 10–15 минут и ограничение движения машин по стройплощадкам;
- установка шумозащитных временных ограждений со стороны жилой застройки в местах размещения малоавтомобильных источников шума (например, компрессора);
- расположение воздухозаборных решеток компрессорных установок должно быть ориентировано с противоположную сторону от жилой застройки;

- для источников с высокими шумовыми показателями применение конструктивных мероприятий по снижению их шумового воздействия (применение шумозащитных кожухов для двигателей);

- ограничение скорости движения автомашин по стройплощадке.
- Для снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в период

строительства предлагается проведение мероприятий:

- ежемесячная регулировка двигателей внутреннего сгорания машин и механизмов с помощью переносного газоанализатора ИНА-109;
- не допускать сжигание на строительных площадках строительных отходов;
- выключать при перерывах в работе дорожно-строительную технику.

Вывод. В ПОС предусмотрен достаточный перечень организационно-технических мероприятий, которые должны неуклонно соблюдаться при строительстве подземного пешеходного перехода. Более подробно и предметно такие мероприятия должны быть разработаны строительной организацией в ППР.

Общие выводы и рекомендации

На основании анализа Проекта организации строительства можно сделать следующие основные выводы.

1. Состав документации Проекта организации строительства соответствует требованиям «Положения о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию», Москва, 2008 г., утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 87 от 16 февраля 2008 г.

2. Технические решения, принятые в ПОС, соответствуют требованиям экологических, санитарно-гигиенических, противопожарных и других норм, действующих на территории Российской Федерации, и обеспечивают безопасную для жизни и здоровья людей эксплуатацию объекта при соблюдении предусмотренных в документации мероприятий.

3. На основании рассмотренной рабочей документации должны быть разработаны технологические регламенты, технологические карты и проекты производства работ (ППР), в том числе проекты производства работ с применением грузоподъемных машин и механизмов (ППРк). Эти документы должны согласовываться в установленной форме с заказчиком строительства и проектировщиком.

Заключение

Строительство транспортных тоннелей (пешеходных, автомобильных, метрополитена) методом продавливания заранее изготавливаемых секций сквозь насыпь железных дорог без перерыва движения поездов в последние десятилетия получило широкое распространение, особенно в связи с высокотехнологичной технологией защиты железнодорожного полотна при продав-

ливании экранами из трубчатого ограждения.

Тоннельная ассоциация России поддержала проектировщиков в вопросе замены способа проходки закрытой части пешеходного перехода с ручного с использованием металлических рам на способ продавливания цельных железобетонных секций. Данное решение позволит повысить скорость и безопасность проведения работ под путями железной дороги, свести к минимуму просадки рельсового полотна, существенно повысить качество выполнения гидроизоляции и железобетонной конструкции ствола пешеходного перехода, а также свести к минимуму человеческий фактор при осуществлении закрытой проходки.

Определенную пользу проектировщикам и строителям, особенно молодым, могут оказать различные методические материалы, в разные годы разработанные предшественниками современных инженеров в научно-исследовательских организациях на базе экспериментальных и опытно-конструкторских работ.

В этом аспекте в процессе разработки ПОС нами было рекомендовано изучить наиболее информативные источники, не потерявшие актуальность и сегодня, в которых рассмотрены все тонкости, нюансы данной прогрессивной технологии, что и было с благодарностью принято специалистами проектной организации, а именно:

- Временные Технические указания по строительству тоннелей способом продавливания. Академия строительства и архитектуры СССР, Москва. 1958;
- Рекомендации по применению опережающих экранов из труб при сооружении транспортных тоннелей. Минтрансстрой СССР, М. 1988;
- Рекомендации по производству работ при сооружении тоннелей метрополитенов методом продавливания. Минтрансстрой СССР, М. 1988;
- СП 249.1325800.2016. Коммуникации подземные. Проектирование и строительство закрытым и открытым способом. М. 2016.

Ключевые слова

Пешеходный тоннель, железная дорога, продавливание секций.

Pedestrian tunnel, railway, section punching.

Для связи с авторами

Дорман Игорь Яковлевич
igor.dorman@mail.ru
Лебедев Александр Борисович
lebedkov@rus-tar.ru
Мазин Сергей Валерьевич
maz-bubn@mail.ru



ОЦЕНКА РОЛИ ЗАЩИТНОГО ЭКРАНА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ

А. Ю. Долгих, Уральское отделение Тоннельной ассоциации России

В статье рассмотрены проблемы, связанные со строительством транспортных тоннелей и метрополитена в части возникновения аварийных ситуаций. Рассмотрены варианты применения опережающей крепи в виде защитного экрана. Отмечено, что защитный экран из труб является надежной опережающей крепью, однако конструкция защитного экрана из труб является достаточно металлоемкой и трудозатратной.

Технологический процесс строительства транспортных тоннелей и метрополитена связан с проблемой развития деформационных процессов в системе горная выработка – окружающий массив. Кроме того, сверхнормативные деформации приводят к аварийным ситуациям при строительстве транспортных тоннелей и метрополитена, связанных с вывалами породы в забое, прорывами плавунгов и подземных вод, выбросами газов, взрывами, пожарами, обрушениями. Результатами аварийных ситуаций при строительстве транспортных тоннелей являются:

- угроза жизни и здоровью человека (травматизм и гибель людей);
- увеличение сроков строительства тоннеля;
- увеличение стоимости строительства тоннеля.

Характерные проблемы тоннельного строительства

Несомненно, что в современных условиях с увеличением темпов и объемов строительства транспортных тоннелей и метрополитена повышается количество аварийных ситуаций. В монографии [1] систематизирова-

на информация по отечественным и зарубежным аварийным ситуациям в горных, подводных и транспортных тоннелях.

Достаточно высокий показатель аварийных ситуаций прослеживается при строительстве Северомуйского тоннеля. Аварийные ситуации происходили из-за большого количества вывалов, слабой устойчивости горной выработки, наличия плоскостей скольжения по нарушениям и последствиям от тектонических процессов в виде раздробленного и выветрелого состояния породы.

При строительстве станции метрополитена в районе Лондонского аэропорта в 1994 г. произошла авария сразу на трех тоннелях станционного комплекса новой экспрессной линии. В результате образовалась крупная воронка над тоннелями.

Аварийные ситуации при строительстве тоннелей метрополитенов в разные времена происходили в Германии, Японии, Австрии, Южной Америке и других странах. Основными причинами являлись неустойчивое равновесие породного массива, недостаточная инженерно-геологическая изученность, наличие скопления грунтовых вод, внезапные прорывы

грунтовых вод, плавунгов и газов, снижение устойчивости пород в районе свода и лба забоя.

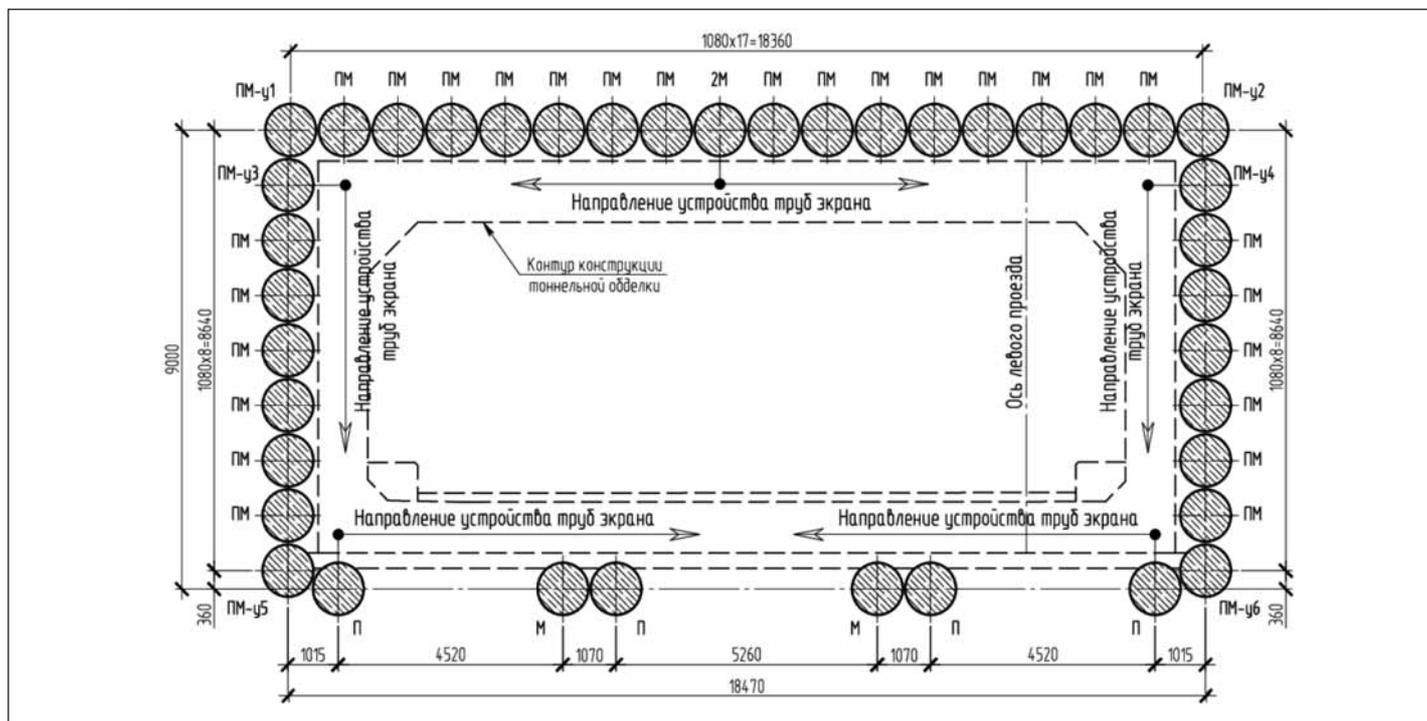
Характерные случаи аварийных ситуаций при строительстве тоннелей:

- в апреле 2004 г. произошла крупная авария при строительстве транспортного тоннеля в условиях слабых глинистых отложений Сингапура рядом с шоссе Никол Хайвей;
- в 2014 г. на юго-западе Китая в строящемся автодорожном тоннеле произошло оседание породы во время проведения строительно-монтажных работ;
- в 2023 г. в Австралии методом щитовой проходки пройдено 150 м тоннеля на глубине 30 м и затем работы были остановлены по причине обрушения породы в горную выработку.

Основными факторами, влияющими на развитие аварийных ситуаций при строительстве транспортных тоннелей, являются:

- ошибка в оценке геотехнических и гидрогеологических условий;
- неблагоприятные физико-геологические процессы;
- наличие тектонических структур (складки, сбросы, выбросы, сдвиги, разломы);
- внезапные выбросы горных пород и газа.

Рис. 1



Применение опережающих защитных экранов

Решение проблемы снижения аварийных ситуаций при строительстве транспортных тоннелей является весьма актуальной задачей. Данная задача решается путем применения опережающей крепи, которая, безусловно, повышает устойчивость горной выработки.

На протяжении последнего времени широкое применение в строительстве транспортных тоннелей получила опережающая крепь в виде защитных экранов. Защитный экран из труб имеет ряд преимуществ:

- надежность – стабилизация грунта вокруг выработки;
- снижение деформации грунтового массива;
- возможность избежать вывалы и обрушения в выработку.

Широкое применение нашли защитные экраны из труб [2, 3, 4]. Примером применения защитного экрана из труб является устройство защитного экрана из труб на объекте «Строительство улично-дорожной сети с искусственными сооружениями и переустройством коммуникаций на участке от Павелецкого направления Московской железной дороги до МКАД с транспортной развязкой на пересечении МКАД с Юго-Восточной хордой. 6 этап. Основной ход ЮВХ от Павелецкого направления МЖД ОАО «РЖД» до МКАД. Путепровод тоннельного типа под Павелецким направлением МЖД ОАО «РЖД» (рис. 1).

Защитный экран из труб сооружался методом продавливания с применением технологии микротоннелирования с помощью МТПК AVN800. Для достижения данной цели были выполнены следующие работы и применены материалы:

- продавливание горизонтальных труб защитного экрана: труба диаметром 1020×10 мм в количестве 676,63 т;

- устройство замкового элемента труб: лист 10 мм в количестве 32,25 т, лист 12 мм в количестве 39,3 т;

- установка арматурного каркаса: обечайка из трубы диаметром 720×10 мм – 24,64 т, арматура диаметром 10 мм – 18,6 т, арматура диаметром 18 мм – 5,1 т, арматура диаметром 36 мм – 362,82 т, арматура диаметром 40 мм – 24,64 т, муфта обжимная диаметром 36 мм – 2960 шт., муфта обжимная диаметром 40 мм – 588 шт.;

- устройство узла объединения защитного экрана из труб и шпунтового ограждения: косынки из листа 10 мм – 2,21 т;

- заполнение труб защитного экрана бетоном с помощью автобетононасоса: установка торцевых пластин диаметром 1060×10 мм – 15,5 т, установка/срезка патрубков диаметром 127×5 мм, установка/срезка патрубков диаметром 89×4 мм, резка отверстий в стальной пластине 10 мм диаметром 89 мм – 88 шт., резка отверстий в стальной пластине 10 мм диаметром 127 мм – 88 шт., заполнение бетоном В40 W8 F300 в количестве 2218 м³.

Также защитный экран из труб был применен на объекте: «Сооружение станционного комплекса станции «Улица Новаторов» с при-

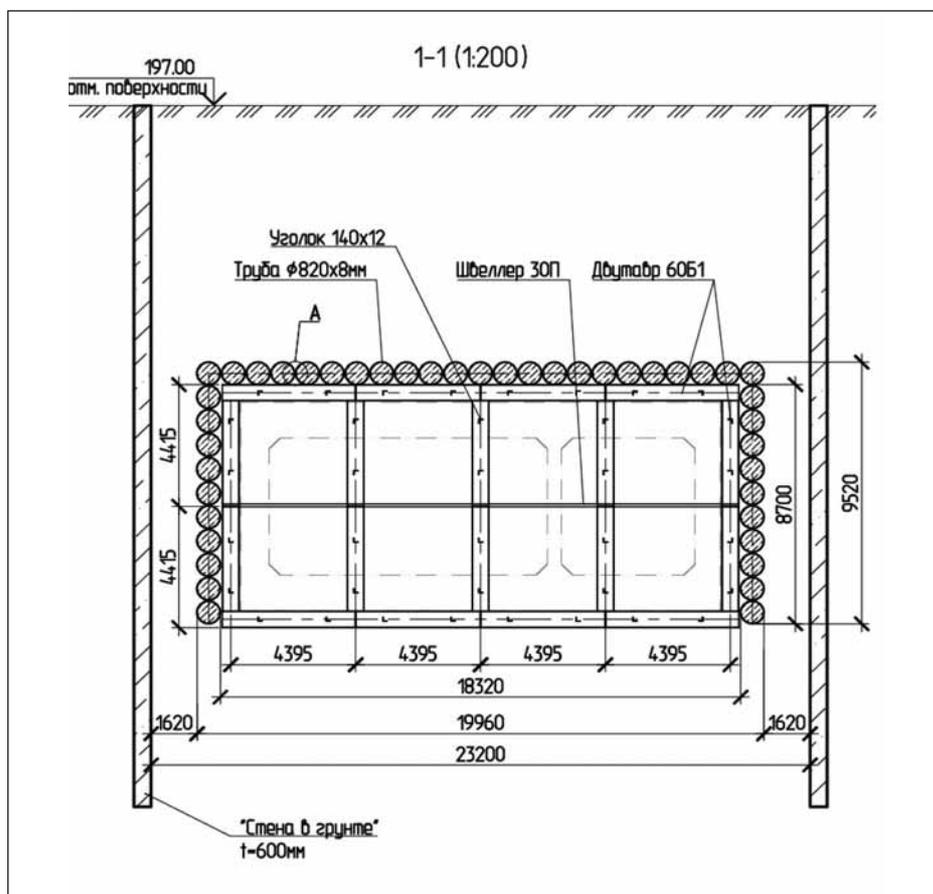


Рис. 2

станционными сооружениями и тупика за станцией «Улица Новаторов» в составе линейного объекта «Линия вдоль Калужского шоссе на территории Большой Москвы (Парламентский центр, район Коммунарка). Линия метрополитена, станция метро «Улица Новаторов» – станция метро «Столбово» (рис. 2).

Выполненные работы:

- монтаж/демонтаж плит ПДН-14 (6,0×2,0×0,14) – 94 шт.;

- монтаж секций труб для устройства защитного экрана: труба диаметром 820×8 мм – 275,55 т, уголок 100×65×10 – 101,55 т, бетонирование экрана из труб диаметром 820×8 мм, бетон В15 – 908,3 м³, заполнение полости замка в трубе пеной MasterRoc MP-355 Thix – 3312,5 л;

- крепление выработки стальными рамами, без извлечения: двутавр 60Б1 – 210,92 т, уголок 140×12 – 23,6 т, установка фасонки для стальных рам крепления – 46,9 т;

- крепление выработки стальными рамами, с последующим извлечением: двутавр 60Б1 – 58,0 т, уголок 140×12 – 11,8 т, швеллер 30П – 27,3 т;

- бетонирование рам крепления – бетоном В15 – 1371,5 м³.

Заключение

Очевидно, что применение опережающей крепи при строительстве транспортных тоннелей и тоннелей метрополитена значительно снижает риск аварийных ситуаций и является безопасным способом (не превышает допустимые осадки). Имен-

но поэтому использование защитного экрана является эффективным методом на современном этапе строительства транспортных тоннелей.

Ключевые слова

Транспортные тоннели, строительство, аварийные ситуации, защитный экран.

Список литературы

1. Власов С. Н., Маковский Л. В., Меркин В. Е. Аварийные ситуации при строительстве и эксплуатации транспортных тоннелей и метрополитенов. При участии Кулиса А. Э., Сарabeeва В. Ф., Торгалова В. В. – 25-е издание, дополненное. – Москва: ТИИР, 2000. – 198 с.
2. Конюхов Д. С. Строительство городских подземных сооружений мелкого заложения. Специальные работы / Д. С. Конюхов. Учеб. пособие для вузов. – М.: Архитектура-С, 2005. – 304 с., ил. ISBN 5-9647-0047-0.
3. Прибыльская Н. М., Гречухин В. А. Напряженно-деформированное состояние защитного экрана из труб и базовых элементов в подземном строительстве // Метро и тоннели. – 2022. – № 1. – С. 9–12.
4. Львова О. М., Павлович К. Ю. Применение защитных экранов из труб при строительстве подземных сооружений в Санкт-Петербурге // Инженерно-строительный журнал. – 2009. – № 7. – С. 6–9.

Для связи с автором

Долгих Андрей Юрьевич
sresprom_66@mail.ru



ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СПОСОБОВ УСИЛЕНИЯ ТОННЕЛЬНЫХ ОБДЕЛОК

EVALUATION OF STRENGTHENING METHODS EFFECTIVENESS FOR TUNNEL LININGS

В. Е. Меркин, д. т. н., проф., ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации»
Д. В. Устинов, гл. специалист, ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации»
И. Н. Хохлов, к. т. н., ООО «Институт «Мосинжпроект», Москва
V. E. Merkin, «SIC of the Tunnel Association» LLC
D. V. Ustinov, «SIC of the Tunnel Association» LLC
I. N. Khokhlov, Mosinzhprouekt Institute LLC

Рассматривается актуальный вопрос современного тоннелестроения – усиление несущих конструкций при наличии в них дефектов или при недостаточной несущей способности. По результатам численного моделирования в пространственной постановке задачи и на основе практического опыта применения анализируются различные методы усиления вновь строящихся и ремонтируемых тоннелей с позиций их технической и экономической эффективности. Показано, что использование внутренней облоймы из стального листа (металлоизоляции) толщиной 8–10 мм для усиления обделки приводит к незначительному, порядка 10 %, повышению коэффициента запаса прочности обделки при относительно высокой стоимости по сравнению с другими методами и существенному снижению ее ремонтпригодности. В качестве альтернативного варианта усиления предлагается выполнять жесткое основание пути в тоннеле в виде железобетонной продольной балки жесткости, параметры которой определяются расчетом.

The topical problem of modern tunnel-building – reinforcement of bearing structures in the presence of defects or insufficient carrying capacity – is considered. Various methods of strengthening the newly-built and repaired tunnels from the point of view of their technical and economic efficiency are analysed by means of numerical modelling in spatial problem statement and on the basis of practical experience. It is shown that utilization of 8–10 mm thick steel plate inner lining (metal insulation) for strengthening leads to insignificant (about 10 %) increase of lining safety factor at relatively high cost in comparison with other methods and considerable decrease of its repairability. As an alternative variant of strengthening the rigid base of a track in a tunnel is proposed to carry out in the form of reinforced concrete longitudinal stiffening beam which parameters are determined by calculation.

Одной из актуальных задач последнего десятилетия, характеризующегося, с одной стороны, ширококомаштабным строительством в стране метрополитена и транспортных тоннелей, а с другой – опасным снижением надежности эксплуатируемых уже длительное время основных конструкций (обделок) таких сооружений, является необходимость усиления, а в ряде случаев – замены существующей обделки. Такая необходимость при новом строительстве возникает, например, при заложении объекта в условиях возможного проявления опасных геологических процессов (карстово-суффозионных, оползневых), а при эксплуатации – для устранения или прекращения развития дефектов, при изменении параметров окружающей природной и городской среды, для соответствия новым нормативным требованиям и т. п.

Работы по восстановлению либо повышению несущей способности и/или долговечности конструкций, вызывающих опасение в их надежности, выполняются в зави-

симости от поставленной задачи и условий строительства/эксплуатации одним или сочетанием известных способов [1–4], самыми распространенными из которых являются рамное или арочное подкрепление, анкера, внутренняя «рубашка» из фибробрызг-бетона или железобетона, инъекционное укрепление грунтов в основании тоннеля, постоянные связи растяжения в стыках сборной железобетонной обделки. В последнее время, особенно для тоннелей в карстово-опасной зоне или при ремонтно-восстановительных работах (РВР), все чаще для этих целей стала применяться внутренняя облойма из стального листа толщиной 10–12 мм, обозначаемая в проектах как металлоизоляция (МИ).

Наиболее предпочтительный вариант усиления обделки из возможных для заданных инженерно-геологических и градостроительных условий выбирают на основе их технико-экономического сравнения с учетом опыта применения и производственной ситуации. В качестве критериев оценки эффективности при приня-

тии решения рассматриваются следующие показатели:

- обеспечение неизменяемости формы и необходимой несущей способности обделки;
- обеспечение ремонтпригодности обделки после усиления;
- использование отечественных недефицитных материалов для усиления;
- минимизация стоимости, трудозатрат и времени на реализацию.

Результаты исследований ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации» на математических моделях и на объектах строительства позволяют сравнить по этим показателям различные способы усиления и восстановления обделок и, в частности, оценить эффективность применения МИ как элемента усиления обделки.

Так, из результатов расчетов в пространственной постановке с использованием ПК Z_Soil 3D v.12.24 [1] следует, что из пяти возможных и практически реализуемых вариантов усиления сборной железобетонной обделки $D_{н}/D_{вн} = 6,3/5,7$ м, предназначенной к применению на карстово-опас-

ном участке трассы перегонного тоннеля метрополитена, оптимальным для обеспечения ее надежности является устройство железобетонного основания в виде разгружающей продольной балки, закрепленной в лотковых блоках возведенной обделки с помощью заранее установленных в них закладных деталей и муфтовых соединений арматуры (рис. 1, табл. 1).

Такая комбинированная обделка способна обеспечить надежную эксплуатацию тоннеля при наличии провальной воронки диаметром 7,2 м независимо от места ее расположения относительно контура тоннеля. Ее максимальные перемещения U_{max} не превышают 24 мм при взаимных смещениях колец существенно меньше высоты уплотнительного профиля в стыках (33 мм), в то время как обделка, усиленная МИ, в этом случае получает перемещения до $U_{max} = 77$ мм, при которых взаимные смещения стыков оказываются больше высоты уплотнительного профиля в стыках, что неизбежно приведет к нарушению водонепроницаемости и безопасных условий эксплуатации тоннеля (рис. 2).

Расчеты показали также следующее:

- прочность продольных связей в межкольцевых стыках обделки с разгружающей продольной балкой в лотке обеспечена: максимальное расчетное усилие 310 кН меньше несущей способности по материалу связи растяжения диаметром 25 мм из стали 40Х по ГОСТ 4543-71 и по вырыву из бетона (385 и 466 кН соответственно);

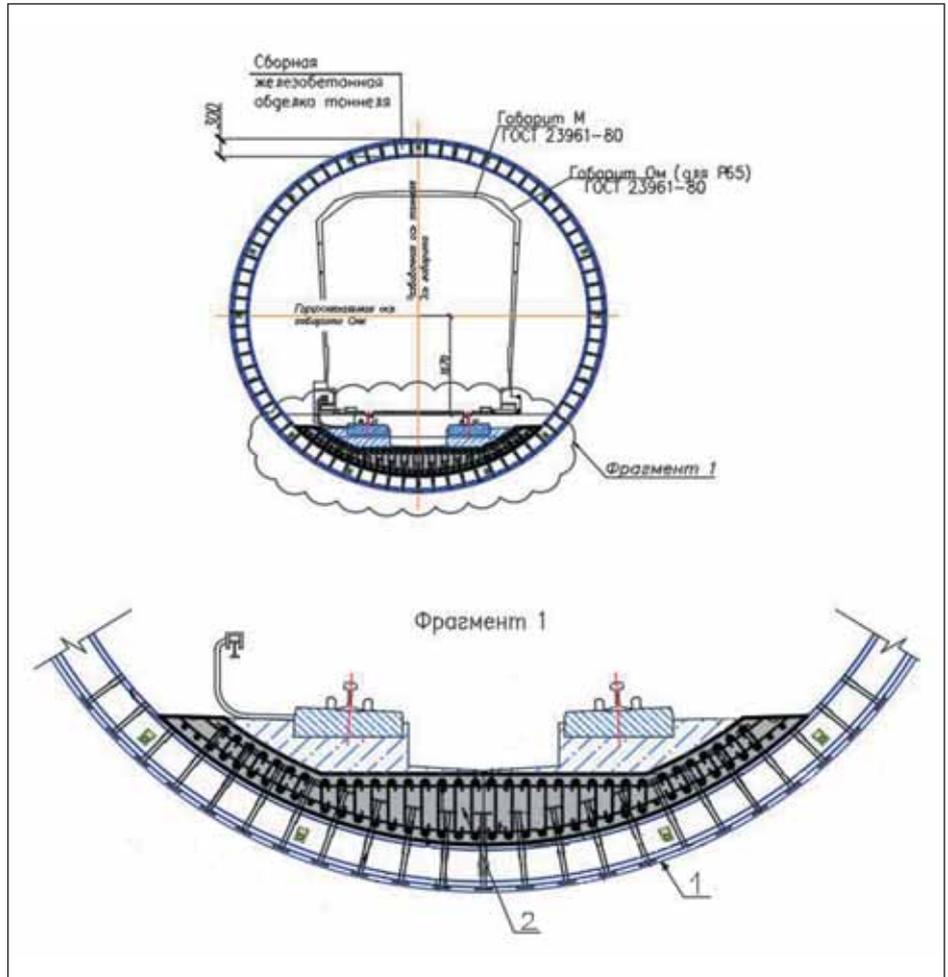


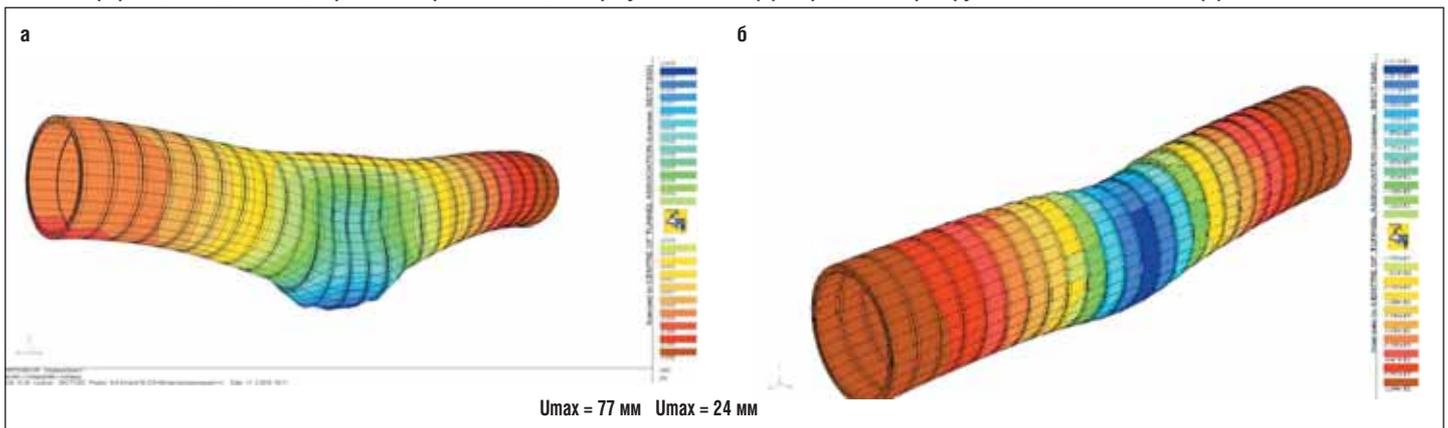
Рис. 1. Схема усиления обделки тоннеля продольной балкой жесткости в лотке: 1 – лотковые блоки основной обделки; 2 – продольная балка усиления

Таблица 1

Сравнительная стоимость способов усиления обделки С над карстовой полостью $D_k = 7,2$ м

Вариант способа усиления	С (ориентировочно), %
1. Металлоизоляция (МИ) по внутреннему контуру тоннеля	100 (базовый)
2. Разгружающая продольная балка, заанкеренная в лотковые блоки	62
3. Продольные связи из стального проката	88
4. Усиление существующих и увеличение количества продольных межкольцевых болтовых связей	92
5. Укрепление грунтов основания тоннеля инъекционными методами	в 2–5 раз выше

Рис. 2. Деформации обделки над карстовой воронкой $D = 7,2$ м при усилении МИ (а) и продольной разгружающей балкой в лотке (б)



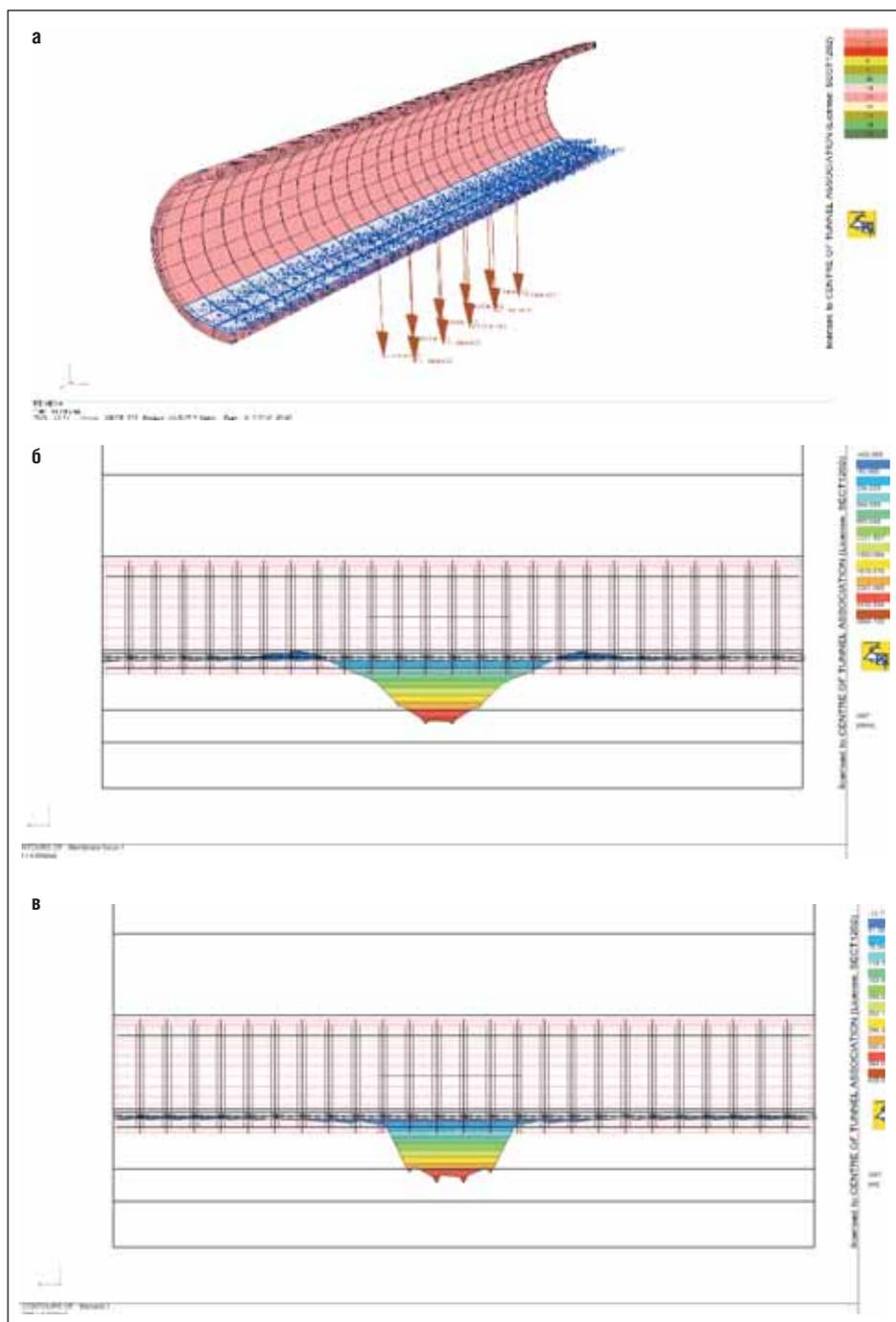


Рис. 3. Расчетная схема (а) и распределение усилий в железобетонной конструкции усиления обделки по вар. 2: нормальных сил (б) и изгибающих моментов (в) (стрелками показана схема распределения нагрузок от внутритоннельного оборудования и от подвижного состава)

• в обделке с МИ при предельных деформациях недостаточной оказывается как прочность собственно МИ (например, из стали ВСт3сп по ГОСТ 380-94, имеющей предел текучести $[R_{ст}] = 245$ МПа при максимальных расчетных напряжениях около 365 МПа), так и продольных связей в межкольцевых стыках, рассчитанных на усилия до 450 кН при возникающих усилиях $N_p = 1851$ кН, что свидетельствует о невозможности эксплуатации такой обделки в штатном режиме при наличии карстовой воронки под тоннелем (рис. 3).

Использование МИ также не приводит к заметному повышению несущей способности обделки и из чугунных тубингов. Например, на участках тоннеля, примыкающих к открытому котловану, расчетный коэффициент запаса прочности наиболее загруженного элемента такой обделки (в своде), заложенной в слабоустойчивых обводненных грунтах и имеющей близкие к предельным деформации, при устройстве МИ увеличился на 7,9 % (табл. 2, рис. 4).

Отказ от применения МИ практически не влияет на осадку тоннелей, как существующих, так и на участке примыкания к ним вновь возводимых при обратной засыпке котлована. Расчетная величина осадки, к примеру, при глубине котлована 16–20 м, может достигать до 70–90 мм, а «эффект» от применения МИ находится в пределах погрешности вычислений и не превышает 1 % (рис. 5), причем в сторону увеличения осадки за счет дополнительного веса МИ.

К сравнительно малой эффективности использования МИ для повышения несущей способности обделки следует добавить также негативные технологические издержки ее применения, часть из которых в значительной степени повлияла на формирование аварийной ситуации, например, в перегонном тоннеле между станциями «Лесная» и «Площадь Мужества» в Санкт-Петербурге [5]:

• при значительных смещениях тоннеля возможно нарушение целостности МИ и, как следствие, вынос грунтовых вод с твердыми частицами песка в тоннель. При этом основная обделка, закрытая металлическим листом, не позволяющим

Таблица 2

Расчетные усилия и коэффициенты запаса прочности в своде чугунной обделки

Элемент конструкции тубинга		Изгибающий момент, кНм/пог. м	Продольная сила, кН/пог. м	Коэффициент запаса по прочности
До устройства МИ	Спинка	38,39	362,83	5,8
	Ребро			1,27
После устройства МИ	Спинка	36,27	368,53	5,97
	Ребро			1,38

Примечание. Внутренние усилия определены по результатам расчета в ПК Z_Soil3D v.20.08

фиксировать появление в ней дефектов и своевременно их устранять, оказывается практически неремонтопригодной (особенно в зоне путевого бетона и прокладки коммуникаций);

- на практике всегда имеются уступы и смещения между элементами обделки (блоками, тубингами). Это приводит к необходимости при сварке МИ в стыках устанавливать нетиповые накладки, к увеличению трудоемкости работ и снижению их качества;

- значительный объем сварочных работ в тоннеле требует дополнительных материальных и трудовых затрат, что может отрицательно повлиять на качество работ, стоимость и сроки сдачи объекта в эксплуатацию;

- необходимость подтверждения огневыми испытаниями надежности конструкций с позиций пожарной безопасности, по результатам которых могут потребоваться специальные меры по огнезащите, что неизбежно приведет к увеличению стоимости проекта.

Выводы

1. Использование внутренней обоймы из стального листа (МИ) толщиной 8–10 мм для усиления обделки приводит к незначительному, не более 10 %, повышению коэффициента запаса ее прочности при относительно высокой стоимости и трудоемкости по сравнению с другими методами и к существенному снижению ремонтпригодности.

2. В качестве предпочтительной альтернативы МИ для повышения несущей способности и устойчивости обделки при расположении тоннеля в карстово-опасной зоне и на слабом основании рекомендуется жесткое основание пути в тоннеле выполнять в виде железобетонной продольной балки жесткости, параметры которой определяются расчетом.

Ключевые слова

Балка жесткости, лотковые блоки, теплоизоляция, надежность, несущая способность, эффективность.

Stiffening beam, flume blocks, metal insulation, load-carrying capacity, reliability, efficiency.

Список литературы

1. Руководство по строительству подземных сооружений транспортного назначения в условиях карстово-суффозионной и оползневой опасности в городе Москве. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2021.

2. Справочно-методическое пособие по оценке и учету рисков при освоении подземного пространства в городе Москве. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2021.

3. Меркин В. Е. Риски нештатных ситуаций в метростроении и способы их преодоления (Московский опыт) // Сборник статей под ред. М. О. Лебедева, Проектирование, строительство и эксплуатация

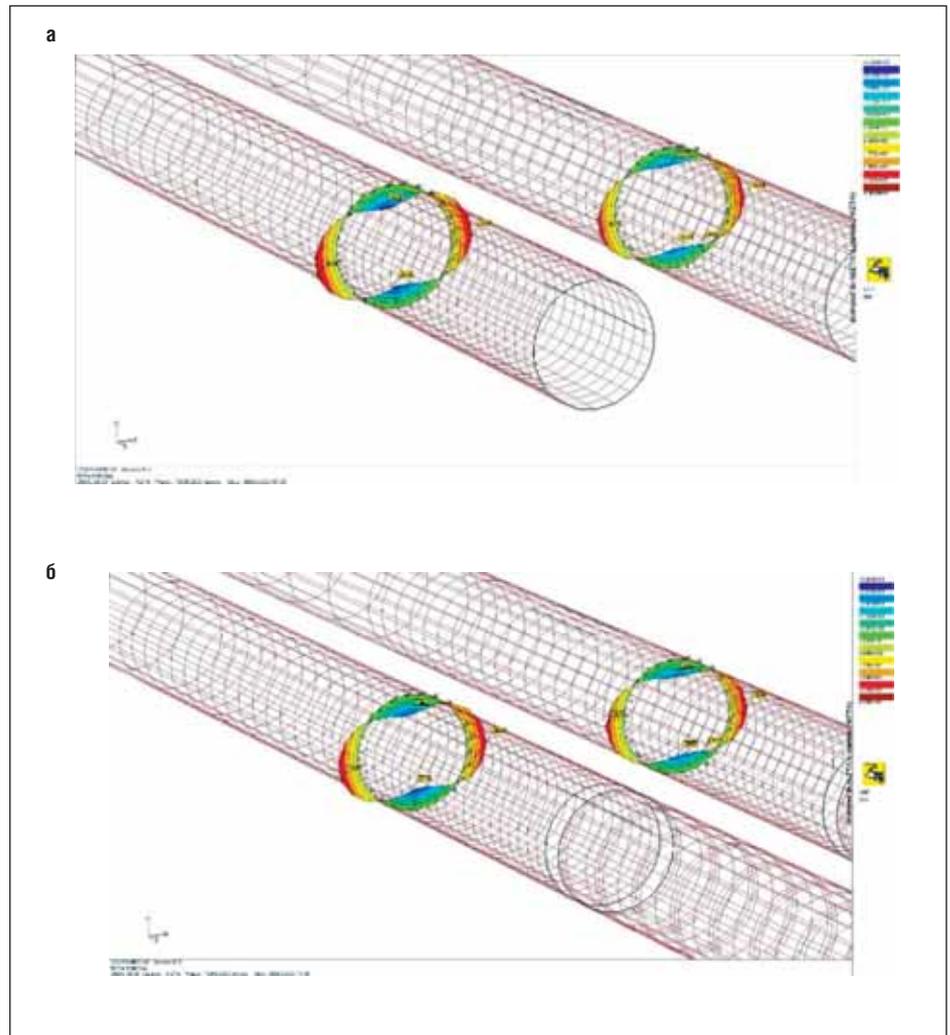


Рис. 4. Эпюры изгибающих моментов в чугунной обделке перегонных тоннелей: а – без МИ; б – с устройством МИ

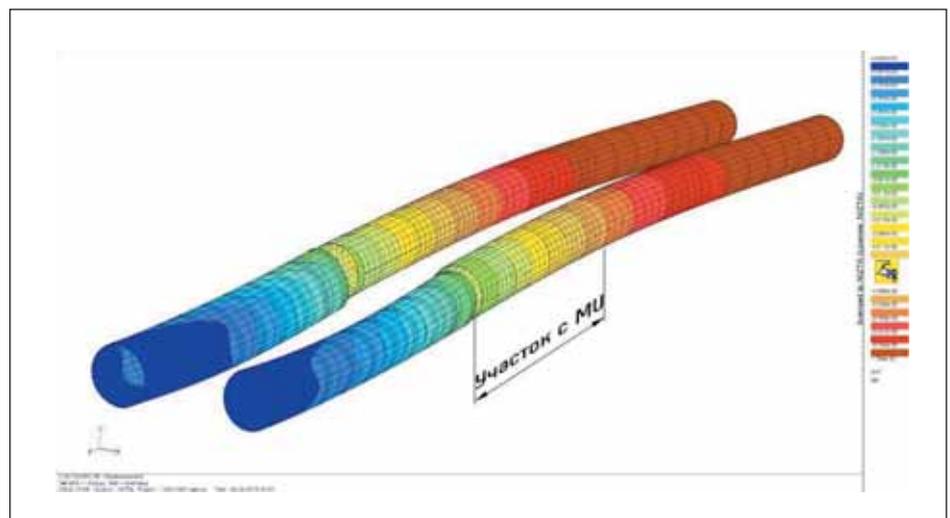


Рис. 5. Изополя вертикальных перемещений параллельных перегонных тоннелей с обделкой из чугунных тубингов на участках с МИ (36,5 мм) и без МИ (36,1 мм)

подземных сооружений транспортного назначения. – М.: Перо, 2021. – С. 195–203.

4. Шилин А. А., Гапонов В. В. Патент № RU 2511168 С1 Российская Федерация, МПК E21D 9/01 (2006.01). Способ усиления острододефектной обделки тоннелей: № 2012146569/03; заявл. 01.11.2012; опубл. 10.04.2014.

5. Кулагин Н. И. Безродный К. П., Голицынский Д. М., Будин А. Я., Норватов Ю. А. «Разрыв». История преодоления. – М.: ТА Инжиниринг, 2005.

Для связи с авторами

Устинов Дмитрий Владимирович
info@nizta.ru



ОСУШЕНИЕ ТОННЕЛЕЙ С ОБДЕЛКОЙ ИЗ КАМЕННОЙ КЛАДКИ

DRAINAGE OF STONE-LINED TUNNELS

В. А. Гурский, к. т. н., К. А. Рябов, М. В. Головин, О. А. Пирожков, ООО НИЦ «Бамтоннель»

А. С. Гнитенко, ООО ПИИ «Бамтоннельпроект»

V. A. Gurskiy, candidate of technical sciences, K. A. Ruabov, M. V. Golovin, O. A. Pirozhkov, LLC NRC «Bamtonnel»

A. S. Gnitienko, LLC FII «Bamtonnelprojekt»

В настоящей работе рассмотрено технологическое решение по осушению тоннелей с обделкой из каменной кладки не имеющей гидроизоляции. Невозможностью осушения сооружений с помощью дренажных выработок и водопонизительных скважин обусловлено принятие решения по созданию в заобделочном пространстве гидроизолирующего слоя путем уплотнительной цементации вмещающего грунта по известной технологии тампонажа. На заключительном этапе формирования гидроизоляционного слоя применена закачка акрилатного геля для заполнения усадочных трещин и оставшихся пустот, что повышает качество и эффективность осушительных мероприятий.

In this paper, we consider a technological solution for draining tunnels with masonry lining without waterproofing. The impossibility of draining structures with the help of drainage workings and dewatering wells caused the decision to create a waterproofing layer in the backfilling space by compacting the enclosing soil by cementation using a well-known plugging technology. At the final stage of the formation of the waterproofing layer, acrylate gel was injected to fill shrinkage cracks and remaining voids, which improves the quality and efficiency of drainage measures.

Из опыта эксплуатации транспортных тоннелей известно, что негативные процессы в их обделках в виде коррозии бетона и арматуры, морозной деструкции, пучин вмещающих грунтов и нарушений целостности конструкций в виде вывалов и отслоений в значительной степени связаны с проникновением подземных вод внутрь сооружений. Кроме этого, в районах с суровым климатом наличие воды в тоннелях обуславливает образование в зимний период наледей на поверхности обделок и верхнем строении пути, вызывая негабаритности и дополнительные эксплуатационные затраты на их устранение и обеспечение безопасности движения поездов.

Прочие повреждения несущих тоннельных конструкций от внешних силовых воздействий, как правило, связаны с ошибками изысканий, конструирования и строительства, а обводнение дефектных сооружений усугубляет их техническое состояние.

Мировая и отечественная история тоннелестроения началась с применения природных и искусственных каменных материалов на кладочных растворах для возведения тоннельных обделок. Схема поперечного сечения тоннеля с обделкой из каменной кладки приведена на рис. 1 [1].

До настоящего времени тоннели с обделкой из каменной кладки эксплуатируются на некоторых участках сети железных дорог России. Из-за отсутствия гидроизоляции, расстройств швов кладки вследствие деструкции их материала и прочих дефектов (трещин и вывалов) водонепроницаемость такой обделки очень низкая, способствующая

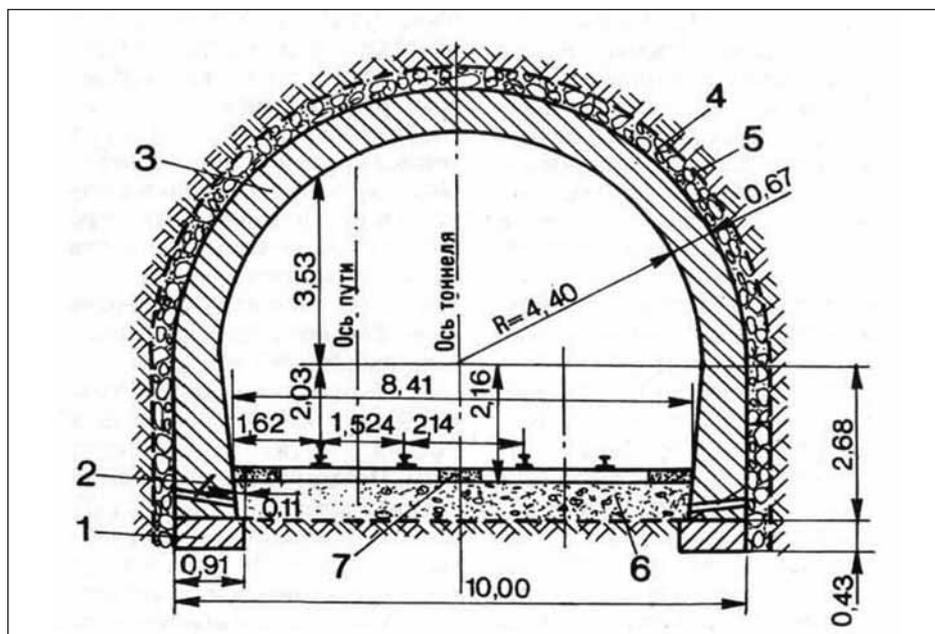


Рис. 1. Поперечное сечение двухпутного Ковенского тоннеля (первого железнодорожного тоннеля в России постройки 1859–1862 гг.): 1 – фундамент стен; 2 – дренажные трубы; 3 – кирпичная (каменная) кладка; 4 – заполнение камнем или кирпичным боем; 5 – грунт; 6 – песчаный балласт; 7 – щебень (размеры указаны в метрах)

при проникновении подземных вод внутрь сооружения, что в электрифицированных тоннелях является актуальной проблемой.

Осушение таких тоннелей, как правило, предусматривается за счет перехвата подземных вод дополнительными дренажными выработками, камерами заобделочного дренажа и водопонизительными скважинами. При отсутствии данных обустройств вода, поступающая к тоннелю, аккумулирует-

ся в заобделочном слое забутовки, устраиваемой при возведении каменной обделки укладкой дробленого камня или кирпичного боя на кладочном растворе в пространстве между контуром выработки и наружным контуром обделки (см. рис. 1, поз. 4). Далее вода срабатывается внутрь тоннеля через предусмотренные для этого дренажные трубы (см. рис. 1, поз. 2) или отверстия обделки (рис. 2) и через тещины, разрушен-

ные швы кладки и вывалы локальных участков обделки (при их наличии).

Эксплуатируемые в настоящее время тоннели с обделкой из каменной кладки находятся в работоспособном техническом состоянии за счет проведенной в различные годы модернизации или капитального ремонта по устранению негабаритности или переустройству верхнего строения пути, однако защита их от обводнения остается недостаточной и не удовлетворяет эксплуатационным требованиям.

Кардинальным решением проблемы осушения таких тоннелей является их реконструкция с заменой каменной кладки на обделку из монолитного бетона или железобетона с устройством наружной гидроизоляции, что в определенных условиях заложения и эксплуатации сооружения не может быть реализовано по ряду причин, в том числе из-за невозможности остановки движения по сооружению на период реконструкции тоннеля.

В качестве альтернативы рассматривают традиционные технологии тампонажа притоннельного грунтового массива с сохранением существующей обделки, организовав работы изнутри тоннеля в «окна». Примером такого решения является осушение тоннелей № 6 и 7 постройки соответственно 1915 и 1916 гг., эксплуатируемых на двухпутном участке железной дороги, с остановкой движения по ним и организацией реверсивного движения поездов по имеющемуся второму пути.

Обделки тоннелей выполнены из мелких бетонных блоков на цементнопесчаном кладочном растворе (см. рис. 2).

Гидрогеологические условия заложения тоннелей обуславливают их обводнение практически на всей длине. Водопроявления на поверхности обделок представлены струйными и рассредоточенными течами, капезом и сыростью. В период продолжительных лив-



Рис. 2. Кладка обделки с отверстиями в основании стен для выпуска подземной воды

ней интенсивность обводнения нарастает, что указывает на существенное влияние атмосферных осадков на формирование водопритоков к тоннелям. Некоторые виды водопроявлений представлены на рис. 3.

Для разработки проекта осушения тоннелей ООО НИЦ «Бамтоннель» в декабре 2021 г. выполнило специальное обследование сооружений, включающее визуальное и инструментальное исследование эксплуатируемых обделок и геофизические измерения напряженно-деформированного состояния системы «обделка – вмещающий грунт». По результатам обследования определены деформационно-прочностные характеристики материала обделок и вмещающих грунтов, напряженность грунтового массива, со-

ставлены карты дефектов и обводненности обделок. По результатам натурных исследований и выполнения поверочных расчетов определена категория технического состояния сооружений. Имеющиеся дефекты и виды водопроявлений на наиболее характерных участках тоннелей представлены на фрагментах карт (рис. 4) [2].

Характерными дефектами тоннельной обделки являются деструкция бетона мелких блоков обделки, трещины по кладке и швам между блоками, пустошовка, осыпание деструктивного бетона и материала швов на путь.

Подземная вода насыщает кладку обделки, проявляясь на внутренней поверхности в виде обширных сырых пятен, а на участках с трещинами, пустошовкой и деформа-

Рис. 3. Водопроявления в тоннелях на период предпроектного обследования



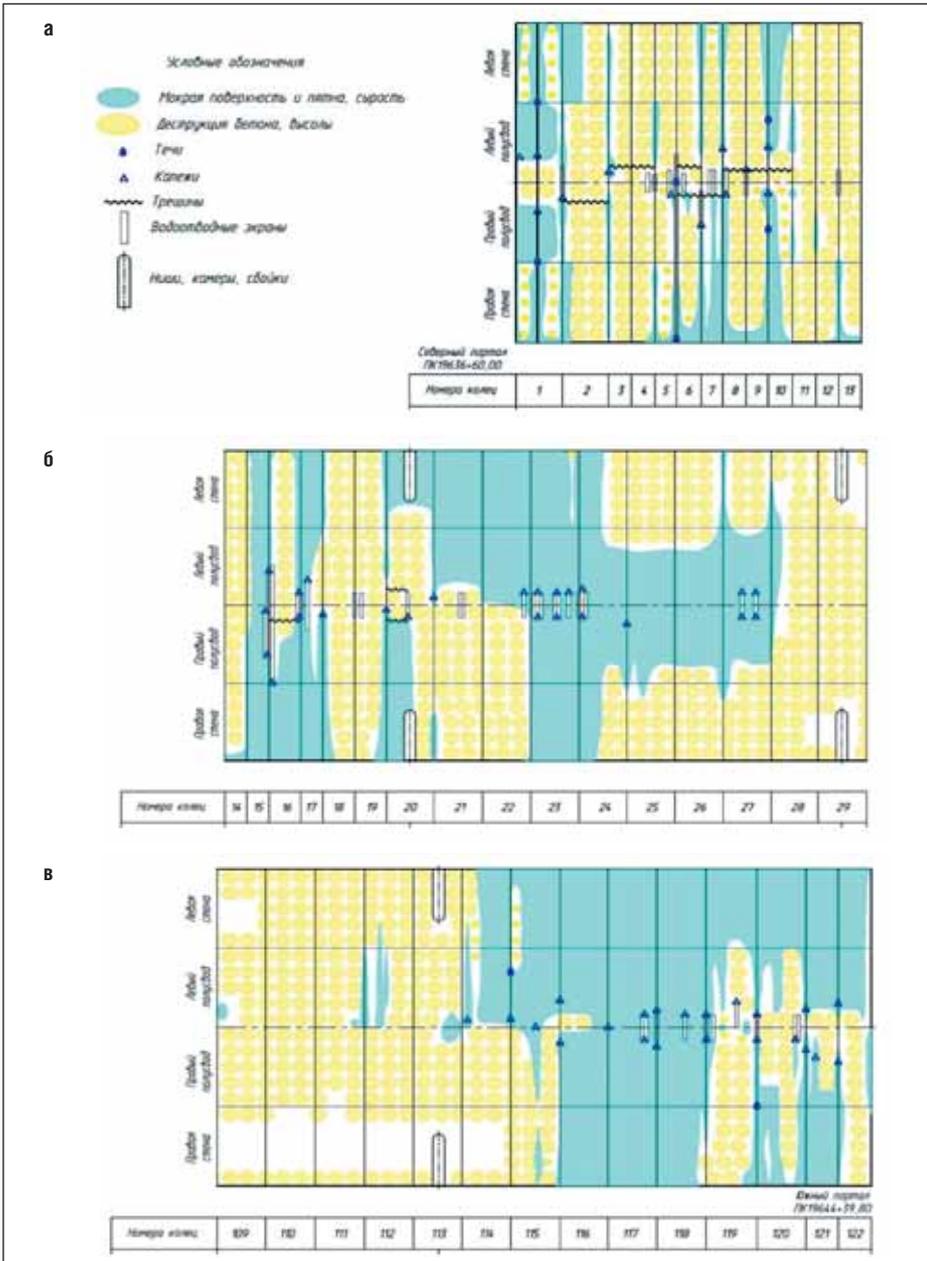


Рис. 4. Фрагменты карт дефектов и обводненности обделки: а – северный припортальный участок; б – середина тоннеля; в – южный припортальный участок

Рис. 5. Сплошная сырость и высолы на поверхности обделки. Защита контактной сети от течей металлическими и диэлектрическими экранами



ционными швами формируются капез и струйные течи. В связи с проникновением подземной воды через обделку её внутренняя поверхность практически полностью увлажнена и покрыта продуктами выщелачивания цементного камня. Для защиты контактного провода в местах поступления воды на обделке закреплены металлические защитные экраны, а в местах подвески контактной сети экраны из диэлектрического материала (рис. 5).

В результате измерений прочности бетона блоков обделки установлено, что его прочность находится в диапазоне от 25,6 МПа (В20) до 61,8 МПа (В45) при средней прочности 41,8 МПа (В30), прочность материала швов находится в диапазоне от 17,0 МПа (В10) до 59,9 МПа (В45) при средней прочности 37,9 МПа (В30). Это обеспечивает достаточную несущую способность обделки [2].

Полученные результаты обследования явились исходным материалом для разработки Технологического регламента на выполнение работ по водоподавлению в тоннелях № 6 и 7 перегона Сочи – Магистр, которым наряду с уплотнительной цементацией заобделочного пространства и твердения тампонажного раствора на завершающем этапе предусматривалось дополнительное закачивание мягкоэластичного акрилатного геля, обладающего высокой текучестью [3].

В соответствии с проектом осушения тоннелей, выполненным ООО ПИИ «Бамтоннельпроект» [4], на основании Технологического регламента [3] в обделке пробурены скважины для нагнетания растворов в притоннельный грунтовый массив для уплотнительной цементации (рис. 6).

Забутовка, имеющаяся в пространстве между контуром выработки и обделкой, устроенная для обеспечения её контакта с вмещающим грунтом, в свою очередь, обладает значительной дренирующей способностью, обусловленной наличием множества трещин и разуплотнений кладочного раствора. В целях недопущения неконтролируемого распространения уплотнительных растворов по слою забутовки вдоль тоннеля зоны тампонажа ограничили поперечными отсечками с шагом 100–150 м (рис. 7). С устройством отсечек на отдельные интервалы по длине тоннеля был снижен объем тампонируемого пространства, что позволило достигать проектных значений расхода и давления нагнетаемого раствора при минимальных объемах прокачек гарантируя его проникновение не только в заобделочный слой забутовки, но и в грунт, вмещающий тоннель.

Используя традиционную технологию инъектирования заобделочного грунтового массива проектом предусмотрено выполнение работ в два этапа в каждом интервале по длине тоннеля между отсечками.

На первом этапе выполняли уплотнительную цементацию заобделочного пространства цементным раствором из портландце-

мента (тип ЦЕМ I) класса прочности на сжатие 42,5 (M500) по ГОСТ 31108-2020 «Цементы общестроительные. Технические условия». Вода для затворения цемента по ГОСТ 23732-2011 «Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия».

Бурение шпуров для нагнетания цементного раствора диаметром 36 мм длиной 1,5 м выполнено в соответствии с установленной проектом схемой.

Нагнетание вели в направлении от нижних скважин к верхним.

На втором этапе, не ранее чем через 24 ч после уплотнительной цементации, в шпуров диаметром 18 мм длиной 1,2 м производилось инъецирование за обделку разбухающего, герметизирующего, мягкоэластичного акрилатного геля типа MC-Inject 3000 HPS, имеющего высокую проникающую способность, заполняющего усадочные трещины и поры в уплотняемом грунте на глубину до 1 м.

Инъецирование акрилатного геля выполняли в направлении от нижних пакеров к верхним одновременно с двух сторон тоннеля при условии формирования цементного камня в скважинах для нагнетания цементного раствора.

Взятие проб затомпированного грунта показало хорошие результаты уплотнительной цементации и проникновения акрилатного геля по трещинам (рис. 8).

Качественная картина осушения тоннелей видна при сравнении обводненности тоннельной обделки до осушительных мероприятий на рис. 9 и после – на рис. 10. Осушительные мероприятия по тоннелям № 6 и 7 завершены в феврале 2023 г. и показали обнадеживающий результат [5].

Выводы

1. Осушение притоннельного грунтового массива уплотнительной цементацией в сочетании с мягкоэластичным акрилатным гелем типа MC-Inject 3000 HPS дало положительный результат в тоннелях с каменными обделками со значительной деструкцией материала конструкций, заложенных в трещиноватых и разуплотненных грунтах.

2. Оценку долговечности и эффективности гидроизоляционной защиты тоннелей № 6 и 7 по описанной технологии можно дать по результатам наблюдений за их обводненностью при дальнейшей эксплуатации.

3. Технология осушения с применением акрилатного геля типа MC-Inject 3000 HPS может быть рекомендована при капитальном ремонте обделок из монолитного бетона, железобетона и сборного железобетона, когда их герметизация возможна в зоне контакта с породой без применения уплотнительной цементации и в теле самой обделки.

4. Для обоснования широкого применения описанной технологии при капитальном ремонте сооружений требуются дополнительные натурные исследования и, в частности, по оценке работы акрилатного геля в условиях замораживания и оттаивания.

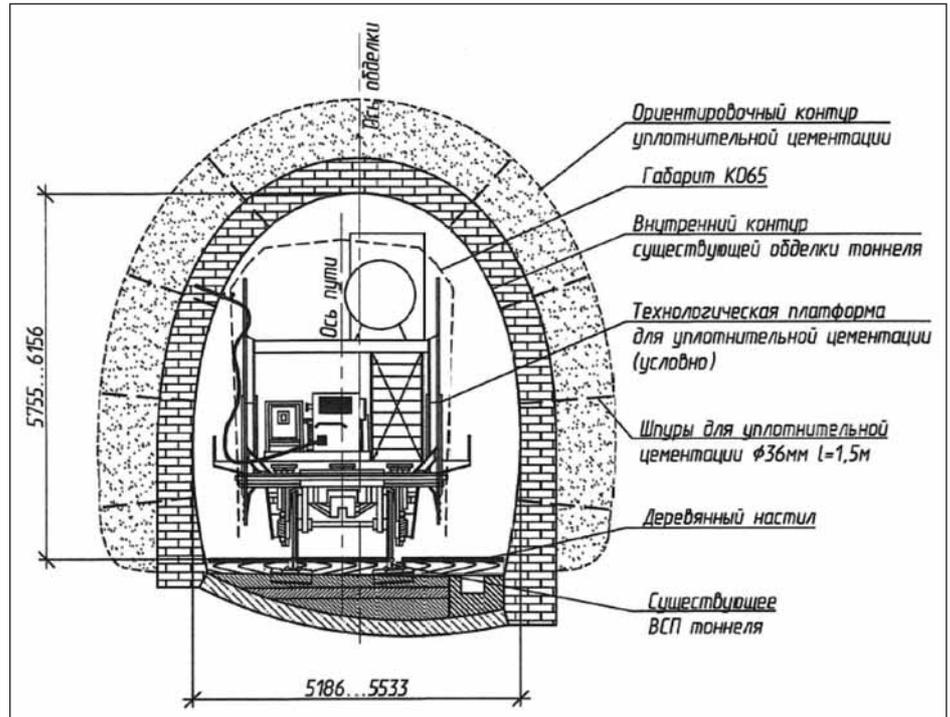


Рис. 6. Устройство уплотнительной цементации за обделкой

Рис. 7. Устройство противофильтрационных отсеков

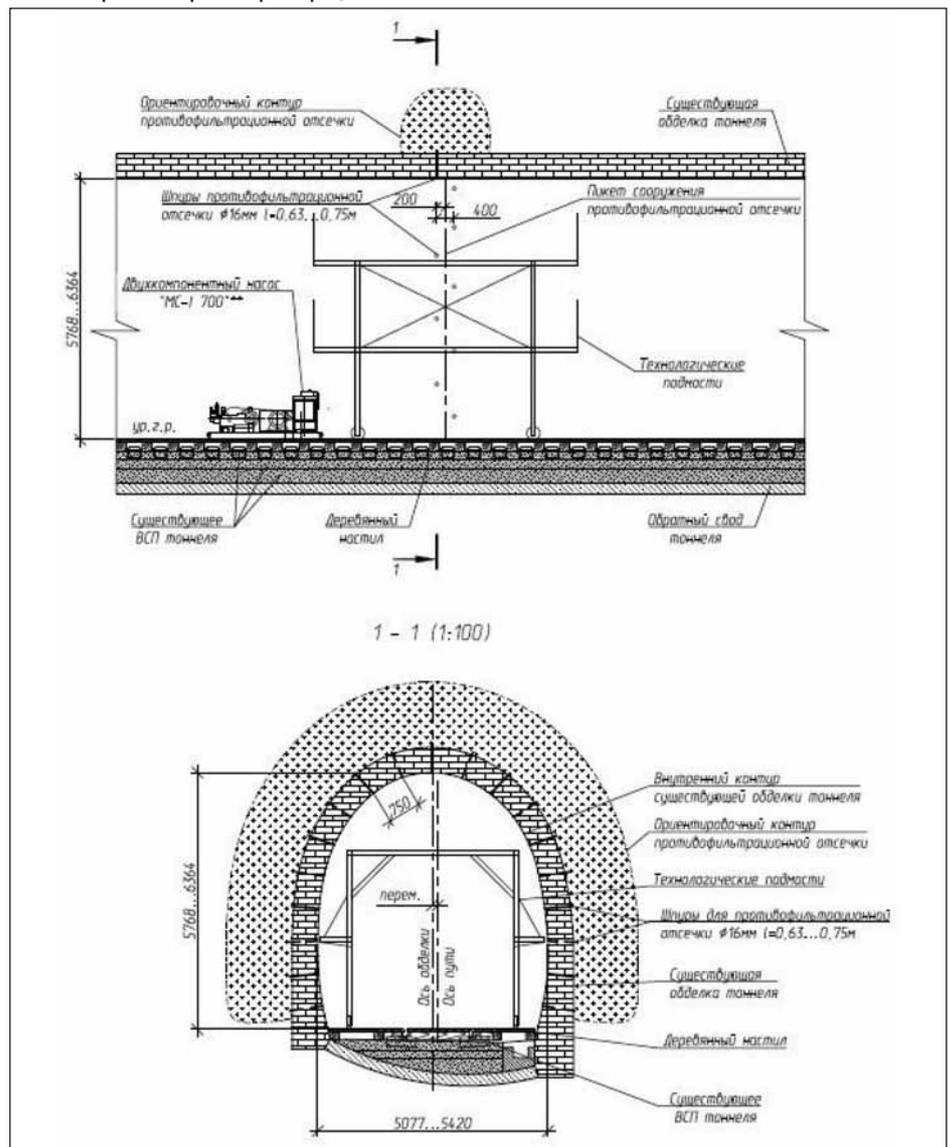




Рис. 8. Керны: а – после уплотнительной цементации; б – после нагнетания акрилатного геля (гель голубого цвета)

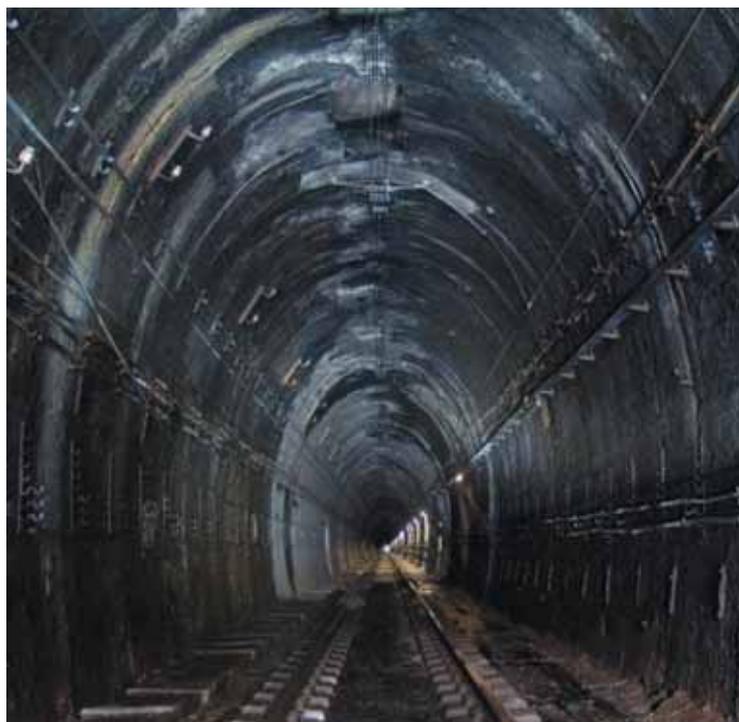


Рис. 9. Вид обводненности обделки до осушительных мероприятий

Рис. 10. Сухая обделка после выполнения осушительных мероприятий



Ключевые слова

Осушение тоннелей, обделка, каменная кладка, дренажные выработки, гидроизолирующий слой, тампонаж, уплотнительная цементация, акрилатный гель, эффективность.

Drainage of tunnels, lining, masonry, drainage workings, waterproofing layer, grouting sealing grouting, acrylate gel, efficiency.

Использованная литература

1. И. Выпов Первые российские железнодорожные тоннели // журнал Метро. 1996. № 1.
2. «Тоннели № 6, 7 перегона Сочи – Мацеста» Технический отчет по результатам инженерно-геофизических исследований. ООО НИЦ «Бамтоннель». 2021.
3. Технологический регламент на выполнение работ по водоподвлению в тоннелях № 6 и 7 перегона Сочи – Мацеста. ООО «Эм-Си-Баухем», 2023. – 82 с.
4. Проект организации строительства по титулу «Тоннели № 6, 7 перегона Сочи – Мацеста». ООО ПИИ «Бамтоннель-проект». 2022.
5. Итоги научно-технической конференции «Применение прогрессивных технологий в подземном строительстве – 2023» // Метро и тоннели. 2023. № 2.

Для связи с авторами

Гурский Валерий Алексеевич
vagur46@mail.ru
Гнителинко Александр Сергеевич
gas@btp-nsk.ru
Рябов Константин Алексеевич
bt.gyabov@gmail.com
Головин Максим Владимирович
bt.golovin@gmail.com
Пирожков Олег Александрович
bt.pirozhkov@gmail.com



23 сентября 2023 г. генеральному директору АО «Мосметрострой», заместителю председателя правления Тоннельной ассоциации России Сергею Анатольевичу Жукову исполнилось 50 лет.

Уважаемый Сергей Анатольевич!

Правление и Исполнительная дирекция Тоннельной ассоциации России сердечно поздравляют Вас с 50-летием со дня рождения!

Вся Ваша трудовая биография связана с почётной и всеми уважаемой профессией строителя. Получив высшее техническое образование в Московском государственном университете путей сообщения (МИИТе), Вы в короткие сроки сумели пройти сложный трудовой путь от прораба до руководителя крупнейшей в Москве строительной организации, выполняющей в столице нашей Родины основные объёмы работ

по сооружению самого удобного и надёжного вида пассажирского транспорта – метрополитена. С удовлетворением отмечаем, что к своему юбилею Вы подошли с хорошими результатами и Вам есть, чем гордиться – Ваш труд инженера-строителя, крупного организатора строительного производства воплощён в реконструкции железнодорожных и городских мостов, строительстве и реконструкции в городе Москве десятков тысяч квадратных метров зданий культурного и жилого назначения по индивидуальным проектам, сооружении уникальных спортивных олимпийских комплексов в городе Сочи и, конечно же, в неповторимых по своим архитектурным формам и удобству пользования объектам Московского метрополитена.

Сергей Анатольевич, нам приятно отметить, что возглавляя многотысячный коллектив московских метростроителей и мобилизуя его на выполнение самых сложных задач по развитию Московского метрополитена, Вы всегда остаётесь добрым и отзывчивым человеком и несёте на себе большую ответственность за благополучие каждого члена этого коллектива.

Правление и Исполнительная дирекция Тоннельной ассоциации России благодарны Вам за то, что несмотря на огромную производственную нагрузку, Вы активно участвуете в деятельности Тоннельной ассоциации России и всемерно способствуете продвижению достижений научно-технического прогресса в работах по освоению подземного пространства в градостроительных целях.

В день Вашего Юбилея желаем Вам, уважаемый Сергей Анатольевич, большого жизненного счастья, крепкого здоровья, успехов в трудовой деятельности и надеемся на дальнейшее укрепление плодотворного сотрудничества с Вами и коллективом возглавляемой Вами организации.

Председатель правления Тоннельной ассоциации России

К. Н. Матвеев

Руководитель Исполнительной дирекции ТАП

А. Б. Лебедьков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РОССИЙСКОЙ ЩИТОВОЙ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ SN-P ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕТРОПОЛИТЕНА В АЛМА-АТЕ

Г. М. Стафеев, А. Г. Леонов, ООО «Навигатор»

В июле 2023 г. на Алма-Атинском метрополитене началась проходка левого перегонного тоннеля от ст. «Бауыржан Момышулы» до ст. «Калкаман». Тоннель строят щитом КТ-5,6, изготовленным Скуратовским экспериментальным заводом, находящимся в г. Туле. При изготовлении щита была предусмотрена установка тоннельной навигации SN-Pkt.

Около рабочего места машиниста щита был установлен промышленный компьютер, на котором стоит навигационная программа и программа, получающая данные с некоторых датчиков, а также выводится картинка с видеокамеры, расположенной у места погрузки грунта в автомобиль. Инклинометр ИЛМ-1 установлен в защитном футляре компьютера. На щитовом эректоре закреплена консоль для установки китайского тахеометра NTS-362, 2-секундной точности.

На обделке тоннеля устанавливаются две поворотные двухсторонние марки, которые координируют с тоннельной полигонометрией. Эти марки по мере продвижения щита переносят к нему ближе.

На щите закрепляют щитовые марки (светоотражающие пленки).

Расположение марок на щите может быть пяти видов:

- нож-хвост;
- лево-право;

- лево-право-нож;
- лево-право-хвост;
- лево-право-верх.

Тахеометр координируют по двум жестким поворотным двухсторонним маркам и определяют координаты двух марок на щите (если есть инклинометр) или трех марок (если навигация без инклинометра).

Координаты пересылаются по Bluetooth в компьютер, установленный на щите, на котором стоит программа SN-Pkt.

Машинист щита и маркшейдер видят положение щита в плане и профиле в графическом и цифровом виде, и принимают решения по ведению щита.

В программе навигации имеется трассовый редактор, позволяющий быстро создать трассу и проверить ее в AutoCADe. После каждой передвижки можно определить параметры кольца, такие как:

- пикет передней грани;
- горизонтальное опережение кольца;
- вертикальное опережение кольца;



Поворотная двухсторонняя марка (крепится на обделке тоннеля)

Щитовая марка (пленка) крепится на щите





Консоль с китайским тахеометром на эректоре щита



Две поворотные двухсторонние марки на обделке тоннеля

- план кольца (для колец, обжатых в грунт);
 - профиль кольца (для колец, обжатых в грунт).
- Все данные по проходкам сохраняются в базе данных, которую можно просмотреть в

виде истории проходок или диаграммы в графическом виде.

В программу навигации встроен геодезический калькулятор, позволяющий

оперативно решать многие маркшейдерские задачи.

На каждую проходку создается протокол, который можно распечатать или переслать по интернету.

Так как эта программа отечественного производства, есть возможность ее адаптации под конкретный щит по желанию пользователей.

Комплектация системы навигации:

- тахеометр (любой фирмы);
- компьютер или ноутбук;
- две или четыре поворотные двухсторонние марки;
- 3–4 марки (пленки), крепящиеся на щит;
- инклинометр (опция);
- программа SN-Pkt

Главное окно программы SN-Pkt



Для связи с авторами

Стафеев Геннадий Михайлович
 Леонов Александр Григорьевич
 leonov1954@mail.ru



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КРЕПИ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ

EXPERIMENTAL EVALUATION OF STRESS-STRAIN STATE OF MINE SHAFT SUPPORTS

Д. С. Паринов, НИТУ МИСИС, кафедра СПС и ГП

D. S. Parinov, MISIS, Department of ATP and GP

В статье рассматриваются некоторые методы для оценки напряженно-деформированного состояния крепи шахтных стволов, которые эксплуатируются многие десятилетия.

The article discusses some methods for assessing the stress-strain state of the support of mine shafts, which have been in operation for many decades.

В России и странах СНГ эксплуатируются сотни вертикальных стволов, построенных в 50–80-х годах прошлого века. Многие из них эксплуатируются в сложных горногеологических условиях.

В связи с этими обстоятельствами особенно важной является достоверная оценка напряженно-деформированного состояния крепи стволов.

С этой целью используются геологические, геомеханические и геофизические методы.

Геологические методы включают анализ геологических и геотехтонических особенностей массива, оценку НДС на основе визуального осмотра горных выработок и оценку НДС массива по дискованию керна.

Геомеханические методы включают метод полной разгрузки керна, ультразвуковой метод, метод частичной разгрузки, электрометрические методы, метод частичной разгрузки на большой базе, метод щелевой разгрузки, метод параллельных скважин, метод разности давлений, метод упругих включений, метод гидроразрыва, метод компенсационной нагрузки, метод буровых скважин, метод плоских домкратов.

Геофизические методы: метод полной разгрузки керна, ультразвуковой метод, метод частичной разгрузки, электрометрические методы, методы, основанные на использовании эффектов памяти в горных породах и помещаемых в массив композиционных материалов, звукометрические методы, методы, основанные на приеме и анализе интенсивности электромагнитной эмиссии горных пород, Гамма-метод.

На рис.1–5 представлен ряд методов для оценки напряженно-деформированного состояния крепи стволов.

Заключение

1. Совершенствование существующих методов определения НДС с применением современной технической базы позволяет повысить точность измерений и значительно уп-

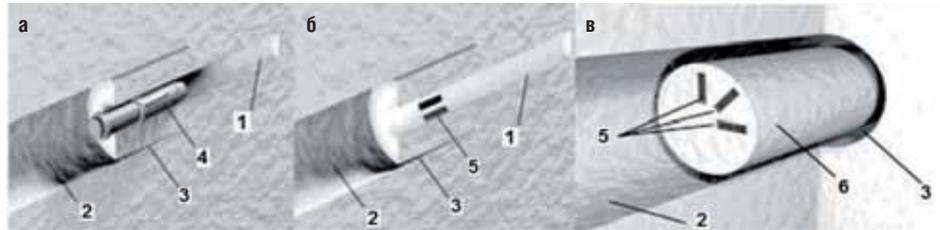


Рис. 1. Метод полной разгрузки: а – по схеме Хаста; б – по схеме Лимана; в – по схеме ВНИМИ; 1 – опережающая скважина; 2 – разгрузочная скважина; 3 – кольцевая щель; 4 – скважинный деформометр; 5 – тензодатчики; 6 – обуренный керн

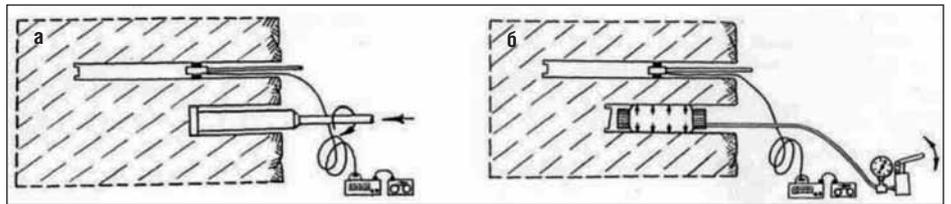


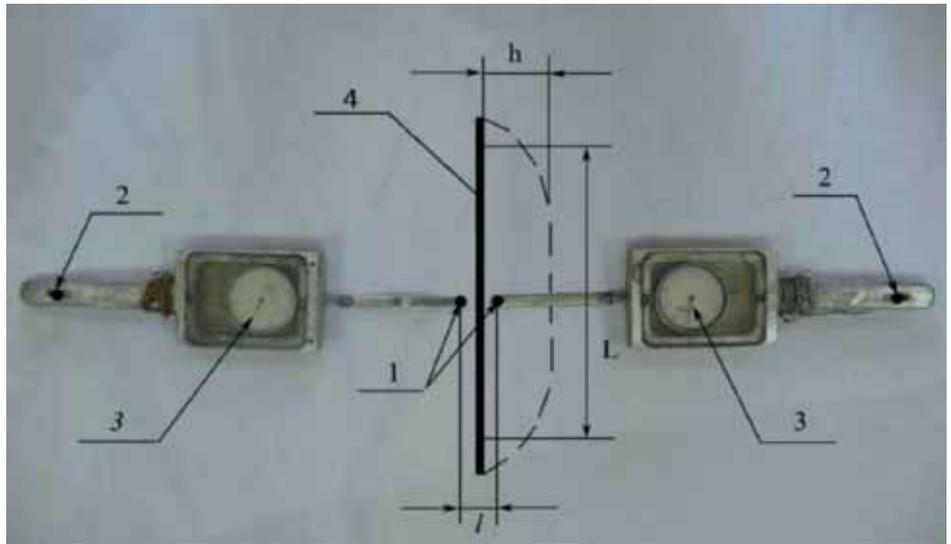
Рис. 2. Метод параллельных скважин: а – определение напряженного состояния; б – определение упругих констант среды

ростить проведение полевых исследований.

2. Компьютерное моделирование на основе экспериментально полученных данных

способствует выбору оптимальных параметров базы эксперимента, с учетом воздействия вспомогательных шпуров, а также ми-

Рис. 3. Метод щелевой разгрузки: 1 – основные (замерные) реперы; 2 – вспомогательные (опорные) реперы; 3 – индикаторы ИЧ-10Р; 4 – плоская щель в бетоне



Таблица

Сравнительная характеристика некоторых методов определения напряжений в крепи шахтных стволов

Метод определения НДС	Измеряемый параметр	Средства измерения	Способ перехода к напряжениям	Данные, необходимые для пересчета	Характеристика получаемых напряжений
Полная разгрузка. Схема ВНИМИ	Деформация разгрузки на торце скважины	Тензометрические или фотоупругие датчики	Пересчет методами теории упругости	Модуль упругости и коэффициент Пуассона	Абсолютные величины и направления главных напряжений в массиве
Полная разгрузка. Схема Хаста	Измерение диаметра скважины	Тензометрические, магнитострикционные, емкостные датчики	Пересчет на базе теории упругости, лабораторное эталонирование	Тарировочная кривая деформации датчика в напряжениях, модуль упругости, коэффициент Пуассона	Величины и направления напряжений, действующих в плоскости, перпендикулярной оси скважины
Полная разгрузка. Схема Лимана	Деформация на поверхности скважины	Тензометрические датчики	Пересчет методами теории упругости	Модуль упругости и коэффициент Пуассона	Абсолютные величины и направления главных напряжений в массиве
Щелевая разгрузка	Деформации стенок щели	Тензометрические датчики	Пересчет методами теории упругости	Модуль Юнга, коэффициент Пуассона, коэффициенты концентрации напряжений приконтурной части щели	Напряжения, действующие перпендикулярно плоскости щели
Параллельных скважин	Измерение диаметра скважины	Манометры, электроманометры, тензометрические датчики	Пересчет методами теории упругости	Модуль упругости и коэффициент Пуассона	Величина напряжения, нормального к поверхности скважины
Частичная разгрузка	Деформация участка стенки выработок	—	—	—	Величины и направления напряжений, действующих на поверхностях стенок выработок

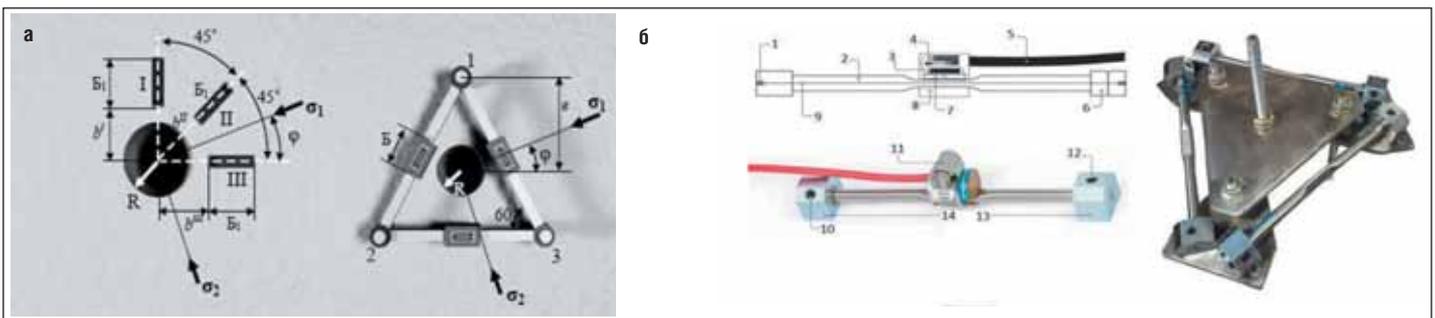
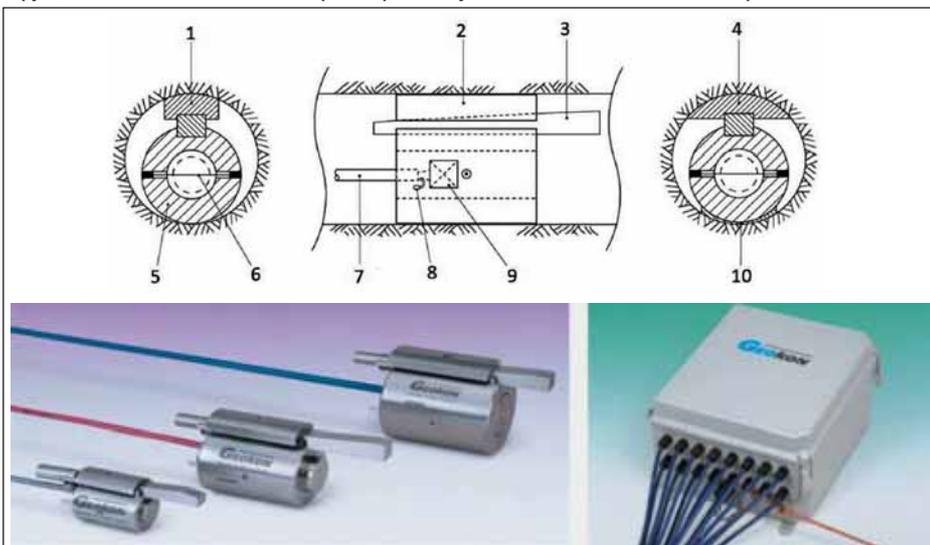


Рис. 4. Метод с применением струнных датчиков (а); тензометр струнный (б): 1 – зажим струны; 2 – защитная трубка; 3 – магнит; 4 – термистор; 5 – кабель четырехжильный; 6 – стационарный блок; 7 – катушка; 8 – корпус; 9 – струна; 10, 12 – точки крепления датчика к бетонной поверхности; 11 – зажим; 13, 14 – монтажные блоки

$$\sigma_{1,2} = R_{r1} (\varepsilon_{a1,2} + \varepsilon_{a2,3} + \varepsilon_{a3,1}) \pm R_{r2} (\varepsilon_{a1,2} + \varepsilon_{a3,1} + 2\varepsilon_{a2,3}) \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 2\varphi}$$

Рис. 5. Метод с использованием скважинных стрессометров: 1 – пластина для твердой породы; 2 – пластина; 3 – клин; 4 – пластина для мягкой породы; 5 – корпус измерительного прибора; 6 – колеблющаяся струна; 7 – сигнальный кабель; 8 – термистор; 9 – катушка; 10 – башмак для мягкой породы



минимизировать возможное влияние масштабного коэффициента.

3. Отбор керна позволяет определить свойства бетона крепи в лабораторных условиях.

4. Комплексный подход позволяет значительно снизить общий процент погрешности при определении НДС крепи ствола.

5. Задачей совершенствования методики совместного применения сейсмоакустических и георадиолокационных методов исследования является проведение качественной оценки контактных условий «крепь-породный массив» и выявление зоны дезинтеграции в околоствольном породном массиве. Эти данные позволят выявить зоны максимальной нагруженности крепи ствола внешними силами и определить точки для экспериментальной оценки напряженно-деформированного состояния крепи ствола.

Для связи с автором

Паринов Дмитрий Сергеевич
parinov.ds@misis.ru



ОБСЛЕДОВАНИЕ И МОНИТОРИНГ СООРУЖЕНИЙ МЕТРОПОЛИТЕНА

В. А. Гарбер, д. т. н., НИЦ «ТМ» АО «ЦНИИТС»

Состояние вопроса

Исполнилось 90 лет с начала строительства метрополитена в Москве, и многие сооружения, главные из которых станционные и перегонные тоннели, требуют если не реконструкции, то ремонта для обеспечения их надежного функционирования с целью безопасного осуществления перевозочного процесса.

Эта же проблема возникает и в других, более «молодых» метрополитенах, как например, Санкт-Петербургском.

Для оценки фактического технического состояния тоннельных конструкций необходимым инструментом является нормативная документация, на основе которой осуществляется оценка технического состояния тоннельных конструкций.

Основой нормативной базы является регламентация двух дополняющих действий – это обследование и мониторинг технического состояния строящихся и эксплуатируемых конструкций.

Первые попытки создать нормативную основу деятельности по обследованию и мониторингу сооружений метрополитена были предприняты Госгортехнадзором и правительством Москвы еще в период 1997–2001 гг. (табл.).

К 2020 г. регламентация указанной проблемы вышла на государственный уровень: были выпущены четыре ГОСТа, один отраслевой документ Росавтодора, Свод правил (СП 474).

Для возможности квалифицированного обследования и мониторинга технического состояния строящихся и эксплуатируемых конструкций ряд вузов страны ввел в учебный процесс соответствующие методические документы (шп. 4, 13, 16 табл.).

Рассмотрим состав работ по обследованию и мониторингу технического состояния строящихся и эксплуатируемых подземных сооружений, включая их отличия друг от друга.

Состав работ по обследованию и мониторингу

Применительно к метрополитену требования к указанным работам приведены в двух основных документах:

- ГОСТ Р 57206-2016 (п. 15 табл.);
- СП 474.132.5800.2019 (п. 17 табл.).

При разработке этих документов основой послужила Методика комплексного обследования состояния строительных конструкций метрополитена, попадающих в зону влияния городских объектов (п. 6 табл.).

Для строящихся объектов метрополитена безопасность, в первую очередь, зависит от качества строительных работ, которое характеризуется следующими показателями:

- геометрия конструкции тоннеля: отклонения от габаритов приближения строений, оборудования, подвижного состава;
- прочность конструкции (отсутствие трещин, сколов, оголения арматуры и т. п.);

Таблица

Нормативные, рекомендательные и методические документы по техническому обследованию и мониторингу состояния подземных сооружений

№№ п/п	Год издания	Наименование	Организация
1	1997	Временное положение о горно-экологическом мониторинге	Госгортехнадзор России. Москва
2	1998	Рекомендации по обследованию и мониторингу технического состояния эксплуатируемых зданий, расположенных вблизи нового строительства или реконструкции	Правительство Москвы. Москомархитектура
3	2001	Инструкция о порядке производства работ посторонними организациями в эксплуатируемых сооружениях Московского метрополитена	Московский метрополитен
4	2003	Геоэкологический мониторинг. Учебное пособие	Томский политехнический университет
5	2004	Пособие к МГСН 2.07-01 "Основания, фундаменты и подземные сооружения. Обследование и мониторинг при строительстве и реконструкции зданий и подземных сооружений"	Москва
6	2006	Методика комплексного обследования состояния строительных конструкций метрополитена, попадающих в зону влияния строительства городских объектов	Московский метрополитен. НИЦ "ТМ" АО "ЦНИИТС"
7	2006	Правила использования территорий технических и охранных зон метрополитена в г. Москве	Москва. Москомархитектура. Мосметрополитен. НИЦ "ТМ" АО "ЦНИИТС"
8	2009	Методическое руководство по комплексному горно-экологическому мониторингу при строительстве и эксплуатации транспортных тоннелей	Санкт-Петербург. Ленметрогипротранс
9	2011	ГОСТ 31937-2011 "Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния"	Росстандарт
10	2012	ГОСТ 32019-2012 "Мониторинг технического состояния уникальных зданий и сооружений. Правила проектирования мониторинга и установки стационарных систем (станций)"	Росстандарт
11	2013	ГОСТ Р 1 22.1-13-2013 "Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений"	Росстандарт
12	2015	ОДМ 2.18.4.022-2015 "Рекомендации по проведению геотехнического мониторинга строящихся и эксплуатируемых автодорожных тоннелей"	Росстандарт
13	2015, 2016	Геотехнический мониторинг в строительстве. Учебное пособие	МГСУ
14	2015	Сборник МРР-3.2.05.07-15 базовых цен на работы по обследованию и мониторингу технического состояния строительных конструкций и инженерного оборудования зданий и сооружений, в том числе, сооружений метрополитена, попадающих в зону влияния строительных объектов, осуществляемые с привлечением средств бюджета города Москвы	Правительство Москвы
15	2016	ГОСТ Р 57206-2016 "Тоннели и метрополитены. Правила обследования и устранения дефектов и повреждений при эксплуатации"	Росстандарт
16	2017	Обследование и мониторинг строительных конструкций зданий и сооружений. Учебное пособие	Тамбовский государственный технический университет
17	2019	СП 474.132.5800.2019 "Метрополитены. Правила обследования и мониторинга строительных конструкций подземных сооружений"	
18	2020	ZETLAB "Автоматизированный контроль в характерных точках объекта мониторинга как при строительстве новых, так и на уже построенных сооружениях"	СМИС/СМИК. Система мониторинга инженерных систем зданий и сооружений, ГОЧС

- качество заобделочного пространства (отсутствие пустотностей в контактном слое «грунт – обделка»);

- водонепроницаемость конструкции (отсутствие течей и протечек).

Для контроля указанных показателей в процессе обследования и мониторинга состояние строящихся конструкций метрополитена проводят:

- визуально-инструментальный осмотр тоннелей с составлением разверток внутренней поверхности конструкции, на которых указываются все выявленные дефекты с фиксацией их места расположения;

- инструментальные измерения всех выявленных дефектов (ширина раскрытия трещин, их протяженность, интенсивность водопротечек, размер коррозионных проявлений и т. п.);

- геодезическую съемку геометрических размеров конструкций с указанием величин отклонения от нормальных диаметров (радиусов) обделки;

- геофизическую съемку заобделочного пространства с выявлением мест отсутствия контакта «грунт – обделка» и их размеров.

Ведется постоянный журнал результатов обследований (мониторинга).

Выдаются рекомендации по устранению выявленных негативных явлений.

Для эксплуатируемых объектов метрополитена безопасность, в первую очередь, выражается в обеспечении безопасности движения поездов, пассажиров и обслуживающего персонала.

Для обеспечения указанных видов безопасности в процессе обследований и мониторинга эксплуатируемых объектов ведется съем информации о деформациях конструкций, о местах и количестве водопроявлений, об изменении плано-высотного положения рельсовых путей, о сбоях в системе вентиляции, о нарушениях в системе пожарной безопасности, о происшествиях в области контртеррористической безопасности.

Особое внимание уделяется проявлениям влияния на конструкции метро строительства новых наземных и подземных объектов в технических и охранных зонах метрополитена.

В случае фиксации новых существенных водопритоков в тоннели ведется периодическое геофизическое обследование контакта «грунт – обделка» проблемных участков для выявления пустот в заобделочном пространстве.

Результаты всех наблюдений фиксируются в журналах диспетчерской службы. Выдаются рекомендации по устранению выявленных дефектов и результатов происшествий. Контролируется ход работ по устранению негативных явлений.

Отличия работ для строящихся и эксплуатируемых объектов заключаются в следующем:

- для строящихся объектов метрополитена геометрия конструкции контролируется, как правило, геодезическими методами, а для эксплуатируемых объектов, в основном, с применением автоматизированных и автоматических измерительных систем, в

том числе путеизмерительных поездов;

- прочность конструкций строящихся объектов метрополитена контролируется, в основном, с помощью ручных инструментов, а для эксплуатируемых объектов применяются, как правило, акустические измерения с использованием технологического транспорта;

- геофизический контроль качества контакта «грунт – обделка» для строящихся объектов является обязательным, а для эксплуатируемых эти исследования проводятся только по мере проявления водопритоков и деформаций конструкций;

- водонепроницаемость конструкций строящихся объектов контролируется визуальными наблюдениями, а для эксплуатируемых контроль осуществляется по регистрации водопритока в лотковой системе сооружения.

В целом, основная разница выражается в более высоком уровне механизации и автоматизации процессов измерений и наблюдений для эксплуатируемых объектов метрополитена.

Структурные элементы обследований и мониторинга

Организационные вопросы

Организация обследований и мониторинга состояния подземных конструкций регламентирована Инструкцией о порядке производства работ посторонними организациями в эксплуатируемых тоннелях метрополитена (п. 3 табл.).

Структура Инструкции:

1. Общие положения.
2. Порядок согласования проектов организации и производства работ.
3. Выдача разрешений и допуск к производству работ.
4. Порядок производства работ.
5. Обязанности и ответственность производителя работ сторонних организаций.
6. Права и обязанности лица, отвечающего за технический надзор.

Основная цель Инструкции – обеспечение безопасности людей, производящих обследование, и обеспечение сохранности оборудования метрополитена.

Технические средства

При обследовании и мониторинге строящихся сооружений метрополитена используется следующий набор инструментов, приборов и оборудования: щупы, трещиномеры, рулетка из легированной стали, лазерные рулетки (дальномеры); нивелиры, теодолиты, тахеометры; фотоаппараты, видеокамеры; геофизическое оборудование.

При обследовании и мониторинге эксплуатируемых объектов осуществляется автоматизированный деформационный мониторинг состояния тоннелей метрополитена [1], включая непрерывный контроль изменения НДС тоннеля. Основные элементы системы: высокоточный роботизированный тахеометр; отражатели – минипризмы на L-образных креплениях. Определение координат отражателей выполняется в автоматическом режиме специально разработанной программой.

Для обследований и мониторинга строящихся

и эксплуатируемых объектов метрополитена может использоваться серийно выпускаемая система СММК/СМИС «ZETLAB» (п. 18 табл.).

Кроме того, как указывалось выше, в отдельных случаях для обследования эксплуатируемых тоннелей применяют геофизическое акустическое оборудование.

Методика проведения работ

В 2006 г. была выпущена Методика комплексного обследования состояния строительных конструкций метрополитена, попадающих в зону влияния строительства городских объектов (п. 6 табл.). На ее основе разработан Свод правил СП 474.1325800.2019 (п. 17 табл.). Этими документами и определяется на сегодняшний день методика проведения обследовательских работ. Помимо общих положений, в них представлены следующие основные разделы:

- п. 6 «Эксплуатация строительных конструкций зданий и сооружений метрополитена во время нового строительства в охранных зонах»;
- п. 7 «Обследование технического состояния сооружений метрополитена, расположенных в зоне влияния нового строительства»;

- п. 8 «Специальные наблюдения и мониторинг сооружений метрополитена, расположенных в зоне влияния нового строительства».

Кроме того, в СП 474 приведено Приложение А «Предельные дополнительные деформации сооружений метрополитена при их реконструкции и при расположении действующих объектов метрополитена в зоне влияния нового строительства». Это приложение, разработанное впервые, регламентирует условия, при которых необходимо предпринимать защитные мероприятия для обеспечения безопасности сооружений, пассажиров и обслуживающего персонала.

Участники рынка

Информационный поиск позволил выявить более десяти организаций, работающих в области обследования и мониторинга сооружений метрополитена.

Первопроходцем в проведении указанных работ в свое время стал НИЦ «Тоннели и метрополитены» АО «ЦНИИТС».

Сейчас на рынке также работает несколько организаций преимущественно геодезической специализации, занимающихся, в том числе, обследованиями подземных сооружений. Все эти компании имеют соответствующие официальные договоры с Московским метрополитеном и конкурируют друг с другом.

Кроме того, в структуре Мосинжпроекта создана организация «МИП-Строй № 1», осуществляющая мониторинг технического состояния строящегося метрополитена.

Список литературы

1. Гарбер В. А. Экономика строительства и эксплуатации Московского метрополитена // Подземные горизонты. – 2022. – № 29.

Для связи с автором

Гарбер Владимир Александрович
garberva@tsniis.com



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ ИНЖЕНЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ В УСЛОВИЯХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МНОГОЛЕТНЕМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ

SCIENTIFIC AND TECHNICAL SUPPORT FOR THE DESIGN OF LINEAR ENGINEERING INFRASTRUCTURE FACILITIES UNDER CONDITIONS OF PERMAFROST SOILS

Е. Н. Борисевич, МУП «Коммунальные объединенные системы»

А. В. Гришин, к. т. н., НИТУ МИСИС

И. Н. Дanelia, ООО «Современные Системы Реновации»

Д. С. Конюхов, д. т. н., НИТУ МИСИС

Б. А. Крымов, ООО «Современные Системы Реновации»

Е. Ю. Куликова, д. т. н., НИТУ МИСИС

E. N. Borisevich, MUP «Communal United Systems»

A. V. Grishin, Ph. D., NUST MISIS

I. N. Danelia, LLC «Modern Renovation Systems», Moscow

D. S. Konyukhov, Doctor of Technical Sciences, NUST MISIS

B. A. Krimov, LLC «Modern Renovation Systems», Moscow

E. Yu. Kulikova, Doctor of Technical Sciences, NUST MISIS

Рассматриваются задачи и методы научно-технического сопровождения проектно-изыскательских работ в связи с интенсивным освоением подземного пространства на территориях с многолетнемерзлыми грунтами. Приведены результаты обследования действующих коллекторов для инженерных коммуникаций, их наиболее характерные дефекты и повреждения. Показана структура научно-технического сопровождения проектно-изыскательских работ и описана программа научно-технического сопровождения проектирования и строительства. Рассмотрены инженерно-геологические изыскания. Приведены выявленные системные недочеты. Даны рекомендации по их устранению. Рассмотрено влияние реконструкции коллекторов на существующую застройку. Охарактеризованы геокриологические и геотехнические риски при проектно-изыскательских и строительномонтажных работах. Приведены мероприятия по защите от рисков при реконструкции инженерных коллекторов. Дана структура и содержание геотехнического мониторинга. Предложена программа научно-технического сопровождения строительства инженерного коллектора в условиях г. Норильска.

Tasks and methods of scientific and technical support of design and survey works in connection with intensive development of territories with permafrost soils are considered. The most typical defects and damages are given. The structure of scientific and technical support for design and survey works is shown. The program of scientific and technical support of design and construction works is described. Engineering and geological surveys are considered. Identified system deficiencies are given. Recommendations for their elimination are given. The impact of collector reconstruction on the existing development is considered. Geocryological and geotechnical risks during design and survey and construction works are described. Measures to protect against risks during reconstruction of engineering reservoirs are given. The structure and content of the geotechnical monitoring is given. The program of scientific and technical support of engineering collector construction in Norilsk conditions is proposed.

Усиливающееся внимание к Арктической зоне Российской Федерации, принятие «Основ государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года» выдвигают на одно из первых по актуальности мест обеспечения жизнедеятельности расположенных здесь городов, а в их составе – линейных объектов инженер-

ной инфраструктуры в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов. Предстоит их реконструкция и развитие. Примером может служить г. Норильск (север Красноярского края), находящийся в зоне распространения сплошной толщи многолетнемерзлых грунтов (ММГ). Рассмотрим примеры реконструкции коллекторного хо-

зяйства этого крупного заполярного города, которые можно считать характерными для Арктической зоны РФ в целом.

В настоящее время разработаны проекты реконструкции коллекторов по трем улицам: Лауреатов, Набережная Урванцева и Талнахская. Наиболее характерные дефекты и повреждения здесь следующие:

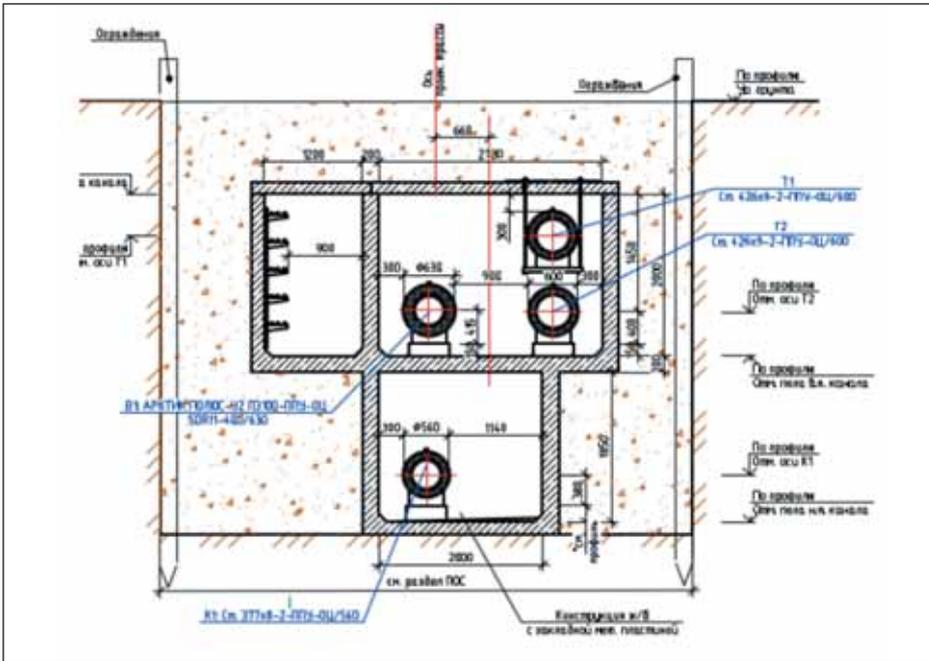


Рис. 1. Принципиальная схема проходного коммуникационного канала по ул. Набережная Урванцева

- повсеместное разрушение верхнего яруса, вызванное физическим износом (разрушение бетона, коррозия арматуры, механическое разрушение);

- локальное взаимное смещение блоков коллекторов до 1 м, ограничивающее доступ к коммуникациям верхнего и нижнего ярусов.

Техническое состояние коллекторов на отдельных участках оценивается как «аварийное».

Еще одним фактором стал моральный износ коллекторов, не позволяющий разместить в существующем габарите все требуемые коммуникации и системы теплоизоляции.

Реконструкцией предполагается демонтаж существующих коллекторов с последующим устройством проходных коммуникационных каналов увеличенного сечения с размещением в них тепловых и водопроводных сетей, силовых электрических кабельных линий, кабелей связи и контрольных кабелей, трубопроводов самоточной и напорной канализации (рис. 1). В качестве ограждающих конструкций котлованов и траншей принята инвентарная металлическая крепь.

Влияние антропогенных явлений на изменение физико-механических характеристик ММГ в пределах сжимаемой толщи на территории городской агломерации подробно рассмотрено в [5].

Учитывая сложные особенности инженерно-геологических условий, состояние окружающей застройки, условия прокладки инженерных коммуникаций, при разработке проектов реконструкции коллекторного хозяйства было организовано научно-техническое сопровождение (НТС) проектных работ [6, 13]. С этой целью была сформирована группа высококвалифицированных экспертов, в первую очередь разработавших программу НТС проектно-изыскательских работ, предусматривавшую следующее.

1. Обеспечение полноты и достаточности результатов инженерных изысканий, включая:

- разработку рекомендаций к программе инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий;

- анализ и оценку материалов инженерных изысканий с составлением экспертного заключения.

2. Анализ материалов по предыдущему использованию территории.

3. Прогноз влияния строительства на сложившуюся природно-техногенную среду, включая состояние оснований и фундаментов зданий и сооружений, расположенных в зоне влияния реконструкции инженерных коллекторов, с учетом всех возможных видов воздействий.

4. Оценку геокриологических рисков.

5. Прогноз геотехнических рисков с учетом всех возможных видов воздействий.

6. Разработку комплекса мероприятий по минимизации влияния строительства на сложившуюся природно-техногенную среду (с составлением отчетов).

7. Разработку рекомендаций к программе геотехнического мониторинга с последующей разработкой программы мониторинга.

8. Учет при проектировании современных конструктивных, технических и технологических решений строительства, использование эффективных и безопасных материалов, применение строительных машин и эксплуатационного оборудования.

9. Экспертно-консультативный анализ проектной документации и имеющихся материалов о предыдущем использовании территории с целью исключения рисков аварийных ситуаций, совершенствования конструктивных, объемно-планировочных, технологических решений строительства.

На первом этапе были внесены изменения в программу инженерно-геологических изысканий и после их завершения проведен экспертный анализ полученных результатов.

В состав инженерно-геологических исследований вошли:

- составление программы работ и согласование ее с НТС;

- сбор и анализ материалов изысканий прошлых лет, выявивший ряд недостатков в организации хранения проектных и изыскательских материалов «советского» периода;

- рекогносцировочное обследование местности вдоль трассы коллектора с целью визуальной оценки рельефа, описания внешних проявлений неблагоприятных процессов и явлений, оказывающих влияние на реконструируемые коллекторы, а также для выбора мест бурения скважин с учетом природных факторов;

- бурение вдоль трассы коллекторов инженерно-геологических скважин глубиной от 15 до 23 м;

- термокартаж для изучения температурного режима ММГ в каждой скважине на полную глубину выработки. Измерения температуры вели прибором ЭТЦ–0,1/10 с поверхности через каждый метр с интервалом минимум 20–30 мин между замерами с 2-кратной повторяемостью за одну установку «косы» термометрических датчиков. Перед первым замером «косу» выстаивали 30–40 мин. При замерах устанавливали состояние грунтов;

- гидрогеологические наблюдения;

- отбор проб грунта и воды и лабораторные исследования показателей физико-механических свойств насыпных, талых грунтов, коррозионной агрессивности грунтов, химического состава и коррозионных свойств подземных вод. Проводили испытания образцов ненарушенной структуры для определения физико-механических характеристик талых и мерзлых грунтов, а образцы нарушенной структуры служили для определения физических свойств талых грунтов и степени засоленности, коррозионной агрессивности к стали, оболочкам кабеля и бетону;

- геофизические исследования комплексом инженерно-геофизических методов с учетом рекомендаций [11]: сейсморазведочные работы методом сейсмофотографии на продольном и поперечном типах волн и работы методом георадиолокации.

Следует отметить, что работы проводили, в основном, в условиях интенсивных вибрационных помех от автомобильного транспорта, ставших крайне неблагоприятным фактором для сейсморазведки. Поэтому для улучшения отношения «полезный сигнал/помеха» на каждом пункте возбуждения (ПВ) выполняли до 25 повторных ударов (накоплений сигнала). При регистрации сейсмического сигнала в процессе его накопления использовали методические приемы, обеспечивающие максимальную синхронность суммирования. Приём колебаний осуществлялся с помощью горизонтальных (для регистрации S-волн) и вертикальных (для регистрации P-волн) электродинамических сейсмоприемников GS-20DX, соединенных с сейсмостанцией сейсмической «косой». Регистрация наземных сейсмических данных осуществлялась на инженерную 24-канальную сейсмостанцию «Лакколит 24-М4».

По результатам обработки данных сейсмо-разведки были построены глубинные разрезы (глубина 20–25 м) на поперечном типе волн, а также скоростные разрезы продольных и поперечных волн (глубиной 10–15 м).

Изучение природно-техногенного влияния в пределах участков строительства позволило выделить два основных вида инженерно-геологических процессов: морозное пучение и таликовые зоны.

При этом категория опасности развития процессов морозного пучения по СП 115.13330.2016 «Геофизика опасных природных воздействий. Актуализированная редакция СНиП 22-01-95» в природном состоянии и в состоянии полного водонасыщения оценена как «весьма опасная».

Поскольку прилегающая территория застроена согласно СП 25.13330.2012 по I принципу (с сохранением грунтов на весь период в многолетнемерзлом состоянии), можно заключить, что реконструируемые коллекторы в целом оказывают отепляющее негативное влияние на грунты основания окружающей застройки.

Анализ отчетной документации по инженерно-геологическим изысканиям позволил выявить следующие системные недочеты.

1. Оформительские, в том числе отсутствие согласований заказчика, колонок архивных скважин, ссылки на устаревшую нормативно-техническую документацию, некорректные формулировки, неверная классификация видов работ, не приведена методика отбора и транспортировки в лабораторию проб мерзлых грунтов.

2. Аналитические, в том числе поверхностный анализ результатов изысканий прошлых лет, включая отсутствие предварительного инженерно-геологического разреза в программе изысканий, отсутствие характеристики водоносных горизонтов и геокриологических условий непосредственно на изучаемом участке, неправильно определенные категория

сложности инженерно-геологических условий участка и геотехническая категория проектируемого объекта, неверно определенная коррозионная агрессивность подземных вод и коррозионной активности грунтов.

3. Фактические, в том числе ошибки при подсчете объемов работ, при заполнении таблиц и ведомостей фактических материалов, на инженерно-геологическом разрезе вдоль трассы коллектора в нарушение требований СП 47.13330.2016 не показан продольный профиль коллектора и камер.

Для минимизации влияния реконструкции коллекторов на природно-техногенную среду, применения инновационных технических решений, использования эффективных и безопасных материалов, строительства машин и эксплуатационного оборудования был составлен аналитический отчет, в котором подробно рассмотрены:

- современные технологии подземного строительства, применяемые в условиях плотной городской застройки;

- контрольные параметры качества производства подземных работ, влияющие на безопасность природно-техногенной системы;

- методы устройства ограждения котлованов при реконструкции подземных сооружений в условиях арктического климата и строительства в ММГ;

- выбор метода моделирования для оценки влияния строительства на существующую застройку и природно-техногенную среду с последующим обоснованием выбора метода математического моделирования и применяемых программных средств и разработкой рекомендаций по методике модельных исследований;

- стратегии защиты ММГ от растепления на период эксплуатации коллекторного хозяйства.

В результате проведенного анализа сформулированы следующие выводы и рекомендации.

1. При устройстве ограждения котлованов и траншей реконструируемых коллекторов рекомендуется на основании анализа геотехнических и геокриологических рисков применительно к инженерно-геологическим и климатическим условиям г. Норильска устройство инвентарной крепи.

2. Моделирование влияния строительства коллектора по ул. Набережная Урванцева на существующие здания и сооружения необходимо проводить численными методами с применением современного программного комплекса типа Z_SOIL.PC, реализующего метод конечных элементов и нелинейные модели поведения грунтов под нагрузкой.

3. Для предотвращения передачи тепла от водонесущих коммуникаций (тепловые сети, сети водоснабжения и канализации) на вмещающий грунтовый массив необходимо использование предизолированных труб.

4. Для защиты грунтового массива от растепления при проникновении ливневых и талых вод в засыпанные пазухи котлованов и траншей, образовавшихся при строительстве коллекторов, рекомендуется комплекс мероприятий, включающий:

- вертикальную планировку территории;
- устройство глиняного замка по периметру котлованов и траншей, обеспечивающего защиту от проникновения «верховодки» в засыпанные пазухи с использованием насыпной изоляции на основе бентонитового глинопорошка и полимерных добавок.

Рекомендуемые расчеты выполняли методом конечных элементов с применением специализированного программного комплекса поэтапно [12], при условии ведения работ в зимний период.

Результаты поверочных расчетов представлены в табл. 1.

В рамках НТС были выполнены поверочные расчеты ограждающих конструкций котлованов и траншей, показавшие, что коэффициент запаса устойчивости равен 1,5–1,95.

Таблица 1

Результаты оценки влияния реконструкции коллекторов на существующую застройку

Местоположение коллектора	Расстояние до котлована, м	Число зданий	Деформации			
			предельно-допустимые		расчетные	
			Осадка, мм	Относительная разность осадок	Осадка, мм	Относительная разность осадок
ул. Лауреатов	<5	1	10	0,0007	6,9	$4,7 \cdot 10^{-4}$
		1	30	0,0010	9,3	$6,2 \cdot 10^{-4}$
	5–10	1	10	0,0007	3,9	$2,4 \cdot 10^{-4}$
		1	30	0,0007	7,0	$4,7 \cdot 10^{-4}$
		12	30	0,0010	1,14–7	$8,6 \cdot 10^{-5} - 5,3 \cdot 10^{-4}$
		2	30	0,0010	1,1–1,5	$8,9 \cdot 10^{-5} - 1,4 \cdot 10^{-4}$
15–20	5	30	0,0010	1,05–4,9	$8,7 \cdot 10^{-5} - 4,8 \cdot 10^{-4}$	
ул. Набережная Урванцева	<10	1	30	0,001	16,0	$9,6 \cdot 10^{-4}$
	10–15	1	30	0,001	2,0	$1,4 \cdot 10^{-4}$
	15–20	30	0,001	7,3	$4,3 \cdot 10^{-4}$	
ул. Талнахская	10–15	3	30	0,0010	1,02–1,8	$8,0 \cdot 10^{-8} - 1,4 \cdot 10^{-7}$
	15–20	1	30	0,0010	1,09	$8,1 \cdot 10^{-8}$

Таким образом было показано, что принятые технические решения по устройству ограждений котлованов и траншей в виде инвентарной металлической крепи обеспечивают необходимую и достаточную устойчивость стенок котлованов и траншей, при условии ведения работ в зимний период.

Одновременно с этим было отмечено, что в случае производства работ по строительству коллекторов в талых грунтах необходимо предусмотреть возможность установки дополнительных ярусов распорных креплений инвентарной крепи, а также мероприятия по строительному водоотливу.

Кроме оценки влияния реконструкции коллекторов на природно-техногенную среду с применением современных численных методов в составе работ по НТС была выполнена оценка рисков, которая включала в себя оценку рисков геокриологических и геотехнических.

Первым этапом оценки геокриологических рисков стало геокриологическое районирование территории в зависимости от категории сложности инженерно-геокриологических условий, по степени благоприятности для строительного освоения с учетом прогноза изменения геологической среды в процессе строительства и эксплуатации. По характеру распространения ММГ выделены три таксона (в качестве примера рассмотрена территория строительства коллектора по ул. Набережная Урванцева):

I таксон – участок, где деятельный слой при замерзании непосредственно переходит в многолетнюю мерзлоту («сливающийся» тип мерзлоты);

II таксон – участок, где деятельный слой при промерзании не переходит в многолетнюю мерзлоту («несливающийся» тип мерзлоты);

III таксон – участок с залеганием талых пород (таликовая зона).

По совокупности оцениваемых природных факторов участка строительства отнесены ко II категории сложности по инженерно-геокриологическим условиям.

По результатам теплотехнических расчетов были рекомендованы к учету при проектировании мероприятия для уменьшения деформаций сооружения и предотвращения движения грунтовых вод вдоль сооружения и в его основании.

Блок-схема управления геокриологическими рисками, реализованная в составе работ по НТС, приведена на рис. 2.

На основании анализа аварийных ситуаций, вызванных изменением уровня опасности геокриологических процессов, был составлен реестр выявленных геокриологических рисков применительно к условиям строительства и эксплуатации рассматриваемых коллекторов. Уровень рисков событий оценивали на основе последствий нарушений в отношении на рассматриваемых коллекторах.

Для оценки уровня риска использовался опыт возникновения рисков ситуаций и их последствия при строительстве и эксплуатации техногенных объектов в криолитозоне [1, 2, 3, 4, 9, 10]. Ввиду отсутствия

карты изменения температурного режима в горных породах в пределах г. Норильска и статистических данных аварийных ситуаций, произошедших по причине изменения геокриологических процессов в г. Норильске, оценка проводилась по имеющейся статистической информации и профессиональному опыту экспертов. Оценка уровня рисков событий оценивается на выборе последствий нарушений, оказываемых на рассматриваемых коллекторах.

В итоге выявлено, что при строительстве коллекторов по ул. Талнахская и ул. Лауреатов геотехнический риск лежит, в основном, в диапазоне от малого до среднего уровней и лишь на одном участке характеризуется высокими значениями.

В табл. 2 приведены основные мероприятия по снижению геотехнического риска при реконструкции инженерных коллекторов в г. Норильске.

Применительно к реконструкции объектов инженерной инфраструктуры г. Норильска геотехнический мониторинг на весь период жизненного цикла сооружений должен включать в себя:

- измерение абсолютных осадок и их относительной разности для зданий, наземных и подземных инженерных коммуникаций, расположенных в зоне влияния строительства;
- контроль технического состояния зданий, включающий: наблюдение и фиксацию дефектов и повреждений, как выявленных в процессе обследования, так и образовавшихся во время строительства;
- измерение температуры грунтов по трассе коллекторов – в термометрических скважинах, расположенных в пазах обратных засыпки котлованов и траншей. Измерения должны производиться на всю глубину пазухи с интервалами 0,5 м;
- измерение температуры грунтов основания фундаментов зданий, расположенных в зоне влияния строительства, вблизи подземного ввода и выпуска водонесущих коммуникаций, присоединённых к коллекторам.

По результатам геотехнической экспертизы проектной документации было показано, что проектируемое строительство инженерных коммуникаций с учетом мероприятий по НТС и при условии качественного ведения работ не окажет негативное воздействие на здания и сооружения окружающей застройки, расположенные в зоне влияния строительства.

Для организации НТС строительного-монтажных работ разработана программа работ на весь период строительства применительно к коллектору по ул. Набережная Урванцева в г. Норильске, включающая:

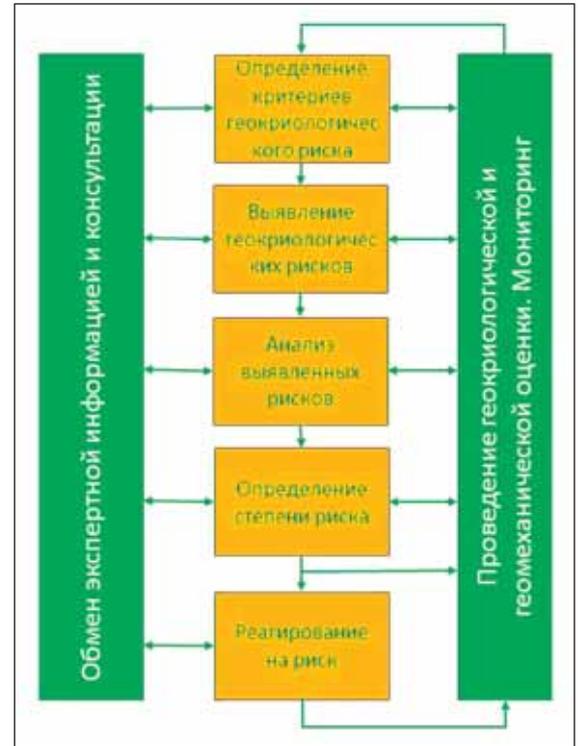


Рис. 2. Блок-схема процесса управления геокриологическими рисками

- анализ результатов различных видов мониторинга и данных по контролю качества строительства;
- инструментальное сопровождение мониторинга и контроля качества строительства с применением геофизических и других неразрушающих методов;
- оценку пригодности к эксплуатации конструкций, изготовленных с отклонениями от проекта;
- анализ причин и последствий (в том числе долговременных) отступлений от проекта, нештатных и аварийных ситуаций;
- принятие оперативных решений, разработка рекомендаций и технических мероприятий по устранению последствий аварийных ситуаций и негативных факторов, выявленных в процессе мониторинга и контроля качества, а также при отклонении от проектных решений;
- создание и пополнение информационной базы данных по результатам различных видов мониторинга и учет этих данных при последующем проектировании;
- выполнение опытно-исследовательских работ;
- информационное обеспечение строительства.

Ключевые слова

Геокриологические риски; геоэкологические риски; инженерно-геологические изыскания; инженерный коллектор; многолетне-мерзлый грунт; научно-техническое сопровождение; г. Норильск.

Engineering culvert; geocryological risk; geoenvironmental risk; geotechnical surveys; Norilsk; permafrost soil; scientific and technical support.

Таблица 2

Мероприятия по защите от риска при реконструкции инженерных коллекторов в г. Норильске

Рисковые ситуации	Результат рискованной ситуации	Возможные причины	Способы устранения рискованных ситуаций
Деформации и обрушение стен, а также затопление котлованов. Отклонения вертикальных стен по глубине и по вертикали	Деформации и просадки действующего коллектора и других инженерных коммуникаций, близлежащих зданий и сооружений	Талики вследствие утечек из действующих коллекторов. Талики вследствие засыпки русел ручьев. Наличие фильтрующего насыпного слоя. Нарушение проектного решения, регламентов и проектов организации строительства. Ошибки при проектировании и строительстве конструкций	Повышение технологической дисциплины производства строительно-монтажных работ. Проверки и устранение ошибок в проектах. Усиление гидроизоляции строящегося и действующего коллектора
Отклонение в плане и профиле трассы. Сверхнормативные отклонения в геометрии, трещины, в том числе силовые, в обделке	Нарушение габаритов тоннеля. Снижение несущей способности и водонепроницаемости обделки	Прорыв водогрунтовой массы в тоннель. Нарушение регламента производства работ при сооружении обделки и ведения проходки	Перепроектирование плана и профиля. Усиление конструкции обделки. Разработка и наличие мероприятий план действий по устранению нештатных ситуаций
Прорыв водогрунтовой массы в котлован, тоннель, монтажные камеры	Затопление котлована, тоннеля. Деформация конструкций котлована и обделки. Деформация поверхности и просадка грунта, инженерных коммуникаций, близлежащих зданий и сооружений	Отсутствие сплошности при устройстве ограждения котлована. Нарушение регламента, износ оборудования при проходке. Ошибки в проекте. Нарушение технологии производства работ при проходке тоннеля	Контроль вертикального положения при погружении ограждающих конструкций. Своевременное устранение водопроявлений. Соблюдение технологической дисциплины, регламентов проходки и проектов производства работ
Обводнение массива при прорыве водонесущих коммуникаций	Дополнительные осадки поверхности	Утечка из водонесущих коммуникаций и систем канализации	Усиление гидроизоляции. Своевременные осмотры коммуникаций, находящихся в зоне влияния строительства. Контроль технического состояния зданий
Образование пустот в грунтовом массиве, вмещающем коллектор	Нарушение работоспособности и эксплуатационной надежности коллектора	Неравномерные осадки, связанные с изменением температурного режима грунтов	Геофизические исследования основания. Геотехнический мониторинг
Развитие процессов отепления оснований зданий	Нарастание деформаций. Изменения температурного режима грунтов под домами	Фильтрационные потоки, формирующиеся по понижениям захороненного рельефа в проницаемых насыпных грунтах, питаемые поверхностным стоком и техногенными водами из коммуникаций	Геофизические исследования. Дополнительные исследования свойств грунтов. Контроль технического состояния зданий

Список литературы

1. Анисимов О. А., Белолуцкая М. А., Григорьев М. Н. [и др.]. Основные природные и социально-экономические последствия изменения климата в районах распространения многолетнемерзлых пород: прогноз на основе синтеза наблюдений и моделирования // ОМНО «Совет Гринпис», 2010.

2. Геокриология. Средняя Сибирь. – М.: Недра, 1989.

3. Гришин А. В. Классификация геомеханических процессов при дискретном характере их проявления // Маркшейдерский вестник. – 2008. – № 6. – С. 31–33.

4. Иофис М. А., Гришин А. В., Никифорова И. Л. [и др.]. Методическое руководство по комплексному горно-экологическому мониторингу при строительстве и эксплуатации транспортных тоннелей. – М.: УРАН ИПКОН РАН, 2009.

5. Колесникова О. В. Исследование влияния строительных техногенных воздействий на формирование природно-техногенной системы в криолитозоне: на примере г. Норильска: автореф... канд. техн. наук: 11.00.11 / Моск. гос. строительный ун-т. – Москва, 1999.

6. Конюхов Д. С. Безопасность существующей застройки при производстве подземных работ // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2022. – № 8. – С. 158–167.

7. Куликова Е. Ю. Методические основы повышения эколого-технологической надежности городских подземных сооружений // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2020. – № 6–1. – С. 176–185.

8. Куликова Е. Ю. Управление безопасностью и риском в подземном строительстве как сложный информационный процесс // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 2–1. – С. 134–143.

9. Куликова Е. Ю., Гришин А. В., Мурын К. М. Геомониторинг в городском и подземном строительстве. – М.: ИПО «УНИКитских ворот», 2015.

10. Харрис С. А., Брушков А. В., Чэн Г. Геокриология. Характеристики и использование вечной мерзлоты. В 2 т. / Под ред. А. В. Брушкова. – Москва, Берлин: Директ-Медиа, 2020.

11. Чуркин А. А., Капустин В. В., Конюхов Д. С.,

Владов М. Л. Последние изменения в российской практике нормативного регулирования «технической геофизики» // Геотехника. – 2021. – № 1. – С. 56–69.

12. Konyukhov D. S., Kazachenko S. A. The main factors affecting the convergence of calculated and actual values of deformations of existing buildings // Gornaya Promyslennost. – 2022. – 2022(2). – Pp. 103–111.

13. Kulikova E. Yu., Konyukhov D. S. On the determination of buildings technological deformations in geotechnical construction // Sustainable Development of Mountain Territories. – 2022. – 14(2). – Pp. 187–197.

Для связи с авторами

Борисевич Евгений Николаевич
mail@mupkosnorilsk.ru
Гришин Александр Викторович
Данелия Ирина Николаевна
Конюхов Дмитрий Сергеевич
gidrotechnik@inbox.ru
Крымов Борис Алексеевич
krimov.boris@yandex.ru
Куликова Елена Юрьевна

ЕКАТЕРИНБУРГСКОЕ МЕТРО: ВОЗМОЖНЫ ВАРИАНТЫ

В Екатеринбурге могут появиться вторая и третья линии метрополитена, а первая может быть продлена. Об этом заявил заместитель начальника МБУ «Мастерская генерального плана» Сергей Шутов на форуме «Города России 2030: вызовы и действия 2.0». Правда, когда это может быть реализовано, не уточняется. Кроме того, планируется развивать трамвайную сеть как высокоэффективный вид общественного транспорта.

Метро продлевать пока не будут, но...

В ходе работы Международной промышленной выставки «Иннопром-2022», мероприятия которой проходили прошедшим летом в Екатеринбурге, глава города Алексей Орлов раскрыл некоторые детали актуального плана развития Екатеринбургского метрополитена. По его словам, пока предполагается продлить его на одну станцию – со стороны Уралмаша. «Внутри города у нас метро сформировано. Девять станций, небольшой объем, хотя у нас есть мысль одну станцию продлить со стороны Уралмаша. Это реально сделать. Пока подробности не буду говорить, это обсуждается», – заявил Орлов.

По его мнению, это более реалистичный проект, чем строительство второй ветки, о которой говорят не первый десяток лет.

Кстати, ранее подобные идеи уже высказывали горожане. К примеру, один из екатеринбуржцев предлагал построить еще одну станцию метро, не прибегая при этом к помощи федерального центра.

Проектирование второй ветки метро началось еще в 1988 г. После этого город еще как минимум пять раз заказывал проект новой линии. Так, в марте 2019 г. тогда еще мэр Александр Высокинский объявил, что администрация заключила новый контракт. В апреле 2021 г. стало известно, что администрация Екатеринбурга заложила на предпроектные и проектно-изыскательские работы для строительства второй ветки метрополитена 160 млн руб. Год назад на эти цели из бюджета Екатеринбурга уже выделили 90 млн руб. Общий объем финансирования программы «Развитие Екатеринбургского метрополитена» на 2014–2021 годы превышает 351 млн руб. Не заниматься проектированием нельзя, потому что без проекта городу никогда не получить деньги на строительство. Федерация разработку проектной документации финансировать не будет, но, по условиям предоставления федерального инвестиционного бюджетного кредита, при наличии проработанного и одобренного Главгосэкспертизой проекта деньги получить вполне реально. Проект позволит, во-первых, оценить масштаб предстоящих затрат, во-вторых, показать, что строительство метро в городе необходимо и возможно.

Кстати, в декабре 2019 г. во время ежегодной пресс-конференции Президент России Владимир Путин рассказал о возможности построить вторую ветку метро в Екатеринбурге. «Некоторое время назад было принято решение о том, что такие проекты должны осуществляться на основе региональных возможностей. Но это невозможно. Поэтому реализация подобных проектов должна про-

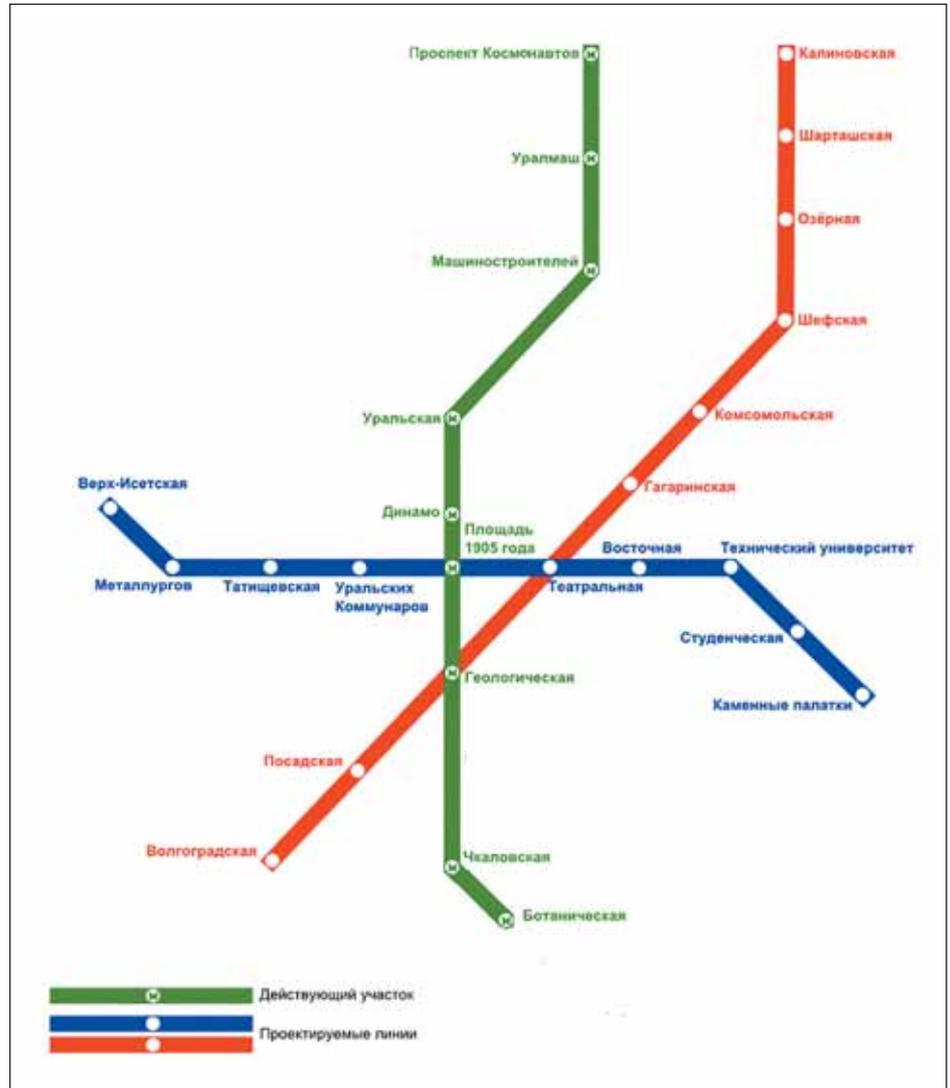


Схема наземного метрополитена Екатеринбурга после реализации проекта

Станция «Проспект Космонавтов»





Подписание соглашения между правительством области, администрацией города и ОАО «РЖД» о взаимодействии при подготовке и реализации проекта «Маршрут «Новокольцовский»

ходить и при федеральной поддержке. Поработаем», — заявил глава государства.

Пока продолжаются работы по подготовке проекта, обсуждаются другие способы финансирования строительства метро. Например, предлагается взять деньги в долг либо у банка, либо у частного инвестора. Второй

способ – государственно-частное партнерство. Однако власти так и не придумали, как это сделать. Чтобы заинтересовать инвестора, проект строительства должен быть окупаем. Пока же Екатеринбургский метрополитен много не зарабатывает, требует обновления парка, проезд дорожает, а пассажиропоток

Проект развития наземного пригородного транспорта Екатеринбург



падает. Так что в существующих условиях это чисто теоретические возможности.

... построят его альтернативу

Впрочем, всерьез речь идет пока о строительстве так называемого «наземного метро». Губернатор Свердловской области Евгений Куйвашев, мэр Екатеринбурга Алексей Орлов и начальник Свердловской железной дороги Иван Колесников в ходе работы Международной промышленной выставки «Иннопром-2022» заключили соглашение о создании Новокольцовского маршрута.

Общая длина маршрута 31 км, на нем будет 15 остановок. Он объединит несколько важных частей города: железнодорожный вокзал, деревню Универсиады, «Екатеринбург-Экспо», «Сима-ленд» и аэропорт Кольцово. По информации мэрии, на новую железнодорожную систему города выделяют более 100 млрд руб. Чтобы воплотить в жизнь Новокольцовский маршрут, потребуется 24 млрд руб.

Планируется, что маршрутом смогут пользоваться более 17 млн человек в год. По мнению сторон соглашения, этим документом закрепляются зоны ответственности субъекта, муниципалитета и РЖД, в том числе в вопросах градостроительства, корректировки генерального плана развития Екатеринбурга, а также формирования единого агломерационного тарифа. По мнению губернатора Евгения Куйвашева, соглашение – это шаг на пути к созданию транспортного каркаса региона.

Для создания маршрута понадобится около 7,5 км рельсов, а также реконструкция значительного участка уже существующей железной дороги. Финансировать проект будет федеральный бюджет (по проекту «Мобильный город»), РЖД, а также регион и город. По плану железнодорожники должны завершить разработку проекта до конца 2022 г.

Помимо Новокольцовской электрички в уральской столице предусматривает еще семь перспективных направлений. Реализация проекта направлена на повышение транспортной доступности для жителей самого молодого района города – Академического. Этот район самый молодой в городе не только по дате образования, но и по возрасту людей, проживающих на его территории, а значит – с особым запросом на мобильность жителей. Проект включает Академический в трассу Единого центрального пассажирского кольца, связывает с районами Солнечный, Широкая Речка, ВИЗ-Правобережный и со сложившейся маршрутной сетью электричек. Результатом реализации проекта «Наземное метро» должны стать 500 км маршрутной сети, движение «Ласточек» через каждые 10–15 мин по Екатеринбургскому центральному пассажирскому кольцу, проезд по единому билету в семь городов (Среднеуральск, Верхнюю Пышму, Берёзовский, Арамилы, Сысерть,



Проект развития наземного пригородного транспорта

Ревду и Первоуральск), а также модернизация станций и многое другое.

В настоящее время утверждена дорожная карта проекта, которая по своему характеру и содержанию является основой для подготовки комплексной программы и заделом на будущую совместную работу. Задумка заключается в том, чтобы взять мегаполис в кольцо, связав его самые отдаленные районы, а также обеспечить связь с городами-спутниками. Проект создания железнодорожного пассажирского кольца внесен в Генплан развития Екатеринбурга до 2035 г.

Один из минусов действующей транспортной сети Екатеринбурга – слабая связь центра и периферии. Создание транспортного кольца обеспечит возможность попасть в любую точку города за 30 мин. А диаметральные маршруты (как, например, сейчас Екатеринбург-Пассажирский – Керамик) дадут возможность доехать до центра за 15 мин. Это параметры, которые закладываются в проект. Концепция предполагает создание пересадочных узлов, связанных с другими видами общественного транспорта. Разработчики концепции предложили следующие направления: Новокольцовский маршрут; Юго-Западный маршрут; Северный маршрут (малый); Северный маршрут (большой); Екатеринбург – Среднеуральск; Екатеринбург – Берёзовский; Екатеринбург – Верхняя Пышма; Екатеринбург – Сысерть. Впрочем, кроме направлений на Верхнюю Пышму и Сысерть, со схемами пока не определились. Использовать на линиях планируется электропоезда «Ласточка», рассчитанные на 1500 человек (416 посадочных мест в составе из пяти вагонов).

В настоящее время проработкой проекта занимаются в правительстве Свердловской области, мэрии и РЖД. В теории развитая сеть электричек разгрузит городской транс-



Кабина машиниста метрополитена

порт Екатеринбурга на 5–20 % и уменьшит постоянные пробки до 5–7 баллов.

МЦК – прообраз будущего

Эффективность интеграции железнодорожных маршрутов в городскую сеть может стать эффективным решением для мегаполисов. Это показал успешный запуск Московского центрального кольца (МЦК). В апреле 2022 г. аналогичный проект стартовал в Перми, и он тоже пользуется большим спросом. В Екатеринбурге с его городами-спутниками при поддержке региона и муниципалитетов «наземное метро» может дать ещё больший эффект. Предполагается, что оно принципиально изменит транспортный каркас агломерации и обеспечит серьёзный потенциал для развития мо-

бильности населения на долгосрочную перспективу. Ожидается, что в 2023 г. будет запущен большой северный маршрут: Екатеринбург-Пассажирский – Первомайская – Шарташ – Синие камни – Блюхера – Машиностроителей – Легчиков – Автомагистральная – Гипсовая-1 – Гипсовая-2 – Шувакиш-2 – Огородная – Екатеринбург-Сортировочный – Электродепо – Таганский ряд – ВИЗ – Готвальда – Екатеринбург-Пассажирский.



По материалам издания «Приоритетные проекты метро и тоннелестроения России 2022–2023 гг.» (автор текста Н. В. Алхимова, ООО «Гидротехника XXI век», при участии А. Р. Попонина, Тоннельная ассоциация России)

НОВОСИБИРСКИЙ МЕТРОПОЛИТЕН: СОЕДИНЯЯ БЕРЕГА, СОЕДИНЯЕМ ЛЮДЕЙ

Таков девиз работников Новосибирского метрополитена, который в настоящее время является единственным в России за Уралом. В его составе действуют две линии – Ленинская и Дзержинская – из 13 станций. Последняя из них, «Золотая Нива», была введена в эксплуатацию в феврале 2011 г. Сегодня на подходе еще одна станция – «Спортивная».

Метрополитен соединил берега Оби. Во времена активного строительства метро правый берег реки был центром культурной жизни, а левый, по сути, промзона. Сегодня и там, и там есть спальные районы, и там, и там – производственные комплексы. Поэтому, как и в других городах, метро в Новосибирске является хребтом транспортной системы города.

В администрации города существует генеральный план строительства метрополитена, в котором предусмотрено сооружение более 50 станций. Сроки были определены ранее, сегодня они претерпели существенные изменения. Но при развитии метрополитена власти города руководствуются существующим документом.

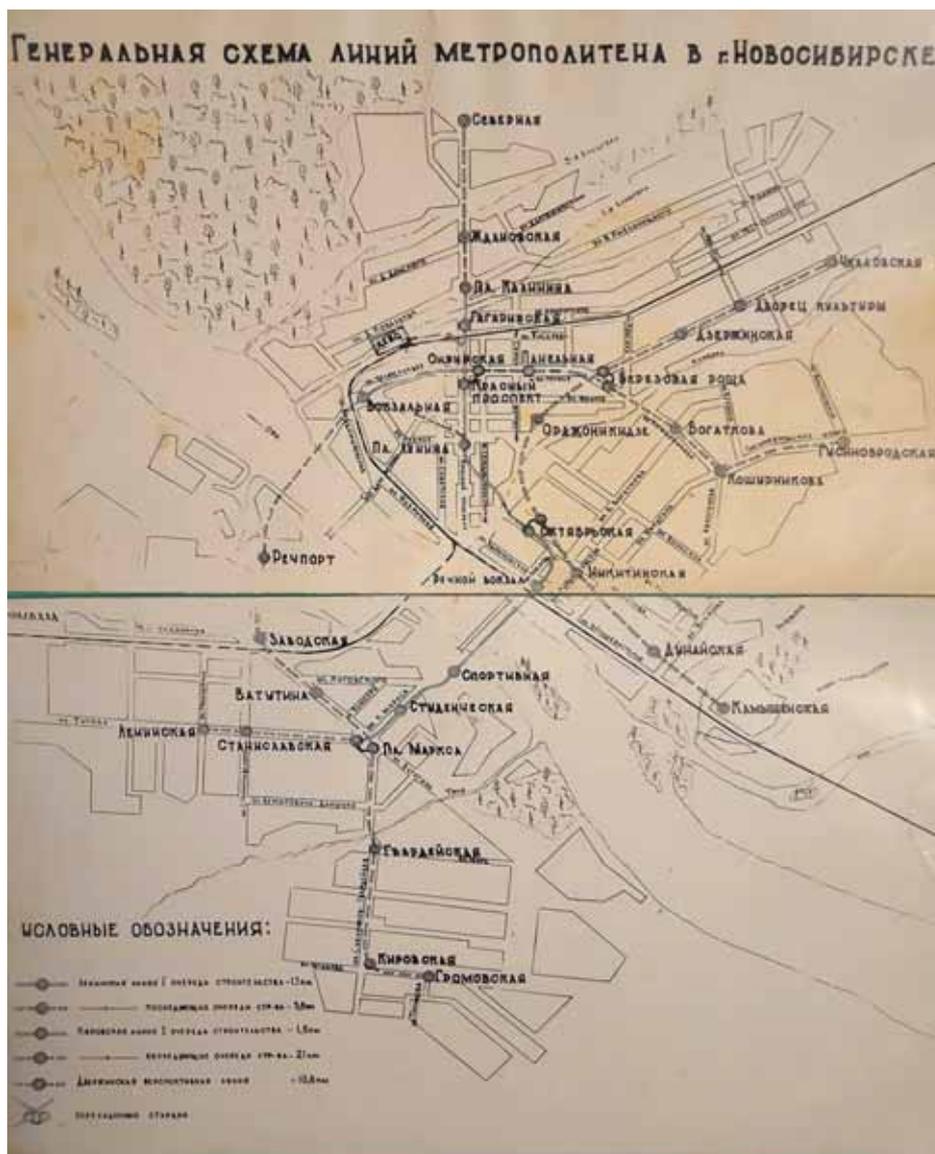
Ближайшие планы и финансирование

Дзержинская линия располагается на правом берегу Оби, здесь находятся развивающиеся районы. Продление Дзержинской ветки – одна из приоритетных задач в развитии метрополитена. В ближайшем будущем, по информации мэрии города, Дзержинская линия будет продлеваться на две станции – в направлении Волочаевской и МЖК – со строительством второго метродепо, в котором будет создана база для ремонта и обслуживания нового подвижного состава. Пока в Новосибирском метрополитене работает одно депо. В дальнейшем предполагается также продление красной, Ленинской, линии в двух направлениях.

Согласно информации на веб-сайте метрополитена, до 2030 г. в городе должны появиться три новых станции на Дзержинской линии – «Молодежная», «Гусинобродская», «Автовокзал», далее – продление Ленинской линии от станции «Заельцовская» до станции «Северная». Ожидается, что благодаря путевому развитию станции «Гусинобродская» и уменьшению интервала движения на Дзержинской линии с 6 до 3 мин пропускная способность Дзержинской линии метрополитена после продления увеличится вдвое.

Однако в мэрии Новосибирска отмечают, что конкретные сроки строительства станций зависят от наличия софинансирования из федерального бюджета.

В ближайших планах – строительство двух новых станций «Молодежная» и «Северная» и метродепо «Волочаевское». В ценах 2022 г. строительство двух станций и электродепо оценили в 26,7 млрд руб. Только на



сооружение метродепо понадобится около 3,5 млрд. Также необходимо построить второй (левый) перегонный тоннель между станциями «Березовая роща» и «Золотая Нива» предварительной сметной стоимостью порядка 1,3 млрд руб. в ценах 2021 г. В мэрии объясняют, что без постройки тоннеля дальнейшее строительство невозможно.

Для получения бюджетного кредита на развитие метро мэрии необходимо подготовить документы и найти финансирование на создание (актуализацию) проекта. Ориентировочная стоимость проектирования – 150 млн. Срок проектирования – 12 месяцев.

На сегодняшний день Законодательным собранием Новосибирской области принято решение создать рабочую группу, которая будет заниматься изучением перспективных предложений по развитию подземки, поиском денег и вопросами строительства метрополитена в Новосибирске. В мэрии обещают, что в городском бюджете на 2023 г. предусмотрят расходы на завершение проектирования для получения бюджетного кредита.

Станция «Спортивная»

Сегодня в Новосибирском метро на подходе еще одна станция – «Спортивная» на Ленин-

ской линии метрополитена. Она расположена между станциями «Речной вокзал» и «Студенческая» на Новосибирском метромосту, на левом берегу Оби вблизи коммунального моста, Ледового дворца спорта и строящегося парка «Арена». Конструктивно это будет станция закрытого типа, единственная в Новосибирском метро. «Спортивная» находится на поверхности, а не под землей, и в климатических условиях Сибири нужно было смягчить перепады температур в зимнее время. В тоннеле они минусовые, а на станции должны быть плюсовые. Поэтому на платформе были сделаны двери, как в Санкт-Петербургском метрополитене. Кроме того, двери помогут обеспечить безопасность пассажиров при большом скоплении людей на платформе, которое может иметь место при проведении мероприятий на ледовой арене.

Сроки открытия «Спортивной» переносились несколько раз. Проект первой очереди Новосибирского метрополитена предусматривал включить в первый пусковой участок только одну станцию на левом берегу Оби – станция «Студенческая» стала конечной. Запустить ещё одну станцию на эстакаде метромоста предполагалось в дальнейшем, ею и должна была стать «Спортивная», но в состав первой очереди метрополитена она не вошла. Необходимость пуска «Спортивной» обосновывалась планами по сооружению Ледового дворца спорта в низменной части поймы Оби в связи с планировавшимся проведением молодежного Чемпионата мира по хоккею, который должен был пройти в Новосибирске и Омске с 26 декабря 2022 г. по 5 января 2023 г. Однако в марте 2022 г. Международная федерация хоккея (ИИХФ) приняла решение перенести из России чемпионат из-за спецоперации на Украине. В итоге Но-



Станция метрополитена «Спортивная»



Вестибюль станции «Спортивная»

Станция в ходе строительства





Эскалаторы на ст. «Спортивная»

Новосибирск и Омск лишились права проведения спортивного праздника.

Планировалось, что станция «Спортивная» откроется вместе с Ледовым дворцом спорта. В 2019 г. одновременно с этим спорткомплексом началось и строительство станции. Проект «Спортивной» выполнен специалистами «Новосибирскметропроект». Генеральным подрядчиком строительства «Спортивной» выступает компания «СпецТрансСтрой».

В августе 2019 г. начались подготовительные работы по строительству станции и организация стройплощадки. В начале 2020 г. были закончены работы по заливке фундамента и начато формирование монолитных сооружений станции. В феврале 2020 г. на стройплощадке станции запустили электронные часы с обратным отсчётом времени до пуска. 7 апреля 2020 г. был определён подрядчик для продолжения строительства станции. Сумма

контракта составила 352 млн руб. В июне 2020 г. была завершена проходка тоннеля протяженностью 54 м под дамбой, который станет частью пешеходного путепровода к станции. В сентябре 2020 г. для станции приобрели 12 эскалаторов. В январе 2021 г. состоялся очередной конкурс на проведение строительных работ, подрядчику предстояло провести монтаж оборудования, закончить работы по установке инженерных систем, установить электросиловое оборудование на тяговой подстанции.

Апрель 2021 г. – готов каркас пешеходной эстакады (269 м) с тоннелем (54 м) к станции. 12 мая 2021 г. начат монтаж первых эскалаторов на станции. К июлю 2021 г. готовность станции достигла 80 %. 13 июля 2022 г. на будущем перегоне в сторону станции «Речной вокзал» установили матчевые светофоры. В начале августа велась отделка фасада и интерьера станции, на платформах монтировали плат-

форменные раздвижные двери, по 20 штук с каждой стороны. На октябрь 2022 г. были готовы к подключению электричества парк «Арена» и станция метро «Спортивная». Станция «Спортивная» уже появилась на указателях метро.

Эксплуатация и капитальный ремонт

Особенность Новосибирского метро в том, что в сравнении со многими другими российскими и мировыми комплексами, оно небольшое, протяженность путей составляет всего 16 км. Но при этом новосибирская подземка действительно эффективна: объем пассажиропотока равен тому, как если бы за месяц она трижды перевозила всё население города. В 2018 г. метрополитен перевез более 83 млн пассажиров, в 2019 г. – порядка 85 млн человек. Во время пандемии коронавируса в 2020 г. объем перевозок, как и в других городах, существенно – на 30 % – снизился. Но в 2022 г. Новосибирский метрополитен побил рекорд по перевозке за последние 2,5 года, и в октябре и ноябре метрополитен практически вышел на допандемийный уровень.

Новосибирский метрополитен на сегодняшний день – самодостаточная организация по принципу поддержания в рабочем состоянии всей инфраструктуры транспортного предприятия.

Еще одна особенность Новосибирского метрополитена в сравнении с другими в России заключается в том, что здесь своими силами проводят капитальный ремонт составов в заводских объемах.

Парк вагонов Новосибирского метро насчитывает 104 единицы, из них составлены 26 поездов. Самый старый вагон был сделан в далеком 1985 г., и таких вагонов большинство. Планово-предупредительный ремонт проводится на регулярной основе, это позволяет поддерживать регулярность подачи поездов на станции. Но допустимый срок эксплуатации когда-то заканчивается, и продлить его можно только капитальным ремонтом вагонов. В процессе такого ремонта идет полная замена электропроводки, электрооборудования, экипажной части, осуществляется комплексное освидетельствование колесных пар и ремонт тяговых двигателей.

В 2013 г. Новосибирский метрополитен освоил такие работы у себя в депо. Это значительно дешевле, чем отправлять вагоны на завод в Москву. На сегодняшний день уже 60 % вагонов прошли капитальный ремонт. Но это дело очень затратное. В ценах 2021 г. восстановление одного вагона стоит порядка 20 млн руб. Причем эти расходы Новосибирский метрополитен покрывает исключительно из собственных доходов.

В современных условиях идет увеличение стоимости запчастей, соответственно, стоимость ремонта можно спрогнозировать лишь приблизительно. Имеет место также некоторый дефицит отдельных видов запчастей. Поэтому перед метрополитеном Новосибирска сегодня стоят две серьезные задачи: изыскивать средства на капитальный ремонт подвижного состава, а ресурсов становится все

Вентилятор осевой малого давления – ВОМД 24



меньше, и находить запасные части, и это тоже непростая задача. Если раньше предприятие капитально ремонтировало по восемь вагонов в год, то сегодня денег едва хватает на четыре. Поиск запчастей с каждым годом становится все труднее, так как изготовители переключаются на новые модели поездов.

Капитальный ремонт продлевает жизнь вагона на 15 лет. Но эксплуатация действующих составов ограничена во времени: это 30-летний пробег до капремонта и 15-летний пробег после капремонта. Иными словами, срок эксплуатации вагонов, изготовленных в 1985 г., установленный производителем, при превышении которого их нельзя будет эксплуатировать ни при каких обстоятельствах, истекает в 2031 г. То есть, Новосибирский метрополитен должен к 2032 г. вывести из эксплуатации больше половины имеющихся вагонов.

В планах метрополитена – перейти на пятивагонные составы. Этот проект Новосибирский метрополитен реализует полностью своими силами. 31 августа 2022 г. запущен первый состав из пяти вагонов. Это историческое событие для новосибирской подземки. Теперь один поезд может перевозить за раз на 200 пассажиров больше, чем ранее. Пятивагонные составы будут работать на Ленинской линии в утренние и вечерние часы пик. Основная цель для эксплуатирующих служб – подготовить линии метрополитена к эксплуатации пятивагонных составов на перспективу. Полностью заменить составы планируется до 2032 г.

За минувшие два года в новосибирской подземке осуществлялись также ремонтные работы на эстакаде метромоста. Они заключались в замене остекления эстакады, в покраске поручней, галереи и в так называемом «лечении» опор основания метромоста – обработке железобетонных конструкций специальной пропиткой. Всего на галерее метромоста были заменены около четырех сотен стекол толщиной 6 мм. Теперь галерея снабжена видеокамерами, которые позволяют более акцентированно контролировать сооружение для пресечения случаев вандализма, последствия которых и привели к необходимости ремонтировать эстакаду метромоста.

Кроме того, в метро начали устанавливать новые турникеты. Апробировали технологию на станции «Речной вокзал». Отклик оказался положительным. На новой станции «Спортивная» также будут установлены турникеты нового формата. Кроме того, в ближайшем будущем такие же устройства должны появиться на «Площади Ленина». Таким образом, вскоре уже три станции новосибирской подземки будут оборудованы красивыми современными турникетами. Составлена программа установки новых турникетов во всём метрополитене.

В метро осуществляется также капитальный ремонт вентиляционных установок, сроки доремонтной эксплуатации которых заканчиваются. Всего в тоннельной вентиляции метро работают 52 вентилятора, 39 из которых требуют капитального ремонта (модернизации). Сегодня в Новосибирском мет-



Подвижной состав

рополитене ремонтируют четыре вентилятора в год. Это большие, мощные тоннельные установки. Модернизация предполагает полную замену «начинки» вентилятора. Прежним остается только корпус, всё остальное, от рабочего колеса до лопаток, меняют. Для вентиляторов это первая серьёзная модернизация. Капитальный ремонт длится от трёх до шести месяцев для каждой машины, после которого меняются технические возможности вентилятора. Если изначально он имеет производительность от 45 до 60 кубометров в секунду, то после обновления будет давать от 45 до 80 кубометров в секунду, а в случае противопожарного режима – до 130. Благодаря автоматизации появится возможность регулировать работу вентилятора в зависимости от числа пассажиров на платформах и в тоннелях. По требованиям безопасности, расход воздуха на человека должен составлять примерно 30 кубометров. Из расчёта количества людей можно регулировать объём подачи воздуха. Сейчас таких функций у оборудования нет. Стоимость ремонта одного вентилятора – 15 млн руб.

Высоковольтные кабели – ещё один объект ремонта – требуют замены после 20 лет эксплуатации. Соответствующая программа в метрополитене реализуется, потребность в ее выполнении – 38 млн руб. в год.

Далее – ремонт эскалаторов, а также замена рельсов. В начале октября 2022 г. Новосибирский метрополитен объявил о том, что завершил программу сплошной замены рельсов на метромосте, который, как известно, является самым длинным в мире. Эта работа заняла два года и потребовала большой мобилизации сил и средств. Сплошная замена рельсов в 2021 г. составила 1,1 км пути, а в 2022 г. – 980 м. Задача была выполнена в срок при том, что за год цена на рельсы выросла в полтора раза. Своевременная замена рельсов позволяет обеспечить необходимую безопасность движения поездов, повышает надёжность инфраструктуры метро. Контроль состояния рельсов ведется постоянно.

Ремонтные работы проводят в ночное время, когда метро закрыто. Они не нарушают график движения поездов и не доставляют неудобства пассажирам.

В 2022 г. капитально отремонтирована также снегоуборочная машина, необходимая в условиях Сибири на всере путей в депо, общая протяженность которых составляет порядка 20 км.

Интересно, что Новосибирский метрополитен был основоположником работы с банковскими картами – их ввели здесь как средство платежа раньше всех метрополитенов в России. На сегодняшний день практически на всех терминалах уже есть возможность расчёта банковскими картами, и, по свидетельству специалистов, она себя оправдывает.

Важный вопрос – обеспечение антитеррористической безопасности пассажиров метро. В целом, в Новосибирском метрополитене меры безопасности усилены, введён дополнительный контроль на станциях, используются, в том числе, специальные служебные собаки, которые работают на выявление взрывчатки и оружия. Они хорошо обучены, воспитаны и неудобств пассажирам не создают.

В настоящее время в новосибирской подземке обсуждается новый тариф – 35 руб. за поездку. Действующий тариф на проезд в метро – 27 руб. – не покрывает расходов на ремонты и эксплуатацию. Несмотря на то, что пассажиров становится всё больше, прежние расценки не позволяют менять старые вагоны на новые и полноценно обновлять оборудование. Если будет принято решение о введении нового тарифа, он начнет действовать в 2023 г.



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

ИЗМЕНЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ И НОРМАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ В ЯПОНИИ

CHANGES IN TECHNOLOGY AND DESIGN STANDARDS FOR RAILWAY TUNNELS IN JAPAN

В. В. Космин, академик РАТ, Москва

V. V. Kosmin, member of the Russian Academy of Transport, Moscow

Кратко описываются новые нормы проектирования железнодорожных тоннелей в Японии. Обосновывается необходимость и целесообразность перехода к технологиям проектирования с проверкой работоспособности тоннелей на стадии проектирования. В результате предполагается повышение надежности и эксплуатационных характеристик железнодорожных тоннелей.

The new Japanese railway tunnel design standards are briefly described. The need and feasibility of transition to design technologies with tunnel performance verification at the design stage is justified. As a result, the reliability and performance of railway tunnels is expected to improve.

Два десятилетия назад на Японских железных дорогах нормы проектирования железнодорожных сооружений стали учитывать методы проектирования с проверкой работоспособности. За прошедшее время получены некоторые результаты и введен в действие ряд нормативных документов [1].

Новый подход рассматривается как средство снижения стоимости строительства и повышения степени свободы при выборе проектных решений. Это (1) возможность гибкого реагирования на новые технологии и индивидуальные обстоятельства, (2) более высокая понятность обычным пользователям и (3) возможность оценки стоимости жизненного цикла в целом. Однако, кроме того, появляется возможность разработки более безопасных и долговечных конструкций на основе численного моделирования или прямого физического исследования конструктивных элементов в связи с их деформациями или разрушением. Процесс перехода к новым нормам охватил многие конструкции и растянулся во времени (табл. 1).

Применительно к тоннелям начали с пересмотра норм по тоннелям открытого способа работ как относительно легко поддающихся изменениям.

Нормы для тоннельных сооружений состоят из четырех томов: том I содержит принципы обследований, формирования планов сооружений и проверки работоспособности железнодорожных тоннелей независимо от методов строительства или формы тоннеля; в томах II–IV помещены стандартные методы, соответствующие описаниям конкретных методов из тома I. Более подробное содержание каждого тома следующее:

Том 1: гл. 1 – Общие принципы; гл. 2 – Основы проектирования; гл. 3 – Конструктивный план; гл. 4 – Необходимые характеристики и проверка работоспособности;

Том 2 Тоннели открытого способа работ: гл. 1 – Общие принципы; гл. 2 – Исходные параметры; гл. 3 – Конструктивный план; гл. 4 – Необходимые характеристики и проверка работоспособности; гл. 5 – Работа; гл. 6 – Материалы и грунты; гл. 7 – Необхо-

димые характеристики тоннеля открытого способа работ; гл. 8 – Необходимые характеристики тоннеля открытого способа работ при использовании подпорной стены в качестве основной конструкции; гл. 9 – Проверка работоспособности котлована; гл. 10 – Тоннель открытого способа работ при специальных условиях проектирования;

Том 3 Тоннели щитового способа работ: главы 1–6 структурно аналогичны тому 2 с акцентом на щитовой способ; гл. 7 – Проверка работоспособности устроенного щитовым способом тоннеля; гл. 8 – Тоннель щитового способа работ при специальных условиях проектирования; гл. 9 – Детали конструкции и изготовление тубинговых блоков;

Том 4 Горные железнодорожные тоннели: главы 1–3 аналогичны тому 2; гл. 4 – Стабильность грунтов; гл. 5 – Необходимые характеристики и проверка работоспособности; гл. 6 – Работа; гл. 7 Материалы и грунты; гл. 8 – Проверка работоспособности обделки и обратного свода; гл. 9 – Проверка работоспособности конструкции портала; гл. 10 –

Переход к нормам проектирования с проверкой работоспособности

Таблица 1

Тип конструкций	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022
Бетонные	○						▲									
Металлические и композитные	○									▲						
Сталежелезобетонные				○									▲			
Грунтовые	○								▲							
Фундаменты			○								▲					
Подпорные стенки			○								▲					
Тоннели						○										▲
Сейсмостойкое проектирование					●						▲					

Примечание. ○ опубликовано (метод расчёта по предельному состоянию), ● опубликовано (метод проектирования с учетом эксплуатационных характеристик), ▲ пересмотрено (метод проектирования с учетом эксплуатационных характеристик)

Горный железнодорожный тоннель при специальных условиях проектирования.

При пересмотре методических подходов обеспечивалась взаимосвязь норм для тоннелей с другими нормами проектирования на примере бетонных конструкций, норм на сталь и на композитные материалы, а также в качестве примера – нормы на гибридные сталебетонные конструкции. Эти нормы охватывают все уровни (уровень материалов, уровень элементов, уровень конструкции). Однако в нормах на тоннели рассматриваются элементы, специфичные для тоннелей на уровне конструкций, а также даются ссылки на соответствующие нормы для уровня материалов и для уровня элементов. Аналогичная ситуация имеет место и в отношении фундаментов, сеймики и др. Это сделано с целью избежать несоответствий при пересмотре соответствующих норм проектирования.

Проверка работоспособности включает в себя установление предельного состояния, которое эквивалентно требованиям и элементам работоспособности, а также того, что железнодорожный тоннель не достиг предельного состояния, и в целом предусматривает подтверждение выполнения уравнения:

$$\gamma_i I_{Rd} / I_{Ld} \leq 1,0,$$

где γ_i – конструктивный коэффициент;

I_{Rd} – расчетное значение реакции;

I_{Ld} – предельное расчетное значение.

Проектирование тоннелей открытого способа работ обычно предполагает моделирование грунта с помощью упругих элементов, но при расчете коэффициента равнодействующей реактивного давления грунта k_v учитывается зависимость от ширины приложения нагрузки, при этом большая ширина нагрузки уменьшает этот коэффициент. В последние годы растет число крупных подземных железнодорожных станций, и коэффициент k_v принимают всё меньшим по величине.

Однако, учитывая, что вес элементов тоннеля меньше веса извлеченного грунта в тоннеле открытого способа работ и что жесткость элемента обеспечивается в соответствии с размерами тоннеля, принято решение ввести коэффициент корректировки грунта ρ_{gk} и скорректировать коэффициент k_v в тоннелях большого сечения с шириной, превышающей ширину тоннеля обычного сечения 10 м с целью исключить недооценку коэффициента k_v при небольшой величине уширения. На рис. 1 показан пример корректировки.

При проектировании тоннелей открытого способа работ, когда в качестве основной конструкции используется непрерывная подземная стена, известно много примеров, когда проектирование в процессе строительства и проектирование основной конструкции проводятся отдельно. Однако, учитывая, что основная конструкция возводится как сооружение, получая нагрузку во время строительства, трудно утверждать, что этот метод расчета обязательно соответствует реальным обстоятельствам. Между тем метод

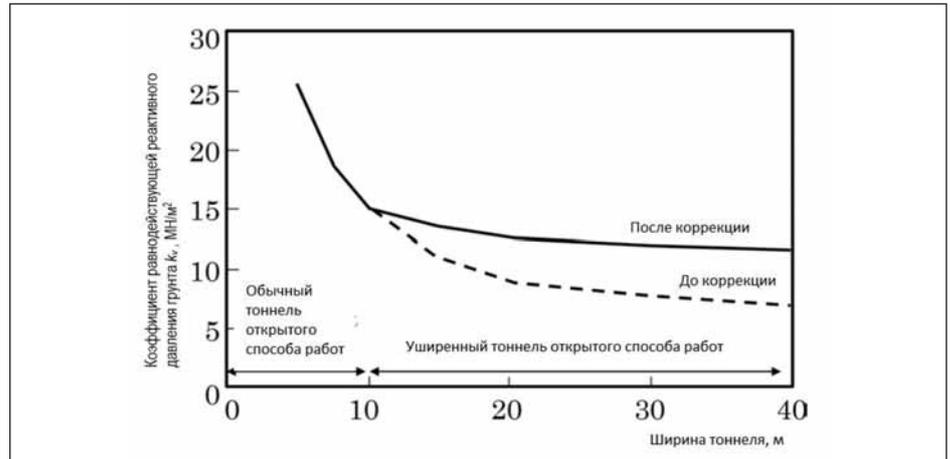


Рис. 1. Пример изменения коэффициента равнодействующей реактивного давления грунта (тоннель длиной 20 м по оси)

комплексного расчета, который предусматривает проведение серии вариантов, может учитывать процесс строительства, но сложный в расчете для ситуаций, возникающих в процессе строительства. Поэтому предусматривается применение квазиинтегрированного анализа, позволяющего учесть остаточные напряжения во время строительства, получить результаты расчета, близкие к интегрированному методу расчета, не слишком усложняя расчеты.

Нормы проектирования тоннелей, сооружаемых щитовым способом, опираются на балочно-пружинную модель (рис. 2), в которой сегменты, окружные соединения, осевые соединения и грунт моделируются с помощью балки, пружины вращения, пружины сдвига и пружины грунта.

При внедрении метода расчета с проверкой работоспособности в проектирование тоннеля, сооружаемого щитовым способом, сохранены неизменными основные аспекты из норм для таких тоннелей применительно к упомянутой конструктивной модели и прове-

дены дополнительные исследования в связи с внедрением указанного нового метода расчета. Расширено описание методов, применяемых в различных конструктивных и грунтовых условиях. При проектировании тоннелей щитового способа учитывается действие вертикального давления грунта, бокового давления грунта, давления воды и т. д. Боковое давление грунта получают умножением вертикального давления N грунта на коэффициент бокового давления грунта λ , зависящий от N . Этот коэффициент частично пересмотрен на основе опыта проектирования из прошлого и результатов строительства, в том числе даны рекомендации по его величине для твердого и хорошо стабилизированного грунта (табл. 2). Ожидается, что это приведет к оптимизации конструкции обделки.

При проектировании тоннелей щитового способа взаимодействие между грунтом и тоннелем моделируется с помощью грунтовых пружин. Коэффициент радиальной силы реакции грунта в таком тоннеле рассчитывается по теоретическому уравнению, ус-

Рис. 2. Двухкольцевая модель с пружинами

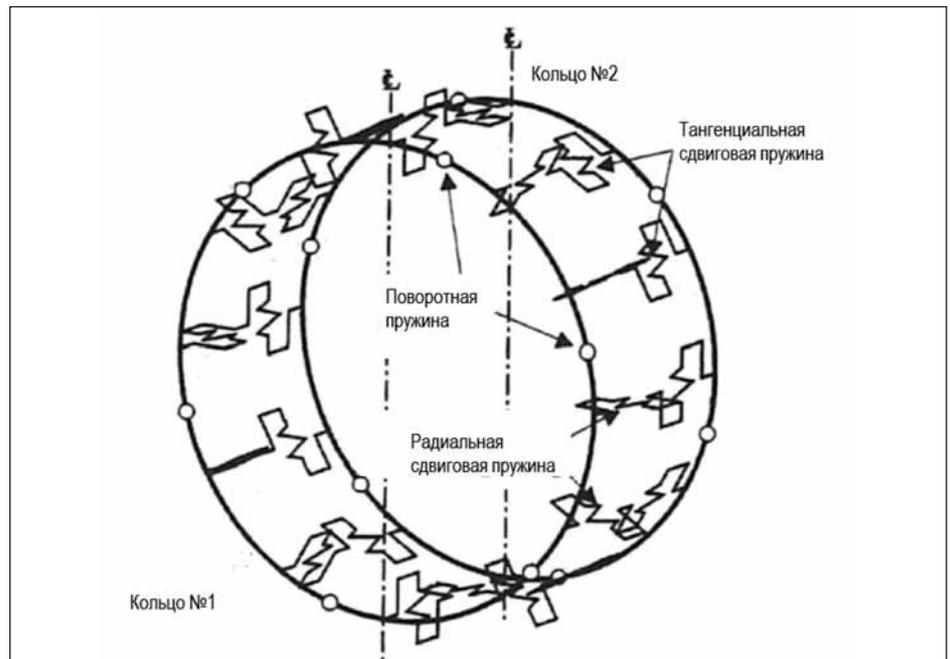


Таблица 2

Сравнение коэффициентов бокового давления грунта λ

Тип грунтов		Примерная величина N	До пересмотра		После пересмотра	
			λ	Грунт и вода	λ	Грунт и вода
Песчаные	Особо плотный	$30 \leq N$	0,45	Разделены	0,45	Разделены
	Плотный	$15 \leq N < 30$	0,45 - 0,50		0,45 - 0,50	
	Умеренно рыхлый	$N < 15$	0,50 - 0,60		0,50 - 0,60	
Связный	Уплотненный	$25 \leq N$	–	–	0,45	Разделены
	Твердый	$8 \leq N < 25$	0,40 - 0,50	Объединены	0,45 - 0,50	
	Умеренный	$4 \leq N < 8$	0,50 - 0,60		0,50 - 0,60	
	Мягкий	$2 \leq N < 4$	0,60 - 0,70		0,60 - 0,65	Объединены
	Особо мягкий	$N < 2$	0,70 - 0,80		0,65 - 0,70	

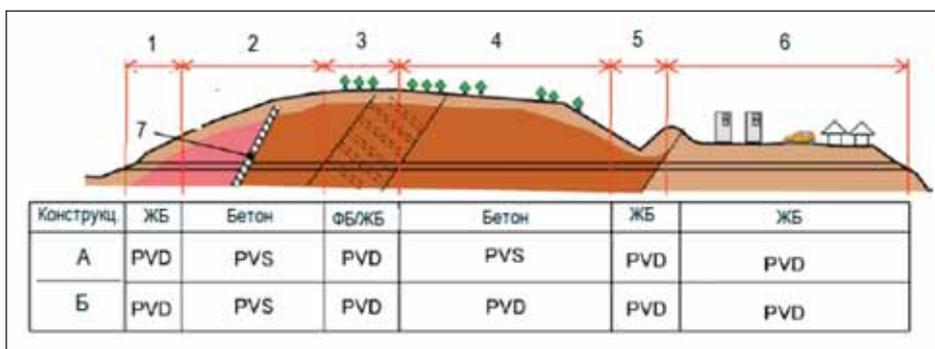


Рис. 3. Классификация методов проектирования обделки (А) и обратного свода (Б): 1 – припортальный участок тоннеля (тип I); 2 – нормальный грунт (тип III); 3 – затухание деформаций грунта требует длительного времени (тип I); 4 – существует риск смещения грунтового основания в будущем (тип II); 5 – участок тоннеля с маломощным покровным слоем (тип I); 6 – городская застройка (тип I); 7 – зона трещиноватого разлома (необходимо индивидуальное рассмотрение); ФБ – фибробетон; ЖБ – железобетон; PVD – метод проектирования с проверкой работоспособности; PVS – предварительно проверенные нормативы

танавливающему этот коэффициент обратно пропорционально радиусу тоннеля после рассмотрения деформационных характеристик двухслойной системы засыпки и окружающего грунта с различными коэффициентами деформации. В последние годы увеличивается количество тоннелей большого сечения щитового способа проходки, когда расчетный коэффициент силы реакции грунта принимается меньшим. Между тем считается, что наличие обделки подавляет деформацию даже в таких тоннелях. Поэтому введены коэффициент поправки за грунт $\rho_{ге}$ и скорректированный коэффициент силы реакции грунта для тоннелей большого сечения, шириной более 10 м (радиус 5 м), чтобы исключить недооценку коэффициента силы реакции грунта при небольшом уровне уширения.

Тоннели в условиях городской застройки часто строят в рыхлых или слабоуплотненных грунтах с относительно небольшой мощностью покрывающих пород, и строительные работы вблизи тоннеля могут оказывать воздействие на него. В связи с этим обделку и обратный свод следует проектировать как водонепроницаемые железобетонные конструк-

ции. Однако для горных тоннелей специальные нормы проектирования обделки и обратного свода отсутствуют, а предполагается применение типовых проектных решений, за исключением участков тоннелей, расположенных вблизи порталов, где проектные расчеты проводят как для железобетонных конструкций, или для случаев особых грунтов.

В настоящее время большинство горных тоннелей сооружают методом NATM, предполагающим использованием стальных опор, торкретбетона и анкерных болтов, а также строительством тоннелей с активным использованием несущей способности грунта. На рис. 3 показаны конструкции обделки и обратного свода и методы проектирования для различных грунтовых условий, которые можно разделить на три типа: I – предполагается наличие внешних сил, отличных от собственного веса (портал, небольшая вскрыша, городская застройка); II – предполагается смещение грунта после завершения строительства (вспучивающиеся породы); III – остальные ситуации, отличающиеся от упомянутых (достаточно стабильные грунты после входа в портал и где меньше воздействие выветрившихся поверхностных слоев).

При типе I считается, что железобетонная конструкция может быть запроектирована на основе проверки работоспособности посредством проведения анализа каркаса с применением давления разрыхляющего грунта, полного давления грунта и т. д. При типе II предполагается, что проверка работоспособности может быть проведена с применением методов, описанных в [2], например, в случаях, когда ожидается смещение грунта после завершения строительства. При типе III считается, что достаточно подтвердить отсутствие проблем с собственным весом обычного бетона, но так как многие участки железнодорожных горных тоннелей подпадают под тип III, было решено, что проще определить их как «предварительно проверенные нормативы» и вести проектирование с их использованием.

Стандартный проект обделки и обратного свода, осуществленный на большинстве участков горных тоннелей действующих высокоскоростных линий Синкансэн, подпадает под тип III.

По мнению японских специалистов [1], новые нормы проектирования и проектные технологии будут способствовать сооружению надежных железнодорожных тоннелей с повышенными эксплуатационными характеристиками.

Список литературы

1. Kazubide Yasbiro. *Recent Trends in Design Technology for Railway Tunnels and Summary of Revisions in Design Standards for Railway Tunnels* // Quarterly Report of RTRI, 2023. Vol. 64, No. 1, pp. 1–6.
2. Shimamoto K., Kawagoc K., Yasbiro K., Ueno H. *Proposal of Preverified Specification for Mountain Tunnel Lining and Invert* // RTRI Report, 2022. Vol. 36, No. 5, pp. 21–27.
3. Shimamoto K., Yasbiro K., Okano N. *Performance Verification Design Method of Plain Concrete Lining and Invert Assuming Ground Displacement after Completion* // RTRI Report, 2022. Vol. 36, No. 5, pp. 29–35.



НОВЫЕ ЛИНИИ МЕТРО В КИТАЕ

В конце 2023 г. в трех китайских городах введены новые линии суммарной протяженностью 73 км.

В г. Нанкине, уже имеющем начатую строительство в 2000 г. развитую сеть метрополитена из 10 линий общей протяженностью почти 380 км со 174 станциями (рис. 1), открылась новая линия длиной 46,2 км, выходящая в северо-западный пригород. К 2025 г. запланировано дальнейшее ее удлинение на 8,2 км. На этой линии задействовано 14 четырехвагонных составов типа D, поставляемых компанией CRRC и имеющих скорости 120 км/ч,

хотя инфраструктура и поезда рассчитаны на скорость 140 км/ч. В целом Генеральным планом города Нанкин на 2018–2035 гг. предусмотрена постройка 17 линий метро, таким образом. В результате общее число линий составит 27, общая протяженность — 1030 км.

В том же месяце в г. Чанша открылась новая линия длиной 17,3 км, из которых 7,3 км подземные, остальные — надземные, с восемью станциями. Она дополнила уже существующую сеть метро суммарной длиной 208 км (рис. 2).

На линии обращаются 16 шестивагонных поездов китайского производства.

Новая линия является одним из элементов создаваемого междугороднего метро Чанша – Чжучжоу – Сянган.

Еще одна новая линия метро введена в г. Ланьчжоу в те же сроки. Введенный в эксплуатацию участок протяженностью 9,1 км имеет семь станций и обслуживается 10 шестивагонными поездами. Он дополнит уже эксплуатируемую с 2019 г. линию протяженностью 26,8 км с 20 станциями. Планируется их продление и сооружение ещё одной городской линии и двух линий в пригороды. В целом сеть ме-

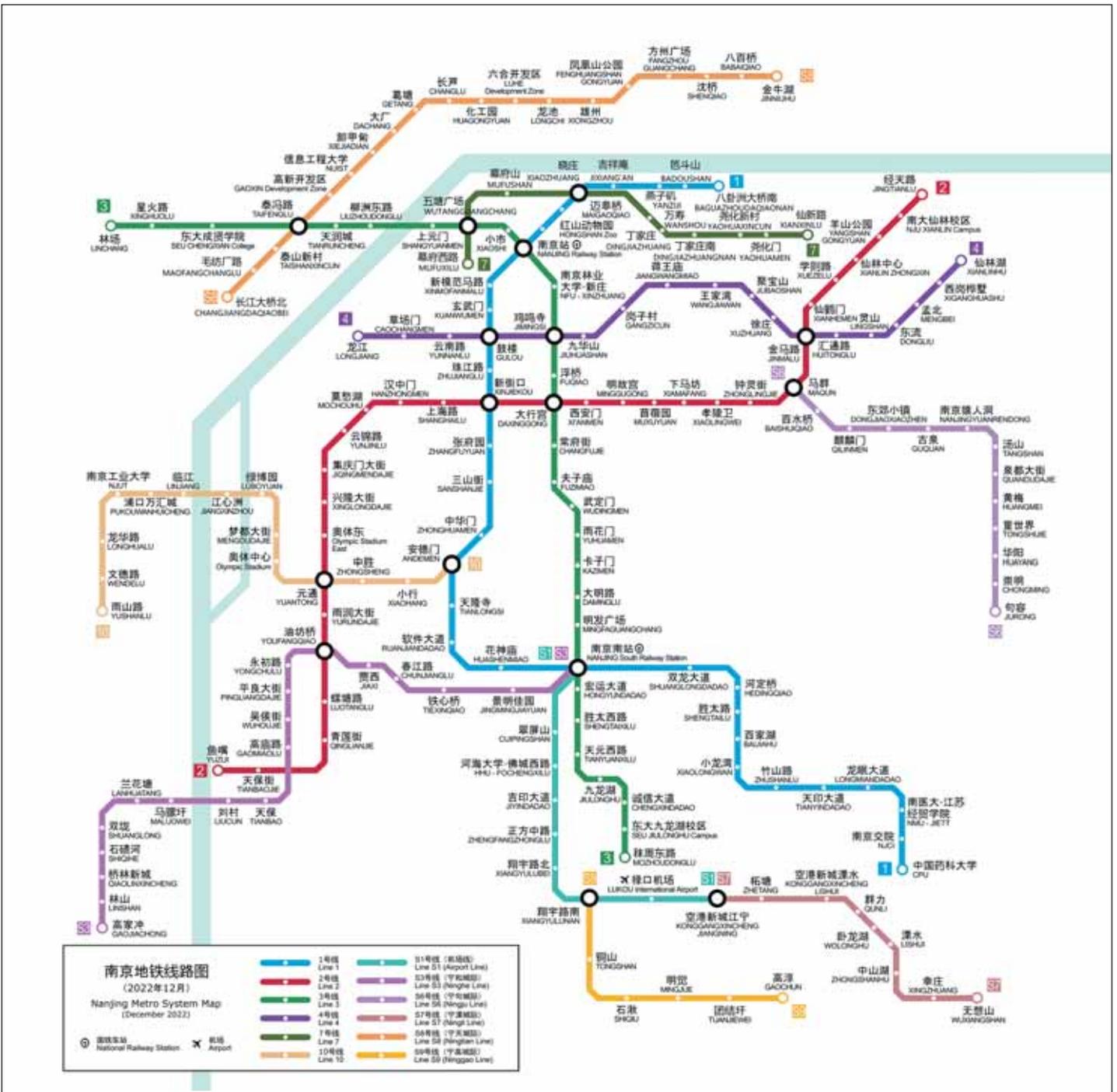


Рис. 1. Схема линий метрополитена г. Нанкина

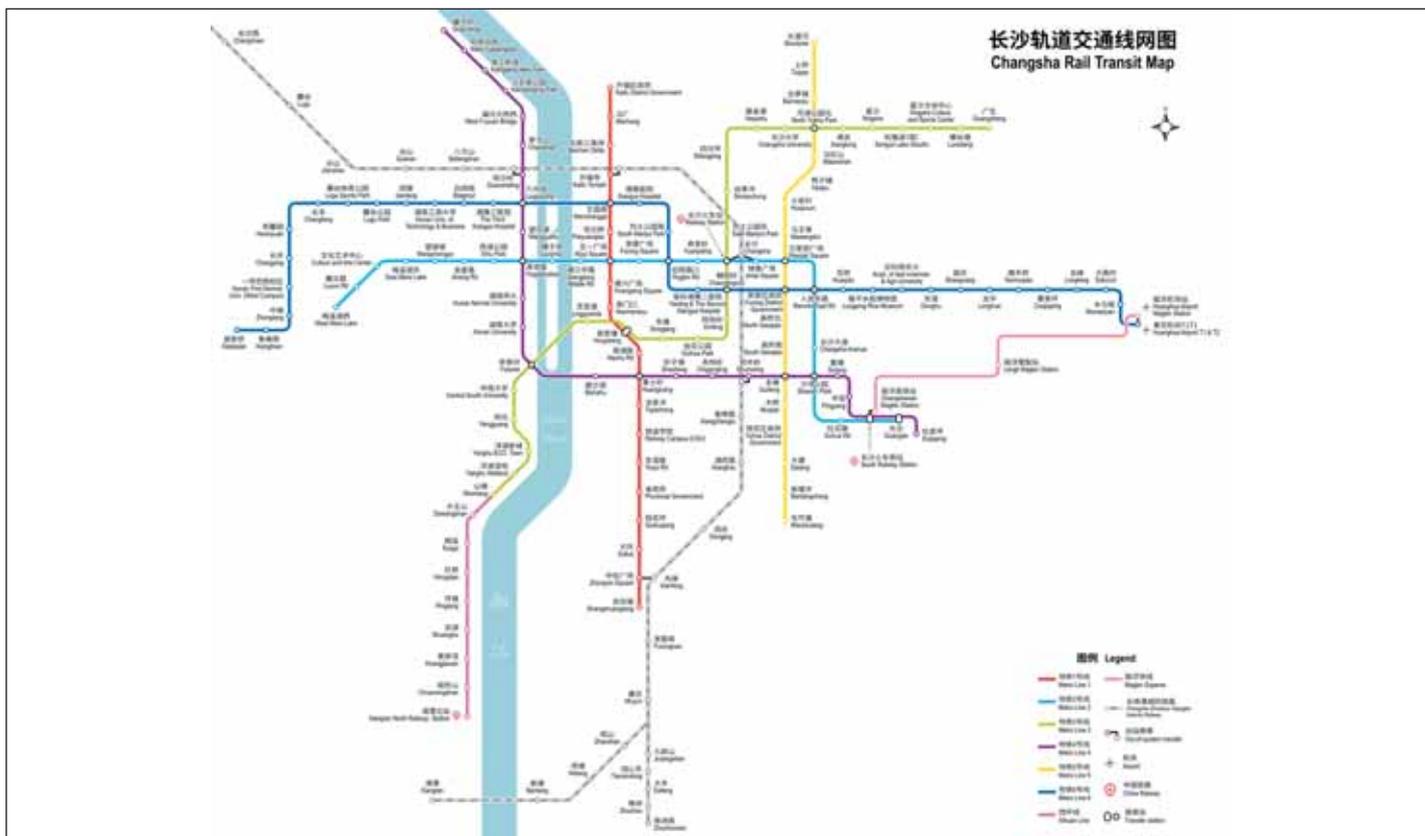


Рис. 2. Схема линий метро г. Чанша

тро г. Ланьчжоу будет иметь три городские линии длиной 90 км и две пригородные линии длиной 117 км. В дальней пер-

спективе сеть метрополитена г. Ланьчжоу будет состоять из 13 городских и пригородных линий.



Источник: Metro Report International,
7 July 2023

B. B. Космин

В АЗЕРБАЙДЖАНЕ СТРОЯТСЯ НОВЫЕ АВТОДОРОЖНЫЕ ТОННЕЛИ

Ш. К. Эфендиев, А. М. Алиев, Тоннельная ассоциация Азербайджана

После освобождения в 2020 г. от 30-летнего отчуждения территорий площадью около 10 тыс. км² в Азербайджане был подготовлен план социально-экономического восстановления этих земель. Первостепенной задачей является разминирование территорий, необходимое для возможностей реализации различных инфраструктурных проектов. Приоритетными направлениями являются восстановление автомобильных и железных дорог, энергетической инфраструктуры, инженерных коммуникаций, полностью разрушенных во время военных действий, жилищно-социальной инфраструктуры, которые позволят интегрировать освобожденные территории в общую экономику республики. Новая автомобильная дорога Тоганалы – Кельбаджар – Истису длиной 81 км берет начало от села Тоганалы Гейгельского района и проходит по территории Кельбаджарского района.

На участке дороги проектом предусмотрено строительство автодорожного тоннеля, проходящего через предгорья Муровдагского хребта в Кельбаджарском районе.

Тоннель Муровдаг длиной 11,6 км и шириной 12 м имеет стратегическое значение. Строительство тоннеля начато в августе 2021 г. На сегодняшний день сооружена его значительная часть. Разработка грунта ведется буровзрывным способом, вторичная обделка тоннеля выполнена из набрызг-бетона. На строящейся автомобильной дороге Ахмедбейли – Физули – Шуша длиной 84,6 км предусмотрено сооружение в общей сложности семи тоннелей протяженностью от 360 до 3300 м и шириной 12 м. Тоннели будут строиться новозавстрийским (НАТМ) методом с разработкой грунта буровзрывным способом с применением набрызг-бетонной обделки соответствующей толщины в зависимости от геологических условий. Продолжается строительство также автомобильной дороги Кельбаджар – Лачын длиной 76,3 км. На 35 км дороги предусмотрено сооружение тоннеля протяженностью 2,4 км и шириной 12 м, который можно назвать входным тоннелем для строящегося Международного Лачынского аэропорта. Кроме того на дороге Кельбаджар – Лачын предусмотрено строи-

тельство в общей сложности ещё двенадцати тоннелей, с условным названием Т1, Т2, Т3, Т4, Т5, Т6, Т7, Т8, Т9, Т10, Т11, Т12. Тоннель Т1 имеет длину 187 м, Т2 – 354 м, Т3 – 900 м, Т4 – 854 м, Т5 – 449 м, Т6 – 612 м, Т7 – 242 м, Т8 – 230 м, Т9 – 700 м, Т10 – 200 м, Т11 – 320 м, Т12 – 370 м. К настоящему времени сооружение пяти тоннелей из двенадцати завершено. Все они пройдены методом НАТМ. Высокими темпами строится автомобильная дорога Гуродиз – Агбанд, на которой предусмотрено сооружение трех тоннелей. Первый тоннель имеет длину 1019 м, второй – 1810 м, третий – 3171 м. Принимая во внимание объем работ и задачу выполнения проекта в короткие сроки, к строительным работам привлечены опытные турецкие компании, специализирующиеся в данной области с участием местных специалистов и рабочих.

Для связи с авторами

Эфендиев Шаик Керимович
azertunnelby@mail.ru
Алиев Ариф Мамедович
vusale.muradova@metro.gov.az



ОБЗОР МЕЖДУНАРОДНОГО ТОННЕЛЬНОГО КОНГРЕССА – 2023

REVIEW OF THE RESULTS OF THE WORLD TUNNEL CONGRESS – 2023

А. Р. Попонин, Тоннельная ассоциация России

Н. Г. Бобылев, к. т. н., Единый научно-исследовательский и проектный институт пространственного планирования Российской Федерации

С 12 по 18 мая 2023 г. в Афинах прошел Международный тоннельный конгресс WTC 2023. Его организатором стала Международная тоннельная ассоциация, а принимающей стороной – Греческое общество тоннелестроителей.

Международный тоннельный конгресс является главным ежегодным мероприятием Международной тоннельной ассоциации (ITA-AITES) и считается самой посещаемой конференцией по тематике подземного строительства во всем мире.

В этом году конгресс прошел под общей темой «Развивающийся подземный мир», поскольку всестороннее понимание, переосмысление и изменение формы подземных пространств стали еще более важными в трансформации городов будущего, где наземное пространство приобретает все большую ценность. Для достижения последнего требуется целостный подход не только с точки зрения пространственной организации или преодоления инженерных трудностей, но также в отношении разработки политики, правил и учета социальных факторов.

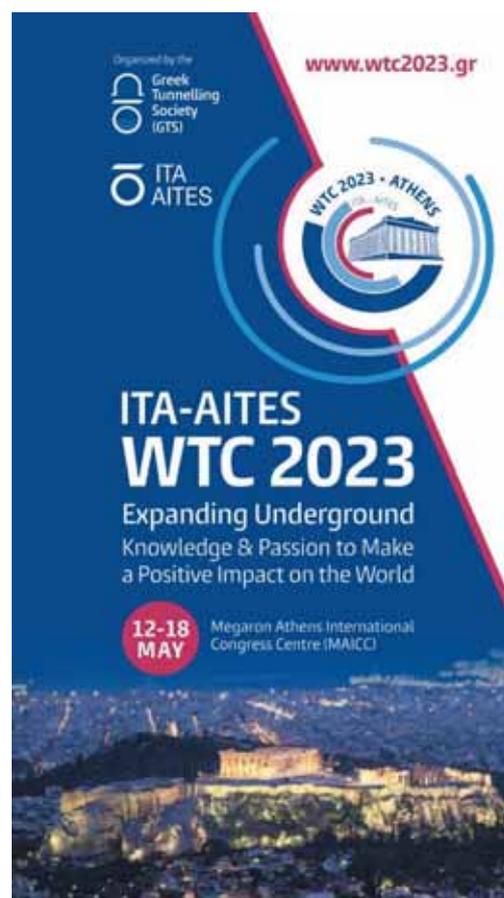
Технические секции включали в себя все основные темы тоннелестроения: обычное тоннелирование, механизированное тоннелирование, погруженные тоннели, шахты, механические и электрические установки, информационное моделирование, эксплуатация и обслуживание, планирование, безопасность эксплуатации подземных сооружений, изучение геологических и геотехнических

условий, договорная практика, контроль грунтовых вод, контрольно-измерительные приборы и мониторинг, охрана труда и техника безопасности.

Перед началом тоннельного конгресса была проведена Генеральная ассамблея Международной тоннельной ассоциации, в которой в очном формате приняли участие представители Российской Федерации Михаил Юрьевич Бельский, заместитель генерального директора по маркетингу и внешнеэкономической деятельности АО «Мосметрострой», член Международной тоннельной ассоциации и Николай Геннадьевич Бобылев, доцент Санкт-Петербургского государственного университета и ведущий специалист Единого научно-исследовательского и проектного института пространственного планирования Российской Федерации.

В рамках Генеральной ассамблеи Николай Геннадьевич Бобылев был избран председателем рабочей группы номер 15 (Подземное пространство и окружающая среда) Международной тоннельной ассоциации. Н. Г. Бобылев стал первым россиянином, занявшим пост руководителя группы или комитета в ассоциации.

Рабочая группа номер 15 (Подземное пространство и окружающая среда) ко-



Постер Международного тоннельного конгресса – 2023

М. Ю. Бельский на Генеральной ассамблее ИТА



Н. Г. Бобылев на заседании рабочей группы № 15 Международной тоннельной ассоциации





Отчеты рабочих групп и комитетов на Генеральной ассамблее ИТА



Выступление Н. Г. Бобылева с научным докладом на Международном тоннельном конгрессе ИТА



Выступление Н. Г. Бобылева на открытой сессии по использованию подземного пространства

Основные спонсоры Международного тоннельного конгресса – 2023



ординирует подготовку тематических отчетов в области воздействия подземных объектов на окружающую среду, экологического менеджмента в тоннелестроении, углеродного следа, экологического планирования развития городской подземной инфраструктуры.

В своем выступлении Н. Г. Бобылев отметил значимость повестки устойчивого развития для строительной отрасли, особое внимание уделил комплексному планированию подземной инфраструктуры, в том числе с использованием инструментов стратегического пространственного планирования, мастер планирования городских территорий, экологического планирования с учетом сервисов экосистем и геосистем.

Н. Г. Бобылев также является членом научного комитета конгресса и выступил с докладом на тему уменьшения углеродного следа города при использовании подземного пространства. На Генеральной ассамблее было принято решение о создании специального комитета, основной целью которого на предстоящие два года стало внедрение ESG повестки и анализ общих вопросов устойчивого развития в деятельности Международной тоннельной ассоциации. Н. Г. Бобылев был назначен одним из четырех координаторов этого комитета (вопросы планирования городского подземного пространства и устойчивого развития).

Помимо этого, в рамках Генеральной ассамблеи, на которой присутствовали представители 50 стран-членов ассоциации, было объявлено о присоединении к ИТА нового члена – Пакистана.

Пакистанское общество тоннельных и бестраншейных работ (PTTS) было создано в 2020 г. В Исламабаде находится Тоннельный институт Пакистана, который способствует развитию сотрудничества между промышленностью и академическими кругами для продвижения и совершенствования практики строительства тоннелей.

На конгрессе присутствовали все основные спонсоры и компании из сферы тоннелестроения. В центральном холле конференц-площадки все желающие могли ознакомиться с компаниями сферы тоннелестроения, их продукцией и основными проектами.

Программа конференции WTC2023 началась с доклада профессора Кириазиса Питилакиса из Университета Аристотеля в Салониках, который выступил с основным докладом о проектировании в сейсмически неустойчивых зонах и оценке рисков тоннелей и подземных сооружений.

Ключевым докладом со стороны Греческого общества тоннелестроителей стал проект комплексного развития метрополитена г. Афин.

После десятилетия, в течение которого проекты развития метрополитена были сосредоточены вокруг продления линии



Строительство линии № 4 метрополитена г. Афины



Центр управления проходкой тоннелей при помощи ТПМК

№ 3 в Пирее и начала строительства линии № 4, на ближайшие годы были поставлены новые цели.

Основной целью проекта является объединение с другим транспортом города, продление существующих линий метрополитена и создание новых.

За последние 12 месяцев было объявлено о комплексе новых проектов станций метро, которые с учетом их приоритетности сделают Афины более комфортабельным городом для своих граждан и гостей.

Предполагается, что после завершения строительства продления линии № 3 и строительства линии № 4, афинская сеть метро будет насчитывать 86 станций. С учетом проектов нового расширения, Афины стремятся значительно превзойти число станций метрополитена.

В частности, в планы Министерства инфраструктуры и транспорта включены девять продлений с 35 новыми станциями. В первую очередь это относится к линии № 2 и 4, а также новой линии № 5, которая в настоящее время является ответвлением линии № 4. В настоящее время акцент делается на продлении линий метро на севере и юге, где фактически расположены почти все муниципалитеты столичного комплекса.

Девять продлений линий метрополитена разделены на те, которые необходимо реализовать в ближайшее время, и те, которые рассчитаны на будущее.

Помимо этого, в прошедшем Международном тоннельном конгрессе WTC 2023 в дистанционном формате принял участие Артём Романович Попонин, член Молодежной группы Международной тоннельной ассоциации.

На мероприятии обсуждалось много вопросов, касающихся проблем и перспектив подземного строительства во всем мире. Это и строительство метрополитенов, и инновационное развитие подземной инфраструктуры, и особенности проектирования нового строительства подземных объектов в условиях плотной городской застройки, и безопасность на объектах подземного строительства, и многие другие вопросы. От эффективного решения этих



Проект развития метрополитена г. Афины

проблем во многом зависит совершенствование единой транспортной системы как отдельных стран, так и всего мира и улучшение качества жизни людей.

За все время проведения конгресса докладчиками со всего мира было представлено порядка 200 научно-технических докладов на различную тематику. В стендовом формате было представлено еще порядка 160 работ.

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

Участники и докладчики со всего мира с нетерпением ждут нового Международного тоннельного конгресса в 2024 г., чтобы снова встретиться для обмена опытом в сфере подземного строительства.



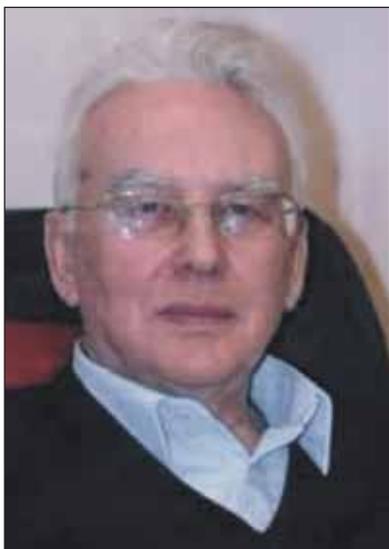
Список литературы

1. *Официальный сайт WTC 2023:* <https://wtc2023.gr/>
2. *Проект расширения метро г. Афины. Новостной портал Ypodomes:* <https://ypodomes.com/>

Для связи с авторами

Попонин Артём Романович
office.rus-tar@yandex.ru
Бобылев Николай Геннадьевич
n.bobylev@spbu.ru, BobylevNG@str.mos.ru

ПАМЯТИ ГЕОРГИЯ МАРКОВИЧА СИНИЦКОГО



(19.12.1935 – 09.06.2023)

9 июня 2023 г. ушёл из жизни Георгий Маркович Синицкий – видный специалист в области подземных работ, заслуженный строитель Российской Федерации, лауреат Государственной премии СССР.

Георгий Маркович в 1959 г. окончил Днепропетровский ордена Трудового Красного Знамени горный институт им. Артёма, в котором получил специальность инженера по строительству горных предприятий. С тех пор вся его жизнь была неразрывно связана с подземным строительством, где он прошёл долгий производственный путь от горного мастера

до руководителя крупного московского треста «Мосгорспецстрой» Главмосстроя, выполнявшего в Москве основные объёмы работ по строительству и реконструкции инженерных сетей.

В период с 1998 по 2009 г. Георгий Маркович работал в ООО «Организатор», выполнявшем функции заказчика по таким масштабным и значимым для г. Москвы проектам, как реконструкция МКАД, строительство Третьего транспортного кольца и Краснопресненского проспекта, реставрация и перенос Андреевского моста, строительство Живописного моста, уникальных Лефортовского и Серебряноборских городских транспортных тоннелей глубокого заложения и др. В эти годы ярко проявился его опыт организатора строительного производства и обширные инженерные знания.

С 2010 по 2012 г. Г. М. Синицкий, являясь первым заместителем председателя правления Тоннельной ассоциации России, руководил Исполнительной дирекцией ассоциации, где активно занимался вопросами повышения технического уровня организаций, обеспечивающих сооружение подземных объектов транспортного назначения.

Правление Тоннельной ассоциации России выражает глубокое соболезнование родным и близким покойного. Светлая память о Георгии Марковиче Синицком навсегда останется в сердцах метро- и тоннелестроителей.

Правление Тоннельной ассоциации России