

Журнал
Тоннельной ассоциации России

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. П. Абрамчук
В. В. Адушкин, академик РАН
В. Н. Александров
М. Ю. Беленький
А. Ю. Бочкарев, канд. экон. наук
В. В. Внутских
С. А. Жуков
Б. А. Картозия, доктор техн. наук
Е. Н. Курбачкий, доктор техн. наук
М. О. Лебедев, канд. техн. наук
И. В. Маковский, канд. техн. наук
Ю. Н. Малышев, академик РАН
В. Е. Меркин, доктор техн. наук
А. Ю. Старков
Б. И. Федунец, доктор техн. наук
Т. В. Шепитько, доктор техн. наук
Ш. К. Эфендиев

Тоннельная ассоциация России

тел.: (495) 608-8032, 608-8172
факс: (495) 607-3276
www.rus-tar.ru
e-mail: info@rus-tar.ru

Издатель

ООО «Метро и тоннели»

тел./факс: +7 (495) 981-80-71
127521, Москва,
ул. Октябрьская, д. 80, стр. 3,
оф. 4206
e-mail: metrotunnels@gmail.com

Генеральный директор

О. С. Власов
Журнал зарегистрирован
Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов
журнала только с письменного
разрешения издательства
© ООО «Метро и тоннели», 2018

№ 4 2018

Выставки и конференции

Тенденции, проблемы и перспективы развития
подземного строительства 2
В. В. Чеканов, А. Г. Полянкин, Л. И. Горх

Шахтное строительство

Импортозамещение в сфере горностроительных работ.
Опыт применения стволпроходческого комбайна
российского производства при строительстве
Санкт-Петербургского метрополитена 9
А. Н. Ревва

Технические решения

Монтажное кольцо для стыковой сварки
тонкостенных труб больших размеров 12
Б. А. Хихлуха, Н. А. Маханькова

Расстрел сборно-разборный
многократного использования
для крепления временных стен котлованов 14
Б. А. Хихлуха, И. А. Орлова

Зарубежный опыт

Вагоны для женщин в китайском метрополитене 17

Проектирование

Вагон метрополитена с суперконденсатором
для выравнивания токов тяговой сети и рекуперации 18
А. Б. Куровский

Геомеханика

Современный опыт применения
теоретических подходов геомеханики
в подземном строительстве, базирующихся
на методах механики сплошной среды 20
К. П. Безродный, М. О. Лебедев, А. С. Саммаль

Щитовая проходка

Применение тампонажного раствора
за тоннельной обделкой Дн = 10,3 м 22
С. Ф. Андреев

Щитовая проходка в стесненных условиях 24
С. Н. Кемеж, А. И. Харламов, О. В. Федоров

Зарубежный опыт

Сканирующая система для геометрических
измерений в тоннеле 27
В. В. Космин

Архитектура метрополитена

Архитектурно-художественное решение
Люблинско-Дмитровской линии
Московского метрополитена 28
Н. И. Шумаков, А. В. Некрасов

Тоннельные технологии

Кондиционирование грунта щитовой проходки 34
С. В. Мазеин, А. С. Вознесенский

О тоннелях и тоннельщиках

Ясновидение механика Кабакова 38
В. З. Коган

СОДЕРЖАНИЕ



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ

Станция
«Новопеределкино»
Московского
метрополитена
(фото А. Попов)

ТЕНДЕНЦИИ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

В. В. Чеканов, Тоннельная ассоциация Беларуси

А. Г. Полянкин, АО «Мосинжпроект»

Л. И. Горх, Тоннельная ассоциация России



27 и 28 сентября 2018 года в г. Минске (Республика Беларусь) прошел научно-технический форум «Тенденции, проблемы и перспективы развития подземного строительства». Организаторы форума: ОАО «Минскметропроект», УП «Минскметрострой», Тоннельная ассоциация Беларуси и Тоннельная ассоциация России.

Форум является весьма важным международным мероприятием. Для участия в нём в город Минск прибыли эксперты и специалисты крупных проектных, строительных компаний, генподрядчики и субподрядчики по строительству различных объектов, научные институты, а также белорусские, российские и иностранные компании-производители специализированного оборудования и техники.

С приветственным словом к участникам форума от имени организаторов обратились председатель правления Тоннельной ассоциации Беларуси В. В. Чеканов и председатель правления Тоннельной ассоциации России К. Н. Матвеев.

В Республике Беларусь активно ведется подземное строительство по самым разнообразным направлениям:

- в городе Минске с 1977 г. и по настоящее время ведется строительство метрополите-

на. Эксплуатируется две линии протяженностью 38,5 км с 29 станциями. Строится третья линия;

- ОАО «Трест № 15 «Спецстрой» имеет современные тоннелепроходческие комплексы диаметром 3, 2 и 1 м производства «Херренкнехт» для строительства тоннелей, в которых прокладываются инженерные коммуникации;

- в г. Минске на площади Независимости построен подземный общественно-торговый центр «Столица» (площадь около 100 тыс. м²) с паркингом на 500 машиномест;

- производятся установки горизонтального направленного бурения, которые используются строителями для подземной прокладки инженерных коммуникаций без вскрытия дневной поверхности, в т. ч. под автодорогами;

- в г. Солигорске ЗАО «Солигорский Институт проблем ресурсосбережения с Опытным

производством» освоило выпуск эскалаторов. Они устанавливаются на трех строящихся станциях 1-го участка 3-й линии Минского метрополитена;

- в г. Могилеве на заводе «Могилевлифтмаш» изготовили пассажирские горизонтальные конвейеры-«траволаторы», которые используются в пешеходных пересадочных тоннелях 1-го участка 3-й линии Минского метрополитена;

- подземные пешеходные переходы с развитым подземным пространством практически во всех городах Республики Беларусь.

В настоящее время разрабатывается нормативный документ ТКП «Градостроительство». Правила застройки и планировки г. Минска», в котором закладываются требования по максимальному освоению и использованию подземного пространства.

Далее дадим обзор докладов и сообщений, которые были представлены на форуме.

С докладом на тему «Минский метрополитен: вчера, сегодня, завтра» выступил председатель правления Тоннельной ассоциации Беларуси **В. В. Чеканов** (см. «Метро и тоннели» № 3, 2018, с. 12–16).

С докладом «Минскметрострою – 40 лет» выступила заместитель генерального директора УП «Минскметрострой» **А. А. Алексейчик**.

В докладе отмечены основные этапы создания и становления Управления строительства «Минскметрострой». Приведена структура организации, перечень построенных объектов и их характеристики.

Так, объем СМР, выполненный в 2017 г. собственными силами, составил 51,8 млн \$, при этом доля СМР по метростроению, выполняемая собственными силами, составила 91 %. Среднесписочная численность работников – 1992 человека, из них ИТР – 412 чел. (21 %).

Сегодня УП «Минскметрострой» владеет современными технологиями строительства:

- проходка перегонных тоннелей ТПМК;
- анкерное крепление котлованов;
- сооружение траншейных стен методом «стена в грунте»;

• беспальная укладка пути метрополитена с использованием виброзащитных железобетонных блоков БВ2-М;

• бестраншейная прокладка подземных коммуникаций с использованием установок горизонтального направленного бурения.

Для выполнения перечисленных работ имеется в собственности современное оборудование.

С 2007 г. внедрена и функционирует система менеджмента качества.

Главный инженер проектов ОАО «Минскметрострой» **П. Н. Непочелович** сделал доклад на тему «Проектирование и строительство 1-го участка линии Минского метрополитена».

Третья линия Минского метрополитена проходит с севера на юг через центр города. Протяженность линии 17,7 км с 14 станциями. Она пересекает первую и вторую линии, образуя тем самым пересадочный треугольник: станции «Площадь Ленина» – «Вокзальная» и станции «Фрунзенская» – «Юбилейная». Это позволит пассажиру проехать в любой район города всего с одной пересадкой. В настоящее время строится 1-й участок третьей линии протяженностью 8,54 км с семью станциями.

Одновременно с линией метро строятся:

- электродепо «Слуцкое»;
- здание эксплуатационного персонала;
- здание инженерного корпуса метрополитена (2-я очередь);

Линия разбита на два пусковых комплекса:

- первый – от станции «Жуковского» до станции «Юбилейная», протяженностью 4,44 км с четырьмя станциями. Сдача в эксплуатацию намечена на 2020 г.;

- второй – от станции «Корженевского» до станции «Жуковского» протяженностью 4,10 км с тремя станциями. Сдача в эксплуатацию – 2022 г.



Выступает председатель правления Тоннельной ассоциации Беларуси В. В. Чеканов

В докладе приведены объемно-планировочные решения станционных комплексов, описано прохождение трассы, условия строительства.

Отличия от ранее построенных линий метрополитена в г. Минске:

- перегонные тоннели сооружаются механизированным тоннелепроходческим комплексом (ТПМК), изготовленным фирмой «BESSAC» (Франция);
- для крепления котлованов используется метод «стена в грунте», который выполняется оборудованием фирмы «Штайн», смонтированным на кране-экскаваторе Liebherr;
- для крепления стен котлованов применены прядевые анкеры с несущей способностью до 140 т;

- для гидроизоляции станционного комплекса применена ремонтпригодная гидроизоляционная система с использованием полимерных мембран (ПВХ-пленок);

- в пересадочных пешеходных тоннелях предусмотрены горизонтальные пешеходные конвейеры;

- на платформенных участках станций устанавливаются барьерные ограждения высотой 1,6 м с дверями, предотвращающие падение пассажиров на путь;

- применен беспальный путь на железобетонных блоках с системой виброизоляции;

- служебные и технические помещения на станциях отапливаются избыточным теплом от поездов, пассажиров и работа-

Выступает председатель правления Тоннельной ассоциации России К. Н. Матвеев



ющего оборудования. Для этого используются тепловые насосы воздух-вода, а также теплообменники на оребренных тепловых трубах в составе установок утилизации тепла;

- автоматизированная система управления движением поездов как комплексная микропроцессорная система с организацией централизованного автоведения поездов и использованием современного оборудования микропроцессорной централизации стрелок и сигналов.

С докладом на тему «Второй участок третьей линии Минского метрополитена» выступил главный инженер проектов ОАО «Минскметропроект» **И. О. Панкевич**.

Второй участок третьей линии метрополитена является продолжением строящегося первого участка третьей линии и пройдет от станции «Юбилейная» в северную часть города. Его протяженность 8,44 км с семью станциями. Ориентировочное начало работ – 2022 г., продолжительность строительства 96 месяцев.

В настоящее время разработана стадия «Обоснование инвестирования». Предусмотрено разделение 2-го участка на две очереди строительства:

- первая – от станции «Юбилейная» до станции «Парк Дружбы Народов», протяженностью 4,24 км с четырьмя станциями;
- вторая – от станции «Парк Дружбы Народов» до станции «Логойская», протяженностью 4,2 км с тремя станциями.

В докладе приведены характеристики участка метрополитена, объемно-планировочные и конструктивные решения станционных комплексов, организация строительства, а также применяемые способы и технологии строительства и используемая для этого строительная техника и оборудование.

Генеральный директор ООО «Херренкнехт Тоннельсервис» **Хеннинг Йоханнис** сделал сообщение на тему «Grand Paris express – Строительство новой кольцевой линии метро в Париже».

Работа над проектом «Grand Paris express» была начата в 2007 г. Цель – улучшение системы общественного транспорта Парижа. Общая длина строящихся линий составляет 205 км, из них 90 % – подземные. Новые линии свяжут пригороды Парижа с центром и аэропортами Бурже, Орли и Шарль де Голь. Проект будет включать 72 станции, из них 57 – новые, и позволит уменьшить количество автомобилей на улицах города на 150 тыс. единиц.

Проектная стоимость строительства – 38 500 000 тыс. (на февраль 2018 г.). Работы ведутся на шести участках метрополитена, проходку тоннелей осуществляют 23 ТВМ. Ими пройдено 81,9 км тоннелей.

Для проходки применяются ТПМК с системой переменной плотности.

Характеристики ТПМК:

- диаметр ротора – 9,87 м;
- рабочее давление – 5 бар;

- длина щита – 14 м;
- длина ТПМК – 120 м;
- минимальный радиус – 220 м;
- мощность привода – 3500 кВт;
- вес ТПМК – 1600 т.

ТПМК с системой переменной плотности позволяют вести проходку с режимами:

- гидропригруза с тонкой суспензией;
- гидропригруза с густой суспензией;
- грунтопригруза с гидротранспортом;
- грунтопригруза с конвейерной откаткой.

В процессе проходки конструкция ТПМК позволяет произвести переналадку с одного режима работы на другой.

Советник заместителя генерального директора по строительству объектов метрополитена АО «Мосинжпроект» к. т. н. **Д. С. Конюхов** сделал доклад на тему: «Научное обоснование мероприятий по обеспечению сохранности окружающей застройки при строительстве метрополитена в Москве». В докладе была представлена концепция проведения работ по научно-техническому сопровождению строительства, как на стадии проектно-изыскательских работ, так и на стадии строительства. В докладе подробно описан опыт проходки тоннелей строящейся Кожуховской линии Московского метрополитена под действующей Таганско-Краснопресненской линией. В результате реализации мероприятий по научно-техническому сопровождению строительства была обеспечена безопасная проходка тоннелей Кожуховской линии на глубине около 3 м под тоннелями Таганско-Краснопресненской линии с минимальными осадками. Так, максимальные стабилизированные осадки тоннелей ТКЛ составили: для правого тоннеля 4,6 мм, для левого – 2,9 мм.

Главный инженер проектов ОАО «Минскметропроект» **Э. И. Клок** выступил с докладом «Электродепо «Слуцкое» Минского метрополитена».

В Минске сегодня действует два электродепо метрополитена – «Московское» (введено в эксплуатацию в 1984 г.) и «Могилевское» (2003 г.). Электродепо «Слуцкое» – это третье электродепо. При его проектировании специалисты ОАО «Минскметропроект» учли 30-летний опыт эксплуатации Минского метрополитена, а также современные тенденции развития отечественных метрополитенов.

В докладе приведены основные технико-экономические показатели объекта, технологические решения по обслуживанию и ремонту вагонов метрополитена, принципы зонирования генплана электродепо; конструктивные решения корпусов и сооружений, а также проектные решения по сантехническому, электротехническому разделам, устройствам связи и автоматизации технологических процессов.

Особенностью электродепо «Слуцкое», которое отличает его от двух предыдущих электродепо, является то, что в нем будут обслуживаться вагоны, оборудованные тяговы-

ми приводами на переменном токе (вагоны типа 81-760/761).

Благодаря прогрессивным конструктивным решениям вагонов, выполненным заводом-изготовителем, уменьшилось количество узлов, требующих снятия с вагонов для ремонта. Также заводом-изготовителем увеличены межремонтные пробеги между видами технического обслуживания и ремонтов. Это позволило уменьшить количество рабочих, занятых на обслуживании и ремонте вагонов, а также площади производственных мастерских.

Так отпала необходимость:

- в аккумуляторном отделении – аккумуляторные батареи не требуют обслуживания;
- в электроаппаратном отделении с кранбалкой – при дефовских видах ремонтов электрические аппараты проверяются без снятия с вагонов;
- в отделении тиристорных блоков – все проверки в объеме дефовских ремонтов выполняются на вагонах без снятия.

В целом количество ремонтов уменьшилось на 30 % по сравнению с существующими электродепо.

Кроме того, для электродепо «Слуцкое»:

- будет изготовлен модернизированный станок для обточки колесных пар. Он позволит выполнять обточку колесных пар как с выкаткой из под вагонов, так и без выкатки;
- на позициях ремонта для подъема вагонов будут использоваться мобильные электродомкраты грузоподъемностью 10 т (вместо 40 т, установленных на действующих электродепо). Промышленность освоила выпуск таких домкратов;

- мостовой кран, установленный в ремонтном пролете, будет иметь радиоуправление с переносного пульта. Это позволит отказаться от кабины крановщика.

Комплекс принятых прогрессивных решений обеспечил значительное снижение стоимости строительства электродепо.

Начальник отдела ПТ ОАО «Минскметропроект» **С. С. Позняков** выступил с докладом «Опыт ОАО «Минскметропроект» по проектированию автодорожных и железнодорожных тоннелей».

В докладе освещен двадцатилетний опыт проектирования автодорожных тоннелей на Кавказе в сложных инженерно-геологических условиях. При проектировании и строительстве тоннелей применены оригинальные инженерные решения с применением современных материалов, технологий и оборудования.

Вот некоторые из них.

Проект инженерной защиты от камнепадов на участке 22–24 километры автодороги Адлер – Красная Поляна был реализован без перерыва движения. Отмечается технической сложностью и новизной принятых конструктивных и организационно-технологических решений.

При строительстве тоннеля № 6 длиной 2660 м на обходе г. Сочи (2-я очередь стро-

ительства) для проходки калотты и нижнего уступа применен высокопроизводительный проходческий комбайн избирательно-го действия WIRTH. Применение технологии NATM позволило повысить скорость проходки верхнего уступа тоннеля до 150 м в месяц, против 30–60 м при проходке традиционным способом. При этом трасса тоннеля пересекает зоны технических разломов с нарушенной структурой грунтов, а также зоны с водопитоками до 18 м³/ч к забою тоннеля.

К зимней Олимпиаде 2014 г. в г. Сочи была построена новая автомобильная дорога. ОАО «Минскметропроект» разработало проектную документацию на строительство двух автодорожных тоннелей – № 1 и 3.

Сейсмичность района строительства – 9 баллов. Припортовые выемки устраивались на ограниченных участках, что потребовало значительного объема крепления откосов набрызг-бетоном и анкерами, а для предотвращения обрушения склонов, опасных в оползневом отношении, предусмотрели подпорные сооружения на буронабивных сваях с устройством надпортового водоотвода. Значительная часть тоннелей проходила в породах сильнотрещиноватых до раздробленных. В этих зонах проходка тоннеля проводилась с устройством опережающего экрана из труб и цементацией зон разломов. Разработка грунта в забое выполнялась проходческими комбайнами, а на участках с высокой крепостью применялся буровзрывной способ.

На автомобильной дороге Алагир – Нижний Зарамаг построены:

- тоннель км 93+300;
- тоннель км 86+300 с противовавинной галереей;
- тоннель км 91+00;
- противовавинные галереи на км 76+825 и км 85+650.

Строительство объектов в районе с сейсмичностью 9 баллов осложнено обвальными процессами на припортовых участках, а также сходом снежных лавин. По трассе тоннелей – зоны тектонических разломов с обильным водопитоком в забой. При проходке применялись специальные методы работы: цементация трещиноватых грунтов; устройство защитного экрана из труб. Разработка грунта проходческими комбайнами с немедленным возведением временной обделки – набрызг-бетоном по сетке с железобетонными анкерами. Для защиты от камнепадов на горных склонах устанавливались защитные сетки.

В 2007 г. в ОАО «Минскметропроект» разработана документация по объекту «Реконструкция автодороги Георгиевск – Новопавловск от автодороги Кочубей – Зеленокумск – Минеральные воды. Два тоннеля под главными путями СКЖД на перегоне Виноградная – Георгиевск».

Главной особенностью данных тоннелей является сооружение закрытого перехода

длиной 35 м под защитой экрана из труб без перерыва движения поездов.

Применен способ микротоннелирования ТМПК для прокладки экрана из труб, причем верхний ряд экрана размещен на минимальном расстоянии до балластной призмы. Впервые вскрытие забоя под действующими железнодорожными путями производилось на полное сечение тоннеля с креплением лба забоя фиброгласовыми анкерами. На период сооружения тоннелей в целях увеличения безопасности выполнено усиление железнодорожного пути страховочными пакетами.

Значимым для ОАО «Минскметропроект» явился проект «Тоннельный переход между Северным и Южным терминальными комплексами в аэропорту Шереметьево», который был реализован к чемпионату мира по футболу 2018 г. в России.

В состав объекта вошли:

- Северный станционный комплекс, расположенный под проектируемым терминалом В на северном терминальном комплексе аэропорта;
- Южный станционный комплекс, интегрированный переходной галереей с терминалами Д и Е на Южном терминальном комплексе;
- тоннельный участок, сооружаемый закрытым способом под действующим аэродромом: два тоннеля щитовой проходки по 1940 м каждый, три технологические сбойки, перегонная водоотливная установка.

Уникальность, сложность, а также отношение объекта к особо опасным потребовала разработки и утверждения в установленном порядке Специальных технических условий на проектирование, строительство и эксплуатацию объекта, а также Специальных технических условий на проектирование и строительство в части обеспечения пожарной безопасности объекта.

С докладом «Проектирование объектов Минского метрополитена с применением BIM-технологии» выступила начальник группы информационного моделирования ОАО «Минскметропроект» **В. И. Штанюк**.

В соответствии с приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 27 октября 2014 г. № 298 «О применении BIM-технологии в проектировании» ОАО «Минскметропроект» с 2015 г. ведет деятельность по внедрению информационного моделирования и выполнения проектов объектов Минского метрополитена с применением BIM-технологий.

С декабря 2014 г. ОАО «Минскметропроект» начало осваивать и внедрять программный комплекс Autodesk Revit для проектирования объектов метрополитена. Была создана группа из специалистов предприятия, которые прошли базовый курс обучения данному программному продукту, после чего последовало выполнение пилотного проекта. Для пилотного проекта была выбрана запроектированная ранее вентка-

мера на третьей линии Минского метрополитена. Перед участниками проекта стояла задача разработки проектной документации в объеме всех разделов, определение области применимости программы Revit для подземного строительства, проработки шаблонов оформления проектной документации, адаптация спецификаций для их оформления в Revit.

В ходе работы над пилотным проектом были отработаны разделы: архитектура, конструктивные решения, отопление и вентиляция, электроснабжение, организация строительства.

Следующим этапом внедрения технологии BIM стало проектирование станции «Лошицкая».

Станция «Лошицкая» была запроектирована с учетом принятой генеральной схемы Минского метрополитена. Располагается на третьей линии Минского метрополитена и относится ко 2-му пусковому комплексу. Многоуровневый объем станции состоит из вестибюля с эскалаторными спусками и лифтом, платформенного участка, совмещенной тягово-понижительной подстанции (СТП), венткамеры тоннельной вентиляции с вентканалом и венткиоском, входных групп.

В ходе работы над проектом были разработаны модели с выпуском рабочей документации по следующим разделам: архитектурные и объемно-планировочные решения, конструктивная модель, отопление, вентиляция, кондиционирование, водоснабжение и канализация, электрический раздел, организация строительства (крепление котлована), расстановка технологического оборудования.

В течение года работы над проектом станционного комплекса с применением BIM-технологии регулярно проводились координационные совещания, на которых отслеживалась «степень зрелости» модели, потребность в информационных компонентах (семействах) и степень их готовности, процент готовности рабочей документации, разрабатываемой на основе информационной модели. Работа велась по обычному технологическому графику взаимодействия для проектирования станции метрополитена.

Особенностью проекта стало построение модели станционного комплекса с учетом уклона конструкций, что является нормативом при проектировании метрополитенов, и вызвало осложнения в использовании базовых инструментов Revit.

На основании информационной модели сформировано 465 чертежей в пересчете на формат A1. Разработано 303 семейства разного уровня сложности и степени детализации.

Создание информационных моделей объектов метрополитена несет в себе помимо физических размеров будущего сооружения также информационную модель систем инженерного обеспечения, в кото-

рую заложено множество атрибутов, отражающих физические характеристики (массу, теплопроводность и пр.), информацию о производителе, поставщике, стоимости, сроках поставки и пр. Это поможет оптимизировать процесс строительства, получить очень точные расчеты стоимости объекта, снизить конечные издержки при проектировании, строительстве и эксплуатации.

Применяя принципы BIM в проектировании объектов Минского метрополитена, на проектировщиков ложится бóльшая, чем раньше, нагрузка. Уровень проработки и качество проектов оказываются на порядок выше, что должно дать экономию на стройплощадке.

Информационная модель объектов метрополитена, переданная заказчику, сможет служить основой для использования фактической информации об объектах и их частях, что, в свою очередь, должно привести к эффективной эксплуатации, повышению безопасности для конечных пользователей.

Заместитель генерального директора по науке, к. т. н., доцент ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации» **В. Е. Русанов** сделал доклад по теме «Основные принципы проектирования фибробетонных обделок на основе стандарта СТО НОСТРОЙ 2.27.125-2013».

В докладе приведен обзор отечественного и зарубежного опыта применения фибробетонов в обделках транспортных тоннелей, а также нормативной базы проектирования и испытания фибробетонных конструкций. Рассмотрены основные проектные положения СТО НОСТРОЙ 2.27.125-2013 в сравнении с другими отечественными стандартами на проектирование конструкций из фибробетона. Описаны принципы моделирования фибробетонных конструкций, алгоритм выполнения расчетов по прочности и трещиностойкости. Приведен сравнительный анализ расчета по СТО и по другим стандартам с наглядным отображением разницы в результатах расчета. Проведен сравнительный анализ существующих решений железобетонных конструкций и альтернативных фибробетонных конструкций. При этом указаны примеры конструктивных решений армирования обделок тоннелей из отечественного и зарубежного опыта для разных видов конструкций (горный способ, щитовой способ, сборные и монолитные обделки, набрызг-бетонные крепи). Выполнено сравнение по материалоемкости, предполагаемые трудозатраты на изготовление конструкций по упрощенной оценке.

С сообщением на тему «Использование метода «стена в грунте» при строительстве Минского метрополитена» выступил ведущий инженер отдела ПОМ ОАО «Минскметропроект» **А. Д. Долбунов**.

Метод «стена в грунте» широко использовался при строительстве Минского метропо-

литена. Причем минские метростроители были «пионерами» внедрения этого метода в метростроении.

Первое опытное строительство с применением метода «стена в грунте» в городе Минске осуществлено в 1979 г. при возведении торцевой стенки ограждения котлована станции «Московская». Затем с использованием этого метода был настроен платформенный участок станции «Площадь Ленина» (1981 г.). При этом «стена в грунте» была двойного назначения: на период строительства – это ограждение котлована; на период эксплуатации – несущая стена постоянной обделки станции. Следующий шаг – строительство станции «Восток». Этим методом была построена вся станция и оборотный тупик за ней. В дальнейшем при прокладке второй линии такой метод использовался при строительстве 8 станций из 14. При этом конструкции стен, возводимых методом «стена в грунте», и технология их возведения постоянно совершенствовались:

- монолитные траншейные стены с неизвлекаемыми ограничителями секций в виде металлических диафрагм;
- монолитные траншейные стены с извлекаемым трубчатым ограничителем секций;
- монолитные траншейные стены с направляющими сборными железобетонными разделительными элементами, закрепленными в буровых лидерных скважинах;
- монолитные траншейные стены со сборными железобетонными разделительными элементами.

Усовершенствования были направлены на снижение металлоемкости «стена в грунте». В итоге при строительстве станции «Пушкинская» расход металла на 1 м² стены толщиной 0,6 м составил 90 кг.

В конце 90-х гг. метод «стена в грунте» был утерян для минского метростроения.

Строительство 1-го участка третьей линии Минского метрополитена ведется с использованием метода «стена в грунте». Он применяется при строительстве станций «Жуковского» и «Юбилейная».

Для этого УП «Минскметрострой» приобрел комплекс оборудования: на гусеничном канатном кран-экскаваторе Liebherr HS 8100 HD грузоподъемностью 100 т смонтирован грейферный ковш фирмы «Шайн»; набор штайн-разделительных элементов; штайн-гидравлический кондуктор для их извлечения; установки для приготовления и регенерации глинистого раствора.

На ст. «Юбилейная» толщина «стена в грунте» – 800 мм, глубина траншеи – переменная от 30 до 36 м.

С сообщением «Методика определения графоаналитическим способом просадок грунта при щитовой проходке тоннелей» выступил начальник группы отдела ПОМ ОАО «Минскметропроект» **Е. М. Науменко**.

Рассмотрены риски, из-за которых могут образовываться возможные просадки

грунта при проходке тоннелей тоннелепроходческим механизированным комплексом (ТПМК).

Приведена методика определения возможных просадок грунта на примере характеристик ТПМК фирмы «BESSAC», осуществляющего проходку перегонных тоннелей 1-го участка третьей линии Минского метрополитена. Фактические просадки поверхности грунта, полученные при проходке правого тоннеля от ст. «Вокзальная» до ст. «Юбилейная», фактически совпали с расчетными по данной методике.

Имея расчетные величины просадок грунта, можно делать выводы о необходимости разработки мероприятий по сохранению зданий и сооружений, расположенных по трассе тоннелей метрополитена.

С сообщением на тему «Мероприятия по защите действующего метрополитена при строительстве объекта «Транспортная развязка на пересечении пр. Независимости с ул. Филимонова» выступил начальник группы отдела ПТ ОАО «Минскметропроект» **А. Л. Василевский**.

В г. Минске на пересечении проспекта Независимости с улицей Филимонова была запроектирована транспортная развязка в двух уровнях. Схема транспортной развязки комбинированная – «ромб» с элементами клеверного листа. Проспект Независимости проходит в верхнем уровне с устройством двухпроектного путепровода, ул. Филимонова – в нижнем уровне. При этом путепровод располагается над эксплуатируемыми тоннелями и вентсбойкой метрополитена. Для строительства путепровода требуется срезка грунта на участке около 50 м на глубину до 7–8 м и подсыпка на высоту до 2 м участка длиной около 250 м. Общий участок изменения вертикальной планировки вдоль пр. Независимости составляет 300 м.

В результате среза грунта и разгрузки нижележащего грунтового массива, в соответствии с выполненными расчетами, на участке сооружения транспортной развязки возникают деформации с последующим поднятием тоннелей метрополитена, деформацией обделки и изменением уровня головки рельс.

В результате засыпки грунта (до 2 м) также возникают дополнительные деформации в обделке тоннелей и вентсбойке.

Для оценки влияния на грунтовый массив и обделку существующих тоннелей были выполнены расчеты с использованием программного комплекса Midas GTS MX.

Для обеспечения безопасной эксплуатации метрополитена разработан комплекс мероприятий по защите тоннелей.

В течение всего периода строительства (выполнения мероприятий по защите тоннелей метрополитена и сооружения конструкций путепровода) за тоннелями метрополитена выполнялся мониторинг согласно программе, разработанной Бело-

русским национальным техническим университетом – велось постоянное наблюдение за напряженно-деформационным состоянием несущих конструкций тоннелей метрополитена. Анализ напряженно-деформационного состояния обделки тоннеля осуществлялся в режиме реального времени с учетом выполняемых строительных работ. За весь период наблюдений деформации не превысили расчетных показателей.

С сообщением на тему: «О строительстве станционного комплекса В05 Фиолетовой (четвертой) линии Бакинского метрополитена полужакрытым способом под защитой экрана из труб, выполненных методом микротоннелирования» выступил инженер отдела ПОМ ОАО «Минскметропроект» **Р. Л. Гучёк**.

Сделав обзор зарубежного опыта о строительстве объектов полужакрытым способом, докладчик рассказал об особенностях проектного предложения, разработанного специалистами ОАО «Минскметропроект» для строительства станции В05 (условное название) четвертой линии Бакинского метрополитена, расположенной в центре города со сложившейся застройкой. Станция строится под защитой предварительно сооруженного экрана из труб, заполненных монолитным железобетоном. Трубы прокладываются методом микротоннелирования.

Подобный способ позволяет:

- сохранить существующие наземные и подземные сооружения;
- выполнить работы по строительству станционного комплекса без значительного нарушения функционирования городского хозяйства.

С сообщением «Создание гостеприимного пространства городской среды» выступил генеральный директор компании «Баутрейд» **Н. И. Сенюк**.

В докладе приведены характеристики металлокерамических панелей «Хардволл», области их применения, преимущества и достоинства по сравнению с другими отделочными материалами.

Представлены конкретные объекты, где для создания архитектурного облика применены панели «Хардволл».

Представитель ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс» **Р. И. Ларионов**, заведующий лабораторией, сделал сообщение на тему «О тоннеле на о. Сахалин».

В 2000 г. по заказу «РЖД» РФ был разработан проект на строительство железной дороги Селихин – Ныш с пересечением Татарского пролива по трем вариантам трассы. В составе проекта были разработаны проектные соображения по вариантам мостового и тоннельного перехода. Тоннельные варианты разрабатывало ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс». Были рассмотрены следующие варианты:

- вариант I. Тоннель Дн = 9,5 м и сервис, тоннель Дн = 5,5 м с щитовой проходкой;

- вариант II. Тоннель Дн = 11,5 м с щитовой проходкой;

- вариант III. Тоннель из опускаемых секций;
- вариант IV. Тоннельно-мостовой переход;
- вариант V. Комбинированный тоннель с обделками из опускаемых секций на береговых участках и кругового очертания в русской части.

В 2007 г. ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс» на стадии инвестиций в строительстве выполнило два варианта сооружения тоннеля:

- опускаемые секции;
- ТПМК с пригрузом забоя.

Сооружение тоннеля опускаемыми секциями в зависимости от створа стоит от 231527,73 до 289575,41 млн руб. Срок строительства 5–6,5 лет. Сооружение тоннеля с помощью ТПМК стоит от 171809,24 до 184763,26 млн руб. в зависимости от створа пересечения пролива. Срок строительства 9 лет 6 мес.

Наиболее эффективным вариантом был признан вариант тоннеля большого поперечного сечения с щитовой проходкой Дн = 11,5 м.

Сооружение тоннеля предусматривается с использованием специальных тоннельно-проходческих механизированных комплексов (ТПМК) с активным пригрузом забоя.

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

Преимущества тоннельного варианта транспортного перехода:

- значительная независимость эксплуатации от природно-климатических условий по сравнению с мостом;
- тоннели значительно безопаснее в эксплуатации;
- тоннельный вариант менее подвержен терроризму;
- стоимость эксплуатации транспортного перехода (как показывает опыт эксплуатации объектов-аналогов в г. Хабаровске) по тоннельному варианту ниже, подземные сооружения менее подвержены нарушениям при землетрясениях, чем наземные, в частности – мосты.

Поэтому в суровых природно-климатических и сложных инженерно-геологических условиях при высокой сейсмической опасности следует отдать предпочтение тоннельному варианту, как наиболее надежному при эксплуатации.

Заместитель главного инженера – главный технолог ОАО «Метрострой СПб» **А. Н. Ревва** сделал сообщение на тему «Опыт применения стволотоннельного комбайна российского производства при строительстве Санкт-Петербургского метрополитена» (см. с. 9–11).

Специалистами ОАО «Метрострой СПб» совместно со специалистами ООО «СОЭЗ» (г. Тула) разработан комбайн стволотоннельный СПК-6,0. Комбайн выполняет следующие технологические операции:

- механизированная разработка грунта вертикального шахтного ствола с опирани-

ем комбайна при помощи домкратов на подшвы забоя;

- погрузка разработанного грунта подвешенным на силовом секторе комбайна экскаватором-погрузчиком в породную бадью;
- сборка тубингового кольца на монтажном кольце комбайна с последующим его подъемом и креплением к колонне ствола.

Работа комбайна осуществляется по циклической схеме.

Диаметр возводимого ствола – 5,5 м.

На сегодняшний день ведутся проходческие работы комбайном СПК-6,0 на строительной площадке шахты № 571 Лахтинско-Правобережной линии Петербургского метрополитена.

Представитель фирмы ООО «БАСФ Строительные системы», Москва, **Д. В. Лыков** выступил с сообщением на тему «Нештатные ситуации в метростроении и способы их преодоления».

В подземном строительстве возможно возникновение нештатных ситуаций:

- неконтролируемые водопритoki;
 - внезапные водопритoki;
 - обрушение элементов горных выработок.
- Возможные технические решения по ликвидации или предотвращению этих ситуаций:
- инъектирование: пре-инъекции и пост-инъекции;
 - набрызг-технологии: набрызг-бетон, торкретирование, мембраны.

В сообщении дана информация о материалах, которые могут быть использованы для этих целей, условия и способы их применения.

С сообщением «Двухсводчатая станция метрополитена – передовые технологии, конструкторская мысль, экономическое обоснование» выступил **Н. О. Давтян**.

В сообщении отмечены возможные варианты применения двухсводчатых станций. Приведено технико-экономическое сравнение предложенных конструкций с существующими станциями глубокого заложения: трехсводчатой станцией колонного типа, пилонового типа и односводчатой. Также доложены способы возведения двухсводчатой станции.

Специалисты турецких компаний «Голдай Каучук» и ООО «Сечиль Каучук» презентовали материалы для гидроизоляции подземных сооружений – метрополитенов и тоннелей.

Затем последовало обсуждение заслушанных докладов и сообщений, ответы на вопросы и обмен мнениями.

Подводя итоги заседания, участники форума единодушно отметили, что несовершенство законодательной базы, регулирующей порядок подготовки и согласования проектной документации, не позволяет осуществлять комплексное проектирование подземных объектов и в приемлемые сроки получать согласование проектов метростроения.

В завершение официальной части состоялось награждение победителей конкурса ТАР



Победители конкурса ТАР «На лучшее применение передовых технологий при строительстве тоннелей и подземных сооружений»

«На лучшее применение передовых технологий при строительстве тоннелей и подземных сооружений».

В номинации «Безопасность при строительстве и эксплуатации подземных сооружений» награждены:

- АО «Мосинжпроект», Москва, за научно-техническое сопровождение строительства объектов Кожуховской линии Московского метрополитена,

- ООО «Институт Мосинжпроект» за проектирование участка трассы автомобильной дороги в виде совмещенного тоннеля от Калужского шоссе к д. Столбово и обратно,

- ОАО «Метрострой», Санкт-Петербург, за механизированную проходку стволов комбайном стволопроходческим СПК-6,0 (Россия),

- ОАО «Минскметропроект», г. Минск, за сооружение тоннелей Кожуховской линии под тоннелями Таганско-Краснопресненской линии Московского метрополитена. Мероприятия по безопасной проходке.

В номинации «Технологии при проходке тоннелей и строительстве подземных сооружений закрытым способом» награждено ОАО НИПИИ «Ленметрогипротранс», Санкт-Петербург, за разработку проекта строительства железнодорожной линии Селихин – Ныш между материком и островом Сахалин с тоннельным переходом пролива Невельского (стадия «Обоснование инвестиций»).

В номинации «Гидроизоляционные материалы и устройство для отвода воды»

награждено АО «Мосметрострой» за модернизацию Владивостокского тоннеля Дальневосточной железной дороги, подавление активных водопритоков и устройство напыляемой гидроизоляции на основе полимеров.

28 сентября 2018 г. для участников форума специалистами УП «Минскметрострой» была организована техническая экскурсия на строящиеся ст. метро «Жуковского» (г. Минск, ул. Воронянского, 50), ст. «Юбилейная» (г. Минск, ул. Сухая). Станция «Жуковского» в настоящее время имеет высокую степень готовности (приблизительно 90 %). Это станция с оборотными тупиками, одним вестибюлем, с платформенным участком в однопролетном сводчатом исполнении. Станция сооружена в котловане с ограждающими конструкциями в комбинированном исполнении: методом «стена в грунте» и в классическом исполнении с применением 60-го двутавра и деревянной затяжки. Глубина залегания относительно невысокая – порядка 15–16 м. На станции минские метростроители продемонстрировали качественно выполненное верхнее строение пути в безшпальном варианте изготовления с применением виброзащитных блоков. Эти изделия успешно разработаны, испытаны и сертифицированы заводом ЖБИ УП «Минскметрострой».

Станция «Юбилейная» находится в стадии возведения конструкций. Это будет самая глубокая станция Минского метрополитена. Глубина залегания достигает 27 м.

Она является пересадочной со второй линии на третью и с третьей на вторую. При строительстве одного из пересадочных ходов участок закрытого способа работ горным способом прошел под существующим 9-этажным зданием. При этом деформации конструкций здания были минимальны и оказались ниже расчетных. Станция сооружается в стесненных городских условиях в открытом котловане с ограждением бортов, выполненных методом «стена в грунте». Для крепления бортов применено несколько ярусов прядевых анкеров, которые были впервые применены в Минске. Благодаря их использованию удалось развить усилие натяжения анкеров в 300 т. Также впервые в Минском метрополитене применен новый тип изоляции конструкций – ПВХ мембрана. Она имеет большое преимущество в ремонтопригодности в процессе эксплуатации подземных сооружений.

Прошедший форум еще раз продемонстрировал профессионализм и широкие возможности специалистов в области метростроения и комплексного освоения подземного пространства. Очевидно, что благодаря усилиям профессионального сообщества идея комплексного освоения подземного пространства как основы формирования комфортной и безопасной городской среды постепенно будет реализована. Тоннелщики России и Беларуси готовы к работе и надеются на поддержку со стороны государства, без которой невозможна реализация крупных инфраструктурных проектов.



ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В СФЕРЕ ГОРНОСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ. ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СТВОЛОПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

IMPORT SUBSTITUTION IN THE FIELD OF MINING CONSTRUCTION. THE EXPERIENCE OF USING A RUSSIAN-MADE BARREL BORE COMBINE FOR THE CONSTRUCTION OF THE ST. PETERSBURG METRO

А. Н. Ревва, заместитель главного инженера – главный технолог ОАО «Метрострой»

A. N. Revva, Deputy Chief Engineer – Chief Technologist

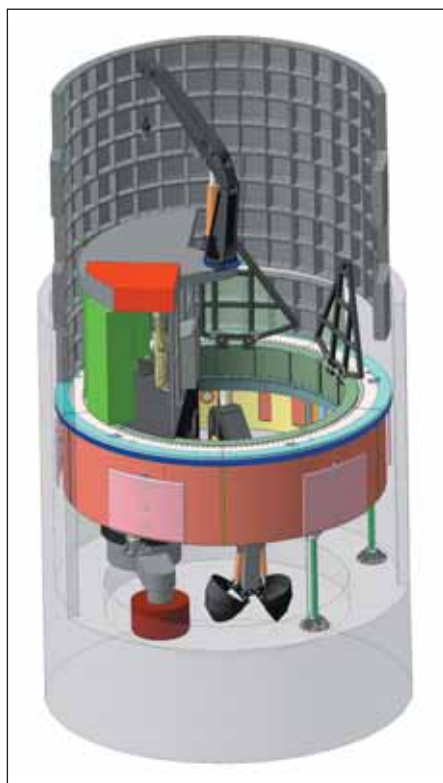
При строительстве Санкт-Петербургского метрополитена применен стволопроходческий комбайн российского производства.

Несмотря на проблемы, с которыми пришлось столкнуться, метростроевцы выделяют значительные преимущества от применения новой техники.

A Russian-made shaft sinking combine was used during the construction of the St. Petersburg metro. The first experience of using this machine has already shown its advantages.

История строительства стволов в мировой практике достаточно разнообразна. В отечественном метростроении за эволюцией проходки стволов мы можем наблюдать на примере старейшего в стране Московского метрополитена, где изначально применялся метод опускного колодца, а в сложных геологических условиях предпочтение отдавалось кессону. Затем было освоено предварительное замораживание грунтов и погружение крепи с помощью домкратной станции. Прорывным в этой цепочке в 1969 г. становится метод погружения крепи в тиксотропной «рубашке», позволяющий вести проходку ствола в сложных гидрогеологических условиях без применения предварительного замораживания грунтов. Данный способ позволил не только сократить затраты на строительство в 2 раза по сравнению с предварительным замораживанием грунтов, но и осуществить мечту горных инженеров, реализовав технологию, исключаящую ручной труд в забое при разработке грунта. Грунт при этом разрабатывается с помощью грейфера, а монтаж обделки производится на поверхности с последующим задавливанием ее в грунт при помощи домкратов.

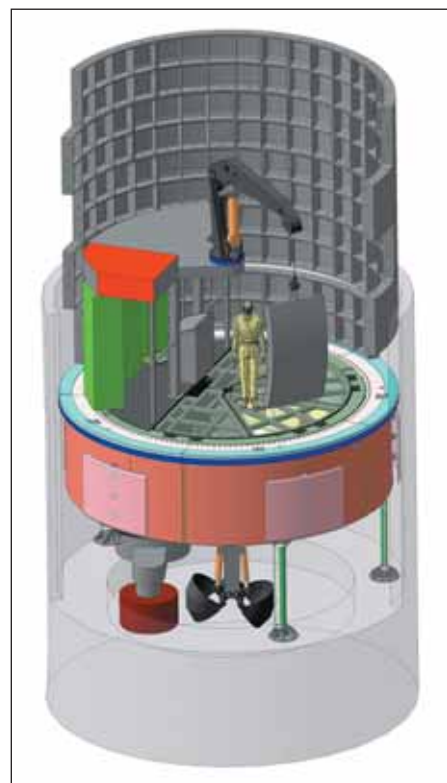
Концепции разработанных технологий на тот момент не решали проблему строительства шахтных стволов в неустойчивых породах с большим водопритоком. Реализация данной технологии в условиях Санкт-Петербурга была признана целесообразной по причине большого количества валунов и близкого расположения грунтовых вод от-



Разработка грунта

носительно поверхности земли. По этой причине в Северной столице обрела свою популярность технология с предварительным замораживанием грунтов.

Современные мировые тенденции строительства подземных сооружений направ-



Монтаж обделки ствола

лены в сторону высоких технологий, минимизации материальных затрат, увеличения скорости проходки, автоматизации и безопасности проходческих работ, сведение ручного труда в проходческом цикле к минимуму.



Режущий орган



Экскаватор-погрузчик

В начале 2000-х годов технология проходки ствола в тиксотропной «рубашке» была усовершенствована немецкими инженерами, и создана стволопроходческая машина VSM. Разработка грунта в этом случае осуществляется с помощью телескопической стрелы с шарошечным режущим органом, а разработанная порода выдвигается на поверхность к сепарационным установкам по трубам в виде пульпы. В остальном все элементы давно зарекомендовавшей себя технологии повторялись.

Производство проходческого оборудования во времена перестройки в СССР пришло в упадок. Сегодня же данная сфера начинает набирать обороты и обретать новую силу.

Так, при совместной работе ОАО «Метрострой» и ООО «Скуратовский опытно-экспериментальный завод» (ООО «СОЭЗ») был создан комплекс тоннелепроходческий механизированный КТПМ-5,6 для сооружения перегонных тоннелей метрополитена.

Следующим шагом совместной работы этих двух организаций стало создание ство-

лопроходческого комплекса, который заменит ручной труд механизацией процессов строительства стволов, повысит производительность и обеспечит безопасность ведения горнопроходческих работ.

Стволопроходческий комбайн СПК-6,0 предназначен для выполнения следующих технологических операций:

- разработка грунтового массива вертикального шахтного ствола механизированным способом;
- погрузка разработанного грунта подвешенным на силовом секторе комбайна экскаватором-погрузчиком в породную бадью;
- сборка тубингового кольца на монтажном кольце комбайна с последующим его подъемом и креплением к колонне ствола.

Работа комбайна осуществляется по циклической схеме после придания неустойчивым грунтам прочности и предотвращения притока в выработку воды методом замораживания.

Во время разработки массива забоя комбайн опирается башмаками домкратов на за-

бой ствола, а также дополнительно распирается при помощи гидроцилиндров в его стенки.

Исполнительным органом осуществляется разработка породы на заданную глубину по всей площади сечения ствола. При метровом чугунном кольце это два слоя обработки забоя по полметра.

При отбойке породы с центральной части забоя, комбайн полностью опирается на забой с использованием всех предусмотренных конструкцией опорных гидроцилиндров. При отбойке породы с периферийной области забоя для исключения контакта фрезы исполнительного органа с опорными гидроцилиндрами предусмотрен поочередный подъем и опускание по одной опоре для пропуска под ней фрезы. После выхода фрезы из зоны возможного контакта сначала производится опускание ранее поднятой опоры, а потом поднятие следующей опоры.

Погрузка разработанного грунта осуществляется подвешенным на силовом секторе комплекса экскаватором-погрузчиком в породную бадью, опускаемую с поверхности.

Далее производится опускание комбайна на величину отработанного пространства, монтаж нового кольца тубингов с подачей и стыковкой его к колонне ствола.

После монтажа очередного кольца ведутся работы по первичному нагнетанию затюбингового пространства.

После этого цикл проходки повторяется. Технические характеристики СПК-6,0:

- диаметр возводимого ствола – 5,5 м;
- способ разработки грунта – механизированный, барабанной фрезой с резцовым инструментом;
- глубина захватки – 0,5 м;
- способ погрузки – периодический, с использованием подвешенного экскаватора-погрузчика;
- объем ковша экскаватора-погрузчика – 0,3 м³;
- масса комбайна – 60 т;
- скорость проходки – 2 м/сут.

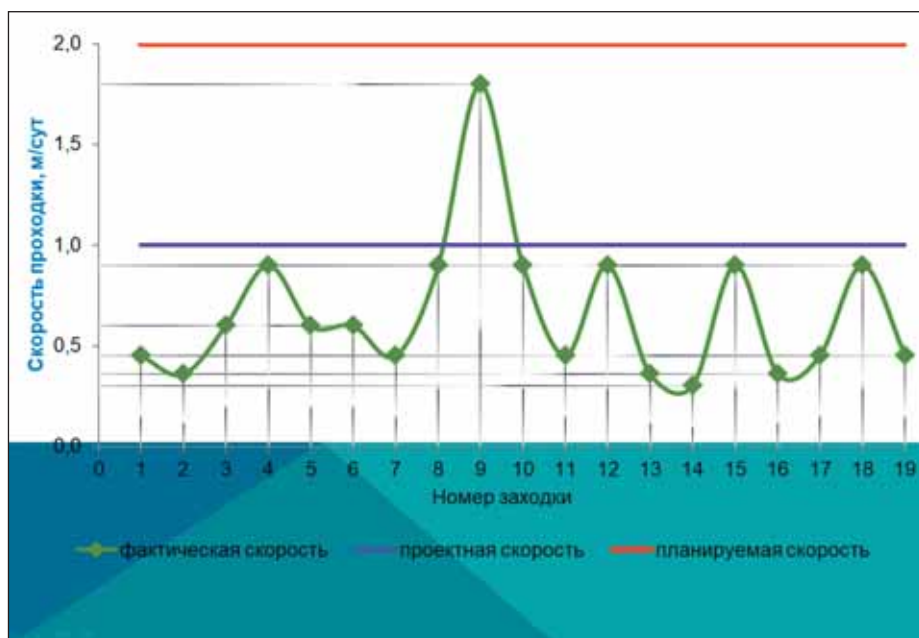
На сегодняшний день ведутся первые проходческие работы комплексом СПК-6,0 на

Строительная площадка шахты № 571

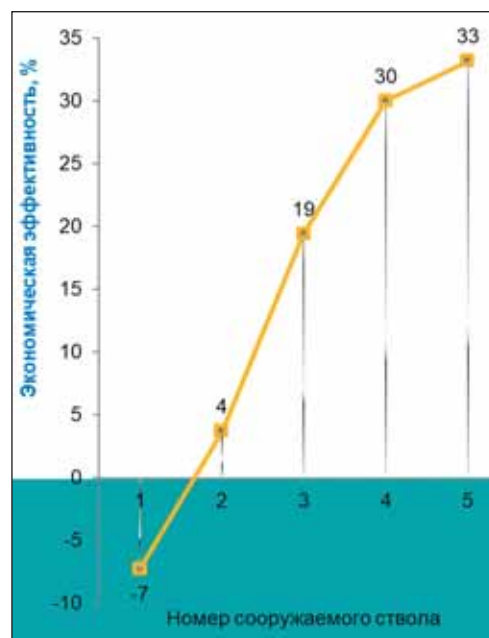




Извлеченные валуны



Скорость проходки



Экономическая эффективность применения СПК-6,0

строительной площадке шахты № 571 Лахтинско-Правобережной линии Петербургского метрополитена.

Ствол сооружается в сложных геологических условиях – на юго-западном борту Васильевского «размыва» – до глубины 39 м это слабосвязные глинистые и рыхлые обводненные совершенно неустойчивые четвертичные отложения с галькой и валунами.

Уровень грунтовых вод зафиксирован на глубине 1,2 м от дневной поверхности. Водомещающими грунтами являются насыпные грунты, пески пылеватые и прослой песка в слоистых суглинках и супесях.

Подземные воды залегают на глубине 35–37 м. Водомещающими являются гравийно-галечные грунты. Воды напорные: гидростатическое давление 0,34 МПа.

Учитывая эти условия, до начала проходки было выполнено рассольное замораживание грунтов на глубину 42 м.

Проходческие работы ведутся в штатном режиме с небольшими отклонениями по скорости проходки, что обусловлено про-

цессом освоения и отработки новой техники, обучение персонала, также сказываются и геологические условия – ежедневно приходится извлекать валуны.

К примеру, на начальном этапе проходки мы столкнулись с перегревом планетарного редуктора привода режущего органа. После обследования механизмов, специалисты пришли к выводу, что комплексу требуется дополнительная система смазки и охлаждения привода фрезы. Комплекс был оперативно доработан и продолжил свою работу.

Проектом производства работ для сооружения первого ствола прогнозировалась скорость в 1 м/сут, на которую метростроевцы планируют выйти после монтажа горного комплекса.

В дальнейшем, после освоения техники, технические характеристики СПК-6,0 позволяют выйти на планируемую скорость сооружения стволов в 2 м/сут, которая почти была достигнута на девятой заходке.

Расчет экономической эффективности применения СПК-6,0 показал преиму-

щество над стандартным ручным способом проходки подобных стволов уже при строительстве второго ствола, а при строительстве третьего – экономия составит 20 %.

Новый комплекс СПК-6,0 успешно начал свою работу в условиях строительства Петербургского метрополитена. И метростроевцы уверены, что освоение этого агрегата значительно облегчит их труд, ускорит процесс сооружения стволов, а также даст толчок развитию производства российского горнопроходческого оборудования.

Ключевые слова

Импортзамещение, шахтный ствол, механизация работ.

Import substitution, mine shaft, mechanization operations.

Для связи с автором

Ревва Алексей Николаевич
a.revva@metrostroy-spb.ru



МОНТАЖНОЕ КОЛЬЦО ДЛЯ СТЫКОВОЙ СВАРКИ ТОНКОСТЕННЫХ ТРУБ БОЛЬШИХ РАЗМЕРОВ

MOUTING RING FOR BUTT WELDING OF LARGE-SIZED THIN-WALLED PIPES

Б. А. Хихлуха, главный специалист, АО «Метрогипротранс»
Н. А. Маханькова, ведущий инженер, АО «Метрогипротранс»

B. A. Hihluha, Metrogiprotans
N. A. Makhankova, Metrogiprotans

Рассматривается монтажное кольцо для соединения труб большого диаметра, обеспечивающее качественную сварку на строительной площадке.

For connection of tubes of high diameter on building site erection ring supplying qualitative welding is developed.

При строительстве подземных частей зданий, сооружений, линий метрополитена мелкого заложения для крепления стен котлованов в качестве распорных элементов используются трубчатые тонкостенные стальные расстрелы.

Для изготовления расстрелов требуемых размеров трубы режут, торцуют и сваривают, в том числе и стыковой сваркой.

Для сварки труб разработан ГОСТ 16037-80 [1].

В указанном ГОСТ 16037-80 разработаны различные типы стыковых сварных швов.

Однако соединение элементов конструкции такими сварными швами может быть произведено только после проведения определенной технологической подготовки и в заводских условиях.

Поэтому при больших размерах свариваемых труб (большом диаметре трубы и большой длине трубы) их соединение, да еще и в условиях строительной площадки, такими сварными швами очень затруднено.

Кроме того, соединение может быть недостаточно качественным, возможны перекосы.

В существующей строительной практике стыки труб больших размеров осуществляют с использованием накладок. Для этого три или четыре накладки (в сечении имеют форму сектора) вырезают из отрезков трубы такого же размера. Накладки укладывают по концам соединяемых труб и сваривают продольными (вдоль оси труб) сварными швами, которые работают на срез, что не очень эффективно, так как допускаемое напряжение сварных швов, работающих на срез $[\tau_{ср}]$, меньше, чем допускаемое напряжение сварных швов, работающих на сжатие или растяжение $[\sigma_{сж}]$, и составляет $[\tau_{ср}] = 0,6 [\sigma_{сж}]$, [2].

Сотрудниками АО «Метрогипротранс» предложено техническое решение [3], позволяющее обеспечить повышение прочности и точности стыковой сварки труб больших размеров (большого диаметра и большой длины) с возможностью проведения сварочных работ в условиях строительной площадки.

Технический результат достигается тем, что для проведения сварочных работ по стыкованию труб больших размеров на строительной площадке используют стальное монтажное кольцо, которое предварительно до начала сварочных работ устанавливают между торцами соединяемых труб.

При проведении сварных работ для стандартного сварного шва по ГОСТ 16037-80 необходима канавка сечением для сварного шва С10 между торцами свариваемых труб, при этом торец одной трубы выполнен под углом 90 градусов к оси трубы, а торец другой трубы выполнен под углом 45 градусов.

В условиях строительной площадки изготовление на большеразмерных трубах качественного торца под углом 90 градусов затруднительно, а изготовление торца с фаской 45 градусов – тем более.

Поэтому в разработанном АО «Метрогипротранс» техническом решении торцевые фаски под углом 45 градусов выполнены на монтажном кольце, изготавливаемом в за-

Рис. 1

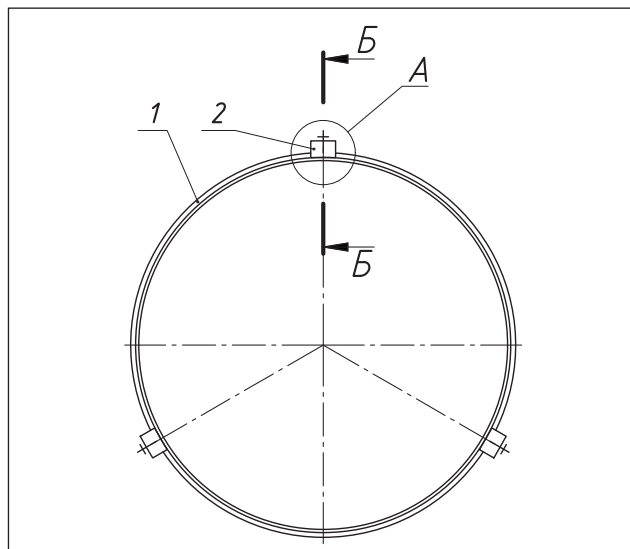


Рис. 2

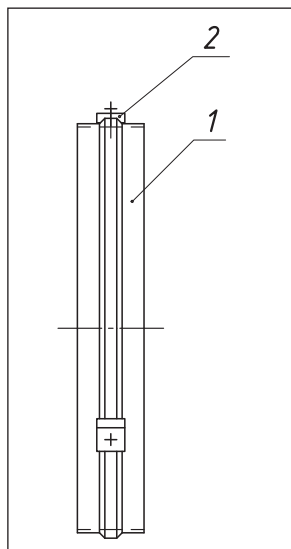
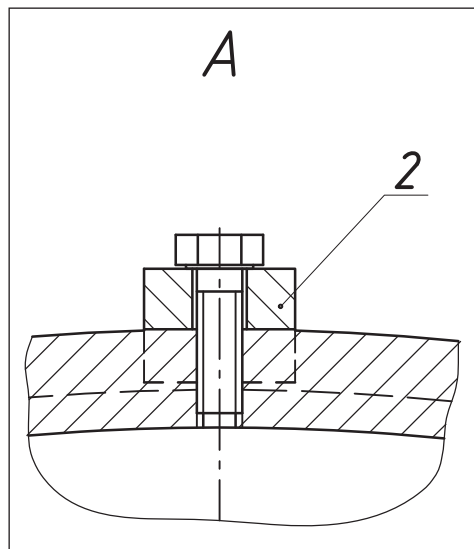


Рис. 3



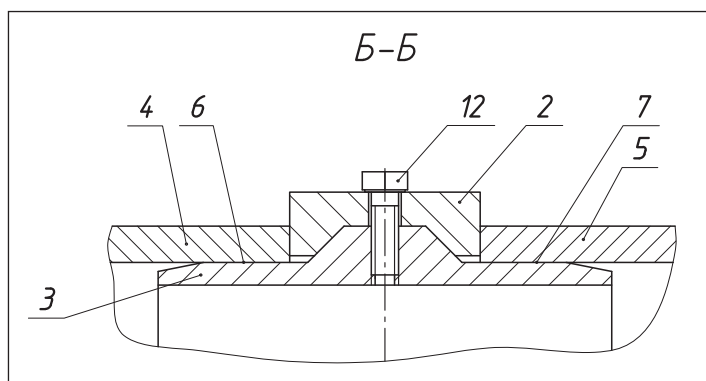


Рис. 4

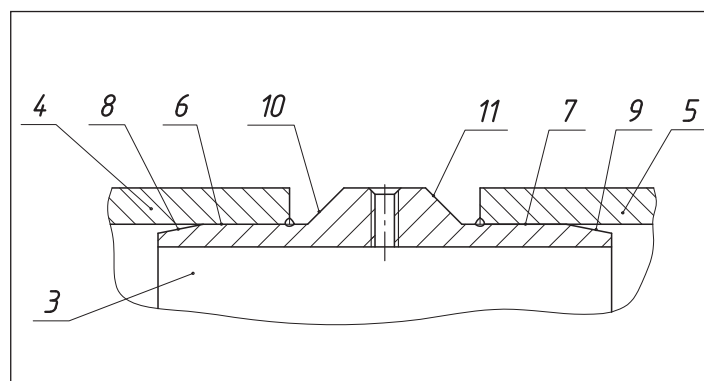


Рис. 5

водских условиях, где есть соответствующее оборудование, доставляемое в готовом виде на строительную площадку.

Использование предлагаемой конструкции монтажного кольца сокращает время подготовки для сварки на стройплощадке и значительно повышает качество сварного стыка соединяемых труб.

Предлагаемое техническое решение поясняется чертежами, где на рис. 1 показан соединительный узел в сборе с трубами, на рис. 2 – вид сбоку соединительного узла в сборе, на рис. 3 – узел А, на рис. 4 – разрез Б-Б, на рис. 5 – промежуточное состояние сборки, на рис. 6 – полная сборка со сварными швами.

Таким образом, в условиях строительной площадки при стыковой сварке труб большого размера используют предлагаемое кольцо монтажное 1 и упор 2.

Кольцо монтажное 1 выполнено в виде горизонтально ориентированного укороченного цилиндра 3. Наружный диаметр цилиндра 3 равен наружному диаметру соединяемых труб 4 и 5. На корпусе цилиндра 3 со стороны каждой из торцевых сторон выполнены проточки 6 и 7 диаметром, равным внутреннему диаметру свариваемых труб 4 и 5.

Также с обеих торцевых сторон на корпусе цилиндра 3 на уровне каждой из проточек 6 и 7 выполнены пологие фаски 8 и 9, а ближе к центру корпуса цилиндра 3 с обеих сторон каждой из проточек 6 и 7 выполнены фаски 10 и 11 под углом 45 градусов. Упор 2 при сборке устанавливают в средней части корпуса цилиндра 3 и соединяют с кольцом монтажным 1 болтовыми соединениями в трех точках по окружности кольца 12.

На рис. 5 показано, что между торцами соединяемых труб 4 и 5 и плоскостью фасок 10 и 11 на корпусе цилиндра 3 кольца монтажного 1 образуются выемки для сварных швов. На рис. 6 схематично показан выполненный сварной шов 13, который обеспечивает прочное соединение труб 4 и 5 в единую конструкцию большого размера.

Технология работ

Соединительный узел доставляется на строительную площадку в собранном виде, а именно, кольцо монтажное 1 соединено болтовым соединением 12 с упорами 2. Кольцо монтажное 1 производится на машиностроительном заводе, оборудование кото-

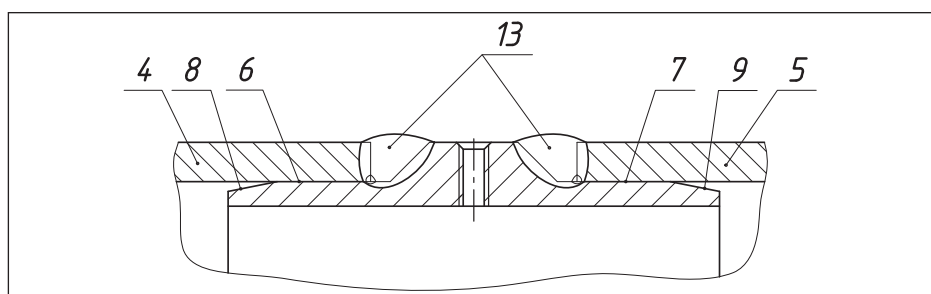


Рис. 6

рого позволяет изготовить монтажное кольцо в полном соответствии с его чертежом. При этом фаски 8 и 9, 10 и 11 и проточки 6 и 7 монтажного кольца 1 являются его элементами и в сборе с упорами 2 формируют сечение сварного стыка труб 4 и 5.

На строительной площадке при соединении труб проводят следующие действия.

С помощью подъемного оборудования одну из труб, например, 4 надевают на проточку 6 кольца монтажного 1 до упора в торец упора 2. Фиксируют кольцо монтажное 1 на трубе 4 точечной сваркой в двух-трех точках.

Поскольку на кольце монтажном 1 диаметр проточки 6 равен или немного меньше внутреннего диаметра трубы 4, то операция одевания трубы 4 на кольцо монтажное 1 происходит без особых усилий. Свободное, легкое одевание трубы 4 на проточку 6 кольца монтажного 1 также обеспечивает пологая фаска 8, выполненная на проточке 6 с торцевой стороны кольца монтажного 1.

Операция завершена. Одна труба надета на кольцо монтажное.

Процесс надевания другой трубы 5 на кольцо монтажное 1 происходит точно также с одной лишь разницей, что труба 5 устанавливается с другого торца кольца монтажного 1.

Затем упоры 2 снимают с кольца монтажного 1 (см. рис. 5).

После сборки стыкового узла (две трубы 4 и 5 и кольца монтажного 1 между ними) на поверхности стыковочного узла по всему периметру образованы две канавки (канавки образованы между торцами труб 4 и 5 и фасками 10 и 11 кольца монтажного 1), при этом поперечное сечение обеих канавок соответствует требованиям к сварному шву тип С10 ГОСТ 16037-80.

Стыковой узел готов к сварке (см. рис. 5).

На рис. 6 изображены сварные швы 13, сечения которых соответствуют всем требованиям ГОСТ 16037-80.

Использование предлагаемого кольца монтажного позволяет произвести:

- быстрый монтаж стыка на строительной площадке;
- обеспечивает соосность стыкуемых отрезков труб и прямолинейность трубы после сварки;
- обеспечивает повышение прочности сварки стыка труб больших размеров.

Таким образом, положительный экономический эффект от использования монтажного кольца заключается в возможности высококачественной сварки стыков двух отрезков труб (большого диаметра и длины) в условиях строительной площадки.

Ключевые слова

Котлован, крепление, расстрел, монтажное кольцо.

Foundation ditch, fastening, execution, Erection ring.

Список литературы

1. ГОСТ 16037-80 «Соединения сварные стальные трубопроводов. Основные типы, конструктивные элементы и размеры».
2. А. Н. Блинов, «Сварные конструкции», Москва, Стройиздат, 1990 г.
3. Патент на «Полезную модель» АО «Метротрейдинг». Кольцо монтажное. Заявка № 2018-112-255 от 03.04.2018 г.

Для связи с авторами

Хихлуха Борис Алексеевич
VostrikovaN@metrogiprotrans.com
Маханькова Наталья Анатольевна
VostrikovaN@metrogiprotrans.com



РАССТРЕЛ СБОРНО-РАЗБОРНЫЙ МНОГОКРАТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ВРЕМЕННЫХ СТЕН КОТЛОВАНОВ

COLLAPSIBLE REUSABLE EXECUTION FOR FIXING TEMPORARY WALLS OF FOUNDATION PITS

Б. А. Хихлуха, главный специалист, АО «Метрогипротранс»

И. А. Орлова, ведущий инженер, АО «Метрогипротранс»

B. A. Hihluha, Metrogiprottrans

I. A. Orlova, Metrogiprottrans

Приведено описание и порядок монтажа и демонтажа сборно-разборного металлического расстрела для крепления временных стен котлованов с усовершенствованной конструкцией опорного узла, обеспечивающей многократное использование расстрела.

Description and order of installation and dismantling of collapsible metal execution for fastening of temporary walls of foundation ditches with advanced design of reference is presented knot supplying repeated execution use.

Для крепления временных вертикальных стен котлованов устанавливаются горизонтальные расстрелы. В местах упора расстрелов на вертикальных стенах котлована устанавливаются продольные металлические опорные пояса из двутавровых балок для распределения распорного усилия от бокового давления грунта.

Расстрелы могут быть выполнены из дерева или металла и иных различных сочетаний материалов, круглого, коробчатого или иных сечений.

Монтажные зазоры между продольными поясами и концевыми участками расстрелов расклиниваются и обвариваются по всему контуру примыкания [1]. Часто расстрелы при больших пролетах состоят из соединенных между собой центральной и боковых секций и опорного узла для крепления расстрела к временной стене котлована на продольном опорном поясе. Крепление концевых участков расстрела к продольным поясам временного ограждения котлована сварным соединением предопределяет резку опорных узлов расстрела после окончания строительства и тем самым исключает последнее (повторное или даже многократное) использование расстрелов, что значительно увеличивает стоимость строительства.

В расстрелах, выполненных с выдвижными упорами, выдвижные упоры размещены внутри самого расстрела (трубы). При большой длине расстрела и большом диаметре трубы увеличивается длина упоров, общая масса расстрела и соответственно вертикальное усилие на выдвинутые упоры.

Расстрелы с выдвижными упорами применяются только при небольшой длине расстре-

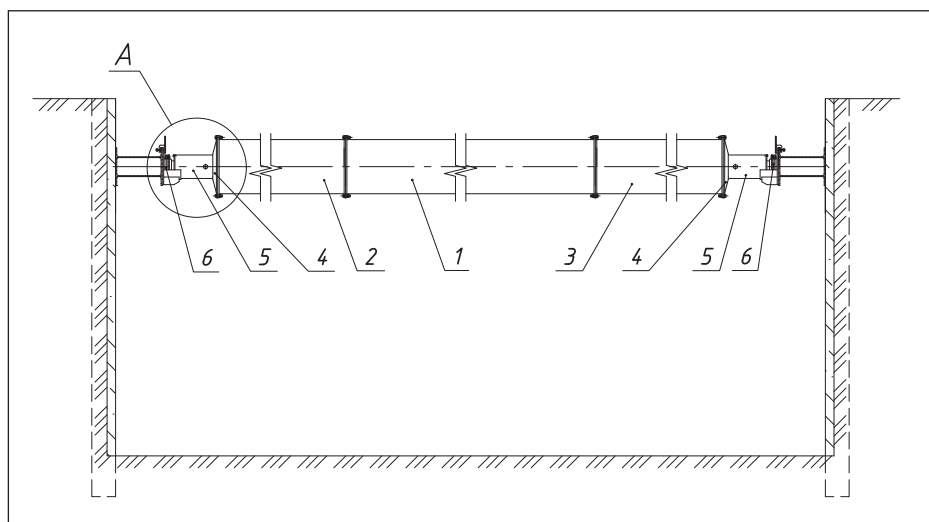


Рис. 1

ла (при небольшой ширине котлована) и небольшой осевой нагрузке. Поэтому такие расстрелы при строительстве сооружений метрополитена практически не применяются.

Сотрудниками АО «Метрогипротранс» предложена конструкция расстрела, позволяющая обеспечить многократное использование расстрела путем усовершенствования конструкции опорного узла для крепления расстрела на временных стенах котлована [2].

Это достигается тем, что в сборно-разборном многократного использования расстреле для крепления временных стен котлованов, включающем корпус, состоящий из соединенных между собой центральной и боковых секций, опорный узел по обоим концам расстрела выполнен в виде цилиндрического корпуса, во внутренней полости кото-

рого расположены подпружиненный упор и клиновой механизм, состоящий из двух опорных клинообразных шайб и размещенного между ними двухстороннего клина.

Подпружиненный упор установлен с возможностью возвратно-поступательного перемещения вдоль оси цилиндрического корпуса и одним концом, расположенным со стороны клинового механизма, опирается посредством шайбы на внутреннюю поверхность цилиндрического корпуса, а другой конец проходит через отверстие в крышке, закрепленной в торце с другой стороны цилиндрического корпуса.

Одна из клинообразных опорных шайб клинового механизма прямым торцом прижимается к фланцу боковой секции корпуса расстрела, а другая – к торцу подпружиненного упора распорного устройства.

Ответный (противоположный) опорный узел выполнен в виде опорного кронштейна, представляющего собой вертикальный стальной лист, с которым жестко соединена горизонтальная полка, имеющая вогнутую форму, с внутренним радиусом вогнутости равным наружному радиусу цилиндрического корпуса распорного устройства, и предназначенная для установки на ней цилиндрического корпуса.

При рабочем состоянии расстрела на опорном кронштейне размещены регулировочные прокладки и опорная плита с вогнутой сферической поверхностью, предназначенная для контакта с выпуклой сферической поверхностью, выполненной на торцевой части подвижного упора распорного устройства.

Предлагаемое изобретение поясняется чертежами, где на рис. 1 показан общий вид расстрела, на рис. 2 – узел А, опорный узел (распорное устройство и ответный опорный узел), исходное положение, на рис. 3 – узел А, опорный узел (распорное устройство и ответный опорный узел), в рабочем положении, на рис. 4 – разрез Б-Б, ответный опорный узел (кронштейн с опорной полкой для установки корпуса распорного устройства).

Предлагаемый расстрел включает основной корпус, состоящий из центральной секции 1 и боковых секций 2 и 3, соединенных между собой разъемными фланцами. На концах корпуса расстрела размещены опорные узлы для крепления расстрела к продольному опорному поясу, смонтированному на временной вертикальной стене котлована. Опорный узел расстрела представляет собой распорное устройство 5 и ответный опорный узел 6. Распорное устройство 5 опорного узла расстрела соединено фланцем 4 с каждой из боковых секций 2 и 3 корпуса. При этом ответный опорный узел 6, предназначенный для взаимодействия с распорным устройством расстрела, смонтирован на продольном опорном поясе временной стены котлована в местах установки расстрела.

Распорное устройство 5 состоит из цилиндрического корпуса 7, во внутренней полости которого размещены упор 8, подпружиненный пружиной 9, и клиновой механизм.

Подвижный упор 8 внутри корпуса 7 распорного устройства 5 установлен с возможностью возвратно-поступательного перемещения вдоль оси корпуса 7 и одним концом, расположенным со стороны клинового механизма, посредством шайбы 10 опирается на внутреннюю поверхность корпуса 7, а другой конец проходит через отверстие в крышке 11, закрепленной с другой стороны корпуса 7 в его торце, и таким образом тоже опирается на корпус 7.

Клиновой механизм выполнен в виде двух опорных клинообразных шайб 12 и 13 и размещенного между ними двухстороннего прямоугольного клина 14 и расположен внутри корпуса 7 со стороны, примыкающей к фланцу 4. При этом клинообразная опорная шайба 13 своим прямым торцом примыкает к флан-

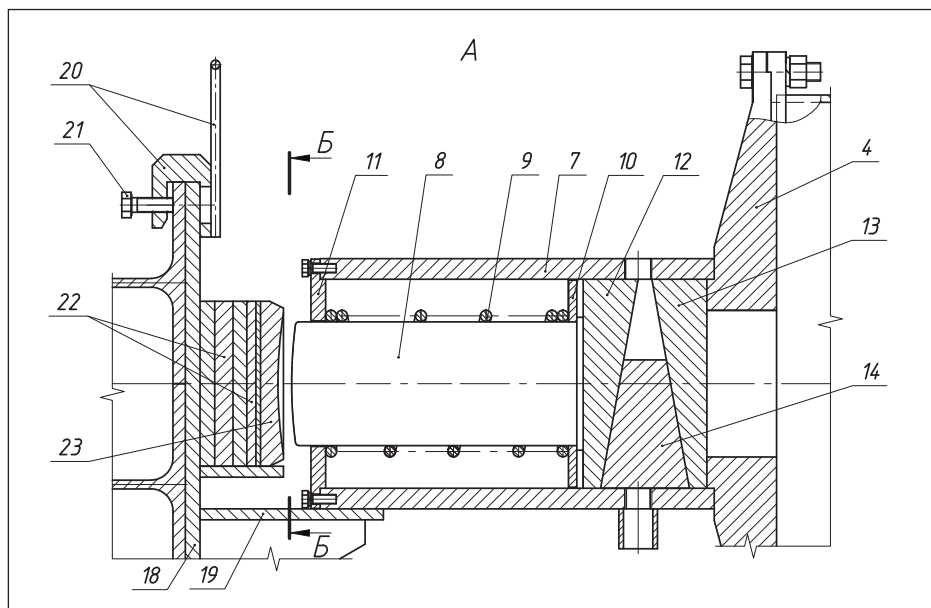


Рис. 2

цу 4 боковой секции, а другая клинообразная опорная шайба 12 своим прямым торцом примыкает к торцу подпружиненного упора 8.

Для приведения клинового механизма в рабочее положение и обратно (в исходное положение) используют болт 15 (см. рис. 3), который определяет положение двухстороннего клина 14 и боек 16, взаимодействующий с двухсторонним клином 14 через отверстие в корпусе 7 распорного устройства 5.

Для установки расстрела в рабочее положение (на штатное место) в котловане на временных вертикальных стенах (или на сваях) закреплены продольные опорные пояса, на которых смонтированы ответные опорные узлы 6, предназначенные для взаимодействия с распорным устройством 5 расстрела.

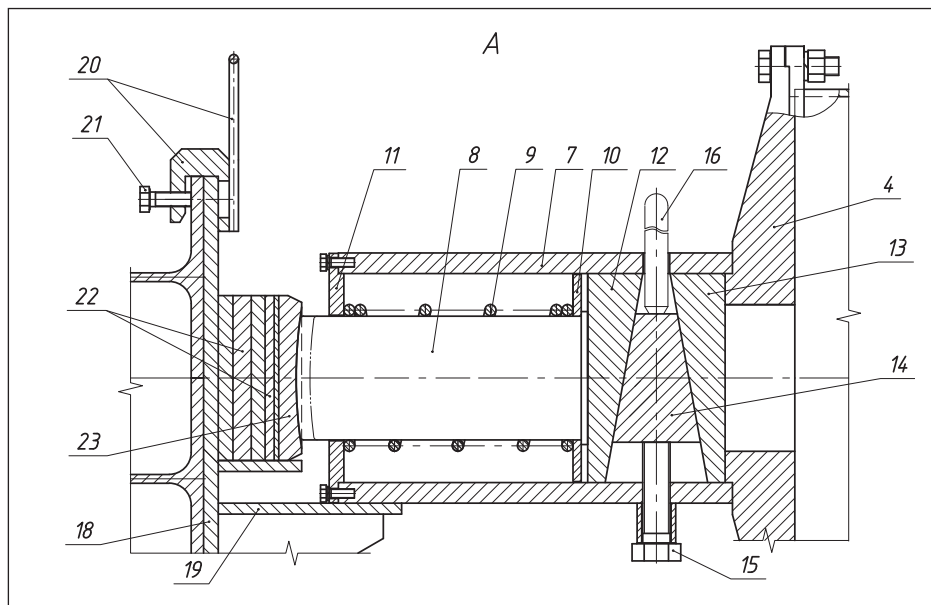
Ответный опорный узел 6 выполнен в виде опорного кронштейна 17 (фиг. 4). Основой опорного кронштейна 17 является вертикальный стальной лист (стенка) 18, с ко-

торым жестко соединена горизонтальная полка 19 вогнутой формы с внутренним радиусом вогнутости равным наружному радиусу корпуса 7 распорного устройства 5 для обеспечения плотного прилегания корпуса 7 распорного устройства 5 к опорному кронштейну 17.

В верхней части листа 18 опорного кронштейна 17 закреплен захват 20 с фиксирующим болтом 21.

При установке расстрела в рабочее положение в пространстве между подвижным упором 8 распорного устройства 5 и стальным листом 18 опорного кронштейна 17 ответного опорного узла 6 размещают регулировочные прокладки 22 (см. рис. 2 и рис. 3) и опорную плиту 23 с вогнутой сферической поверхностью, радиус которой соответствует радиусу выпуклой поверхности, выполненной на торцевой части подвижного упора 8, предназначенную для взаимодействия с упором 8 распорного устройства 5.

Рис. 3



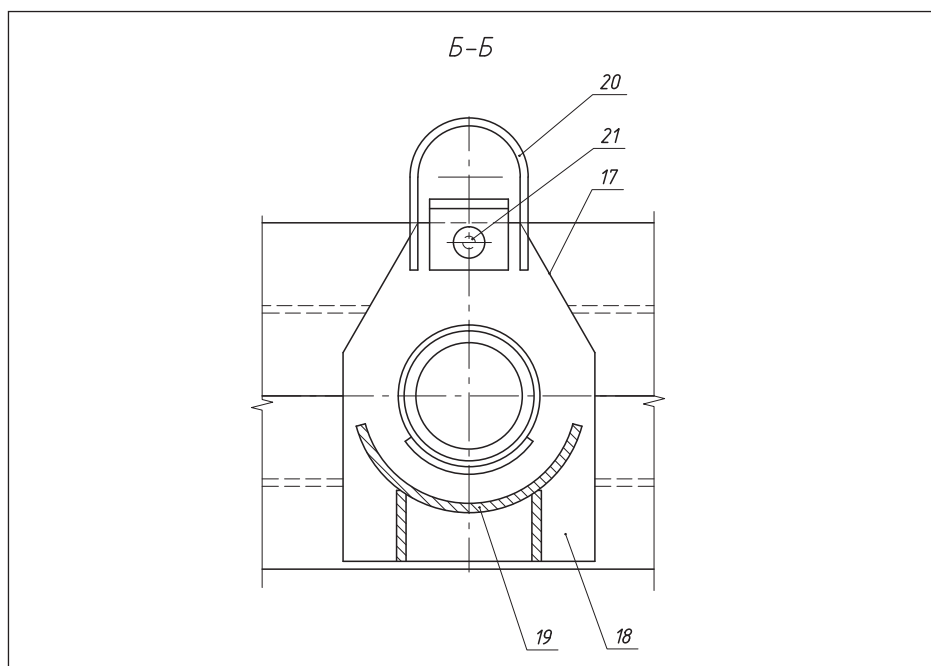


Рис. 4

Предлагаемый расстрел работает следующим образом.

Установка расстрела

На строительной площадке к центральной секции 1 расстрела присоединяют боковые секции 2 и 3. К свободным торцам каждой из секций 2 и 3 присоединяют распорное устройство 5, находящееся в исходном положении с убраным подвижным упором.

Расстрел готов к монтажу в котловане.

Одновременно со сборкой расстрела или ранее, на продольных опорных поясах вертикальных стенок котлована в местах установки расстрела монтируют ответный опорный узел 6 для каждого распорного устройства 5 путем установки и закрепления опорного кронштейна 17 на продольном опорном поясе вертикальной стенки котлована.

Собранный расстрел за проушины на центральной секции 1 поднимают краном и устанавливают в котловане таким образом, чтобы корпус 7 распорного устройства 5 расстрела встал (пришел во взаимодействие) с горизонтальной полкой 19 опорного кронштейна 17 ответного опорного узла 6, смонтированного на продольном опорном поясе вертикальной стены котлована.

Затем в пространстве между торцом распорного устройства 5 и стального листа 18 опорного кронштейна 17 ответного опорного узла 6 устанавливают на горизонтальной полке 19 регулировочные прокладки 22. К регулировочным прокладкам 22 монтируют опорную плиту 23.

После установки прокладок 22 и опорной плиты 23 между опорными поверхностями подвижного упора 8 распорного устройства 5 и опорной плиты 23 опорного кронштейна 17 ответного опорного узла 6 должен остаться зазор 10–15 мм.

Для приведения расстрела в рабочее положение заворачивают до упора болт 15 клинового механизма. Под действием силы дав-

ления со стороны болта 15 двухсторонний клин 14 начинает перемещаться между клинообразными опорными шайбами 12 и 13.

Клинообразная опорная шайба 12 перемещается в корпусе 7 и в свою очередь воздействует на подпружиненный подвижный упор 8. Внутри корпуса 7 клинообразная опорная шайба переместится в рабочее положение. При этом подвижный упор 8 также переместится и придет во взаимодействие с опорной плитой 23 ответного опорного узла 6.

Расстрел включился в работу. Указанные операции производят на обоих концах расстрела.

В таком положении расстрел будет находиться до окончания строительства.

Снятие расстрела

После окончания строительных работ производится обратная засыпка котлована грунтом. Одновременно осуществляют снятие расстрелов.

Для этого расстрел подвешивают на стропах к грузоподъемному крану, болт 15 клинового механизма распорного устройства 5 отворачивают и ударом по бойку 16 опускают двухсторонний прямоугольный клин 14 в исходное положение.

Автоматически, усилием пружины 9 подвижный упор 8 вместе с шайбой 10, клинообразной опорной шайбой 12 и двухсторонним прямоугольным клином 14 возвращаются в исходное положение (см. рис. 2). При этом между торцом подвижного упора 8 распорного устройства 5 и торцом опорной плиты 23 ответного опорного узла 6 образуется зазор.

Расстрел посредством корпуса 7 распорного устройства 5 свободно лежит на горизонтальной полке 19 ответного опорного узла 6. Такие действия проводят на обоих концах расстрела.

Расстрел освобожден от крепления.

Далее дают команду на подъем и поднимают расстрел. Одновременно с горизонталь-

ной полки 19 ответного опорного узла 6 снимают опорную плиту 23 и регулировочные прокладки 22, отворачивают болт 21 и поднимают опорный кронштейн 17.

На строительной площадке отсоединяют боковые секции 2 и 3 корпуса расстрела от его центральной секции 1.

Все элементы расстрела очищают, консервируют и отправляют на хранение. Комплект расстрела готов для повторного использования.

Повторное использование расстрела может проходить следующим образом.

Если расчетная нагрузка на расстрел и ширина котлована на следующей стройке соответствуют предыдущей, то направляют на стройку комплект расстрела в том виде, как было описано выше, без изменений.

Если ширина котлована отличается от ширины котлована на предыдущей стройке, то возможно изменить общую длину расстрела, изменив только длину одной или двух боковых секций 2 и 3 корпуса расстрела, для чего можно изменить длину имеющихся секций или изготовить новые. При такой реконструкции все остальные составные части расстрела остаются без изменения.

Таким образом, затраты на реконструкцию расстрела составят не более 10–15 % от общей стоимости комплекта расстрела.

При существующей практике применения расстрелов после демонтажа практически 100 % конструкции расстрела идет в металлолом.

При этом, если также учесть все затраты на монтаж и демонтаж расстрела при существующей практике установки расстрелов (сварка при монтаже и резка при снятии (демонтаже)), и учесть, что предлагаемую конструкцию расстрела можно использовать многократно, то положительный эффект от применения предлагаемой конструкции расстрела и технологии его монтажа и демонтажа очевиден.

Таким образом, использование предлагаемого технического решения обеспечивает достижение заявленного технического результата.

На базе технических предложений, изложенных в статьях, в АО «Метротранс» разработана конструкторская документация для изготовления опытной партии расстрелов и проведения их испытания на строительстве.

Документация разработана для расстрелов, изготавливаемых из труб диаметрами 630×8 и 720×8 мм. Каждый комплект документации разработан в групповом исполнении и предусматривает пять типоразмеров:

- комплект из труб диаметром 630×8 мм, длина расстрела 20±2 м;
- комплект из труб диаметром 720×8 мм, длина расстрела 22±2 м.

На сборочном чертеже каждого комплекта дана таблица. В таблице указаны все основные технические характеристики каждого типоразмера расстрела для его применения.

Для удобства монтажа расстрела в комплекте документации предусмотрены регулировочные прокладки, которые устанавливаются на опорных кронштейнах с двух сторон котлована, между распорным механизмом и опорной плитой. С каждой стороны можно установить прокладки общей толщиной 0...+50 мм.

И еще немного о преимуществах использования сборно-разборного многократно использования расстрела по сравнению с известной практикой изготовления и использования расстрелов. Сборно-разборный расстрел изготавливается на заводском оборудовании, поэтому качество такой конструкции выше, чем конструкции, изготовленной в условиях стройки. Расстрел может быть изготовлен заранее, до начала строительства, что сокращает срок строительства, так как не требуется дополнительного времени для изготовления расстрела. Время монтажа и демонтажа расстрела сокращается в несколько раз (предположительно в 6–10 раз). Сроки монта-

жа/демонтажа сокращаются, а также затраты на эти операции, поскольку не требуется применение сварки и резки труб.

Расстрел демонтируют, консервируют и перевозят на другой участок строительства или на хранение.

Если нужно применить расстрел на другом участке строительства и устраивает расчетная нагрузка на расстрел, но ширина котлована отличается, то требуемую длину расстрела можно откорректировать, изменив длину только одной боковой секции, используя для стыковой сварки труб монтажное кольцо, чертеж которого включен в комплект документации расстрела.

Что имеем в итоге применения расстрела сборно-разборного?

- При монтаже расстрела отсутствуют сварочные работы. При демонтаже не применяется резка. Поэтому монтажные узлы расстрела не повреждаются, а время монтажа и демонтажа сокращается в несколько раз.

- После демонтажа расстрел может быть установлен на другом участке строительства

или направлен на хранение для дальнейшего повторного многократного использования.

Поэтому при повторном использовании расстрела исключены затраты на его изготовление.

Ключевые слова

Котлован, крепление, расстрел, распорное устройство.

Foundation ditch, fastening, execution, spacer device.

Список литературы

1. Тоннели и метрополитены, Волков В. П. и др., М. «Транспорт», 1975 г., с. 494, 495.
2. Патент на изобретение. АО «Метротранс» «Расстрел». Заявка № 2017-144-781 от 20.12.2017 г.

Для связи с авторами

Хихлуха Борис Алексеевич
VostrikovaN@metrogiprotrans.com
Орлова Ирина Александровна
Orloval@metrogiprotrans.com



ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

ВАГОНЫ ДЛЯ ЖЕНЩИН В КИТАЙСКОМ МЕТРОПОЛИТЕНЕ



Начиная с 28 июня 2017 г. на одной из веток китайского метро запустили пробный проект – «Вагон для женщин». Такие вагоны решено запустить лишь потому, что в метро против женщин совершается больше всего противоправных действий.

На первой линии метро в городе Гуанчжоу теперь в составе каждого поезда имеется вагон для женщин, так сообщило китайское агентство «Синьхуа». Попастъ в вагон можно в час пик от 7:30 до 9:30 и от 17:00 до 19:00. Пускают в этот вагон только женщин. В иное время мужчины также смогут ехать в этом вагоне, без каких-либо ограничений. Все дело в том, что в час пик метро города просто

забито народом, и слабым женщинам просто трудно порой выйти из вагона на той станции, где им нужно. Власти метрополитена пошли навстречу и решили создать такой вот интересный сервис. Город Гуанчжоу очень большой, его население примерно 14 млн жителей. Когда в час пик в метро народу очень много, такой напор выдержать мало кто в состоянии.

К тому же очень часто в переполненном метро к женщинам в вагонах прижимаются мужчины, что многим не очень нравится. За год фиксируется до 100 случаев сексуального домогательства. Когда в вагоне народу много, трудно что-то увидеть и отследить. Если про-

ект будет признан успешным, то похожий «женский вагон» появится и на других линиях городского метро. Сейчас служба городской статистики собирает отзывы о новом сервисе. Моральных качеств у мужчин из Китая не хватает и повысить их не получается, но решать проблему как-то нужно. И решение нашлось, это женский вагон, вагон в котором будут ездить женщины без разноплановых посягательств на свободу передвижения со стороны насильников.



По материалам сайта
[http://china-is-](http://china-is-china.ru/ru/news/03071213/#.Wv0weoPFLRY)

[china.ru/ru/news/03071213/#.Wv0weoPFLRY](http://china-is-china.ru/ru/news/03071213/#.Wv0weoPFLRY)

ВАГОН МЕТРОПОЛИТЕНА С СУПЕРКОНДЕНСАТОРОМ ДЛЯ ВЫРАВНИВАНИЯ ТОКОВ ТЯГОВОЙ СЕТИ И РЕКУПЕРАЦИИ

AN UNDERGROUND RAILWAY CARRIAGE WITH THE SUPER CAPACITOR WHICH RECUPERATES AND LEVELS OFF THE CURRENT OF AN ELECTRIC TRACTION NETWORK

А. Б. Куровский, главный инженер проектов АО «Моспромпроект»

A. B. Kurovsky, Chief Project Engineer of JSC «Mospromproekt»



В статье описаны два способа организации питания вагонов для выравнивания токов тяговой сети.

The article describes two methods of power supply of carriages that help to level off the current of an electric traction network.

При составлении графика движения поездов руководствуются правилом, согласно которому поезда движутся равномерно с интервалом попутного следования $3600/N$ секунд ходу друг от друга, N – количество пар поездов в час. Наименьший допустимый интервал задается из системы АТДП [2].

Режим движения на перегоне характеризуется одним или несколькими (в большинстве случаев одним или двумя) включениями двига-

телей: тяга 1 – выбег 1 – тяга 2 – выбег 2 – торможение.

Проблему составляет второе включение двигателей. Полезно решить задачу распределения ограниченного ресурса (энергии). Для этого необходимо знать координату вагона, ток, напряжение и т. д. Для чего нужно установить радиометки на шпалы и считыватели на вагон, а также обеспечить передачу телеметрии в диспетчерский пункт ли-

нии (ДПЛ). Это позволит изменить систему управления поездами с точностью до вагона, то есть включать двигатели не на всех вагонах! Собственно, это и есть обещанный в работе [1] способ обеспечить второе (повторное) включение тяговых двигателей.

Для решения этих задач необходим пульт машиниста с разнообразием алгоритмов движения. Моменты включений машинисту подсказывает ассистент на пульте.

В этом случае возможна самообучающаяся система управления поездом с различными опциями: минимизация времени движения поезда между станциями, минимизация затраченной энергии при заданной парности и пр.

Вторым способом разрешения проблемы второго включения является использование вагона метрополитена с суперконденсатором.

На протяжении многих лет схема питания тяговых двигателей не менялась. Рассмотрим новую схему питания (рис. 1). Цифрами на рисунке обозначены:

- 1 – тяговая сеть (ТС);
- 2 – инверторный преобразователь постоянного тока в переменный 380В;
- 3 – тяговый двигатель переменного тока 380В;
- 4 – выпрямитель, преобразующий переменный ток в постоянный;
- 5 – суперконденсатор (СК) – накопитель электроэнергии в виде заряда;
- 12 – поток энергии с тяговой сети на инвертор, ток постоянный;
- 15 – поток энергии с ТС в СК, ток постоянный;
- 23 – поток энергии с инвертора на тяговый двигатель, ток переменный;
- 34 – поток энергии с ТД на выпрямитель, рекуперативный переменный ток;
- 45 – поток энергии с выпрямителя на СК, ток постоянный;
- 52 – поток энергии с СК на инвертор, ток постоянный.

Заявленная схема питания отличается от существующей (классической) добавлением двух элементов: 5 – суперконденсатора (СК) и 4 – выпрямителя. При этом замена суперконденсатора электрической батареей перспективна, т. к. последняя не подходит по скорости заряда-разряда, по количеству допустимых циклов заряд-разряд, весовым и объемным характеристикам.

Приведу основные преимущества суперконденсаторов:

- высокая удельная мощность;
- быстрый заряд/разряд;
- широкий диапазон рабочих температур от -45 до $+70$ °С;
- срок службы не менее 10 лет, до 1 млн циклов заряда/разряда;
- герметичность и экологичность;
- низкая масса и малые габариты.

Прототипом схемы питания на рис. 1 служит схема питания электробуса E433 Vitovt Max Electro, который эксплуатируется Бел-

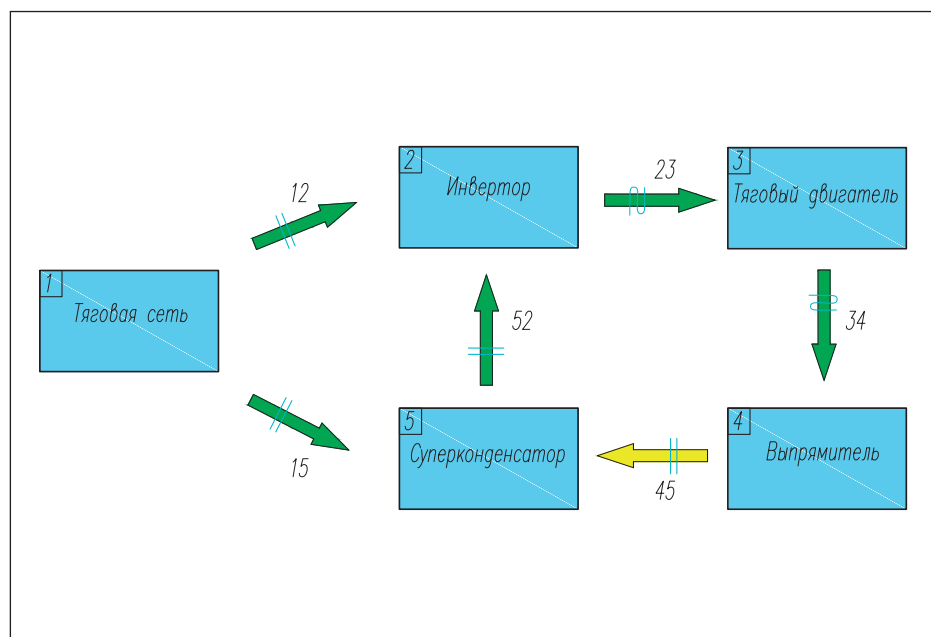


Рис. 1. Схема питания вагона

комунмашем со следующими характеристиками: мощность двигателя 180 кВт, запас хода 12–18 км на одном заряде суперконденсатора.

На вагоне метрополитена предлагается установить по такому же суперконденсатору к каждому из двух инверторов. Следует учесть, что на вагоне два инвертора и четыре тяговых двигателя по 180 кВт каждый. Для целей выравнивания токов достаточно, чтобы запас хода вагона на одной зарядке был 2–3 км.

На линию поезд выходит с полностью заряженными СК, при этом зарядка осуществляется по ночному тарифу, т. е. заведомо самому дешевому. Движение до станционной остановки на заряде СК, перед станцией энергия рекуперации направляется на заряд СК, емкости всегда достаточно, т. к. возврат идет с потерями. Во время остановки происходит заряд СК от тяговой сети (ТС) до 100 % емкости. Следующий участок проходим по такому же принципу: начинаем движение на заряде СК, тем самым освобождая емкость для приема рекуперативной энергии, далее осуществляем торможение мотором с возвратом части энергии на СК и производим подзарядку на остановке. Поскольку заряд СК происходит в окрестности ТП, то потери в ТС на доставку энергии минимальны. В любой момент возможен переход на питание от ТС.

Еще интереснее использовать движение смешанных составов. При 50-парном движении 50 % поездов идут с питанием от ТС, а остальные 50 % с чередованием через один движутся на заряде СК. Первые не теряют энергию при накоплении ее в СК, а вторые буферизируют энергию в СК, потребляя энергию от ТС в самом выгодном месте и используя в нужном. Таким образом энергетическое обеспечение 50-парного движения возможно, препятствием служит только устаревшая система АТДП.

Эти режимы движения не требуют ничего дополнительного от машинистов. При компьютерном управлении движением применение предлагаемой схемы существенно расширяется. Можно управлять питанием поезда с точностью до вагона, комбинируя питание от ТС и СК, чего нельзя требовать от машиниста.

Сущность изобретения заключается в использовании суперконденсатора на вагоне метрополитена с целью обеспечить потребление энергии от ТС в комфортном времени и месте, и использование энергии в нужном, для выравнивания токов в тяговой сети. Дополнительно возникает возможность использовать возврат энергии торможения мотором (рекуперация) при помощи СК. В случае пропадания питания от ТС возможна доездка поезда до ближайшей станции с использованием СК.

Живучесть системы электропитания вагона повышается в значительной степени. В случае выхода из строя участка ТС вагон способен двигаться в прежнем режиме с отжатыми токоприемниками до 2–3 км.

Ключевые слова

Тяговая сеть, контактный рельс, тяговая подстанция.

Hauling network, contact rail, traction substation.

Список литературы

1. Куровский А. Б. Альтернативный расчет мощностей тяговой подстанции метрополитена // Метро и тоннели. – № 3. – 2018. С. 18–19.
2. Тяговые сети метрополитенов, Е. И. Быков, Б. В. Панин, В. Н. Путьнин, Москва, 1987.

Для связи с автором

Куровский Александр Борисович
a.kurovsky@mospp.ru



СОВРЕМЕННЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ ГЕОМЕХАНИКИ В ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ, БАЗИРУЮЩИХСЯ НА МЕТОДАХ МЕХАНИКИ СПЛОШНОЙ СРЕДЫ

MODERN EXPERIENCE OF EMPLOYING THE THEORETICAL APPROACHES OF GEOMECHANICS IN UNDERGROUND CONSTRUCTION BASED ON THE METHODS OF CONTINUUM MECHANICS

К. П. Безродный, д. т. н., ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»

М. О. Лебедев, к. т. н., ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс»

А. С. Саммаль, д. т. н., проф., Тульский государственный университет

K. P. Bezrodny, Dr. of technical sciences, Lenmetrogiprotrans

M. O. Lebedev, Candidate of technical sciences, Lenmetrogiprotrans

A. S. Sammal, Dr. of technical sciences, prof., Tula State University

Проанализированы современное состояние теории расчета и накопленный опыт проектирования транспортных подземных сооружений. Приводятся примеры реализации сложных инженерных решений, иллюстрирующие несостоятельность появившихся в последнее время в научных публикациях попыток отказа от традиционных подходов в геомеханике, основанных на методах механики сплошной среды.

The current state of calculating theory and the experience in designing transport underground structures are analyzed. Examples of implementation of complex engineering solutions showing the inconsistency of recent attempts in scientific publications to abandon the traditional approaches in geomechanics based on the methods of continuum mechanics are given.

Развитие компьютерных технологий в настоящее время привело к широкому внедрению в теорию и практику подземного строительства новых подходов, основанных на дальнейшем совершенствовании расчетных схем и применяемых физических моделей горного массива. При этом компьютерное моделирование на основе численных методов расчета позволило учитывать пространственную конфигурацию сложных подземных объектов, к которым относятся станции и пересадочные узлы метрополитенов, подземные парковки и торговые центры. В состав этих объектов, как правило, входят комплексы взаимовлияющих большепролетных выработок, сооружаемых с применением многоступенчатых технологий и специальных способов проходки.

Современные компьютерные программные комплексы, реализующие, в основном, метод конечных элементов, открывают новые возможности для использования наиболее адекватных реальному поведению массива физических моделей, параметры которых определяются на основе большого объема лабораторных и натурных экспериментов.

В результате соответствующей настройки применяемых компьютерных моделей, основанных на глубоком геомеханическом анализе моделируемых ситуаций, удастся решить широкий круг научных и технических проблем, связанных не только с оценкой влияния, например, слоистого строения, но также и других особенностей поведения горного массива. Та-

кие особенности обусловлены не только неоднородностью свойств в окрестности подземного сооружения, но также этапностью раскрытия сечений большепролетных выработок и сооружения подземных конструкций. В этой связи следует отметить несомненные достижения Санкт-Петербургской научной школы геомеханики, полученные под руководством А. Г. Протосени [1]. Можно также указать на успешные решения широкого круга проблем, полученные В. Е. Меркиным, М. Г. Зерцаловым, А. Н. Панкратенко и др. с применением компьютерных программных комплексов, реализующих различные численные методы расчета подземных сооружений [2–4].

Традиционные аналитические методы геомеханики, базирующиеся, как правило, на решениях плоских контактных задач, в которых массив пород моделируется однородной изотропной линейно-деформируемой бесконечной или полубесконечной средой, не имеют таких возможностей, как численное компьютерное моделирование. Однако на начальном этапе проектирования при весьма ограниченных исходных данных о реальном горном массиве в окрестности подземного сооружения, проработка инженерных и компоновочных решений может быть выполнена на основе приближенных, оценочных представлений о возможном напряженно-деформированном состоянии (НДС) подземных конструкций. Упрощенные расчетные схемы, характерные для аналитических методов, позволяют значительно умень-

шить трудоемкость расчета и являются более приспособленными для проведения эффективных многовариантных расчетов в целях практического проектирования. При этом принятые упрощения, как правило, направлены на повышение надежности проектных решений.

Следует отметить, что развитие компьютерных технологий открывает новые возможности также в совершенствовании расчетных моделей подземных сооружений, используемых в геомеханике. Так, рассматриваемые с целью разработки новых методов расчета аналитические решения соответствующих контактных задач, реализованные в виде компьютерных программных комплексов, могут в настоящее время сводиться не только к замкнутым формулам для определения искомых напряжений и деформаций в подземной конструкции. Такие решения могут также представляться в виде сложных итерационных вычислительных процессов, в которых в каждом приближении рассматривается относительно простая расчетная схема, а влияние дополнительных факторов уточняется на основе предыдущих вычислений. Таким образом, удастся учитывать [5], например, влияние земной поверхности при расчете обделок тоннелей мелкого заложения, влияние близкорасположенных тоннелей, в том числе имеющих некрутовые формы поперечных сечений, а также границу раздела слоев пород с различными деформационными характеристиками и пр.

При этом реализуемые математические (аналитические) и численные модели базируются

на представлениях о горном массиве, как сплошной деформируемой среде, которая в процессе моделирования представляется совокупностью дискретных объемов – элементов, взаимодействующих между собой. Свойства среды могут варьироваться в широком диапазоне – от упругости, вязкоупругости до пластичности с различными проявлениями текучести.

В связи с этим вызывают недоумение основные научные положения опубликованной в 2017 г. журнале «Метро и тоннели» № 3–4 статьи «О необходимости совершенствования физических основ геомеханики», в аннотации к которой заявлено о «...бесперспективности и дальнейшего использования положений механики сплошной среды в механике горных пород...», а по тексту работы указано, что «... физика проявления горными породами своих свойств имеет принципиально иную сложность, не позволяющую решать практические вопросы геомеханики...» В указанной статье речь идет о необходимости существенного пересмотра фундаментальных физических основ геомеханики, как изначально ошибочных или недостаточно адекватных. После прочтения этой работы возникает вопрос, считают ли авторы необходимым пересмотреть или отменить закон Исаака Ньютона о том, что сила действия равна силе противодействия? Может, авторы подвергают сомнению основы теории упругости?

Далее в упомянутой работе отмечается, что «... гидростатическое давление зависит не только от глубины и ускорения силы тяжести, но и введенных в состав фундаментальных физических характеристик горной породы нового сейсмического параметра Φ :

$$\Phi = Vp^2 - \frac{4}{3}Vs^2 \dots$$

Интересно, какое отношение этот параметр имеет к гидростатике.

Основными научными тезисами этой статьи являются следующие утверждения:

- «...простые и убедительные факты бесперспективности дальнейшего использования ныне действующей в механике горных пород научной парадигмы, основанной на положениях механики сплошной среды. Физика проявления горными породами своих свойств имеет принципиальную сложность, качественные и количественные отличия которой не позволяют на данный момент времени решать на должном уровне практические (прогностические) вопросы геомеханики...»;
- «...к середине прошлого столетия физика и механика горных пород допустила грубейшую ошибку, по сути исключив из рассмотрения важнейшую физическую характеристику – объемный вес горных пород...»

В связи с этим возникают следующие вопросы. Где эти простые и убедительные факты? Где сравнение результатов расчетов напряженно-деформированного состояния (НДС) системы «горный массив – крепь – обделка» по предлагаемому подходу и методами механики сплошной среды? А как же природное гравитационное поле напряжений, где, естественно, фигурирует объемный вес горных пород?

Возможный ответ на эти вопросы может заключаться в способности использования

результатов исследований свойств горных пород в геомеханических расчетах.

Большой вклад в исследование процессов деформирования породных массивов в окрестности подземных сооружений, разработку методов прогноза геомеханических процессов и определение напряженного состояния обделок подземных сооружений внесли Ю. Н. Айвазов, Д. В. Амшихтин, И. В. Баклашов, А. А. Барях, Н. С. Булычев, В. Виттке, В. А. Гарбер, Д. М. Голицынский, М. Г. Зерцалов, В. В. Зубков, Б. А. Картозия, Ю. А. Кашников, М. В. Корнилов, Н. И. Кулагин, С. Г. Лехницкий, Ю. А. Лиманов, Л. В. Маковский, А. Моир-Вуд, В. Е. Меркин, А. Г. Оловянный, А. Г. Протосеня, К. В. Руппелит, А. Н. Ставрогин, Н. Н. Фотиева, Ю. С. Фролов, Z. Mroz, B. Schadlich и др. Труды этих и многих других видных научных исследователей доказывают, что механика сплошной среды является рабочим инструментом для обоснования работы подземных сооружений и их взаимодействия с вмещающим массивом.

Следует заметить, что сегодняшние технологии позволяют осуществлять строительство подземных сооружений без нарушения сплошности массива, даже в неустойчивых водонасыщенных слабых грунтах.

Так, ОАО «НИПИИ «Ленметрогипротранс» проводило в рамках выполнения «горно-экологического мониторинга при строительстве и эксплуатации транспортных тоннелей» исследования НДС системы «горный массив – крепь – обделка» во многих литологических разностях разной степени дезинтеграции и обводненности этих пород. Результаты натурных исследований НДС и расчетов методами механики сплошной среды показывают их высокую сходимость [6].

Так, не говоря о сооружении тоннелей в скальных грунтах, проходка в слабых грунтах с применением новых технологий, не допускающих смещения контура выработки, осуществляется без нарушения сплошности массива.

Можно привести следующие примеры.

1. Сооружение перегонных тоннелей с помощью тоннелепроходческого механизированного комплекса (ТПМК) с гидравлическим пригрузом забоя в водонасыщенных неустойчивых четвертичных отложениях при гидростатическом давлении до 0,5 МПа [7].
2. Сооружение двухпутного перегонного тоннеля Петербургского метрополитена с помощью ТПМК с грунтовым пригрузом забоя в четвертичных отложениях [8].
3. Сооружение эскалаторных тоннелей Петербургского метрополитена с помощью ТПМК с грунтовым пригрузом забоя в четвертичных отложениях [9].
4. Создана практически безосадочная технология сооружения подземных выработок в плотных кембрийских (протерозойских) глинах с косвенным армированием грунта впереди забоя выработок с помощью фиброгласовых инъекционных анкеров, экрана из труб и жесткой крепи, возводимой в забое [10].

В заключение следует отметить, что приведенные примеры удачной реализации сложных инженерных решений в подземном стро-

ительстве иллюстрируют несостоятельность появившихся в последнее время в научных публикациях попыток отказа от традиционных подходов в геомеханике, основанных на методах механики сплошной среды.

Ключевые слова

Геомеханика, механика сплошной среды, подземные сооружения.

Geomechanics, continuum mechanics, underground structures.

Список литературы

1. Протосеня А. Г. Механика подземных сооружений. Пространственные модели и мониторинг / А. Г. Протосеня, Ю. Н. Огородников, П. А. Деменков, М. А. Карасев, М. О. Лебедев, Д. А. Потемкин, Е. Г. Козин. СПб: СПб: 2011. 355 с.
2. Меркин В. Е. Исследование взаимного влияния пересекающихся тоннелей при различных способах их возведения / Меркин В. Е. [и др.] // Транспортное строительство. – 2014. – № 12. – С. 12–15.
3. Зерцалов М. Г. Комплексное освоение подземного пространства / М. Г. Зерцалов, Д. С. Конюхов, В. Е. Меркин. – М.: Издательство АСВ, 2015. 416 с.
4. Панкратенко А. Н. Прогноз изменения напряженного состояния обделки тоннеля при проведении вблизи него выработки методом микротоннелирования / А. Н. Панкратенко // Транспортное строительство. 2015. – № 1. С. 14–17.
5. Саммал А. С., Анциферов С. В., Деев П. В. Аналитические методы расчета подземных сооружений. Тула: Изд-во ТулГУ, 2013. 111 с.
6. Безродный К. П., Лебедев М. О. О горном давлении при строительстве транспортных тоннелей. – Труды международной научно-технической конференции. «Основные направления развития инновационных технологий при строительстве подземных сооружений на современном этапе. Тенденции. Проблемы. Перспективы. Москва. 2013. С. 50–53.
7. Кулагин Н. И., Безродный К. П., Александров В. Н. и др. «Разрыв» история преодоления». ООО «Та Инжиниринг», М., 2005 г. с. 119.
8. Безродный К. П., Лебедев М. О., Марков В. А., Старков А. Ю. Геотехническое обеспечение при строительстве двухпутного перегонного тоннеля с помощью ТПМК. Труды международной научно-технической конференции «Тенденции, проблемы, перспективы развития подземного строительства России». М., 2015 г. С. 59–64.
9. Безродный К. П., Лебедев М. О., Егоров Г. Д., Старков А. Ю. Напряженно-деформированное состояние обделок эскалаторных тоннелей при сооружении их различными способами. – Труды международной научно-технической конференции «Российский опыт строительства метрополитена в г. Москве. Тенденции. Проблемы. Перспективы». М. 2014 г., С. 102–104.
10. Маслак В. А., Безродный К. П., Лебедев М. О., Марков В. А., Захаров Г. Р., Ледяев А. П., Старков А. Ю. Малоосадочные технологии при строительстве метро в историческом центре Санкт-Петербурга. – Метро и тоннели. 2012 г. № 6, С. 26–30.



ПРИМЕНЕНИЕ ТАМПОНАЖНОГО РАСТВОРА ЗА ТОННЕЛЬНОЙ ОБДЕЛКОЙ $D_n = 10,3$ м

APPLICATION OF INJECTABLE GROUT FOR $D = 10,3$ m TUNNEL LINING

С. Ф. Андреев, руководитель проекта Подземное строительство ООО «Реопласт»

S. F. Andreev, project Manager Underground construction, company «LTD Rheoplast»

Строительство двухпутного тоннеля между станциями «Приморская» и «Беговая» Невско-Василеостровской линии Санкт-Петербургского метрополитена велось тоннелепроходческим механизированным комплексом с грунтопригрузом «Надежда» с применением железобетонной обделки $D_n/D_{вн} = 10,3/9,4$ м. Проект строительства в России двухпутного тоннеля метрополитена реализовывался в рамках проведения чемпионата мира по футболу. Перед специалистами компании «ООО Реопласт» была поставлена задача подобрать высокотехнологичный инъекционный раствор для заполнения строительного зазора между массивом грунта и обделкой тоннеля. По итогам этих работ даны рекомендации по применению тампонажного раствора.

The construction of double-track tunnel between stations «Primorskaya» and «Begovaya» Nevsko-Vasileostrovskaya line of the Saint Petersburg metro was carried out of the tunnel boring mechanized complex, ground earth pressure balance machines and concrete lining 10,3/9,4 m. The Project of construction in Russia of a double-track metro tunnel was implemented in the framework of the world Cup.

Before specialists of the LLC Reoplast company the task was set, to pick up a hi-tech injection solution for filling of a construction gap between an array of soil and a lining of a tunnel.

Инженерно-геологические условия трассы тоннеля

Проходка тоннеля между Васильевским, Крестовским островами и Приморским районом – одна из самых сложных задач в истории «Метростроя».

Прокладка тоннеля началась от стартового котлована на Туристской улице и закончится в демонтажной камере в районе станции «Приморская». Участок от монтажных котлованов (ПК60) до демонтажной камеры у станции «Приморская» (ПК113+50) длиной около 5,3 км имеет в основном неглубокое заложение, и лишь в районе Василевского острова трасса заглубляется до 50–60 м в протерозойскую толщу. Большая часть трассы проходит под акваторией Большой, Малой Невки и Финского залива. Трасса пересекает два станционных котлована. Часть трассы тоннеля запроектирована в пределах застроенной части Приморского и Василеостровского районов. Здесь застройка представлена общественными и жилыми зданиями разных конструктивных типов и этажности.

Тампонажный раствор для первичного нагнетания

Заполнение пространства за обделкой тоннеля определяет успех проходки в целом, так как позволяет снизить осадки грунта вокруг тоннеля, обеспечить равномерный контакт между обделкой и грунтом. В современных ТПМК с грунтопригрузом за-

полнение заобделочного пространства всегда выполняется в продольном направлении через трубопроводы, встроенные в оболочку щита, конструкция которых позволяет производить нагнетание одновременно с продвижением щита.

Подбор состава тампонажного раствора

При выполнении различных проектов щитовой проходки тоннелей в городских условиях в разных странах подбирают необходимый состав раствора с применением различных видов цемента [1]. Необходимо тщательно подобрать состав тампонажного раствора, который позволит обеспечить адекватные механические характеристики и удовлетворит следующие требования в отношении перекачиваемости:

- сохранение высокой пластичности раствора во время длительного хранения и транспортировки;
- сохранение устойчивости к расслоению при хранении и нагнетании;
- равномерность потока при нагнетании.

Состав раствора и процедуры нагнетания, разработанные в рамках проекта, должны обеспечивать постоянную и равномерную подачу раствора по линиям нагнетания, что позволяет гарантировать эффективную работу всей системы и снизить необходимость в ее чистке.

На основании проектных данных разработался и утвердился состав исходного раствора. При этом, как правило, требова-

лось соблюдение таких технических характеристик, как время гелеобразования, прочность при сжатии после определенного временного промежутка (4 ч, 8 ч, 24 ч, 28 дней). Таким образом, для получения желаемого результата можно использовать различные методики испытаний (см. ниже). При этом необходимо помнить, что применение правильно подобранного раствора не даст желаемого результата или окажется неэффективным при отсутствии надлежащего контроля или в случае несоблюдения предписанного технологического процесса.

В составе раствора, рекомендуемого нами, используются следующие материалы:

- вяжущее – в качестве вяжущего применяется портландцемент на основе клинкера с нормированным минералогическим составом ЦЕМ I 42,5 Н (класса 42,5 нормально твердеющий), удовлетворяющий требованиям ГОСТ 31108-2003 «Цементы общестроительные. Технические условия» [2], ГОСТ 30515-2013 «Цементы. Технические условия» [3];
- мелкий заполнитель – в качестве мелкого заполнителя применяется плотный, чистый песок с модулем крупности $M_{кр} = 1,4–1,8$, соответствующий требованиям ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия» [4]. Для приготовления тампонажных растворов смесей повышенной подвижности рекомендуется использовать мелкий

песок II класса чистый, плотный, со стабильным гранулометрическим составом, с определенным содержанием фракций;

- наполнитель – с целью обеспечения оптимального количества теста в состав тампонажного раствора смеси вводится микронаполнитель – минеральный порошок МП-1. Выпускается по ГОСТ Р 52129-2003 «Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия» [5];

- зола уноса – высококальциевая для регулирования равномерности изменения объема цементного камня, а также для улучшения технологических характеристик перекачиваемости тампонажных смесей;

- добавки – для улучшения технологических свойств растворов и получения требуемых характеристик тампонажного камня рекомендуется применять различные химические добавки: суперпластификаторы, замедлители и стабилизаторы (ГОСТ 24211-2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия» [6]). Химические добавки должны иметь гигиенические сертификаты;

- вода для приготовления бетонной смеси должна соответствовать требованиям ГОСТ 23732-2011 «Вода для бетонов и растворов. Технические условия» [7].

В результате подбора тампонажного раствора и нашего опыта, в работу взяли следующую рецептуру:

- цемент ПЦ 500 Д0 Н – 350 кг;
- песок Мк 1,4-1,6 – 1100 кг;
- минеральный порошок – 400 кг;
- пластифицирующая добавка РСЕ 2206 – 7 кг;

- замедляющая добавка ДС-01 – 1 кг;
- вода затворения – 320 кг.

Достигнутые результаты по ВСН 132-92:

- растекаемость – не менее 20 см;
- жизнеспособность – 6 ч;
- водоотделение – менее 0,5 %;
- расслаиваемость – менее 0,5 см;
- выход тампонажного камня – более 98 %.

Сроки схватывания:

- начало – 11 ч;
- конец – 13 ч;
- прочность 0,5 МПа – достигается через 16 ч;
- прочность через 24 ч – не менее 1,5 МПа.

Приготовление и нагнетание тампонажного раствора

Тампонажный раствор готовился за пределами тоннеля на растворном узле. Готовый раствор транспортировался в специальную емкость в хвостовой части ТПМК, откуда раствор подавался в заобделочное пространство.

Согласно регламенту на проходку, каждый раз готовился и транспортировался новый раствор для заполнения конкретного объема. Важно отметить, что наличие остатка раствора после очередного продвижения указывает на то, что раствор был подан не полностью. Рекомендуется

разобраться в причинах этого. В любом случае, излишки раствора следует удалить из системы перед подачей порции свежего раствора, что позволит обеспечить надлежащее его качество и исключить риск засорения трубопроводов из-за затвердевания раствора.

Нагнетание раствора в заобделочное пространство – это динамический процесс, параметры которого необходимо контролировать и систематически сопоставлять с проектными величинами. Процесс мониторинга и контроля нагнетания (в целях минимизации потенциальных рисков) включает в себя три основных компонента: контроль объема нагнетания; контроль давления нагнетания; проверка характеристик раствора проектными величинами.

Контроль объема нагнетания: фактический объем поданного раствора сопоставляется с определенным теоретическим объемом заобделочного пространства, который рассчитывается на основе данных одной заходки.

По нашему мнению, именно систематическая проверка объема нагнетания лежит в основе контроля проседания поверхности грунта. Теоретический объем раствора, который необходимо подать для заполнения пространства между профилем выработки и внешней поверхностью обделки (если проходческие инструменты не изношены), рассчитывается как разница между общей площадью выработки и сечением по внешнему диаметру обделки; он оценивается в зависимости от суммарной ширины колец обделки.

Водопроницаемость материала/грунта может повлиять на объем подаваемого раствора в сторону увеличения объемов. Значительное превышение объемов подаваемого раствора по сравнению с теоретической величиной может указывать на перебор грунта. В этом случае ситуацию следует проанализировать и выполнить соответствующие мероприятия, описанные в Протоколе проходки.

Контроль давления нагнетания: следует проверить, соответствует ли конечная величина давления проектной величине, которая зависит от давления в призабойной камере. Нагнетание за обделку всегда проводится одновременно с производством тоннелепроходческих работ и должно соответствовать величине, указанной в Протоколе проходки. Помимо минимальной и максимальной величин давления, для каждого отрезка трассы с однородными грунтами следует определять давление в забое и соотносить эти данные с положением форсунок для подачи раствора на щите [8]. Если во время выполнения проходческих работ какая-либо из величин превышена, рекомендуется проверить качество поданного раствора, осмотрев керн из разведочной скважины.

Проверка характеристик раствора проектными величинами. Приведем список некоторых видов анализа, которые могут

быть полезными для успешного применения раствора:

- кривая гранулометрического состава инертных наполнителей;
- анализ кубиковой прочности;
- анализ разделения на фракции;
- выделение цементного молока на поверхности;
- обрабатываемость состава;
- тест на всплытие;
- тест посредством вискозиметра.

Основные требования к тампонажному раствору, которые были соблюдены при нашем подборе состава раствора:

- обеспечение сохранности геометрии кольца обделки после его сборки;
- прочность на первые сутки – не менее 0,5 МПа;
- сохранение подвижности на протяжении 8 ч;
- прочность тампонажного раствора в проектном возрасте В7,5.

Заключение

На протяжении всего строительного цикла объекта проходческие бригады сталкивались с различными сложностями, которые очень быстро решались совместными усилиями с высококлассными специалистами УМ Механизации Метростроя.

Несмотря на сложности, строительство тоннеля завершилось в указанные сроки с высоким качеством работы.

Впереди нас ждет много интересных проектов и задач.

Ключевые слова

Тампонажный раствор, ТПМК, тоннельная обделка.

Injectable grout, TBM, tunnel lining.

Список литературы

1. Пиренко И. В. Тампонажный раствор на основе вяжущего «БИРС ТМ» // Метро и тоннели. – 2007. – № 3. – С. 24–25.
2. ГОСТ 31108-2003 «Цементы общестроительные. Технические условия».
3. ГОСТ 30515-2013 «Цементы. Технические условия».
4. ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ. Технические условия».
5. ГОСТ Р 52129-2003 «Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия».
6. ГОСТ 24211-2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия».
7. ГОСТ 23732-2011 «Вода для бетонов и растворов. Технические условия».
8. Мазеин С. В. Контроль инъекционного давления твердеющего раствора за обделкой тоннеля и проходческим щитом // Горное оборудование и электромеханика. – 2009. – № 11. – С. 41–45.

Для связи с автором

Андреев Сергей Федорович
Sergey.andreev@rheoplast.ru



ЩИТОВАЯ ПРОХОДКА В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

CONSTRUCTION OF TUNNELS USING BORING MACHINES IN CRAMPED CONDITIONS

С. Н. Кемеж, начальник отдела комплексного проектирования № 2 АО «Метрогипротранс»

А. И. Харламов, заместитель начальника отдела комплексного проектирования № 2 АО «Метрогипротранс»

О. В. Федоров, заместитель начальника отдела комплексного проектирования № 2 АО «Метрогипротранс»

S. N. Kemej, Metrogiprottrans

A. I. Harlamov, Metrogiprottrans

O. V. Fedorov, Metrogiprottrans

Описан опыт технических решений по организации старта щитовых комплексов в стесненных условиях городской застройки и обеспечению дальнейшей проходки с применением тоннелепроходческих механизированных комплексов (ТПМК).

Experience of technical solutions on the organization of start of tunnels boring machines in the constrained conditions of urban development and to providing a further mechanized tunnelling is described.

Освоение подземного пространства такого мегаполиса, как Москва путем строительства транспортных тоннелей, линий метрополитенов и других подземных сооружений повышает качество жизни людей, а также эффективность использования дорогостоящих городских земель при сохранении сложившегося облика города. Оно является также наиболее эффективным средством борьбы с пробками из-за резко возросшего автомобильного движения. Московский Международный Деловой Центр «Москва-Сити» является точкой притяжения огромного количества людей, в связи с чем развитие транспортной инфраструктуры вокруг него является одной из приоритетных задач. Помимо развития дорожной сети, особую актуальность приобретает строительство метрополитена в зоне «Москва-Сити».

При проектировании участка метрополитена от станции «Деловой Центр» до станции «Парк Победы», являющимся частью Калининско-Солнцевской линии (КСЛ), всталла необходимость организации строительства перегонных тоннелей между станциями и под Москвой-рекой. Для ускорения строительства и обеспечения безопасности ведения работ принято решение сооружать перегонные тоннели с применением двух тоннелепроходческих механизированных комплексов «Роббинс».

Щитовая проходка обычно ведется от монтажной камеры до демонтажной, сооружаемых открытым или закрытым способами. В данном проекте предусматривалось размещение демонтажных камер рядом с действующей станцией «Парк Победы» и в уровне последней. Станция «Парк Победы» является самой глубокой в Москве и одной из самых глубоких среди мет-

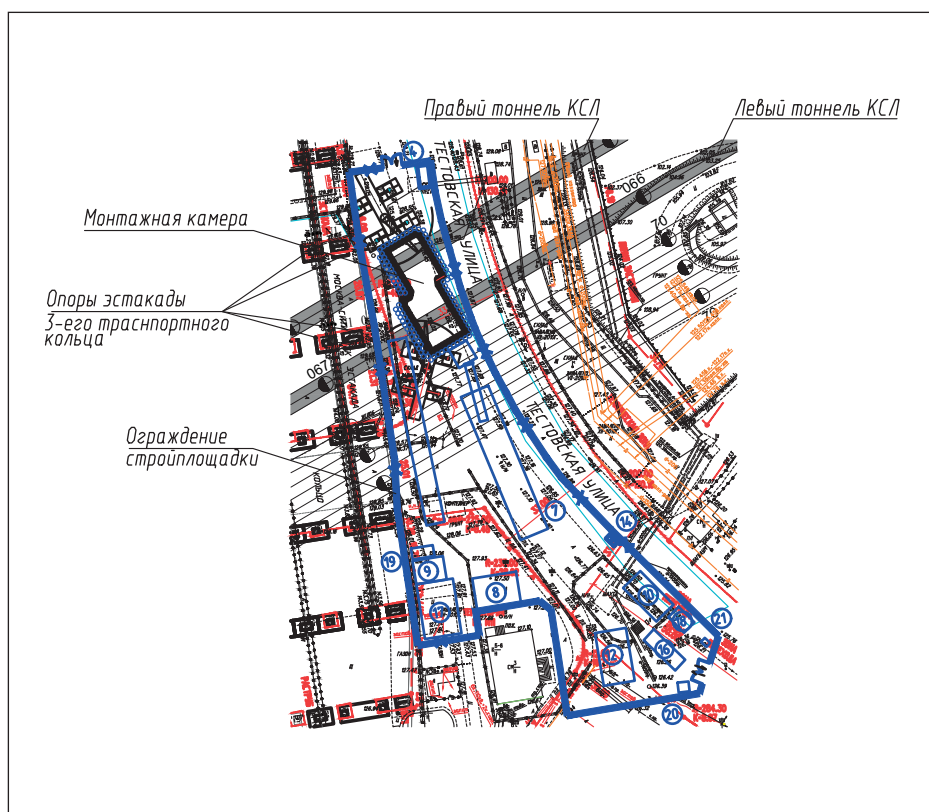


Рис. 1. Стройгенплан

рополитенов бывшего СССР. Глубина заложения станции составляет 73 м. Сооружать котлован на такой глубине не представляется возможным, по этой причине перед проектировщиками оставался только один выбор способа строительства двух демонтажных камер – закрытый. Проектирование конструкций демонтажных камер из чугунных полуколец с опиранием на бетонные опоры, а также проектные решения по организации строительства таких

камер, расположенных в мергелях и известняках средней прочности, являются достаточно традиционными для специалистов АО «Метрогипротранс». Ранее в проектных документах по другим объектам уже была отработана технология сооружения аналогичных демонтажных камер в схожих условиях, и не раз применялась в столице на практике.

Неоизмеримо сложнее обстояла ситуация с поиском технических решений по

организации монтажных камер, в силу имевшегося целого комплекса проблем и обстоятельств, резко сужающих любую возможность обеспечения безопасного монтажа и старта двух тоннелепроходческих комплексов.

В первую очередь это касалось невозможности проектирования монтажных камер закрытого способа работ по причине не столь большого заглубления трассы проектируемой линии в районе станции «Деловой центр» – 30 м. К тому же, монтажные камеры закрытого способа работ потребовали бы строительства дополнительных очень крупных сооружений: рабочего ствола и подходных выработок к этим камерам, для доставки щитовых комплексов с поверхности. Вследствие этого перед проектировщиками стояла задача предусмотреть строительство камер открытым способом, что требовало организации строительной площадки для устройства котлована большой площади, с размещением различного оборудования и временных сооружений, обеспечивающих бесперебойную проходку перегонных тоннелей щитовыми комплексами.

Выбор свободной территории под строительную площадку был крайне ограничен. Непосредственно вблизи станции «Деловой центр» располагался 11-й участок Московского Международного Делового Центра с котлованом строящегося здания многофункционального комплекса IQ-quarter, с возведенными несколькими этажами на момент строительства описываемого участка метрополитена. Сразу за ним, по трассе линии, проходит проезжая часть Тестовской улицы, далее короткий участок газона, опоры эстакады 3-го транспортного кольца и опоры Московского Центрального Кольца железнодорожного транспорта. За этими искусственными сооружениями расположен Ботанический сад первого МГМУ и далее по трассе линии – берег Москвы-реки.

Самый удобный вариант, на первый взгляд, размещать котлованы монтажных камер на территории Ботанического сада, с ликвидацией строительной площадки после завершения строительства участка метрополитена и последующего благоустройства территории. Зона Ботанического сада является охранной, на которой запрещено размещать любые временные стройплощадки. Следует отметить, что и при снятии такого запрета, соорудить монтажные камеры открытым способом было бы крайне затруднительно, так как в этой зоне рядом с Москвой-рекой профиль трассы резко уходит вниз под реку, соответственно глубина проектируемого котлована превышала бы 36 м.

По результатам поисков свободной территории под стройплощадку оставался единственно возможный вариант занятия узкого участка газона, зажатого между эстакадой 3-го транспортного кольца –

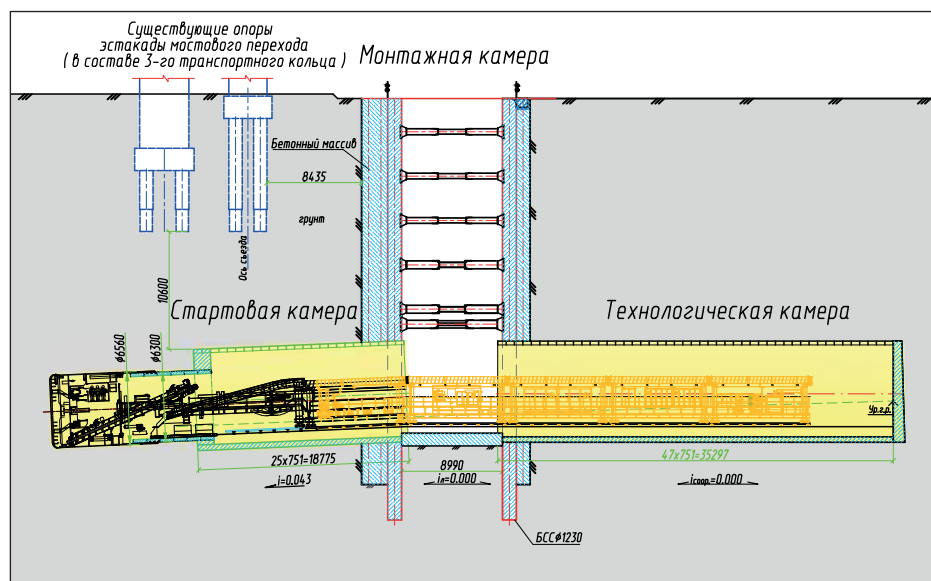


Рис. 2. Разрез по камерам

с одной стороны и Тестовской улицы – с другой.

В свою очередь этот участок земли тоже имел свои недостатки для планируемого строительства. Его крайне малые размеры требовали закрытия Тестовской улицы, с занятием проезжей части стройплощадкой, что было отклонено соответствующими городскими организациями. В соответствии с проектом организации движения удалось согласовать только локальное сужение Тестовской улицы с частичным занятием ее проезжей части. Несмотря на это, площадь стройплощадки непосредственно над трассой проектируемого метрополитена для монтажа щитов была чрезвычайно мала и не позволяла вести сооружение традиционных монтажных камер открытого способа работ.

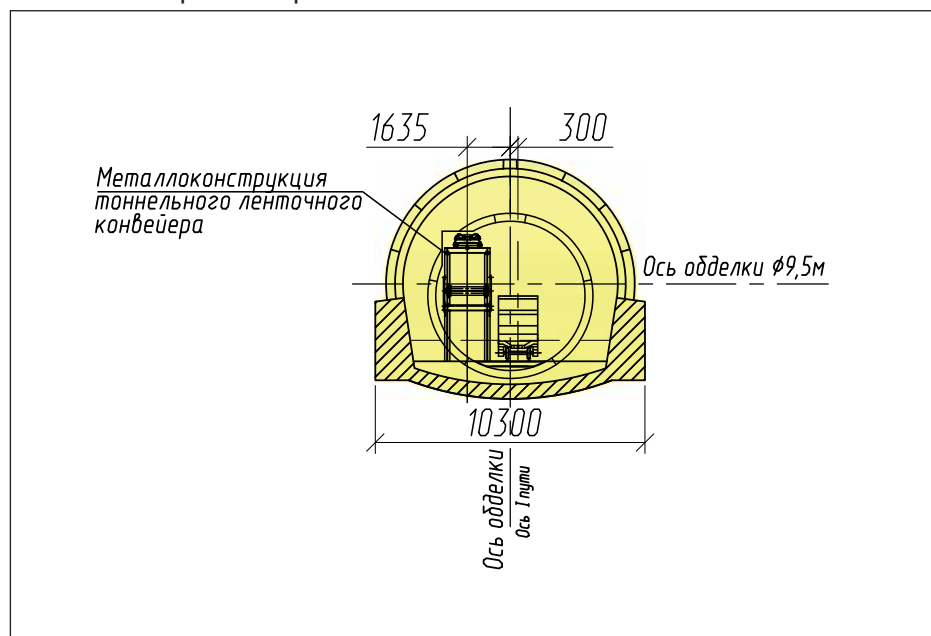
В дополнение к этому, при проектировании надо было учитывать наличие существующих опор эстакады 3-го транс-

портного кольца, непременно попадающих в зону влияния котлованов монтажных камер.

В результате присутствия таких сложных обстоятельств и сверхестественных условий, перед проектировщиками встала задача поиска нестандартных технических решений по монтажу и старту щитовых комплексов.

Проектом было предусмотрено размещение на строительной площадке (рис. 1) монтажных камер комбинированного способа работ. Планировалась и фактически была сооружена одна узкая монтажная камера открытым способом над правым и левым путями, исключительно для монтажа частей и элементов двух щитовых комплексов. Для сбора элементов и старта щитов были сооружены из котлована монтажной камеры стартовая и технологическая камеры по осям обоих проходимых тоннелей, но уже закрытым способом (рис. 2).

Рис. 3. Сечение стартовой камеры



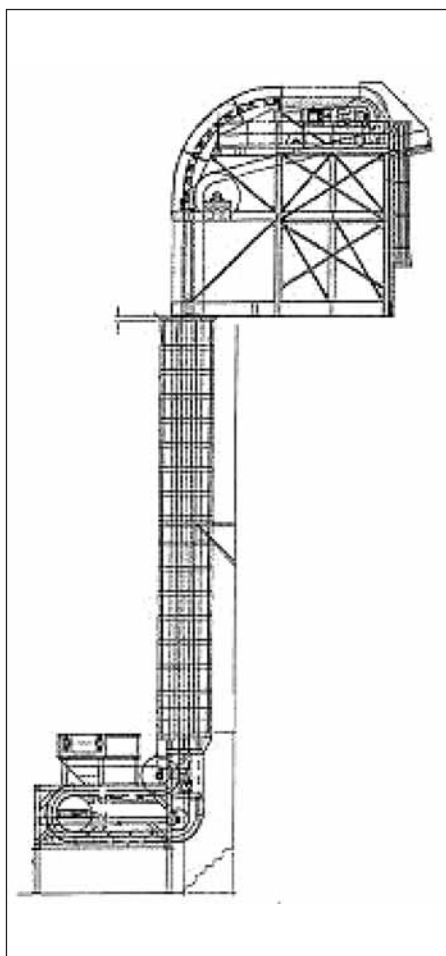


Рис. 4. Вертикальный транспортер породы

В связи со стесненными условиями, строительная площадка была оборудована минимальным набором временных сооружений бытового и производственного назначения.

В качестве ограждающей конструкции котлована монтажной камеры забурены бу-

росекающиеся сваи БСС диаметром 1220 мм. Глубина котлована – около 31 м. Минимальное расстояние от грани БСС до ближайшей опоры 3-го транспортного кольца – менее 10 м. Предельно узкий котлован камеры имеет внутреннюю ширину 10 м в зоне левого пути и 9 м в зоне правого. Также из-за крайней стесненности часть монтажной камеры по левому пути смещена на приблизительно 3 м относительно той части камеры, которая расположена по правому пути, без этого решения абсолютно не представлялось возможным разместить котлован на столь малом участке городской территории.

Конструкция котлована запроектирована таким образом, чтобы осадки дневной поверхности от его строительства в зоне опор эстакады 3-го транспортного кольца не превышали 1 см.

Из сооруженного котлована монтажной камеры, в соответствии с проектом, в сторону направления проходки были сооружены закрытым способом две стартовые камеры диаметром 9,5 м по каждому пути длиной около 19 м (рис. 2 и 3).

В первую очередь была проведена проходка двух нижних штолен, с последующим сооружением железобетонных опор обделки. Затем проходка верхней штольни, раскрытие калотты, монтаж прорезных полуколец из чугунных тубингов лебедками с опиранием на железобетонные опоры, с дальнейшей разработкой грунта сводовой части и монтажом последующих полуколец из чугунных тубингов. Сооружение обратного свода происходило отступающим порядком. Проходка велась заходками по 0,75 м, без буровзрывных работ из-за близкого расположения опор 3-го транспортного кольца. Что

касается стартовой камеры по левому пути, то ее постоянная конструкция заходит в зону грунта, непосредственно под одной опорой.

В монтажные камеры с поверхности опускались режущие планшайбы ТПМК (рис. 5).

Для обеспечения старта щитовых комплексов необходимо было обеспечить пространство для размещения технологического оборудования ТПМК. С этой целью из котлована монтажной камеры в сторону станции «Деловой центр» были сооружены закрытым способом две технологические камеры диаметром 9,5 м и длиной около 35 м, с конструкцией и организацией строительства аналогично стартовым камерам (рис. 2).

Особенностью ведения строительных работ, в виду ограниченности территории строительной площадки и крайне малых габаритов котлована, является использование для выдачи породы вертикального транспортера фирмы «Robbins» (рис. 4). Порода, поступающая при разработке щитовыми комплексами, по штатному ленточному конвейеру (рис. 3) попадала в приемный бункер вертикального транспортера, откуда последним выдавалась на поверхность. Подача необходимого оборудования и материалов (блоков обделки, тампонажного раствора, трубопроводов, рельсов, кабелей и др.) производилась при помощи стационарно установленного крана.

Благодаря принятым техническим решениям, в крайне стесненных условиях градостроительной ситуации, удалось смонтировать и собрать щитовые комплексы в монтажной и стартовых камерах, произвести старт щитов, разместив все необходимое оборудование комплексов в технологических камерах, а также обеспечить подачу материалов и выдачу грунта через котлован монтажной камеры во время щитовой проходки всего проектируемого участка.

Следует отметить, что немаловажную роль в разработке проектных решений сыграл конструктивный диалог со строительной организацией ООО «СМУ Ингеоком». Дальнейшая успешная реализация проекта – также безусловная заслуга строителей.

Ключевые слова

Тоннелепроходческие механизированные комплексы, Тестовская улица, стартовая камера.

Tunnel boring machines, Testovskaya street, starting camera.

Для связи с авторами

Кемеж Светлана Николаевна
KemejS@metroprotrans.com
Харламов Александр Иванович
HarlamovA@metroprotrans.com
Федоров Олег Вячеславович
FedorovO@metroprotrans.com

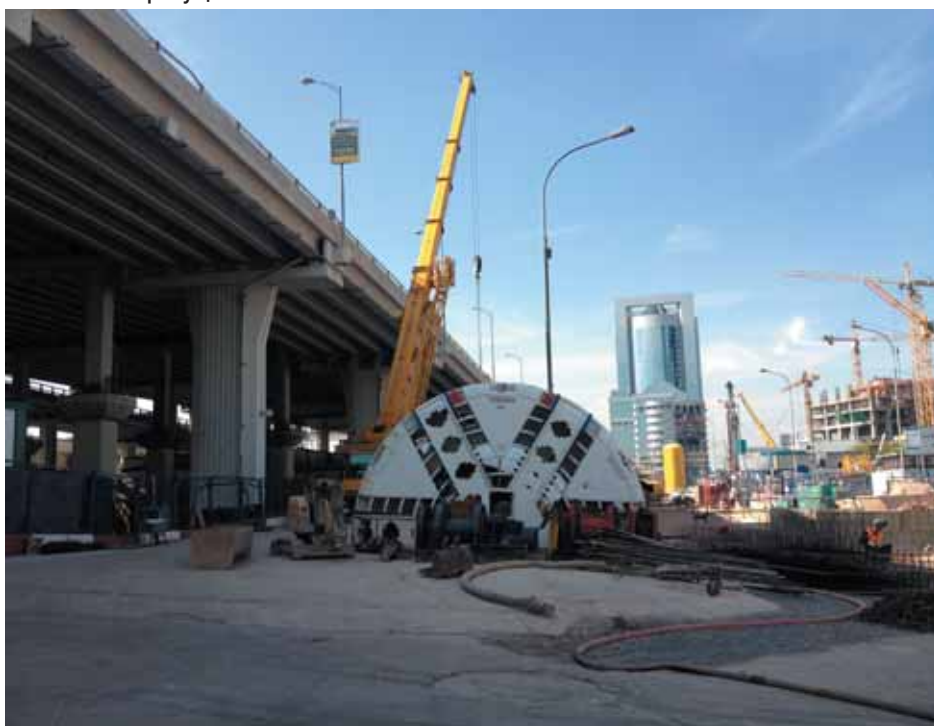


Рис. 5. Монтаж режущей планшайбы ТПМК

СКАНИРУЮЩАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ В ТОННЕЛЕ

В. В. Космин, Российская академия транспорта



Система Dibit на колесном (слева) и рельсовом (справа) ходу

Необходимость геометрических измерений в тоннеле возникает непрерывно: и в процессе строительства, и при эксплуатации, и при реконструктивных работах. Цель таких измерений – определение геометрических характеристик тоннельной конструкции, их соответствия проектным решениям, а также объемов выполненных строительных работ и т. п. Применительно к широкому кругу геометрических измерений фирма Dibit Measuring Technique USA, Inc. разработала гибридную технологическую систему, основанную на совместном применении лазерных средств сканирования и фотограмметрических методов и приборов. При работе этой системы высокопроизводительный лазерный сканер и цветная фотокамера высокого разрешения регистрируют поверхность тоннельной обделки на сетке точек до 2×2 мм. Полученные данные с помощью многофункционального специализированного программного комплекса преобразуются в цветное трехмерное изображение отсканированной поверхности с точностью положения точек до 1 мм, а также формируются горизонтальный план и вертикальный профиль, поперечные профили и т. п.

Полученная в различные моменты времени в ходе строительства (проходка тоннеля, устройство обделки и т. д.) геометрическая информация содержит сведения о геометрии (профиль, поперечные сечения, стыки, ниши), инженерно-геологических условиях (скальные и другие грунты, трещины, протечи и т. п.), строительных конструкциях (кладка, бетон и т. д., трубопроводы, кабели, знаки), ходе и качестве тоннелестроительных работ и служит основой для оператив-

ной подготовки документации, необходимой заказчику, подрядчику, проектировщику, инженеру-геологу, производителям работ и др. На ее основе можно оперативно, быстро и с малыми трудовыми затратами отслеживать геометрические характеристики тоннельной выработки по мере выполнения горнопроходческих и других работ, выявлять и оценивать деформации горного массива, определять объемы выполненных строительно-монтажных работ, в том числе толщину тоннельной обделки на каждый конкретный момент времени. При работе в существующем тоннеле появляется информация, необходимая для оптимизации положения оси тоннеля в плане и профиле, для оценки габаритов тоннеля, расчета объемов оставшихся СМР и т. п. Результаты последовательных измерений состояния внутренней поверхности обделки во времени на основе сети опорных точек с шагом около 50 м используются для выявления местоположения и динамики развития неблагоприятных явлений (трещины шириной до 0,3 мм, протечки, сколы и др.) и процессов.

Инструментальное оснащение сканерно-фотограмметрической измерительной системы фирмы Dibit Measuring Technique USA, Inc. включает автоматизированный тахеометр (например, Leica TCA 1201, с автоматическим обнаружением измерительных марок и безот-



Система Dibit на геодезическом штативе (треноге)

ражательным дальномером) и сканирующий блок, который можно использовать для работы «с рук», со штатива (треноги), с тележки на рельсовом или колесном ходу, для установки на буровом и другом тоннелестроительном оборудовании. Предусмотрены инструменты для крепления дюбелей и анкерных болтов. В комплект входят визирные марки двойного отражения и высокоточные стеклянные призматические марки, монтируемые на кронштейнах в расчетных местах.

Лазерное сканирующее устройство работает по импульсной схеме. Диапазон дальности сканерных измерений от 1 до 70 м, их итоговая точность ± 10 мм.

Разрешение цветной цифровой фотокамеры 24 мегапикселя, диапазон работы – от 2 до 20 м.

Скорость работы системы фирмы Dibit Measuring Technique USA, Inc. – до 1000 м/ч.

По материалам сайта www.dibit.at



АРХИТЕКТУРНО-ХУДОЖЕСТВЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЛЮБЛИНСКО-ДМИТРОВСКОЙ ЛИНИИ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

ARCHITECTURAL-ARTISTIC SOLUTION OF THE LYUBLINSKO-DMITROVSKAYA LINE OF THE MOSCOW SUBWAY

Н. И. Шумаков, главный архитектор АО «Метрогипротранс»

А. В. Некрасов, начальник архитектурной мастерской АО «Метрогипротранс»

N. I. Shumakov, Chief Architect of JSC «Metrogiprottrans»

A.V. Nekrasov, Chief architectural workshop of JSC «Metrogiprottrans»

В статье рассмотрен архитектурный образ станций Люблинско-Дмитровской линии, решенный в едином стиле, образующий незабываемый архитектурный ансамбль. Единство создается выразительным пластическим и световым ритмом, принципом колористического решения облицовки пилонов с индивидуальной облицовкой цветным мрамором для каждой станции и объемно-пространственным решением боковых залов, общим для всех станций.

In article the architectural image of stations of Lyublinsko-Dmitrovskaya Line solved in uniform style, forming an unforgettable architectural complex is considered. The unity is created by an expressive plastic and light rhythm, the principle of the coloristic solution of facing of poles with individual facing by color marble, for each station and the volume and spatial solution of side halls, the general for all stations.

Персональный состав авторского коллектива

Архитекторы: Шумаков Н. И., Некрасов А. В., Мун Г. С., Филиппов В. З., Расстегняева Н. В., Куренбаев А. Л., Петросян С. А., Шутов А. М., Молчанов В. Ю., Ильина Е. В., Расстегняев А. А., Щучкин Д. В., Трусилова Н. С., Молчанова А. С.
Художник: ст. «Фонвизинская» – Худяков К. В.

Конструкторы: Никритин О. С., Багреева О. Е., Савельева Д. Е., Шаюнова Е. В., Авдеев Е. А., Дмитриев С. С.

Сооружение северного участка Люблинско-Дмитровской линии позволит сформировать диаметральную линию метрополитена с организацией пересадочного узла на станции «Петровско-Разумовская» и позволит обеспечить транспортное обслуживание населения районов Бутырский, Тимирязевский, Бескудниковский, Западное и Восточное Дегунино с численностью населения более 400,0 тыс. чел.; создаст скоростную связь между северными, центральными, юго-восточными и южными районами города и снизит нагрузку действующих пересадочных узлов.

Люблинско-Дмитровская линия запроектирована в подземном исполнении, от станции «Марьина Роща» в северном направлении под территориями районов Марьина Роща, Бутырский Северо-Восточного административного округа, Тимирязевский, Бескудниковский, Западное Дегунино Северного административного округа, преимущественно в технической зоне, зарезервированной для ее строительства. От станции «Марьина Роща» линия прокладывается вдоль Шереметьевской улицы, Огородного проезда, улицы

Милашенкова, с пересечением Савеловского направления МЖД и вдоль Дмитровского шоссе до примыкания к нему Коровинского шоссе.

В районе примыкания к Дмитровскому шоссе Бескудниковского бульвара предусматривается ответвление от пассажирской линии соединительной ветки к проектируемому электродепо, на участке вблизи железнодорожной платформы НАТИ Октябрьской железной дороги. Заход в депо предусмотрен за станцией «Верхние Лихоборы».

Участок трассы от начала строительства до станции «Селигерская» проектируется в тоннелях глубокого заложения. На участке размещаются шесть станций: «Бутырская», «Фонвизинская», «Петровско-Разумовская», «Окружная», «Верхние Лихоборы», «Селигерская».

Предусмотрено разделение линии на пусковые участки:

- первая очередь: станция «Марьина Роща» – станция «Петровско-Разумовская» с размещением трех станций («Бутырская», «Фонвизинская», «Петровско-Разумовская») и пересадочного узла с Серпуховско-Тимирязевской линией метрополитена;

- вторая очередь: станция «Петровско-Разумовская» – станция «Селигерская» с сооружением электродепо «Лихоборы» с размещением трех станций («Окружная», «Верхние Лихоборы», «Селигерская»).

В данной статье рассматриваются станции первой очереди.

Проектирование линии метрополитена производится в увязке с существующей и проектируемой застройкой, линиями градостроительного регулирования, развитием транспортной инфраструктуры, существующими инженерными коммуникациями.

Все станции первой очереди, кроме «Петровско-Разумовской», пилонного типа; радиус центрального зала 4400 мм, ширина платформы 19100 мм, с раскрытием девяти проемов из каждого бокового зала, ширина пилонов 3000 мм, ширина проемов 3000 мм. Конструкция станции «Петровско-Разумовская» колонно-стенная, высота центрального зала 6100 мм, ширина платформы 16100 мм, в середине станции пересадка на существующую станцию «Петровско-Разумовская» Серпуховско-Тимирязевской линии метрополитена. Каждая станция имеет по два вести-

бюля с прямым или обратным заходом, соединенными с наземным пространством подземными пешеходными переходами с лестничными сходами. Лестничные сходы оборудованы пандусами для колясок и накрыты павильонами, кроме двух лестниц на станции «Бутырская», которые оставлены открытыми по градостроительным условиям.

Проектом предусмотрено обеспечить высокий уровень комфорта для пассажиров, в том числе для маломобильных групп населения, в соответствии с требованиями СНиП 35-01-2001 и ГОСТов. На каждой станции на одном из вестибюлей предусмотрены лифты, размеры которых соответствуют требованиям ГОСТа 51631-2008; в переходах, при перепаде уровней, предусмотрены пандусы с нескользким покрытием. В вестибюлях и на станциях запроектирована система визуальной и тактильной информации для слабовидящих пассажиров (световые и контрастные полосы, фактурные покрытия). Планировочные решения служебных помещений и кассовых залов вестибюлей, в зависимости от конкретных условий на каждой станции, максимально типизированы и соответствуют последним требованиям технологии метрополитена.

В отделке станций, вестибюлей, переходов используются долговечные материалы – мрамор, гранит и нержавеющая сталь. Для облицовки лестничных сходов используются плиты термообработанного гранита. Своды центральных и боковых залов станций облицовываются панелями водозащитно-декоративного зонта из алюминиевых сплавов, наклонных ходов эскалаторов панелями из стеклопластика.

Архитектурный образ станций Люблинско-Дмитровской линии решен в едином стиле, образует незабываемый архитектурный ансамбль. Единство создается выразительным пластическим и световым ритмом, принципом колористического решения (со стороны центрального зала пилоны облицованы белым мрамором, со стороны боковых тоннелей цветным мрамором, для каждой станции выбрана своя цветовая гамма) и объемно-пространственным решением боковых залов, общим для всех станций.

Станция «Бутырская»

Генеральный план

Станция расположена под Огородным проездом в месте пересечения с улицей Русавели. Станция имеет два вестибюля с выходами, расположенными по обеим сторонам Огородного проезда.

На первом этапе строительства вводятся в эксплуатацию платформенная часть и вестибюль № 2. Вестибюль № 1 сооружается вчерне. На втором этапе строительства вводятся в эксплуатацию вестибюль № 1.



Станция «Бутырская»

Объемно-планировочное решение

Объемно-планировочное решение станционного комплекса продиктовано расположением объекта в городской застройке и схемой размещения основных сооружений метрополитена, вписанных в ранее разработанный котлован.

Станционный комплекс включает в себя:

- платформенную часть (боковые залы) длиной 162,5 м;
- платформенную часть (центральный зал между нижними базами эскалаторов) длиной 94,68 м;
- подземный двухуровневый вестибюль № 1 длиной 54 м;

Станция «Бутырская»



- подземный двухуровневый вестибюль № 2 длиной 57 м.

Платформенная часть

Конструкция станции пилонного типа; радиус центрального зала 4400 мм, ширина платформы 19100 мм, с раскрытием девяти проемов из каждого бокового зала. В каждом втором проёме, со стороны вестибюлей 1 и 2, размещаются установки дымоудаления. При этом ритм пилонов сохраняется. Ширина пилонов 3000 мм, ширина проемов 3000 мм, высота центрального зала 6100 мм, ширина платформы 19100 мм.

Архитектурный образ центрального зала решается чередующимся ритмом света и тени, освещенных и неосвещенных арок и пластическим чередованием выступающего (в районе пилонов) и западающего (в районе проемов) водозащитно-декоративного зонта. Освещение создается светильниками, расположенными на пилонах, которые своим дизайном гармонично сочетаются с пластикой пилонов.

В боковых залах освещение закарнизное, располагается между панелями водоотводящего зонта разного диаметра вдоль продольной оси тоннеля, ярко освещая пассажирскую зону и притеняя зону поездов. Путевая стена облицована алюминиевыми панелями, продолжающими цилиндрическую поверхность свода с расположенными на ней

названиями станции и схемами линии. Для облицовки пилонов со стороны боковых залов применен мрамор Саянского месторождения оттенков красного цвета с темными прожилками и пятнами, со стороны центрального зала – белый.

Вестибюль № 1

Подземный вестибюль длиной 54 м, с обратным заходом, запроектирован в двух уровнях. Конструкция выполнена из монолитного железобетона.

Первый подземный уровень – уровень кассового зала, пешеходного перехода под Огородным проездом. Высота кассового зала от чистого пола до конструкции перекрытия – 3400 мм, от чистого пола до ригеля – 3100 мм. Высота от чистого пола до подвесно-

го потолка – 2900 мм. Подвесной потолок – ячеистый из алюминиевых сплавов, производства фирмы «Аланко». В подвесной потолок встроены светильники с высокоэффективными люминесцентными лампами, устройства ГТО, телекамеры. Общий рисунок подвесного потолка подчинен основной архитектурной идее крупных световых форм.

На втором подземном уровне расположены машинное помещение эскалаторов, служебные и технологические помещения.

Вестибюль № 2

Подземный вестибюль длиной 55 м, с обратным заходом, запроектирован в двух уровнях.

Конструкция выполнена из монолитного железобетона.

Первый подземный уровень – уровень кассового зала и пешеходного перехода под Огородным проездом с набором необходимых технологических помещений.

Высота кассового зала от чистого пола до перекрытия – 3400 мм, от чистого пола до ригеля – 3100 мм. Высота от чистого пола до подвесного потолка – 2900 мм. Подвесной потолок – ячеистый производства фирмы «Аланко». В подвесной потолок встроены светильники с высокоэффективными люминесцентными лампами, устройства ГТО, телекамеры. Общий рисунок подвесного потолка подчинен основной архитектурной идее крупных световых форм.

Станция «Петровско-Разумовская»

Платформенная часть

Конструкция станции «Петровско-Разумовская» колонно-стенная, высота центрального зала 6100 мм, ширина платформы 16100 мм, с раскрытием девяти проемов из каждого бокового зала. В каждом втором проеме у вестибюлей 1 и 2 размещаются установки дымоудаления. Ширина пилонов 6250 мм, ширина колонн 1000 мм, ширина проемов 4250 мм. В середине станции пересадка на существующую станцию «Петровско-Разумовская» Серпуховско-Тимирязевской линии метрополитена.

Станция «Петровско-Разумовская», среди шести станций линии, отличается своей конструктивной схемой. Колонно-стенная конструкция позволила создать ритм порталов (с колонной в центре проема) и широкими пилонами. Используя наклон пилонов и колонн в противоположных направлениях, удалось создать пластику крупных форм. Комбинированное решение закарнизного освещения (в проемах свет направлен вниз, на пилонах – вверх) создает интересную игру светотени. Цветовое решение станции монохромное, в белых тонах, с небольшими участками на платформенных стенах, облицованными зеленым мрамором Верде Малахит. Существующий наземный вестибюль реконструируется, в связи с подключением новой станции и в соответствии с новыми технологическими требованиями метрополитена. Архитектурному

Станция «Петровско-Разумовская»



облику вестибюля придаются черты современного транспортного сооружения.

Архитектурное решение боковых залов общее для всех станций – освещение закарнизное, располагается между панелями водозащитно-декоративного зонта разного диаметра вдоль продольной оси тоннеля, ярко освещая пассажирскую зону и притеняя зону поездов. Путевая стена облицована алюминиевыми панелями, продолжающими цилиндрическую поверхность свода с расположенными на ней названиями станции и схемами линий.

Вестибюль № 1

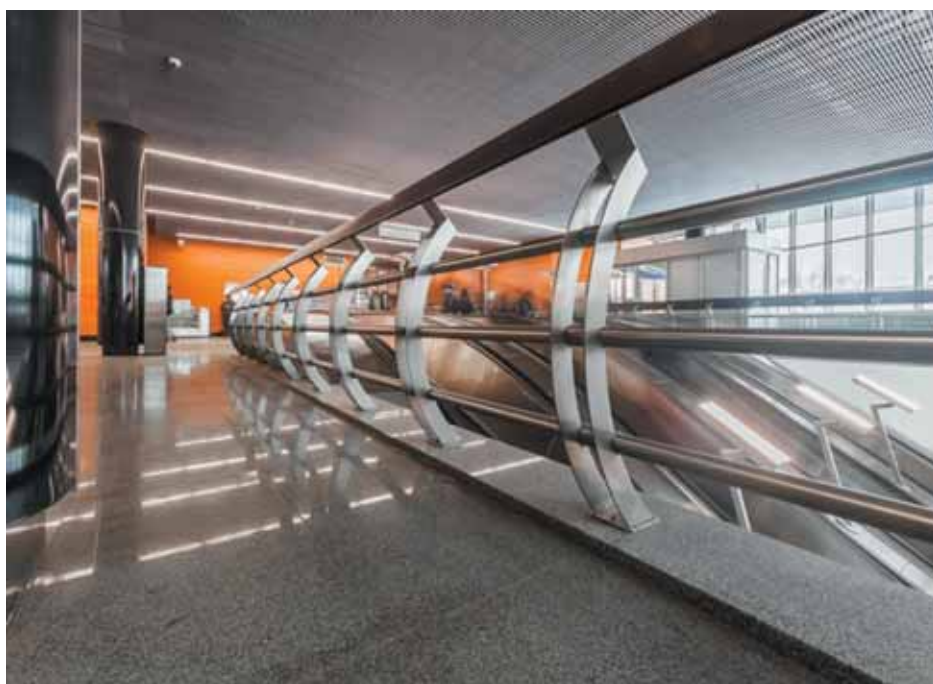
Подземный вестибюль длиной 57 м, с обратным заходом, запроектирован в двух уровнях. Конструкция выполнена из монолитного железобетона.

Первый подземный уровень – уровень кассового зала, пешеходного перехода под Дмитровским шоссе. Высота кассового зала от чистого пола до перекрытия – 3400 мм, от чистого пола до ригеля – 3100 мм. Высота от чистого пола до подвесного потолка – 2900 мм. Подвесной потолок – ячеистый производства фирмы «Аланко». В подвесной потолок встроены светильники с высокоэффективными люминесцентными лампами, устройства ГТО, телекамеры. Общий рисунок подвесного потолка подчинен основной архитектурной идее крупных световых форм. Высота пешеходного перехода от чистого пола до перекрытия – 3100 мм. Второй подземный уровень – уровень, в котором расположены машинное помещение эскалаторов, служебные и технологические помещения.

Вестибюль № 2

Первоначальное решение наземного вестибюля станции «Петровско-Разумовская» предусматривало симметричное развитие плана относительно оси главного входа. Длительное существование неполного вестибюля, при пуске в эксплуатацию Серпуховско-Тимирязевской линии (была построена часть вестибюля), привело к новой градостроительной ситуации. Стала очевидной ориентация строящегося здания на сложившуюся площадь. Существующая облицовка фасада из красного глиняного кирпича, карниз из профилированного анодированного профиля и подвесной потолок из крупных элементов из алюминия, имитирующих армоментное перекрытие, пришли не только к моральному, но и физическому износу, подвергались неоднократным переделкам и ремонту. Невозможность повторения этих архитектурных элементов продиктовала необходимость замены облицовки козырька и облицовке существующих кирпичных стен мрамором, замене витражей и подвесного потолка со встроенными светильниками.

Бруталый фасад из объемной керамики терракотовых оттенков с западающими частями из стекла и черного мрамора при-



Станция «Петровско-Разумовская»

дают зданию современный вид и задают масштаб окружающей застройке.

Архитектура интерьера отличается контрастным сочетанием светлого покрытия пола и светлой облицовки колонн с темной облицовкой стен, больших остекленных проемов и мелкой ячейки подвесного потолка. Эскалаторные наклонные ходы двух линий метрополитена расположены симметрично относительно входа в объединенный вестибюль. Помещения кассового блока и поста полиции размещены прямо напротив входа.

Станция «Фонвизинская»

Генеральный план

Станция расположена под улицей Милашенкова рядом с пересечением ее с Огородным проездом. Станция имеет два вестибюля с выходами, расположенными по обеим сторонам улицы Милашенкова.

На первом этапе строительства вводится в эксплуатацию платформенная часть и вестибюль № 1. Вестибюль № 2 сооружается позднее. На втором этапе строительства вводится в эксплуатацию вестибюль № 2.



Станция «Фонвизинская»

Объемно-планировочное решение

Объемно-планировочное решение станционного комплекса продиктовано расположением объекта в городской застройке и схемой размещения основных сооружений метрополитена, вписанных в ранее разработанный котлован.

Станционный комплекс включает в себя:

- платформенную часть (боковые залы) длиной 162 м;
- платформенную часть (центральный зал между нижними базами эскалаторов) длиной 94,675 м;
- подземный двухуровневый вестибюль № 1 длиной 48,25 м;
- подземный двухуровневый вестибюль № 2 длиной 58,48 м;
- четыре лестничных выхода на поверхность, оборудованных пандусами для детских колясок и накрытые павильонами;
- два лифтовых павильона у вестибюля № 1;

- вентиляционные киоски тоннельной и местной вентиляции.

Платформенная часть

Конструкция станции пилонного типа; радиус центрального зала 4400 мм, ширина платформы 19100 мм, с раскрытием девяти проемов из каждого бокового зала. В каждом втором проёме, со стороны вестибюлей 1 и 2, размещаются установки дымоудаления. При этом ритм пилонов сохраняется. Ширина пилонов 3000 мм, ширина проемов 3000 мм, высота центрального зала 6100 мм, ширина платформы 16100 мм.

Архитектурный образ станции решен в едином стиле с остальными станциями линии, которые образуют архитектурный ансамбль.

Основным мотивом архитектурного образа станции центрального зала является ритмическое чередование поперечных световых

арок, образованных закарнизным освещением в зоне проемов, и затененных арок, образованных пилонами и выступающим водозащитно-декоративным зонтом. Пилоны со стороны центрального зала облицованы плитами белого мрамора, а в боковых залах облицованы плитами Гранатового амфиболита.

Архитектурное решение боковых залов общее для всех станций – освещение закарнизное, располагается между панелями водозащитно-декоративного зонта разного диаметра вдоль продольной оси тоннеля, ярко освещая пассажирскую зону и притеняя зону поездов. Путевая стена облицована алюминиевыми панелями, продолжающими цилиндрическую поверхность свода с расположенными на ней надписями названия станции и схемами линии.

Вестибюль № 1

Подземный вестибюль длиной 48,25 м, с прямым заходом, запроектирован в двух уровнях. Конструкция выполнена из монолитного железобетона.

Первый подземный уровень – уровень кассового зала, пешеходного перехода под улицей Милашенкова. Высота кассового зала от чистого пола до перекрытия – 3400 мм, от чистого пола до ригеля – 3100 мм. Высота от чистого пола до подвесного потолка – 2900 мм. Подвесной потолок – ячеистый производства фирмы «Аланко». В подвесной потолок встроены светильники с высокоэффективными люминесцентными лампами, устройства ГТО, телекамеры. Общий рисунок подвесного потолка подчинен основной архитектурной идее крупных световых форм. Высота пешеходного перехода от чистого пола до перекрытия – 3100 мм. Второй подземный уровень – уровень, в котором расположены машинное помещение эскалаторов, служебные и технологические помещения.

Вестибюль № 2

Подземный вестибюль длиной 58,48 м запроектирован в двух уровнях.

Конструкция выполнена из монолитного железобетона.

Первый подземный уровень – уровень кассового зала, пешеходного перехода под улицей Милашенкова и санпропускник ГО на случай чрезвычайных ситуаций, с набором необходимых технологических помещений.

Ключевые слова

Архитектурная концепция, колористические решения, объемно-планировочные решения, декоративно-художественные композиции.

Architectural concept, color solutions, volume-planning solutions, decorative and artistic compositions.

Для связи с авторами

Шумаков Николай Иванович

ShNI@metrogiprotrans.com

Некрасов Александр Владимирович

nekrasova@metrogiprotrans.com



ПРОДУКЦИЯ ФИРМЫ CONDAT ДЛЯ ЩИТОВОЙ ПРОХОДКИ ТОННЕЛЕЙ

Щеточное уплотнение:

- WR 90NewGeneration**
- WR 89NewGeneration**
- SL 89NewGeneration**

Уплотнение привода подшипника:

- HBW NewGeneration**
- GR 130EP2**

**КОНДИЦИОНЕРЫ МАРКИ CLBF5
ДЛЯ ВСЕХ ТИПОВ ГРУНТОВ**

Avenue Frederic Mistral-B.P. 16 - 38670 Chasse-sur-Rhone, France
tel. +33 478 07-38-45, fax +33 478 07-37-67
tmsi@condat.fr, www.condat.fr

Представительство в России: ООО „ТА Инжиниринг Инт.“

127521, Москва, ул. Октябрьская, 80, стр. 3, офис 4206

тел.: (903) 7247481; (495) 9818071

CONDAT

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ГРУНТА ЩИТОВОЙ ПРОХОДКИ

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

А. С. Вознесенский, д. т. н., проф., НИТУ МИСиС

Данной рубрикой открываем периодическую публикацию кратких описаний актуальных исследований в области тоннельных технологий. Представленные ниже аннотации посвящены зарубежным работам по кондиционированию грунта щитовой проходки с грунтопригрузом, которая является основной принятой в России технологией тоннелестроения в неустойчивых грунтах.



Производственные испытания кондиционера грунта марки CLBF5 производства фирмы «Кондат», Франция

Изменения свойств извлеченного грунта с ПАВ во времени

Djeran-Maigre I, Dubujet P, Vogel TM. Variation over time of excavated soil properties treated with surfactants. Environ Earth Sci 2018; 77:67. doi:10.1007/s12665-018-7230-z

Пенообразователи часто используются для проходки тоннелей в мягком грунте. Эти добавки часто считаются биологически разлагаемыми. Однако мелкий материал обработанного извлеченного грунта обычно классифицируется как отходы, утилизируется и больше не используется. Добавление пенообразователя влияет на гидромеханические свойства грунта, поведение которого во времени остается плохо изученным. В этом исследовании оценивалось влияние поверхностно-активных веществ

на потенциал повторного использования извлеченного грунта.

С этой целью сначала проанализировали и количественно оценили механизмы ухудшения свойств. Затем использовали стандартные геотехнические испытания для характеристики изменения гидромеханических свойств обрабатываемого грунта. Пенное состояние поверхностно-активного вещества было движущей силой наблюдаемых изменений физических свойств. Период полураспада этого измененного состояния оказался довольно коротким по времени, и материал восстанавливал свои первоначальные механические свойства. С другой стороны, присутствие поверхностно-активного вещества в жидкой форме влияло на гидравлические и вязкие свойства в течение более длительных периодов времени.

Что касается изменения механического поведения, индекс сжимаемости глинистого грунта был от 0,12 до 0,24 после обработки; угол внутреннего трения обрабатываемого грунта уменьшился до 19° и восстановил начальное значение 23° через 20 дней. Большая вязкость песчаного грунта уменьшилась примерно в 100 раз после обработки. Эта вязкость механически восстанавливалась намного дольше, примерно один-два месяца. Гидравлическая проницаемость уменьшилась с введением пены от $3,4 \times 10^{-9}$ до $9,6 \times 10^{-10}$ м/с. Через один месяц общее восстановление еще не произошло. Статистический анализ с использованием метода главных компонент по механическим, гидравлическим и реологическим параметрам, измеренным как функция времени после добавления поверхностно-активного вещества, показал, что поверхностно-активное вещество ухудшалось с течением времени и грунт приближался к своим начальным условиям.

Эффекты дисперсных пен и полимеров на механическое поведение глиняной пасты

Zumsteg R, Plotze M, Puzrin AM. *Effects of dispersing foams and polymers on the mechanical behaviour of clay pastes. Geotechnique* 2013; 63:920-33. doi:10.1680/geot.12.P.044

Использование кондиционеров грунта при проходке тоннельными машинами с грунтопригрузом дает ряд преимуществ, в том числе повышение скорости проходки, более высокую степень безопасности и минимизацию осадки в различных грунтовых условиях. Дисперсные полимеры и пены добавляют для оптимизации прочности и улучшения деформационных свойств пригрузной глиняной пасты. В этой статье обсуждаются возможные эффекты некоторых коммерческих продуктов на глины.

В то время как для большинства глин кондиционирование основано на смазывании (что приводит к снижению прочности на сдвиг), для кальцинированного бентонита высокая дозировка полимера может привести к контрпродуктивному эффекту увеличения прочности материала. В случае каолина изменение механического поведения гораздо более драматично, чем просто уменьшение усилий; вместо этого почва превращается в вязкий материал, обладающий как жидкими, так и твердыми свойствами. Этот неожиданный феномен подробно описан и определены рабочие механизмы используемых диспергаторов.

Представлены измерения прочности на сдвиг в разных концентрациях полимера с различными каолинами и коммерческими диспергаторами глин. В результате показан усовершенствованный механизм смазки частиц, возникающий в результате ионного обмена и измененных электростатических сил между глинистыми поверхностями и окружающим слоем воды; эта картина подтверждается дополнительными адсорбционными и микроскопными измерениями.

Проблемы тоннелирования с EPB ТБМ в валунном грунте: новый опыт на линии метро 1, Тебриз, Иран

Barzegari G, Uromelby A, Zhao J. *EPB tunneling challenges in bouldery ground: a new experience on the Tabriz metro line 1, Iran. Bull Eng Geol Environ* 2014; 73:429-40. doi:10.1007/s10064-013-0490-7

Подземное строительство линии 1 метро Тебриза включало бурение двух тоннелей двумя машинами с грунтопригрузом в аллювиальных отложениях. Хотя такой тип машины рекомендуется для проходческих работ в тонкозернистых грунтах, ее производительность была оценена в этом проекте, где часть грунта состоит из аллювиальных отложений с размером частиц от ила до валуна и даже из каменных блоков.

Было обнаружено, что производительность тоннельной буровой машины (ТБМ) сильно снижается из-за изменения условий грунта. Во время проходки в крупнозернистых аллювиальных отложениях наблюдались многие проблемы, в том числе высокий крутящий момент режущего органа,

чрезмерный износ инструментов, разрушение частей ТБМ и неустойчивость грунта в виде крупной осадки поверхности и обрушений.

Принятые меры были направлены на то, чтобы стабилизировать грунт путем закачки цементного раствора, но это оказалось безуспешным. В обоих случаях проходок их сроки были отодвинуты. Благодаря опыту, полученному при проходке первого тоннеля, и использованию пены с высоким коэффициентом расширения в качестве кондиционера грунта в закрытом режиме, производительность ТБМ во втором тоннеле улучшилась.

Использование EPB щита диаметром 10,22 м: тематическое исследование строительства метро Пекина

Li X, Yuan D, Guo Y, Cai Z. *Use of a 10,22 m diameter EPB shield: a case study in Beijing subway construction. Springerplus* 2016; 5:2004. doi:10.1186/s40064-016-3672-5

В линию 14 метро города Пекина входят четыре станции и приблизительно 2,8 км тоннелей между районами Дунфэнбейцяо и Цзиншунлу. Из-за ограничений по поверхности и подземному пространству этого района приняли двухпутный туннель вместо двух однопутных, которые были подведены к двум станциям. Двухпутные тоннели пройдены щитом с грунтопригрузом (EPB) диаметром 10,22 м. Впервые в строительстве метро Пекина использовался щит EPB диаметром более 10 м.

Щит проходит под плотно застроенными участками города и оснащен режущим органом лучевого типа. Баланс между давлением грунтового массива и давлением в камере экскавации на забой тоннеля имеет большое значение. Ссылаясь на опыт, накопленный в тоннелировании щитами EPB, внимание уделялось процессам кондиционирования грунта и одновременного заполнения зазора за щитом, а также при изготовлении машины рассматривались некоторые специальные конструкции.

В дополнение к перемешивающим стержням, приваренным к режущей головке, были добавлены две независимо управляемые мешалки для полного смешивания всего материала в камере экскавации. Были предусмотрены независимые трубопроводы для инъекции различных кондиционирующих агентов. Внутренние испытания в сочетании с полевыми проводились для определения подходящих добавок и коэффициентов их впрыска, для определения соотношения смеси двухкомпонентного раствора для одновременного заполнения. Использовалась схема одновременного введения бентонитовой суспензии с концентрацией 8 % и пенной жидкости с концентрацией 5 % для хороших условий выемки грунта. Цемент-натриевый силикатный раствор был принят для заполнения пустот за хвостовиком щита, объем инъекции на кольцо составлял 14,1–15,3 м³.

Производительность щита и оценка соответствующих технологий тоннелирования находятся в зависимости от введенной осадки земной поверхности тоннелированием. Успех проекта имеет большое значение для строительства метрополитена в Пекине и использования подземного пространства. Выводы служат полезными ориентирами для подобных проектов.

Статья без названия о кондиционировании глинистого алевролита

Ye X, Wang S, Yang J, Sheng D, Xiao C. *No Title. Int J Geomech* 2017; 17:05016002. doi:10.1061/(ASCE)GM.1943-5622.0000791

На ранней стадии строительства линии метро Наньчан 1, Китай, происходило налипание грунта, когда щит с грунтопригрузом (EPB) проходил через глинистый алевролит с общим содержанием глинистых минералов 40,5 %. Представле-

на новая схема определения параметров кондиционирования грунта, чтобы избежать возникновения налипания, принимая во внимание как значение осадки конуса, так и показатель текучести грунта. Как показывают результаты испытаний на осадку конуса, оптимальное значение осадки для кондиционирования грунта варьировалось от 17 до 20 см, и была получена функция определения величины осадки от отношения впрыска пены (FIR) и содержания воды (w). Учитывая потребность в индексе (пределе) текучести, равном ~0,4–0,75 для обеспечения стабильности поверхности забоя, для кондиционирования грунта была предложена диаграмма. На основе графика оптимальные FIR и w для кондиционирования грунта при тоннелировании в глинистом алевролите были определены как ~19,2–23,2 % и ~14,2–36,6 % соответственно. Принимая во внимание параметры щита в проекте тоннелей и параметры грунта, методы кондиционирования грунта были реализованы в полевых условиях. Практика проходки показала, что на последнем отрезке линии метро Наньчан 1 фактически удалось избежать налипания грунта, а усилие проходки и крутящий момент органа щита значительно уменьшились.

Кондиционирование безводного песчано-галечного массива при строительстве тоннеля EPB щитом

Zhao B, Liu D, Jiang B. *Soil Conditioning of Waterless Sand-Pebble Stratum in EPB Tunnel Construction. Geotech Geol Eng* 2018; 36:2495-504. doi:10.1007/s10706-018-0478-y

Из-за большой пористости, большого трения и малого сцепления грунта, низкого уклона безводной песчано-галечной толщи есть проблемы очень сложного достижения грунтопригруза на забой в процессе строительства щитом EPB, исследуются грунты выработки в безводной песчано-галечном пласте вдоль Урумчинской железнодорожной транзитной линии 1 (L1). Выполняется серия лабораторных испытаний для исследования и оценки свойств выбранных добавок для грунтовых условий. Результаты испытаний добавок показывают, что пена А с относительно более высоким периодом полураспада, коэффициентом вспенивания и толщиной адгезионного слоя может быть принята как предпочтительная; наиболее оптимальное соотношение масс трех типов суспензий бентонитов (названных S1, S2 и S3) составляет 1:6, 1:10 и 1:15, соответственно, когда вязкость в воронке составляет около 64 с. Результаты испытаний на конус показали тенденцию к увеличению после первого снижения до нуля при использовании одной добавки, такой как вода или суспензия бентонита, и что отдельная добавка не может достичь лучшего эффекта кондиционирования почвы. Значение осадки конуса может достигать около 230 мм при условии, что грунт имеет 14-% содержание воды и только добавлено 15 % пены (концентрация водного раствора составляет 3 %), а конди-

ционированные частицы на поверхности конуса равномерно распределены, что позволяет достичь идеальный эффект в щите. Экономичное и разумное соотношение кондиционеров грунта – это содержание воды до 14 % + 6 % бентонита (соотношение бентонита составляет 1:15, вязкость в воронке составляет 65 с + 5 % пены с концентрацией 3 %. Результаты могут быть использованы для предоставления в руководстве по проходке с использованием машины EPB в данных условиях грунта.

Исследование на кондиционирование грунта при тоннелировании щитом с грунтопригрузом в Ланьчжоу: песчано-галечные водонасыщенные грунты

Zhang S-C, He S-H, Zhu Z-P, Li C-H. *Research on soil conditioning for earth pressure balance shield tunneling in Lanzhou sandy pebble strata with rich water. Yantu Lixue / Rock Soil Mech* 2017; 38:279-86. doi:10.16285/jrsm.2017.S2.039

Ланьчжоуская линия метрополитена 1 проходит главным образом через песчано-галечные слои (2–10 и 3–11), большая часть линии находится под уровнем грунтовых вод, а слои имеют высокую проницаемость.

Тоннелирование щитом с грунтопригрузом в таких слоях не только легко приведет к высокому крутящему моменту и серьезному износу режущего инструмента и шнековой подачи, но и к выносу шлама из шнекового транспортера и к инженерной аварии. Поэтому необходимо улучшить свойства песчано-галечных слоев, чтобы обеспечить безопасность тоннелирования. Бентонитовая суспензия и пена выбраны для кондиционирования песчаных зерен.

Осадку конуса, коэффициент проницаемости и коэффициент трения между шламом и стальной трубой получают для различных схем кондиционирования. Когда осадка конуса находится в диапазоне от 15 до 20 см, это оптимальная схема кондиционирования, которая может соответствовать требованию выполнимости и может заставить шнековый конвейер поддерживать баланс давления грунта, предотвратить вынос грунта, и определяется теоретическим расчетом.

Инженерная практика показывает, что эффект схемы кондиционирования с коэффициентом впрыска пены и шлама 7 и 8 % соответственно замечен, что можно дать некоторые рекомендации по кондиционированию грунта и шнекового транспортирования против выноса грунта во время щитовой проходки с грунтопригрузом в песчано-галечниковом водонасыщенном пласте в городе Ланьчжоу.

Методы оценки насыпной плотности для эффективности кондиционирования грунта

Mori I, Alavi E, Mooney M. *Apparent density evaluation methods to assess the effectiveness of soil conditioning. Tunn Undergr Sp Technol* 2017; 67:175-86. doi:10.1016/j.tust.2017.05.006

Было проведено исследование по проектам University Link и Northgate Link в Сиэтле, штат Вашингтон, для изучения использования очевидных методов оценки плотности, для идентификации воздушных карманов и проблем с закупориванием в камере грунтопригруза (EPB) тоннельной буровой машины (ТБМ).

Как воздушные карманы, так и проблемы с подключением могут возникнуть в результате неправильного кондиционирования грунта и неспособности ТБМ правильно смешивать грунт с кондиционирующими агентами. Плотность грунта явно ниже единицы указывает на образование воздушного кармана в верхней части камеры, а кажущаяся плотность выше показателей в массиве – развитие проблемы закупоривания в проемах режущей головки и в герметичной камере. Из проведенного исследования можно сделать вывод о том, что представленные очевидные методы оценки плотности являются эффективным способом определения проблем в камере экскавации EPB ТБМ и могут использоваться как средство для улучшения процесса кондиционирования грунта.

Экспериментальное изучение устойчивости пены под давлением для тоннелирования ТБМ с грунтопригрузом

Wu Y, Mooney MA, Cha M. *An experimental examination of foam stability under pressure for EPB TBM tunneling. Tunn Undergr Sp Technol* 2018; 77:80-93. doi:10.1016/j.tust.2018.02.011

Пена как средство для кондиционирования почвы широко используется в тоннельных буровых машинах (ТБМ) с грунтопригрузом (EPB) для изменения механических и гидравлических свойств и для эффективной выемки грунта. Устойчивость пены является критическим параметром, который влияет на работоспособность пен и пеногрунта. В настоящем документе рассматривается стабильность пены под давлением через новую систему: формирование пенообразования – камера давления – система контроля пенообразования. Был проведен комплекс экспериментов с пеной для изучения физического явления распада пены и зависящих от времени свойств пены под давлением.

Результаты испытаний показывают, что потери жидкости в пене не являются эффективным показателем для характеристики стабильности пены, в то время как потеря объема пены является более подходящим показателем ее стабильности. Результаты также показывают, что дренаж пенной жидкости значительно замедляется при более высоком давлении в камере, поскольку пузырьки пены меньше и более однородны. Размер пузырьков в сухих и влажных пенах существенно не отличался.

Для связи с авторами

Мазеин Сергей Валерьевич
maz-bubn@mail.ru
Вознесенский Александр Сергеевич
al48@mail.ru



ПАМЯТИ АЛЕКСАНДРА ИВАНОВИЧА САЛАНА



11 октября 2018 г. скончался Александр Иванович Салан – бывший заместитель генерального директора – главный инженер научно-исследовательского, проектно-изыскательского института «Ленметрогипротранс».

Александр Иванович родился в г. Киеве 2 декабря 1941 г. Свои первоначальные профессиональные знания о проектировании и строительстве тоннелей и метрополитенов он получил в техникуме, а затем в Киевском автодорожном институте, и в 1963 г. начал свою трудовую деятельность по проектированию метрополитенов и тоннелей в институте «Киевметропроект», где прошел путь от техника до главного инженера проекта.

В этот период Александр Иванович интенсивно занимался спортом, был членом Олимпийской сборной команды СССР по каноэ, имел звание мастера спорта СССР. Сплавался по очень сложным горным рекам: Катунь, Черемош и др.

В 1978 г. Александра Ивановича назначают главным инженером филиала Ленметрогипротранса – Бамтоннельпроекта, а с 1979 г. он становится его начальником. Во многом дело, начатое первым начальником Бамтоннельпроекта Николаем Ивановичем Кулагиным, Александр Иванович успешно продолжает. Формирует многофункциональный коллектив для решения многочисленных проблем сооружения тоннелей Байкало-Амурской железнодорожной магистрали. Были построены здания в г. Северобайкальске и пос. Северомуйске для ведения проектных работ и проживания сотрудников филиала.

Преодоление зон тектонических разломов, представленных дезинтегрированными до песка и глины грунтами при гидростатическом давлении до 5 МПа, тектонические напряжения в горном массиве, сейсмоопасность района строительства 9 баллов требовали неординарных решений. Александром Ивановичем совместно с учеными и строителями были созданы новые технологии строительства тоннелей в зонах тектонических разломов, сейсмостойкие конструкции обделок, не имевших аналогов в тоннелестроении и позволивших в сложнейших инженерно-геологических, сейсмических и природно-климатических условиях успешно построить тоннели БАМа. За разработку новых технических решений при сооружении тоннелей БАМа А. И. Салану было присвоено звание лауреата премии Совета министров СССР.

В 1986 г. Александр Иванович был назначен начальником конструкторского отдела Ленметрогипротранса, а в 1990 г. становится главным инженером института. При его непосредственном участии были созданы и построены: одно-

сводчатая, двухэтажная пересадочная станция «Спортивная» на две линии метрополитена, сложный пересадочный узел на Сенной площади, состоящий из трех станций глубокого заложения и трех линий, другие линии Петербургского метрополитена.

Большой вклад Александр Иванович внес в проектирование и строительство транспортных объектов к Олимпийским играм в Сочи. Это – автодорожные и железнодорожные тоннели от Адлера до горнолыжного курорта Альпика Сервис, реконструкция железнодорожных тоннелей от Туапсе до Адлера, автодорожные тоннели на обходе г. Сочи.

Александр Иванович оказывал техническое содействие и принимал участие в проектировании тоннелей и метрополитенов в других странах: Алжир, КНДР, Венгрия, Куба, был экспертом по проектированию тоннеля под Гибралтарским проливом.

Александр Иванович был большим любителем водного туризма. Работая на строительстве БАМа, он на надувной лодке прошел озеро Байкал с севера на юг – 720 км. На надувном катамаране путешествовал по Ладоге, Онежскому озеру, Белому морю, Кенозерью, озеру Селигер, Вуоксе.

Высокие трудовые достижения Александра Ивановича Салана неоднократно были отмечены правительственными наградами: орденом «Почета», медалями «За строительство Байкало-Амурской магистрали», «1500 лет Киева», «Ветеран труда» и другими наградами. Александр Иванович удостоен званий «Почетный транспортный строитель», «Заслуженный строитель РФ», «Заслуженный строитель Республики Бурятия», «Почетный строитель России», «Почетный гражданин России», награжден Золотой медалью им. В. Г. Шухова.

Александр Иванович был видным инженером с мировым именем в области метро- и тоннелестроения, неоднократно участвовал в международных конференциях и симпозиумах, имел многочисленные печатные труды, являлся почетным членом Тоннельной ассоциации России.

Александр Иванович был очень доброжелательным, активным, жизнерадостным и сердечным. Он прожил жизнь добросовестного и честного человека, искренне любимого родными, близкими и коллегами.

Это тяжелая утрата для всего российского сообщества подземных строителей. Вечная память!

ЯСНОВИДЕНИЕ МЕХАНИКА КАБАКОВА

В. З. Коган, Тоннельная ассоциация России

1979 год. БАМ. Поселок Северомуйск. Вечером сидим за столом с нехитрой закуской.

Борис Кабаков, механик тоннельной буровой машины, а проще – ТБМ, говорит:

– Ну вот, кольцо замкнули. Поехали...

Не сразу понял, что «поехали» – не в смысле приглашения выпить, а «начали бурение».

Изумленно спрашиваю:

– Откуда ты знаешь?

Борис поднимает глаза к потолку:

– Видишь – лампочка потускнела. Как бурить закончат, опять посветлеет.

...Северомуйский тоннель строился в дебрях Восточной Сибири на расстоянии 1100 километров от ближайшей железнодорожной станции. Для обеспечения электроэнергией грандиозного сооружения – двух параллельных тоннелей длиной по 15 с лишним километров, трех вертикальных шахтных стволов и нескольких жилых поселков – мы приняли решение построить в районе западного портала энергоузел.

Это был блок из нескольких дизельных электростанций со всеми системами обеспечения производства и распределения электроэнергии. Помимо передвижных газотурбинных электростанций на автомобильном ходу, работавших у нас на жидком топливе, здесь были размещены электростанции, смонтированные в железнодорожных вагонах, так называемые энергопоезда. Здесь же располагались рулонные емкости для хранения запасов жидкого топлива – солярки – и высоковольтные трансформаторы с распределительным устройством.

Между западным и восточным порталами Северомуйского тоннеля была построена продольная высоковольтная линия напряжением 35 тысяч вольт. От нее питались электростанцией все стройплощадки и жилые поселки тоннельщиков.

Создали диспетчерскую службу и вооружили ее радиостанциями. О проводной связи между площадками тогда еще только мечтали, а мобилников еще не было.

Сами электростанции обслуживались работниками Всесоюзного треста передвижных электростанций, а все хозяйство в целом – и не только на Северомуйском тоннеле – участком сетей и подстанций. Он был



создан в составе Управления механизации Бамтоннельстроя.

Здесь очень много сделали Анатолий Филиппович Калашник, молодой инженер-энергетик, найденный нами в Иркутске, и Василий Харитонович Фомин из улан-удэнского Бурятэнерго.

До прихода на Северомуйский тоннель большой электроэнергии – высоковольтной линии из Иркутской области – 130 (!) бензовозов «Урал» с эмблемой Бамтоннельстроя на кабинах день и ночь шли по притрассовой автодороге Усть-Кут – Северомуйск.

Автодорога – сильно сказано! Бесчисленные временные деревянные мосты, наледи, болота, «тягуны» – затяжные подъемы и прочие прелести.

Но прежде всего надо было эти электростанции доставить на западный портал тоннеля.

Вагоны-электростанции, как им и положено, приходили по железной дороге на своих колесах в порт Байкала на юге озера и загонялись на баржи.

Кстати, впервые я прибыл на место своей постоянной службы – Нижнеангарск – не прямиком из Москвы, а через Нижневартовск – заезжал посмотреть, как нефтяники переваливают энергопоезда с рельсов на баржи и затем выгоняют их на берег. Так что в этой части пальма первенства за нефтяниками.



В Нижнеангарске вагоны выгружались и ставились на спроектированные нами лыжи.

Ждали наступления зимы с устойчивым снежным покровом, и – вперед! Вагон-электростанцию, весом, если не ошибаюсь, 68 тонн, тащили два мощных «Интера» – американских бульдозера производства компании «International Harvester». Третий, такой же, шел сзади. При необходимости он подталкивал вагон и страховал его от сползания на подъемах дороги.

Позже от лыж отказались именно из-за непредсказуемого поведения вагонов на скользкой дороге. Стали тащить электростанции как они есть, то есть на своих колесах.

Дело пошло значительно веселее и надежнее, но...

Тяжеленные вагоны сильно повреждали временные деревянные мосты, построенные из бревен. Вся трасса знала заранее, когда мы потащим электростанции. На следующий день после преодоления очередного из бесчисленных мостов, бригады из строительно-монтажных поездов генерального подрядчика – треста «Нижнеангарсктрансстрой» – с проклятиями приступали к их ремонту, а порой, и восстановлению.

Отдельные моменты этих дорожных эпопей остались на кадрах кинофильмов, снятых нашим «подпольным» режиссером и кинооператором Борисом Моргуновым. «Подпольным» – потому что он проводился в платёжных ведомостях как электрослесарь.

В Нижнеангарск прилетел Дик Роббинс – хозяин и президент американской компании «Роббинс», поставившей на БАМ первую в СССР импортную ТБМ.

После официальных и неофициальных частей программы необычные гости должны были попасть в Северомуйск, на место монтажа машины.

Поскольку погода оказалась нелетная, а у гостей был жесткий график, решили отправить их в моем сопровождении машиной.

Отвалившись от гостеприимного стола, мы погрузились в УАЗик начальника Бамтоннельстроя и отбыли в ночь.

Уже давно лежал снег, дорога была накатана. Недаром говорят, что зима – лучший строитель.

Через несколько часов мы выскочили на ярко освещенную площадку. 310 километров глухой тайги остались позади.

Довольно необычно было увидеть высокие деревянные опоры с городскими ртутными светильниками. Их желтоватый свет падал на свежий пушистый снег. Где-то характерно урчал дизель. Вокруг не было ни души.

Честно говоря, я захотел удивить гостей и попросил водителя подъехать к электростанции.

– Как, по-вашему, попал сюда этот железнодорожный вагон?



После некоторой паузы кто-то из американцев ответил:

– Разобрали на узлы и завезли, а потом собрали.

– Никак нет, – усмехнулся я. – Сделай мы так, при сборке наверняка недосчитались бы узлов и деталей.

В принципе, можно понять их реакцию. Увидеть несколько железнодорожных вагонов в глухой тайге, где на сотни километров не встретишь человека – это что-то!

По возвращении в Нижнеангарск гостям показали моргуновский фильм «Трудные дороги БАМа». В него вошли эпизоды перевозки узлов машины Роббинс.

– Продайте фильм, – попросил вице-президент компании, сопровождавший Роббинса.

Я уклонился от ответа и правильно сделал. Поскольку на следующий день услышал категорическое «нет» от неусыпно бдивших органов. А какая была бы реклама для фирмы!

Хорошо помню, что в отдельные годы мы заказывали для Бамтоннельстроя до 130 тысяч тонн дизельного топлива. Цифры в годовой заявке обязательно сопровождались соответствующим расчетом потребности. Конечно, главным потребителем дизельного топлива был блок передвижных электростанций. Следом шли австрийские котельные «Кессель Лоос», работавшие на жидком топливе.

...Так вот, возвращаясь к нашему дружескому застолью: в момент включения и во время работы мощных электродвигателей режущей головки ТБМ происходило падение напряжения в электрической сети. Помните бытовое «не хватает напряжения»?

Отсюда – горение лампочек вполнакала и такое вот «пространственное ясновидение» механика Кабакова – «возможность видеть события, происходящие на удаленном расстоянии».



ПАМЯТИ СВЕТЛАНЫ АЛЕКСАНДРОВНЫ ПОНОМАРЕНКО



Счастье в нас самих!

Так считала Светлана Александровна Пономаренко, талантливый журналист, публицист, редактор, прекрасный человек, любивший жизнь, людей, свою профессию. Она ушла от нас в мир иной в летний день, 24 июня 2018 г., хотя ничто не предвещало беды.

Светлана Александровна родилась 7 апреля 1934 г. в г. Целинограде, ныне – Астане, в семье инженера путей сообщения. Ее детство и юношеские годы прошли в Москве. После окончания факультета журналистики МГУ в 1958 г. была направлена в информационно-издательский отдел Всесоюзного научно-исследовательского института транспортного строительства. В 1964-м стала научным редактором журнала «Метрострой». С тех пор более четверти века метростроение стало делом ее жизни. Она сделала все, чтобы стать в этой очень сложной инженерной отрасли профессионалом. Колесила по стране, посещая строительство тоннелей и метрополитенов в Москве, Киеве, Баку, Тбилиси, Санкт-Петербурге, в Заполярье, на БАМе.

В ее статьях всегда был тот стержень, ради которого она их писала. Технические материалы были глубоки и понятны читателям по смыслу и оригинальны по форме. Когда ушел из жизни один из основателей журнала «Метрострой» – Ефим Давыдович Резниченко, никто не удивился, что ответственным редактором этого популярного научно-технического сборника стала изящная хрупкая женщина. К ней охотно приносили свои статьи ученые, академики, профессора. После знакомства со Светланой Александровной они умудрялись заходить в редакцию просто на огонек, а она буквально боготворила своих авторов. Следуя традициям своего учителя, молодой редактор расширила структуру журнала, в нем появились новые актуальные рубрики, он стал живой историей отечественного метростроения. В тот период, а он был весьма продолжительным, Светлана Александровна без остатка отдавала редактируемому сборнику свой талант, опыт, знания... Но даже тогда нельзя было не заметить, что в этой творческой натуре живет надежда расширить свои познания, свое творчество. Она старалась вырваться за пределы техники, окунуться в мир людей. Светлана мно-

го путешествовала. Она любила русский Север, обожала Санкт-Петербург, Прибалтику, Балтийское море. Каждая поездка в Ригу, Вильнюс или Таллин, куда непременно брала с собой сына Ленью, давала новые силы и вдохновение для творчества и жизни. В каждую поездку она брала с собой статьи для журнала и часто редактировала их, сидя на берегу моря где-нибудь в Майори или Дзинтари.

С журналом «Метрострой» Светлана Александровна расставалась не без грусти. Но для себя она четко решила, что должна уйти на «заслуженный отдых», чтобы заняться чем-то еще, к чему стремится ее душа. И у нее все получилось! Не могло не получиться у такого восторженного человека, так любившего жизнь, природу, своих близких.

Много лет она действительно творила для души – стала автором обзоров, редактором и составителем сборников по обобщению литературного наследия Рерихов в Международном Центре Рерихов. Она писала о психологических вопросах бытия, о характере поведения, о значении труда, чтения, взаимности, достоинства, стойкости, справедливости, творчества, стремления к прекрасному и, конечно, о любви, потому что «Нет любви выше любви»... Это был вдохновенный творческий порыв Светланы Александровны. Она оставила мудрое напутствие молодым, способным дерзать.

Очень жаль, что этот порыв оборвался. Так внезапно, так несправедливо по отношению к увлеченному, незаурядному человеку, творящему только добро. С потерей так трудно смириться... Остается помнить и любить!

Приносим искренние соболезнования родным и близким Светланы Александровны Пономаренко, ее сыну Леониду Леонидовичу Борзенкову, архитектору Метрогипротранса.

Редакция журнала «Метро и тоннели»