

Журнал
Тоннельной ассоциации России

Председатель редакционной коллегии

С. Г. Елгаев, доктор техн. наук

Зам. председателя редакционной коллегии

В. М. Абрамсон, канд. эконом. наук
И. Я. Дорман, доктор техн. наук

Ответственный секретарь

Г. И. Будницкий

Редакционная коллегия

В. П. Абрамчук
В. Н. Александров
В. П. Антощенко
М. Ю. Беленький
А. Ю. Бочкарев, канд. эконом. наук
Н. Н. Бычков, доктор техн. наук
С. А. Жуков
А. М. Земельман
Б. А. Картозия, доктор техн. наук
Е. Н. Курбацкий, доктор техн. наук
С. В. Мазеин, доктор техн. наук
И. В. Маковский, канд. техн. наук
В. Е. Меркин, доктор техн. наук
М. А. Мутушев, доктор техн. наук
А. А. Пискунов, доктор техн. наук
М. М. Рахимов
М. Т. Укшебаев, доктор техн. наук
Б. И. Федунец, доктор техн. наук
Е. Ф. Чумаков
Т. В. Шепитько, доктор техн. наук
Е. В. Щекудов, канд. техн. наук

Тоннельная ассоциация России

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

Компьютерный дизайн и вёрстка

С. А. Славин

Фотограф

С. А. Славин

Журнал зарегистрирован

Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов
журнала только с письменного
разрешения издательства
© ООО «Метро и тоннели», 2014

№ 4 2014

Новые станции

Станция «Спартак» приняла первых пассажиров **3**

Е. И. Стрелкова

Проектные решения

Бутовская линия метрополитена на участке
от ст. «Улица Старокачаловская» до ст. «Битцевский парк» **6**

А. З. Закиров, С. Н. Аль-Кудях

Зарубежный опыт

Безопасность, надежность и охрана окружающей среды –
приоритеты современного тоннелестроения
(по итогам работы Тоннельного конгресса в Швейцарии) **10**

В. Е. Меркин, И. Я. Харченко

Актуальная тема

Развитие метрополитена открывает перспективы
комплексного освоения подземного пространства **16**

С. Н. Алпатов

Специальные способы работ

Минеральные вяжущие для тампонажа в геотехнике **18**

М. Е. Володин

Тоннельная обделка

Резиновые эластомерные уплотнители
для сегментов тоннельной обделки **22**

Вернер Грабе

Технические решения

Преимущества тоннелей из опускных секций
при сооружении транспортных переходов
через протяжённые водные (морские) преграды **28**

Е. Н. Курбацкий

Обобщая опыт

Вертикальные и наклонные тоннели
в транспортном строительстве
(эволюция конструктивных решений
и технологий сооружения) **34**

В. А. Гарбер

СОДЕРЖАНИЕ



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ

Новая станция «Спартак»
Московского
метрополитена



реклама

Вентиляторы для тоннелей и станций метрополитенов

Свердловская область, г. Артемовский, ул. Садовая, 12

Тел.: (343 63) 58-112, 58-105, 58-100

Факс: (343 63) 58-158

E-mail: ventprom@ventprom.com

Web: www.ventprom.com



Система менеджмента качества
соответствует международному
стандарту ISO 9001:2008

СТАНЦИЯ «СПАРТАК» ПРИНЯЛА ПЕРВЫХ ПАССАЖИРОВ

Е. И. Стрелкова, специалист службы по связям с общественностью ОАО «Мосинжпроект»



МОСИНЖПРОЕКТ
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
101990, Москва, Сверчков пер., д. 4/1. Тел.: (495) 623 49 91

Москва готовится стать центральным городом Чемпионата мира по футболу, который пройдет в России в 2018 г. Игры Чемпионата должны принять два стадиона – модернизированная арена «Лужники» и новый стадион «Открытие-Арена». Чтобы тысячи зрителей имели возможность комфортно добраться до новой спортивной арены, необходимо решить вопросы ее транспортной доступности. Именно этой цели послужит станция метро «Спартак», за строительство которой отвечает инженеринговая компания «Мосинжпроект».

Открытие 22-й по счету станции Таганско-Краснопресненской линии Московского метрополитена при участии мэра Москвы Сергея Собянина состоялось одновременно с новой спортивной ареной 27 августа 2014 г. «Эта станция позволит активно развивать территорию Тушинского поля, во-первых, а во-вторых, создать здесь большой транспортно-пересадочный узел, который будет функционировать уже в ближайшие дни», – заявил мэр.

От «Волоколамской» до «Спартак» почти 40 лет

Станция метро «Спартак» возведена в основных конструкциях еще в 1975 г. в рамках строительства участка Краснопресненского радиуса Московского метрополитена от ст. «Октябрьское поле» до ст. «Планерная».

На общедоступных схемах метро до 2013 г. станция фигурировала лишь один раз – в брошюрах, выпущенных ко Дню 50-летия Октября, где была отмечена как «Аэрополе». Дело в том, что изначально станцию планировали с расчетом на строительство жилого района на территории Тушинского аэродрома с сохранением части аэрополя под проведение городских мероприятий.

На перспективных схемах развития метрополитена начала 70-х гг. XX века станция получила проектное название «Волоколамская», присвоенное ей в привязке к проходящему рядом Волоколамскому





шоссе. От проекта строительства нового района к тому времени уже отказались, и станцию решили законсервировать «до лучших времен», так как других объектов массового притяжения горожан в этом районе не было. После завершения строительных работ на участке каркас станции, так и не получивший вестибюлей и внутренней отделки, засыпали.

Станция «Спартак» – неглубокого заложения, построена открытым способом. По своей конструкции она является типовой колонной трехпролетной станцией, аналогичной «Тушинской».

С момента заложения до консервации в 1975 г. строители выполнили по сути «скелет» станции: смонтировали основные элементы платформы, установили элементы станционной отделки (плиты перекрытия, стеновые панели), выполнили выходные элементы в виде наклонных плит и поддерживающие конструкции – колонны. Колонны на «Спартаке» расположены вдоль платформы длиной 156 м в два ряда по 26 в каждом. Колонны сборные, железобетонные, размером от 650×650 до 750×750 мм в сече-

нии (без облицовки), высотой 3,25 м. Шаг колонн по осям составляет 5 м, поперечный размер между колоннами по осям – 6,5 м.

Первоначальная идея оформления тогда еще «Волоколамской» кардинально отличалась от современной. Отделку предполагалось выполнить в серо-желтой гамме с вкраплениями синей мозаики на путевых стенах, колонны облицевать коричневым гранитом и украсить медными барельефами с изображением куполов Волоколамского кремля. Невостребованный в Москве проект передали для реализации на строительстве станции «50 лет СССР» (ныне – «Мирзо Улутбек») Ташкентского метрополитена, открытие которой произошло в 1977 г.

Новая жизнь старой станции

Идея расконсервации станции не раз возникла у столичных властей с 1990-х гг. Окончательно решение было принято в 2012 г., когда назрела необходимость в обеспечении транспортной доступности строящегося стадиона. Кроме того, новая станция позволит повысить качество транспортного обслуживания жилых

кварталов Северо-Западного района, снизив пассажирскую нагрузку на станцию «Тушинская». Этой цели также будет отвечать и транспортно-пересадочный узел возле станции «Спартак», который объединит метрополитен, железнодорожный и наземный транспорт.

С момента расконсервации на станции выполнен комплекс мероприятий по ликвидации водопроявлений в зоне станции. Построены и сопряжены с существующими конструкциями два вестибюля и подземный пешеходный переход, проложены магистральные линии связи, реконструированы и обновлены проходные кабельные элементы и слаботочные системы, выполнен комплекс работ по присоединению станции к электрическим сетям метрополитена.

Современный проект дизайна станции выполнен по заказу Мосинжпроекта. При разработке концепции архитекторы использовали спортивную тематику. На платформе – колонны, отделанные белым мрамором. Путевые стены украшены ударопрочными витражными панно с футбольными сюжетами. Также предусмотрены четыре зоны ожидания со скамьями по обеим сторонам платформы.

«Основной особенностью является то, что отделка платформенной и путевой зоны выполнялась в кратчайшие сроки. Работы велись в ночное время в технологические окна метрополитена, всего по 2,5 часа в сутки», – рассказал начальник отдела общестроительных и горнопроходческих работ ОАО «Мосинжпроект» Алексей Исаев.

Попаст на станцию можно через два вестибюля – «Южный» и «Северный». Как наземные они предусматривались первым проектом станции, однако с учетом новой градостроительной ситуации, связанной с нахождением рядом крупного спортивного объекта, в современном проекте архитектурно-планировочные решения по размещению вестибюлей пересмотрены.

Так, «Южный» вестибюль в итоге построили подземным и несколько изменили место его расположения по сравнению с первым



проектом. Все четыре лестничных выхода из вестибюля на поверхность оборудованы пандусами и лифтами для удобства маломобильных групп граждан. Вестибюль фактически находится на территории спортивного комплекса. Чтобы поддержать спортивную тематику в дизайне, его украсили светильниками в виде олимпийских факелов.

«Северный» вестибюль остался наземным. Его расположение на плане практически не изменилось относительно советского проекта. Спуск в метро и подъем на поверхность из вестибюля осуществляются эскалаторами. Фасад вестибюля полуцилиндрической формы и имеет витражное остекление, оживляющее станцию солнечным светом. При подъеме на эскалаторе можно увидеть тематическое панно, отражающее символику футбольного клуба «Спартак».

Станция метро «Спартак» – это знаковый транспортный объект для Северо-Западного района Москвы. Она не только поможет дорожным системам столицы справиться с транспортными нагрузками в период проведения Чемпионата мира по футболу в 2018 г., но и может стать неким драйвером развития округа, сделав его более привлекательным с точки зрения инвестиций и девелопмента. «Впервые за последние 40 лет с момента закладки здесь станции метро у Тушинского по-



ля появляются новая функция и прекрасные перспективы. Новая набережная Москвы-реки, благоустроенная пешеходная зона, отели и спортивные объекты придут на смену заброшенному аэродрому. Уже сейчас можно точно

сказать: бывший аэродром Тушино станет одним из крупнейших спортивных кластеров Москвы», – отметил заместитель мэра Москвы по вопросам градостроительной политики и строительства Марат Хуснуллин.



ЮБИЛЯРЫ ОТРАСЛИ



После окончания МИИТа в 1961 г. Валерий Меркин пришел в СМУ-8 начальником смены, мастером шахтной поверхности. Затем он – конструктор 1-й категории в проектно-конструкторском бюро ВНИИ Транспортного строительства. В аспирантуру ЦНИИ МПС поступил инженер с блестящей подготовкой, опытом производственника и проектировщика, богатым творческим потенциалом, успешно реализованным в последующей деятельности старшим инженером, младшим, а затем старшим научным сотрудником, заведующим лабораторией и с 1986 г. отделением «Тоннелей и метрополитенов» института, директором НИЦ «Тоннели и метрополитены». С 2012 г. Валерий Евсеевич является начальником центра – заместителем директора института по на-

1 сентября 2014 г. исполнилось 75 лет Валерию Евсеевичу Меркину – доктору технических наук, профессору, академику Российской академии транспорта, заслуженному строителю Российской Федерации, заслуженному изобретателю РСФСР, почетному транспортному строителю, лауреату премии Совета Министров СССР.

уже НИЦ по освоению подземного пространства ОАО Института по изысканиям и проектированию инженерных сооружений «Мосинжпроект».

Начиная с 70-х гг. под руководством В. Е. Меркина и при его непосредственном участии разрабатывались все основные нормативные документы, новые методы, конструкции и технологии, решались актуальные проблемы строительства метрополитенов и транспортных тоннелей на всей территории бывшего Союза, включая горные тоннели БАМа и Закавказья, городские тоннели в Москве, Санкт-Петербурге и Перми.

В. Е. Меркин принимал непосредственное участие в научном сопровождении проектирования и возведения таких уникальных комплексов, как первая в Москве одноводчатая станция метрополитена глубокого заложения «Тимирязевская», многоярусная подземная автостоянка на Манежной площади, Северомуйский и другие тоннели БАМа.

Большой личный вклад внес В. Е. Меркин в проектирование и сооружение крупнейших подземных сооружений 3-го транспортного кольца Москвы. Под

его научным руководством и при его личном участии, начиная с 1996 г., были разработаны и успешно реализованы Комплексные программы научно-технического сопровождения строительства многоярусных тоннельных сооружений на Кутузовской, Гагаринской, Волоколамской и Нахимовской транспортных развязках и крупнейших в Европе городских Лефортовского и Серебряноборских тоннелей. Валерий Евсеевич принимал участие в обеспечении строительства транспортной развязки в районе станции «Сокол» Московского метрополитена.

В. Е. Меркин автор около 200 научных трудов, включая 3 учебника и 7 монографий, 69 изобретений. Награжден медалями «За строительство Байкало-Амурской магистрали», «В память 850-летия Москвы» и орденом Почета.

ОАО «Мосинжпроект», Тоннельная ассоциация России, редакция журнала «Метро и тоннели» сердечно поздравляют Валерия Евсеевича с 75-летием и желают ему долгих плодотворных лет деятельности на благо нашего Отечества!



БУТОВСКАЯ ЛИНИЯ МЕТРОПОЛИТЕНА НА УЧАСТКЕ ОТ СТ. «УЛИЦА СТАРОКАЧАЛОВСКАЯ» ДО СТ. «БИТЦЕВСКИЙ ПАРК»

А. З. Закиров, Вице-президент ОАО «Метрогипротранс»
С. Н. Аль-Кудях, заместитель ГИПа ОАО «Метрогипротранс»

Для улучшения транспортного обслуживания населения районов Северное и Южное Бутово, разгрузки Серпуховско–Тимирязевской линии (СТЛ) Московского метрополитена было принято решение о продлении Бутовской линии от ст. «Улица Старокачаловская» до ст. «Новоясеневская» Калужско–Рижской линии (КЛР) метрополитена с размещением станции и организацией пересадочного узла.

Ранее выполненная проектная работа «Бутовская линия метрополитена на участке от ст. «Улица Старокачаловская» до ст. «Битцевский парк», получившая положительное заключение государственной экспертизы ФАУ «Главгосэкспертиза России» в марте 2012 г., скорректирована на основании писем Департамента строительства г. Москвы от 24.02.2012 г. и от 12.04.2013 г. и согласована комитетом по архитектуре и градостроительству города Москвы.

Корректировка проектной документации по Бутовской линии метрополитена на указанном участке выполнялась ОАО «Мосинжпроект» и субподрядными организациями: ОАО «Казметрострой», ОАО «Метрогипротранс», ОАО «Казгражданпроект», ООО «СтройИнжПроект», ООО «АПК», ООО «Проектные Энергетические Системы», ОАО «ОПТИМА», ЗАО «ЭлеСи», ООО «НПО Эколандшафт», ЗАО «Институт ПРОМОС», ГУП НИИПИ Генплан, НИЦ ТА, ООО «Автодорцентр», ЗАО «НПЦ ИРЭБ», ЗАО «Москапзашита», ЗАО «Институт Промос», Тоннельная ассоциация России, НИИПИ ЭГ, НИЦ ТМ, ООО «ИМВ-Консульт», Столичное археологическое бюро, ООО «Сталформ», ГУП «Моспроект-3».

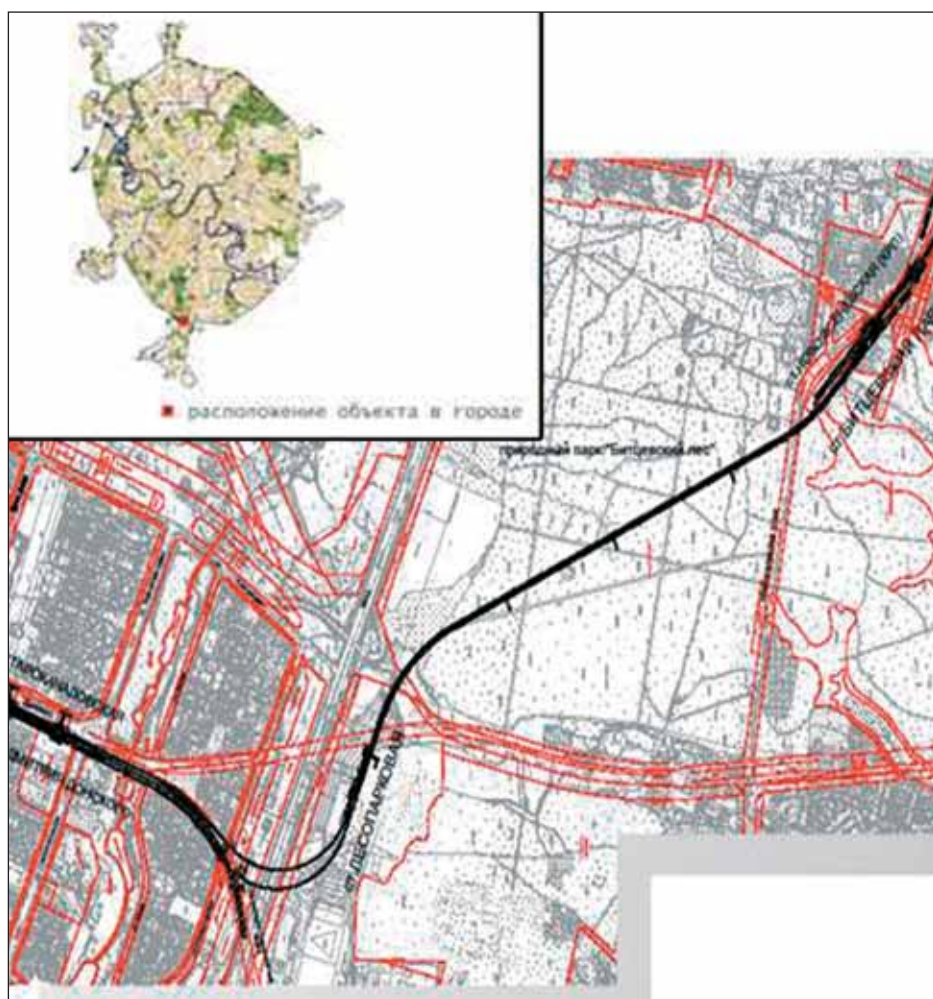
В соответствии с заданием, участок продления Бутовской линии запроектирован в подземном исполнении в тоннелях мелкого заложения. Сооружение тоннелей закрытого способа велось с помощью четырех высоко механизированных тоннелепроходческих комплексов (ТПМК) с грунтопригрузом забоя одновременно.

Проходка участка от ст. «Улица Старокачаловская» до ст. «Лесопарковая» осуществлялась двумя тоннелепроходческими комплексами LOVAT. Диаметр тоннелей составляет 5,8/5,3 м.

Участок от ст. «Лесопарковая» до ст. «Битцевский парк» сооружался комплексами Hitachi и NFM. Диаметр тоннелей составляет 5,6/5,1 м.

Обделка на всех участках закрытого способа работ принята из сборных, высокоточных, водонепроницаемых блоков с уплотнителями из резины по торцам.

Станции, а так же короткие участки прилегающих перегонных тоннелей сооружались открытым способом в котлованах с ограждающими конструкциями. Наличие на участке от ст. «Улица Старокачаловская» до



Ситуационный план

ст. «Лесопарковая» высокого уровня грунтовых вод и нестабильных грунтов, представленных обводненными пылеватыми песками, потребовало применения специальных способов – закрепление грунта методом струйной цементации и водопонижение методом «Лучевого дренажа» в котловане станции «Лесопарковая».

Начальный участок трассы линии от начала строительства до Московской кольцевой автомобильной дороги (МКАД) проходит по жилому району Северное Бутово вдоль действующего участка Серпуховско–Тимирязевской линии в технической зоне метрополитена вблизи многоэтажной жилой застройки. Далее трасса выходит за пре-

делы технической зоны, пересекает МКАД, проходит под территорией воинской части, за пределами которой размещается ст. «Лесопарковая» в районе Чертаново-Южное, ЮАО г. Москвы.

Участок между станциями «Лесопарковая» и «Битцевский парк» залегает под территорией ООПТ «ПИП Битцевский лес». В месте сопряжения со ст. «Новоясеневская» участок строительства располагается на территории района Ясенево, занимаемой частично пешеходно-прогулочной зоной ПИП «Битцевский лес», частично рынком строительных материалов «Бор-1», гаражными кооперативами, расположенными в технической зоне метрополитена.

Трасса рассматриваемого участка намечена от предохранительных тупиков за ст. «Улица Старокачаловская», проложена в технической зоне метрополитена вдоль действующего участка СТЛ до Старобитцевской улицы, где по градостроительным условиям возможен выход трассы Бутовской линии из этой технической зоны с развязкой тоннелей двух линий в разных уровнях.

До начала работ по проходке правого перегонного тоннеля под действующими тоннелями СТЛ, выполнялись работы по обследованию несущих конструкций действующего участка и математическое моделирование тоннелей процесса проходки под ним. Результаты выполненных работ показали необходимость установки разгружающих рам из швеллеров с продольными связями в действующих тоннелях перегона «Аннино» – «Бульвар Дмитрия Донского». Принятые технические решения позволили обеспечить беспросадочную проходку в сложных гидрогеологических условиях под действующим участком СТЛ без снижения интенсивности движения поездов.

При строительстве вентиляционных стволов и притоннельных сооружений на данном участке, впервые на Московском метрополитене, была применена внешняя теплоизоляция несущих конструкций, работающая в оптимальных условиях «на прижатие», а не на «отрыв».

Для снижения уровня вибрации при движении поездов и обеспечения плавности хода, в тоннелях рельсы главных путей на прямых и кривых участках свариваются в плети, а вдоль жилой застройки применяется виброзащитное верхнее строение пути.

После пересечения МКАД трасса проложена вдоль этой автомагистрали, проходит под территорией, где в настоящее время размещена воинская часть, далее в северо-западном направлении трасса идет по ООПТ – природному парку «Битцевский лес» до Новоясеневского проспекта в зону ст. «Новоясеневская».

Для строительства оборотного съезда за ст. «Битцевский парк» потребовалось выпол-



Перспектива наземной части ст. «Лесопарковая»

нить демонтаж существующего лестничного схода северного вестибюля ст. «Новоясеневская» с его последующим восстановлением по окончании производства работ.

Трасса на всем протяжении идет в тоннелях мелкого заложения. Для ускорения начала проходки и обеспечения ТПМК электроэнергией было принято решение о прокладке временных кабельных линий по тоннелям от ТПП действующих станций до поверхности земли и далее до территорий строительных площадок.

Постоянное электроснабжение участка потребовало строительство двух новых и реконструкцию существующей ТПП станции «Улица Старокачаловская», на которой также были реконструированы тупиковые венткамеры, венткамера тоннельной вентиляции, помещение ДПС, а также системы автоматики и связи, а расположенный на станции временный диспетчерский пункт службы движения был переведен в здание инженерного корпуса на станцию «Прспект Мира».

Строительная длина участка в двухпутном исчислении составляет 4,52 км, эксплуатационная – 4,49 км. В плане применены кривые радиусов 300 и 600–2500 м. Уклоны продольного профиля применены в пределах от 3 до 38 ‰.

На рассматриваемом участке размещены две станции – «Лесопарковая» и «Битцевский парк».

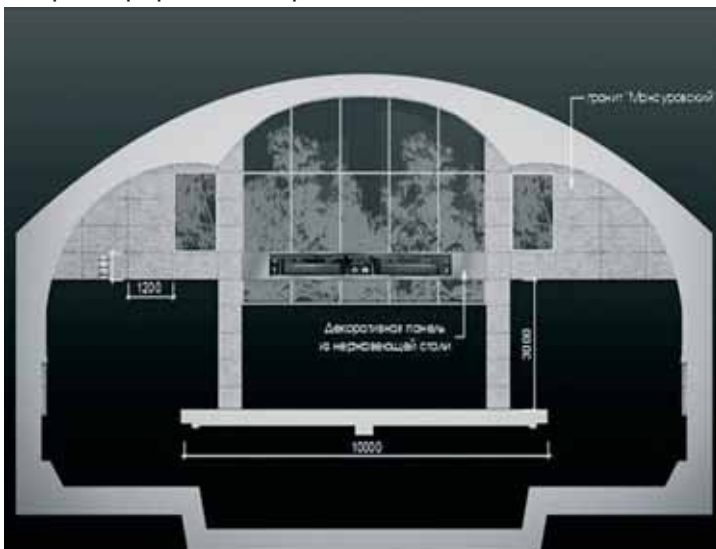
Станции приняты с платформами островного типа. Длина платформ рассчитана на прием трехвагонных составов «Русич».

«Лесопарковая» размещена в районе 35 км МКАД параллельно автодороге, на месте гаражного кооператива «Штурвал».

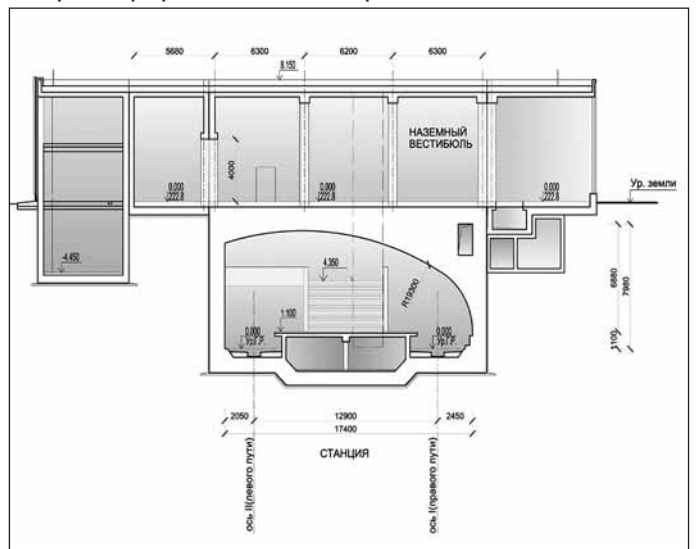
«Битцевский парк» находится в конце Новоясеневского проспекта параллельно ст. «Новоясеневская» КРЛ, образуя с ней пересадочный узел.

Пересадка на ст. «Новоясеневская» и в обратном направлении предусмотрена из северного торца, а также через южный вестибюль.

Поперечный разрез ст. «Лесопарковая»



Поперечный разрез ст. «Битцевский парк»





Перспектива платформенной части ст. «Лесопарковая»



Видовые кадры ночного освещения ст. «Лесопарковая»

Для оборота составов за ст. «Битцевский парк» организован сокращенный съезд между главными путями.

Существующее геометрическое положение ст. «Улица Старокачаловская» не позволяло разместить оборотного съезда за ней. Расположенный перед станцией перекрестный съезд не мог обеспечить количество движения более 18 пар поездов. Ввод участка Бутовской линии до ст. «Битцевский парк» и строительство оборотного съезда за ней позволило увеличить интенсивность движения на всей линии до 24 пар, что привело к сокращению времени ожидания поезда до 2–2,5 мин.

Пассажиры для участка Бутовской линии приняты по материалам НИИПИ Генплана г. Москвы. Перенаправление пассажирских потоков с СТЛ на КРЛ позволило значительно разгрузить пересадочный узел «Улица Старокачаловская» – «Бульвар Дмитрия Донского» и обеспечить комфортность передвижения граждан на данных участках Московского метрополитена.

Техническое обслуживание и ремонт подвижного состава производится в электродепо «Варшавское».

Обе станции и пристанционные сооружения запроектированы из монолитного железобетона и рассчитаны как рамы с жесткими узлами в плоской и пространственной постановках.

Классы бетона по прочности на сжатие, морозостойкости и водонепроницаемости соответственно – В30, F300, W8.

Конструкции платформенного участка станции запроектированы в комплексе с пристанционными сооружениями.

На ст. «Лесопарковая» платформенный участок принят сводчатого типа. В его торцах располагаются подземные вестибюли с лестничными спусками.

Платформенный участок ст. «Битцевский парк» – сложной конструкции: односводчатый, с несимметричной формой кессона, с лестничными спусками в центре платформы. В торце платформы – лестничная пересадка на ст. «Новоясеневская» в уровень кассового зала вестибюля.

Учитывая сложную конфигурацию сводов обеих станций, инженерами была разработана специальная механизированная пере-

движная опалубка (СВСиУ), применение которой позволило обеспечить строительство сложных архитектурных сооружений с высокоточными геометрическими параметрами.

Для поддержания комфортных условий в служебных помещениях предусмотрены системы микроклимата. В летний период используется централизованная система кондиционирования, в зимний – подаваемый воздух очищается в воздушных фильтрах, подогревается и по системам воздуховодов подается в помещения. Отработанный воздух удаляется.

Водоотливные установки – двухуровневые, оборудуются погружными насосами, не требующими строительства специальных многоэтажных сооружений.

В тупиках за ст. «Битцевский парк» предусмотрена автоматическая система водяного пожаротушения.

Для снижения потребления энергетических ресурсов, в узлах ввода наружных коммуникаций применяются энергосберегающие технологии, системы рекуперации.

Станция «Лесопарковая» мелкого заложения, сооружается из монолитного железобетона, а также, в наземной части, из металлических и светопрозрачных конструкций.

Ввод станционного комплекса намечен в два этапа.

Первый этап включает в себя:

- платформенную часть;
- подземный двухуровневый вестибюль № 1 со светопрозрачным фонарем;
- подземный двухуровневый вестибюль с временным эвакуационным выходом из вестибюля № 2 на поверхность;
- лестничный выход из вестибюля № 1 на поверхность с павильоном;
- подъемник для маломобильных групп населения у вестибюля № 1;
- вентиляционные киоски тоннельной и местной вентиляции.

Во втором этапе на месте эвакуационного выхода возводится наземный павильон над лестничным входом в вестибюль № 2 и выполняется комплексное благоустройство территории.

Объемно-планировочные решения предусматривают высокий уровень комфорта для пассажиров, в том числе для маломобильных групп населения.

Планировочные решения служебных помещений и кассовых залов вестибюлей соответствуют последним требованиям технологии метрополитена.

Платформенная часть станции представляет собой односводчатую конструкцию с трёхчастным строением свода в поперечном направлении, очерченным тремя радиусными кривыми. Спаренные кессоны, в которых размещаются светильники, расположены над краем платформы, симметрично относительно продольной оси станции.

В торцах станции организованы два выхода – по лестницам в подземные вестибюли.

На расстоянии от края платформы уложена полоса из контрастного гранита и полоса гранита с шероховатой поверхностью со снятыми фасками, выступающими от поверхности платформы.

Линии предназначены для обозначения опасных зон краев платформы, как для обычных пассажиров, так и для пассажиров с ограниченными возможностями, слепых и слабовидящих.

Подземный вестибюль запроектирован в двух уровнях. Первый уровень – кассовый зал, в котором за подвесным потолком располагаются устройства ГГО и светильники с высокоэффективными люминесцентными лампами, что создает иллюзию света, проникающего сквозь кроны деревьев, и пешеходный переход под улицей.

Во втором подземном уровне расположены служебные и технологические помещения, он совпадает с уровнем платформы станции.

Планировочное решение блока технологических помещений выполнено в соответствии с основной конструктивной схемой станционного комплекса и учитывает необходимый набор помещений для обслуживания пассажиров и функционирования станции метрополитена.

В вестибюле № 2 на первом этапе – эвакуационный выход с двумя отдельными выходами; на втором – павильон с двумя отдельными входами-выходами.

В непосредственной близости у лестничного схода расположен подъемник для маломобильных групп населения, который доставляет пассажиров с уровня земли в уро-

вень пешеходного перехода. Второй подъемник (наклонный) – из уровня кассового зала в уровень платформы станции.

Вестибюль № 2 запроектирован в двух уровнях. Первый подземный уровень – уровень кассового зала, часть которого двухсветная. Во втором подземном уровне, совпадающем по отметкам с уровнем платформы, располагаются, в основном, технологические помещения, обеспечивающие нормальное функционирование станционного комплекса.

Архитектурное освещение кассовых залов ст. «Лесопарковая» выполнено светильниками с люминесцентными лампами, платформенного участка – светильниками индивидуального изготовления с компактными люминесцентными лампами.

Станция «Битцевский парк» мелкого заложения, запроектирована в конце Новоясеневского проспекта параллельно и с северной стороны действующей ст. «Новоясеневская» Калужско-Рижской линии, образуя с ней пересадочный узел.

Размещение ст. «Битцевский парк» в плане обусловлено местоположением действующей станции, сложным рельефом местности и сложившейся градостроительной обстановкой. С северо-восточной стороны от рассматриваемой территории находится ООПТ «Природно-исторический парк «Битцевский лес»; с южной стороны расположены:

- два участка, отведенных ООО «БОР-1» под реконструкцию существующего рынка в капитальный торговый комплекс;
- конечная станция обслуживания водителей;
- насосная станция.

Станция предусмотрена с одним наземным вестибюлем с учетом возможности выхода на поверхность через ст. «Новоясеневская» с использованием пересадочных устройств. Проектируемый вестибюль расположен на месте существующего южного вестибюля действующей ст. «Новоясеневская», который до настоящего времени не эксплуатировался. Введенный в эксплуатацию вместе с участком линии совмещенный вестибюль связан лестничными ходами с серединой платформы ст. «Битцевский парк» и с южным вестибюлем ст. «Новоясеневская», что дает возможность входа-выхода пассажиров на обе станции.

План наземного двухэтажного вестибюля представляет собой овоид, продольная ось которого совпадает с продольной осью станции. Лестницы, поднимающиеся со станции, выходят к центральной части овоида, в которой находится кассовый зал, ограниченный с трех сторон стенами служебных помещений. Со стороны входной зоны, обращенной к природному ландшафту, расположены витражи остекления, которые открывают интерьер вестибюля внешнему восприятию, одновременно связывая внутреннее и внешнее пространство. Для освещения кассового зала применены тонкие линии люминесцентных светильников, расположенных параллельно длинной оси овоида, на фоне решетчатых подвесных потолков из алюминиевого спла-



Проект ст. «Битцевский парк»

ва. Архитектурное решение фасадов – это контрастное сопоставление материалов облицовки из плит объемной матовой керамики терракотового цвета и стеклянных полированных поверхностей витражей. Энергичные прямые полосы наружного остекления, с разным наклоном пересекающие плоскость керамической облицовки, придают фасаду вестибюля современный динамичный характер. В объем вестибюля также включен венткиоск действующего канала ст. «Новоясеневская». До ввода в эксплуатацию вестибюля, над действующим вентканалом соорудился временный кирпичный киоск.

Облицовка стен вестибюля выполнена из объемной керамики терракотового цвета. Входная зона акцентирована витражами. Облицовка стен кассового зала, лестничных сходов, переходов и пересадки выполнена из мрамора. Полы облицованы гранитными плитами. Вокруг вестибюля организован объезд для пожарных машин. Перед входами в вестибюль запроектирована входная площадка с заходом и лестничным сходом со стороны Новоясеневского проспекта. Площадка имеет связи в виде системы дорожек с окружающим рельефом природного комплекса. Проектом предусматривается комплексное благоустройство участка строительства с установкой велопарковок, уличного освещения, скамеек, урн, посадки цветников и высадки деревьев. Перед входом в вестибюль устанавливается на постаменте скульптурная композиция «Ковчег» работы скульптора Л. Берлина, которая ранее была демонтирована с павильона прежнего входа на ст. «Новоясеневская».

Проектом предусмотрено обеспечить высокий уровень комфорта для пассажиров, в том числе для маломобильных групп населения. Запроектированы система визуальной и тактильной информации для слабовидящих пассажиров (световые и контрастные полосы, фактурные покрытия) и два лифта. Один из лифтов устроен в центре вестибюля и доставляет пассажиров на центральную часть посадочной платформы. Второй лифт расположен на улице возле вестибюля, и доставляет пассажиров в пешеходный переход, ведущий из вестибюля

ст. «Битцевский парк» в южный вестибюль ст. «Новоясеневская». Шахта первого лифта выполнена из витражей – металлический каркас с заполнением с тонированным стеклом, второго – бетонная шахта, накрытая павильоном с тамбуром, выполненным из витражей с металлическим каркасом, с заполнением тонированным стеклом, и оснащенный системой отопления для создания комфортных условий в холодное время.

Архитектурное решение платформенного участка станции – это ассиметричный свод с протяженными поперечными кессонами, имеющими параболическую форму в плане. В кессонах размещены источники света, для обслуживания которых предусмотрена галерея, идущая вдоль всей станции с одной из ее сторон. Широкая пластика свода, опускающегося до цоколя, с одной стороны, контрастирует с высокой путевой стеной, доходящей до перекрытия станции, с противоположной стороны. Контраст усиливается активным цветовым решением стены, облицовкой для которой служит витраж, выполненный в технике художественного стекла с монументально-декоративной композицией. Витраж акцентируется световым решением станции. Цоколи путевых стен, пол станции и переходов, лестничные сходы облицовываются гранитом. Торцевые стены и парапеты лестничных сходов, врезающихся в объем станции, облицовываются керамическими плитами. Вдоль платформы по обеим ее сторонам установлены светящиеся светодиодные полосы для обозначения опасной зоны. Рядом со светодиодной полосой расположены выступающие ограничительные линии, предназначенные для обозначения опасных зон, как для обычных пассажиров, так и для пассажиров с ограниченными возможностями.

Пересадка на ст. «Новоясеневская» и в обратном направлении предусмотрена из северного торца проектируемой станции, а также через южный вестибюль действующей станции. Пропускная способность лестницы, соединяющей платформу действующей станции с этим вестибюлем, обеспечивает пропуск всех пассажирских потоков, как пересадочных, так и потоков на вход-выход.



БЕЗОПАСНОСТЬ, НАДЕЖНОСТЬ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ – ПРИОРИТЕТЫ СОВРЕМЕННОГО ТОННЕЛЕСТРОЕНИЯ (ПО ИТОГАМ РАБОТЫ ТОННЕЛЬНОГО КОНГРЕССА В ШВЕЙЦАРИИ)

В. Е. Меркин, И. Я. Харченко, НИЦ по освоению подземного пространства ОАО «Мосинжпроект»

С 11 по 15 июня 2014 г. в Центре культуры и конгрессов г. Люцерн (Швейцария) состоялся ежегодный Тоннельный конгресс, организуемый Швейцарской тоннельной ассоциацией (STS). В его работе приняли участие почти 500 специалистов из 18 стран мира, в том числе 17 из организаций – членов Тоннельной ассоциации России (Мосинжпроект, Мосметрострой, Казметрострой, Минскметропроект, ОАО «УРСТ», ЗАО «ЮГСУ», ООО «Инстройпроект-М» и ООО «СТИС») во главе с ее исполнительным директором С. Г. Елгасевым.

Представленные на конгрессе доклады, начиная с приветственного слова президента STS г-на М. Босхарда (Martin Bosshard), в основном (12 из 17) были посвящены строительству подземных объектов (транспортных и гидротехнических тоннелей) в крепких устойчивых грунтах.

Особый интерес был проявлен к информации о строительстве крупнейшей в мире Альпийской подземной транспортной системы (рис. 1). Основной базисный тоннель Готтард под Сент-Готтардским перевалом общей протяженностью 157 км включает притоннельные сооружения, обустроенные современными системами вентиляции и противопожарной защиты, обеспечивающими движение поездов по двум параллельно расположенным тоннелям длиной по 57 км каждый (рис. 2).

Прокладка тоннелей велась одновременно на семи участках с порталов, промежуточ-

ных забоев, а также наклонных шахт длиной до 2,7 км, через которые обеспечивалась доставка рабочей силы, подача материалов, машин и оборудования. Строительство осуществлялось в сложных инженерно-геологических условиях, представленных неоднородными горными породами от гранита до водонасыщенных трещиноватых известняков при высоком гидростатическом давлении. Для снижения геотехнических рисков был выполнен значительный объем инженерно-геологических исследований, по результатам которых определяли наиболее рациональные для разных участков трассы технологии и оборудование, как с применением тоннелепроходческих комплексов (ТПМК), так и горным способом. Всего было задействовано четыре ТПМК диаметром 9,5 м и длиной 450 м, оборудованных автоматизированными установками для крепления выработок набрызг-бетоном (рис. 3). Стоимость одного такого комплекса примерно 30 млн швейцарских франков.

При горном способе проходки тоннеля применялся как взрывной, так и механический метод разрушения горной породы с обеспечением в полном объеме предусмотренных проектом технологии и мер безопасности: набрызг-бетон, анкерное крепление, монтаж армирующих матов и т. д. (рис. 4).

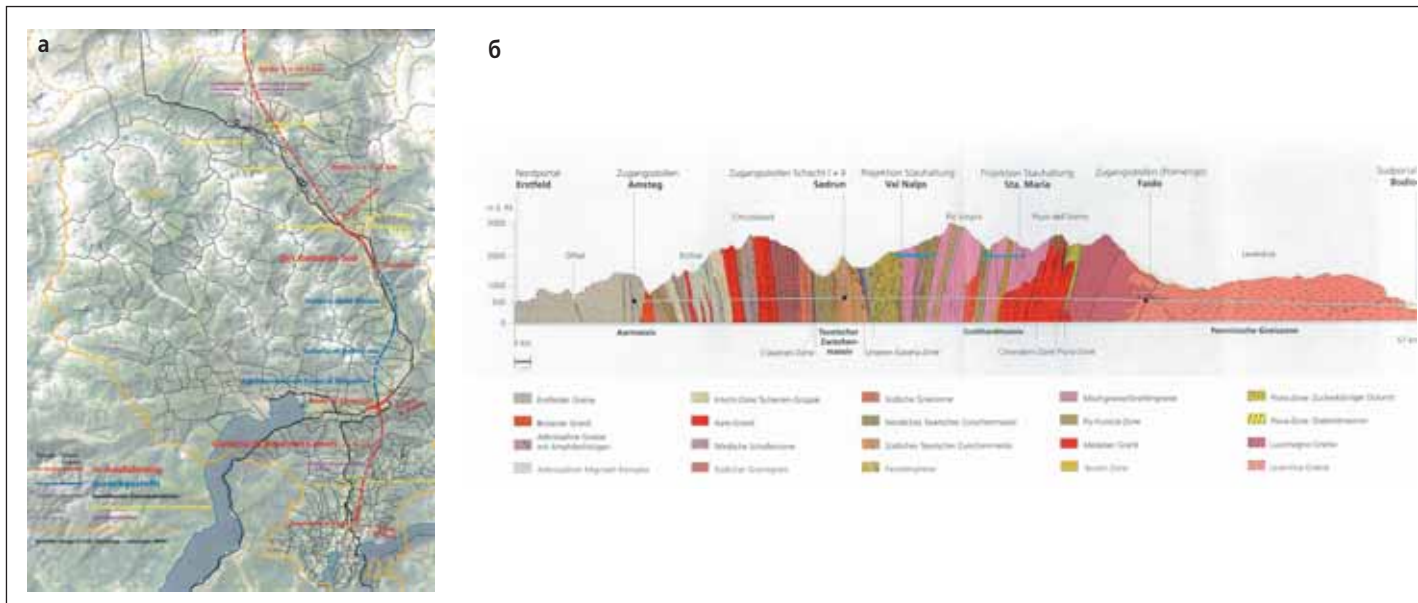
В связи с тем, что эксплуатация тоннелей предусматривает пропуск поездов скоростью до 250 км/ч, особые требования предъ-

являлись к геодезическому сопровождению процесса строительства. С этой целью использовался комплекс геодезических инструментов, в том числе инфракрасный автоматизированный тахеометрический комплекс и лазерное сканирование, обеспечивающее точное измерение геометрии тоннеля, его фотофиксацию и объемную интерпретацию. Этот же сканер применялся для сканирования внутренней поверхности тоннеля при сдаче его в эксплуатацию, для фиксации трещин, каверн, протечек и других дефектов с целью их своевременного устранения и дальнейшего мониторинга в процессе эксплуатации.

Размещенные в притоннельных сооружениях инженерные системы включают системы вентиляции, климатизации, электроснабжения, противопожарной защиты, водо- и канализационные системы, работающие в автоматическом режиме. Управление всеми инженерными системами, а также контроль движения поездов осуществляется из центральной диспетчерской, расположенной в 6-этажном здании со стороны северного портала.

Хорошо организованная конгрессом техническая экскурсия в Сигирино (Sigirino) на строительство второго по масштабам в системе строящихся в Швейцарии альпийских тоннелей транзитного базового тоннеля Ченери (Alp Transit Ceneri Basistunnel) длиной 15,4 км между городами Альтдорф (Altdorf) и Лугано (Lugano)

Рис. 1. Схема расположения тоннелей Трансальпийской транспортной системы: а – план; б – профиль



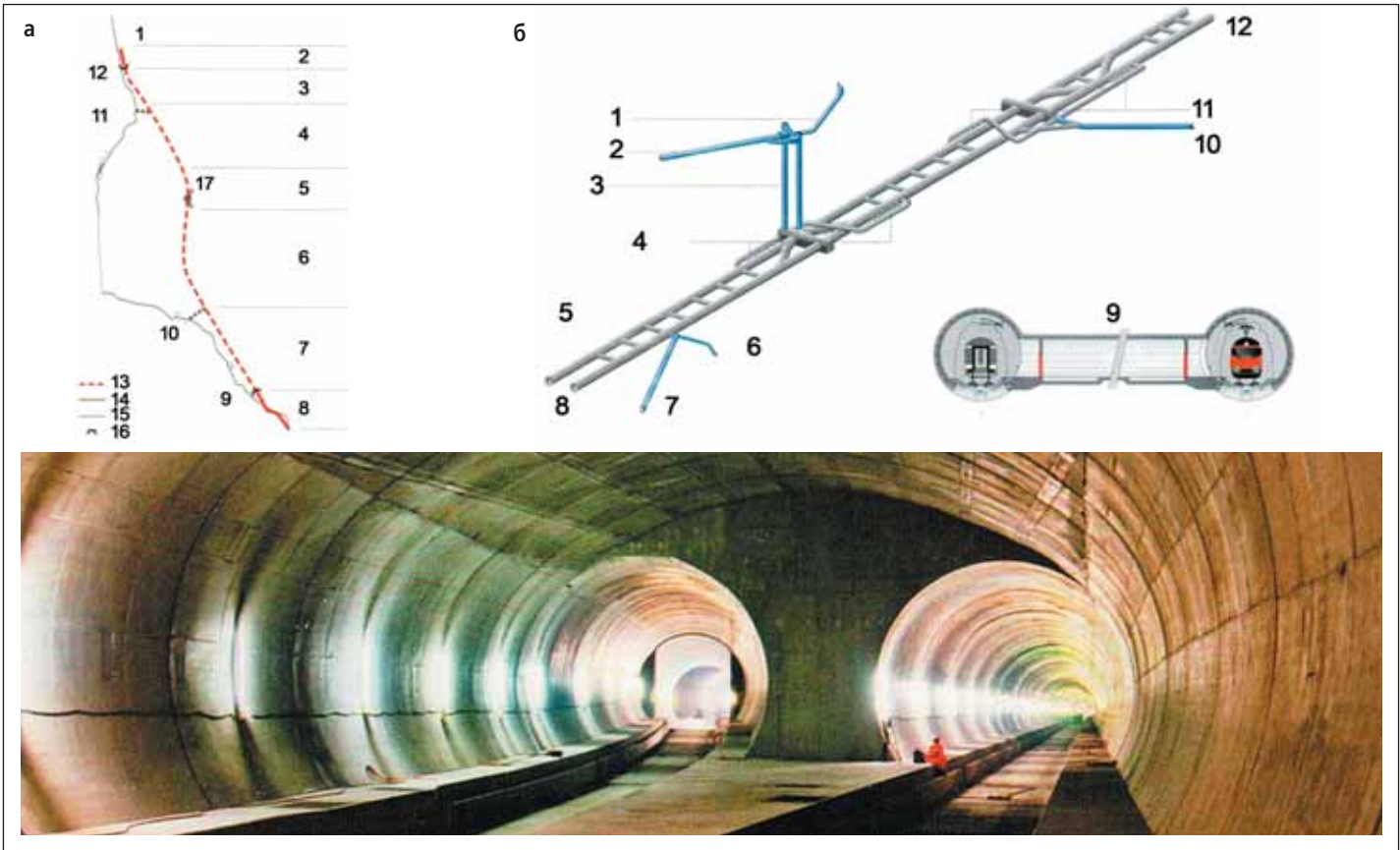


Рис. 2. Комплекс подземных сооружений Сент-Готтардского базисного тоннеля: а – обобщенная схема; б – продольный профиль (1 – вентиляционная штольня; 2 – входная штольня; 3 – шахты; 4 и 11 – многофункциональные эвакуационные выходы; 5 – сбойки; 6 – штольня для кабелей; 7 – входная штольня; 8 – станционный портал Эрстфельд (Erstfeld); 9 – сбойка; 10 – входная штольня; 12 – станционный портал Бодлио (Bodio))

(см. схему на рис. 1) дала возможность детально ознакомиться со всеми технологическими операциями сооружения тоннеля, его конструкциями, разнообразным проходческим и вспомогательным оборудованием, логистикой, организацией и оснащением стройплощадок (рис. 5).

В докладе Э. Гэрина (E. Garin) из Швейцарии изложен опыт строительства гидроаккумулирующей станции. Ее машинный зал,

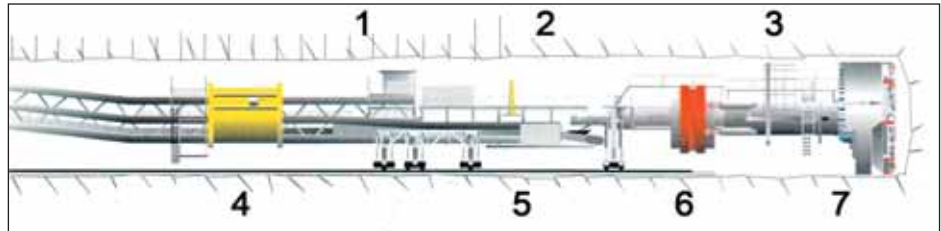


Рис. 3. Тоннелепроходческий комплекс в тоннеле: 1 – кабина управления; 2 – подъемник; 3 – блокоукладчик; 4 – установка по нанесению набрызг-бетона; 5 – транспортер; 6 – основание пути; 7 – проходческий щит

Рис. 4. Сооружение тоннеля горным способом: а – технологическая схема (1 – венттруба; 2 – анкер – набрызг-бетонная крепь; 3 – первичное набрызг-бетонирование; 4 – устройство анкерного крепления; 5 – миксер; 6 – автосамосвал; 7 – погрузка породы; 8 – буровая установка; 9 – нанесение набрызг-бетона; 10 – обустройство забоя); б – конструкция обделки (1 – первичная обделка из набрызг-бетона 20 см; 2 – деформационный шов; 3 – вторичная обделка 30 см; 4 – гидроизоляционный слой); в – устройство гидроизоляции из ПВХ

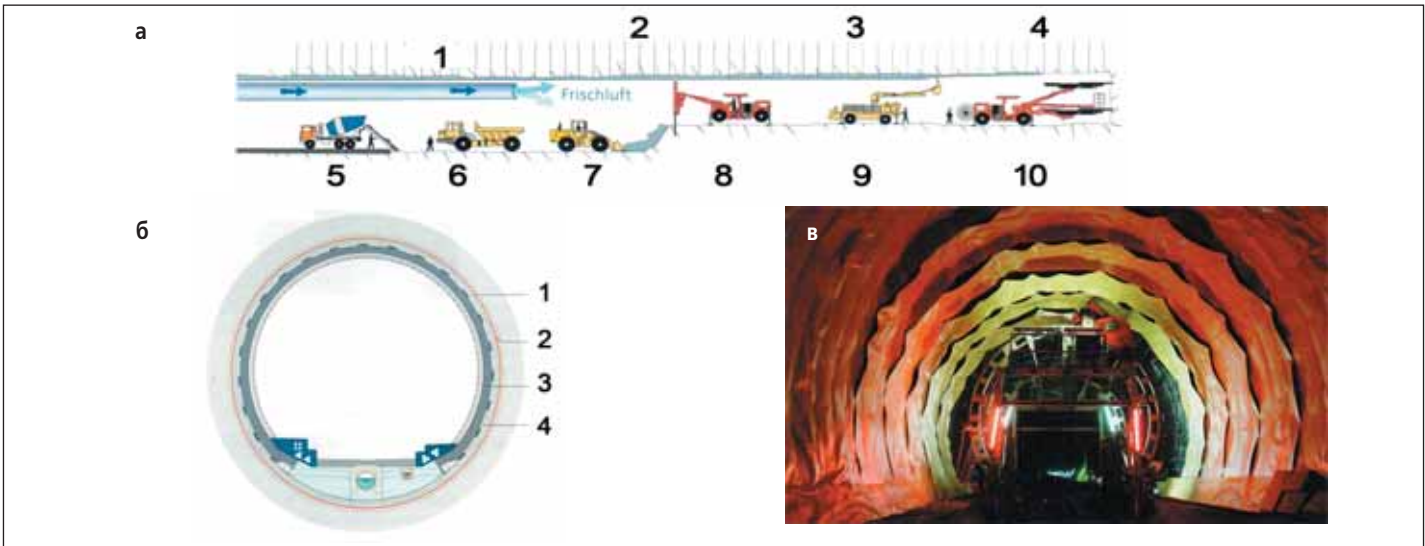




Рис. 5. Участники конгресса от Тоннельной ассоциации России на строительстве тоннеля Ченери (Ceneri)

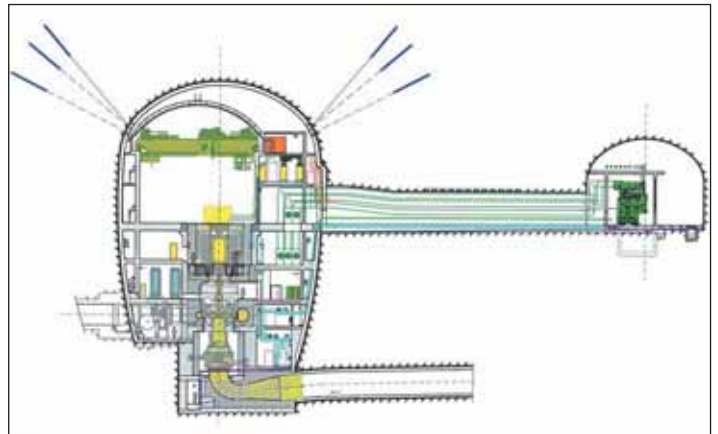


Рис. 6. Подземный машинный зал ГЭС в Швейцарии

расположенный на глубине 600 м, имеет следующие размеры: ширина – 32 м, высота – 52 м, длина – 194 м (рис. 6). Сметная стоимость объекта составила 1,8 млрд швейцарских франков. С целью минимизации рисков, возможных при строительстве сооружения в крайне неоднородных геологических условиях, было выполнено компьютерное моделирование и геоструктурный анализ с учётом возможных деформаций и подвижек горных выработок как в процессе строительства, так и эксплуатации. На основе этого разработана система предварительно напряжённого анкерного крепления и упрочнения выработки, а также реализована программа непрерывного геодезического мониторинга с применением оптических экстензометров. Сооружение станции осуществлялось горным способом с применением БВР. С августа 2011 г. по апрель 2012 г. было разработано 235 тыс. м³ горной породы и установлено 380 преднапряжённых анкеров. Благодаря тщательным геотехническим исследованиям по разработанной модели и системе крепления выработки и мониторинга строительство объекта было выполнено строго в установленные сроки без превышения проектной стоимости.

Подземному строительству в городских условиях уделили внимание в своих докладах:

- Н. Пагани (N. Pagani) из Швейцарии, изложивший опыт строительства автодорожного обводного тоннеля общей длиной 5,7 км, являющегося частью автобана A13 в районе г. Ровердо (Roveredo). Проходка велась с апреля 2009 г. по в ноябрь 2012 г. горным способом с применением БВР. В связи с тем, что работы осуществлялись в непосредственной близости от жилого массива, время их ограничивалось с 6 до 22 ч в режиме рабочей недели с понедельника по пятницу. С целью крепления откосов, попадающих в зону влияния работ, применялось их крепление инъекционными анкерами длиной до 32 м. Кроме того, при проходке тоннеля в условиях слабых и трещиноватых горных пород устраивались разгрузочные опережающие экраны из труб длиной до 15 м. Обделка тоннеля (рис. 7) выполнялась из фибробрызг-бетона с применением стальной фибры. Принятая организация рабочих процессов обеспечила среднемесячную скорость проходки тоннеля 27,2 м/сут;

- Е. Алонсо (E. Alonso) из Испании, выступивший с анализом опыта строительства железнодорожного высокоскоростного тоннеля

в центральной части Барселоны (рис. 8). В связи с тем, что работы велись в условиях плотной городской застройки, в зоне влияния находились здания и сооружения, являющиеся памятниками архитектуры. В этой связи, в качестве защитных мероприятий предусматривалось устройство вертикальных и горизонтальных разгрузающих экранов, а также применение системы непрерывного геодезического мониторинга как в период строительства, так после его завершения;

- П. Эрдманн (P. Erdmann) и Й. Зеерс (J. Seegers) из ФРГ, представивших опыт строительства тоннелей метрополитена в центральной части Берлина. Проектом предусматривалась проходка тоннелей диаметром 5,7 м под р. Шпрее длиной 2,2 км с обделкой из железобетонных блоков толщиной 35 см и трех станций. В зону влияния строительства двух параллельных тоннелей, притоннельных сооружений и станций попадали многочисленные памятники архитектуры и государственные учреждения. Кроме того, трассы строящихся тоннелей пересекались с действующими линиями метрополитена. При этом работы велись в условиях водонасыщенных песков при высоком уровне грунтовых вод. Для защиты зданий и

Рис. 7. Обделка автодорожного тоннеля в Ровердо (Roveredo)

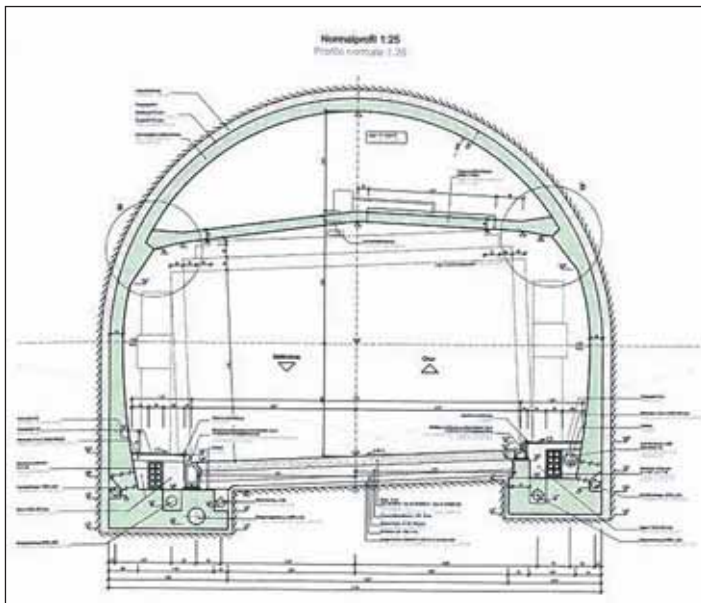
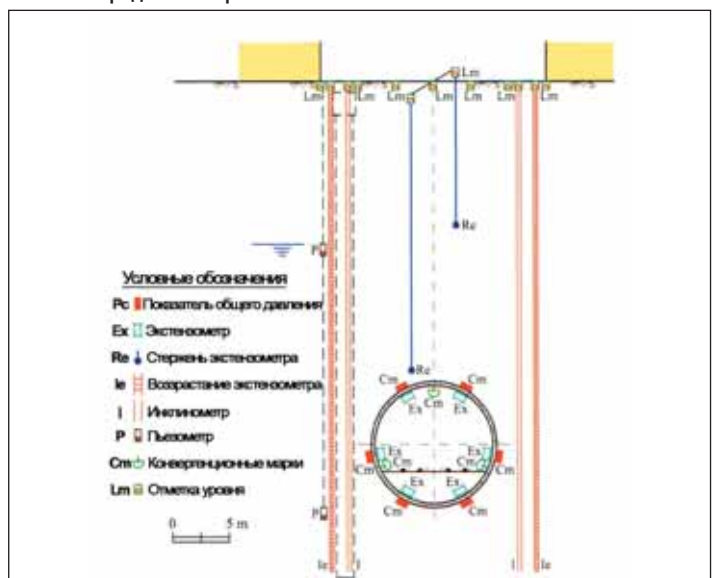


Рис. 8. Схема геодезического мониторинга при проходке тоннеля в условиях плотной городской застройки



сооружений, попадающих в зону влияния строительства объектов метрополитена, применялся комплекс мероприятий по закреплению и стабилизации водонасыщенных песков: устройство армированной и неармированной «стены в грунте», разгружающие экраны из грунтоцементных свай, искусственное замораживание грунта (рис. 9).

В рамках работы конгресса был проведен colloquium «Анкерное крепление в тоннельном строительстве».

Рассматривались методы и комбинации конструкций крепления выработок с использованием анкеров различных видов, применяемое горнопроходческое оборудование (рис. 10а). При этом особое внимание уделялось глубокой проработке проектных, конструктивных и технологических особенностей.

Так, в докладе М. Рамони (M. Ramoni) и Г. Анагности (G. Anagnostou) из Швейцарии подробно рассматривалась расчетная модель анкерного крепления забоя, как в условиях сухих, так и обводненных грунтов. Для защиты от обрушения и водопроявлений применялись такие методы, как инъекционное закрепление с применением микроцементов, искусственное замораживание, струйная цементация, водопонижение. Устойчивость забоя дополнительно обеспечивалась анкерами из стеклопластиковой арматуры длиной до 24 м в количестве 0,25–1 анкер/м².

Б. Шwegлер (B. Schwegler) из Швейцарии поделился опытом устройства радиальных

анкеров, а также анкерного крепления забоя при строительстве тоннеля диаметром до 13 м (рис. 10б). Всего было применено более 600 км анкеров в сочетании с обделкой из набрызг-бетона в объеме 90 тыс. м³. Здесь были установлены радиальные стальные анкеры длиной 12 м и натяжением не менее 320 кН, а также в забойной зоне инъекционные анкеры длиной 18 м из стеклопластиковой арматуры. Особое внимание в докладе уделено анализу возможных рисков, как на стадии проектирования, так и при производстве работ. Указанные меры обеспечили проходку тоннеля большого диаметра в сложных инженерно-геологических условиях строго в соответствии с контрактом и высоким качеством выполненных работ.

В докладе С. Берхолета (S. Bertholet) из Швейцарии приведен подробный анализ строительства автодорожного тоннеля в условиях несвязанных грунтов с применением анкерного крепления забоя. Горная порода представлена водонасыщенным мергелем и глиной, которые пересекались слоями водонасыщенных песков. Для предотвращения аварийных ситуаций в этих условиях был запроектирован и реализован комплекс защитных меро-

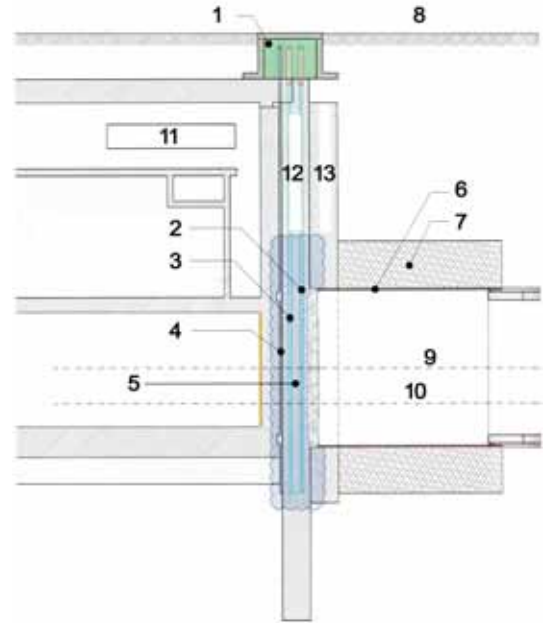
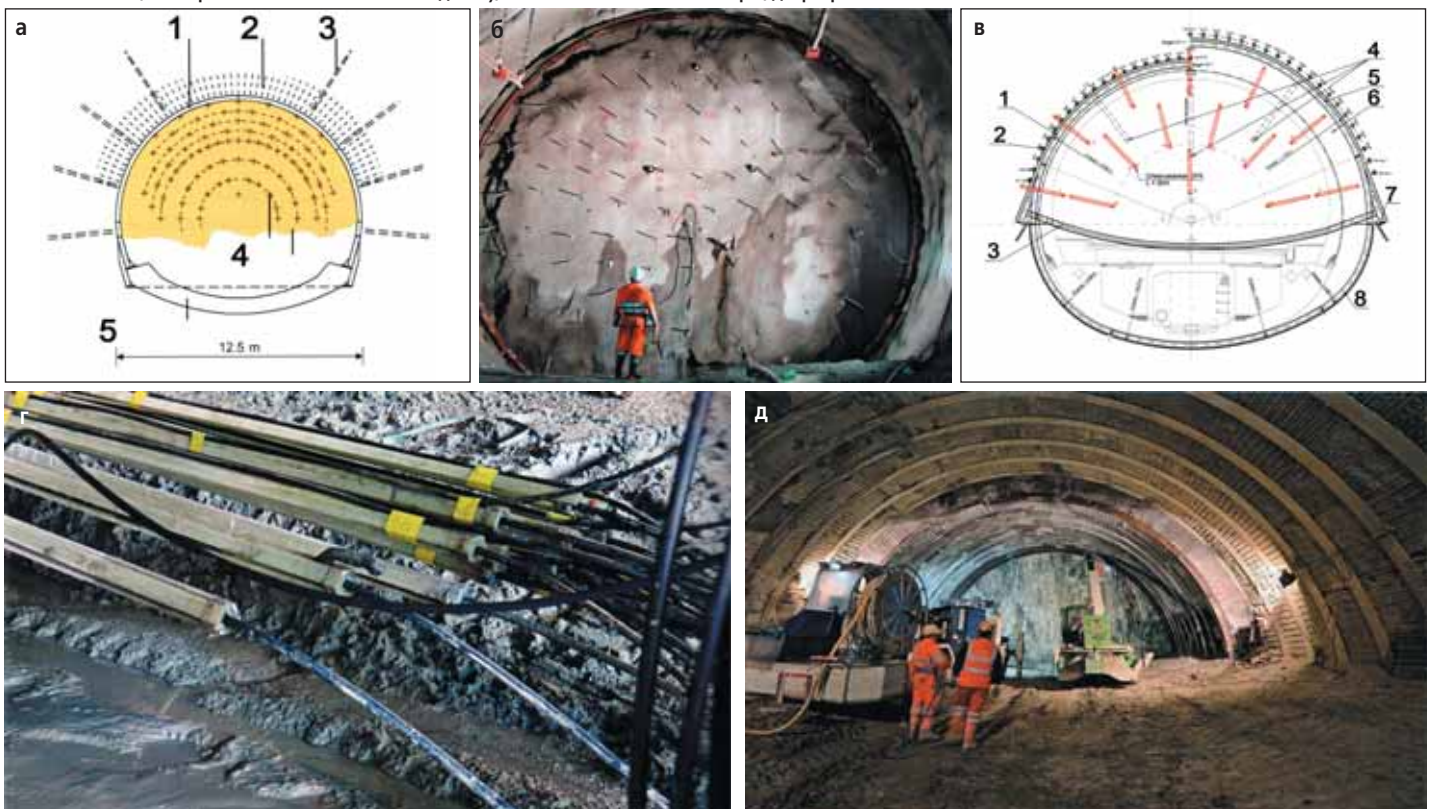


Рис. 9. Комбинированное закрепление грунта при строительстве выхода из станции метро «Бранденбургские ворота» в Берлине: 1 – внутриквартирные коммуникации; 2 – замораживающие скважины; 3 – резервные замораживающие скважины; 4 – температурные скважины; 5 – замороженный массив грунта; 6 – защитный экран; 7 – грунтоцементный массив после струйной цементации грунта; 8 – улица Унтер-ден-Линден; 9 – ось тоннеля; 10 – контрольная ось

приятий: устройство разгружающего экрана толщиной 3 м, дренажной системы для управления водоотлива, системы микросвай и ан-

Рис. 10. Системы крепления выработок с применением анкеров: а (1 – набрызг-бетон; 2 – разгрузочный зонт из труб; 3 – дренажные скважины; 4 – стеклопластиковые анкеры с набрызг-бетоном (≤ 15 см); 5 – основание тоннеля из монолитного бетона); б – крепление лобового забоя с применением анкеров и набрызг-бетона; в – схема комбинированного крепления тоннеля (1 – защитная крепь; 2 – экран из труб, $e = 13$ м; 3 – бетонные основания; 4 – дренажные скважины $\varnothing 100$ мм $e = 16$ м; 5 – железобетонная обделка, первичная; 6 – железобетонная обделка, вторичная из фибронабрызг-бетона со стальной фиброй; 7 – микросвай «Титан» $e = 5+15$ м; 8 – первичная железобетонная обделка); г – стеклопластиковые анкеры; д – разработка калотты



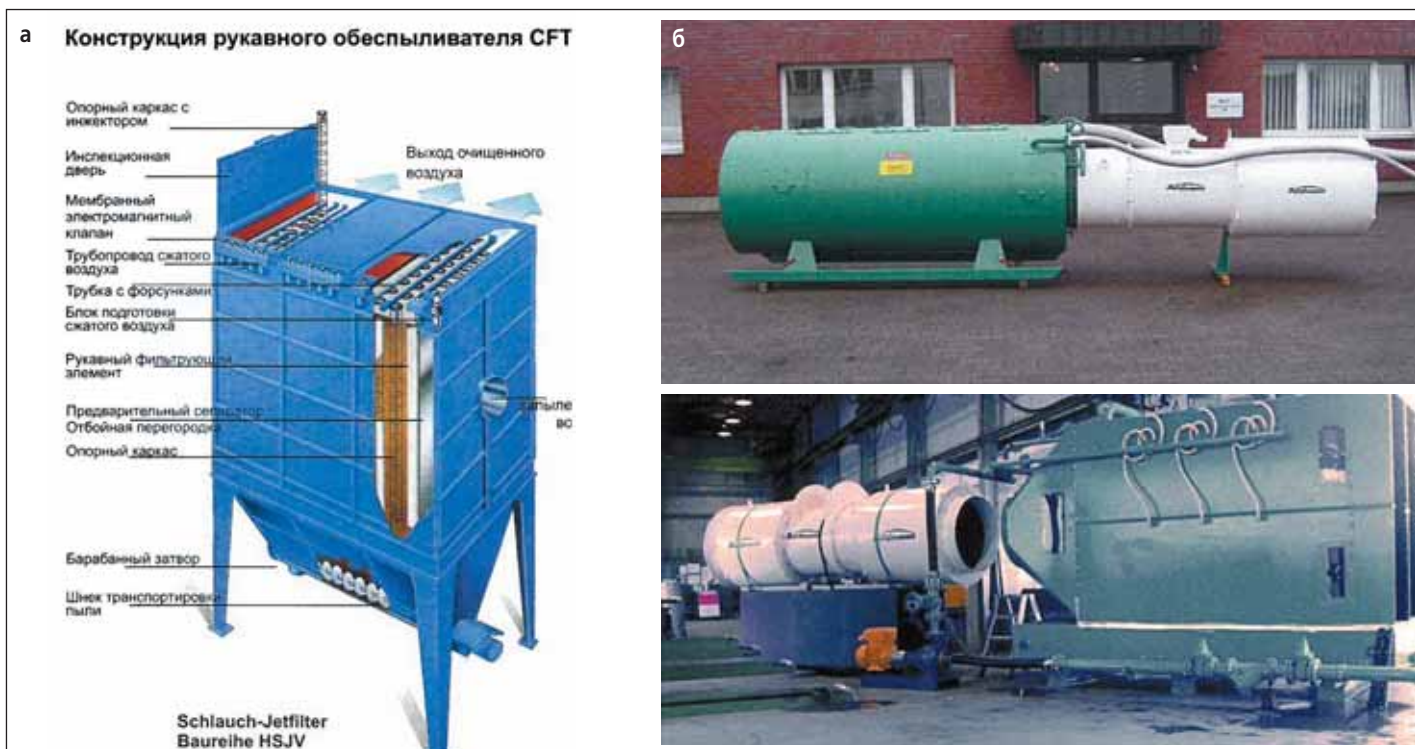


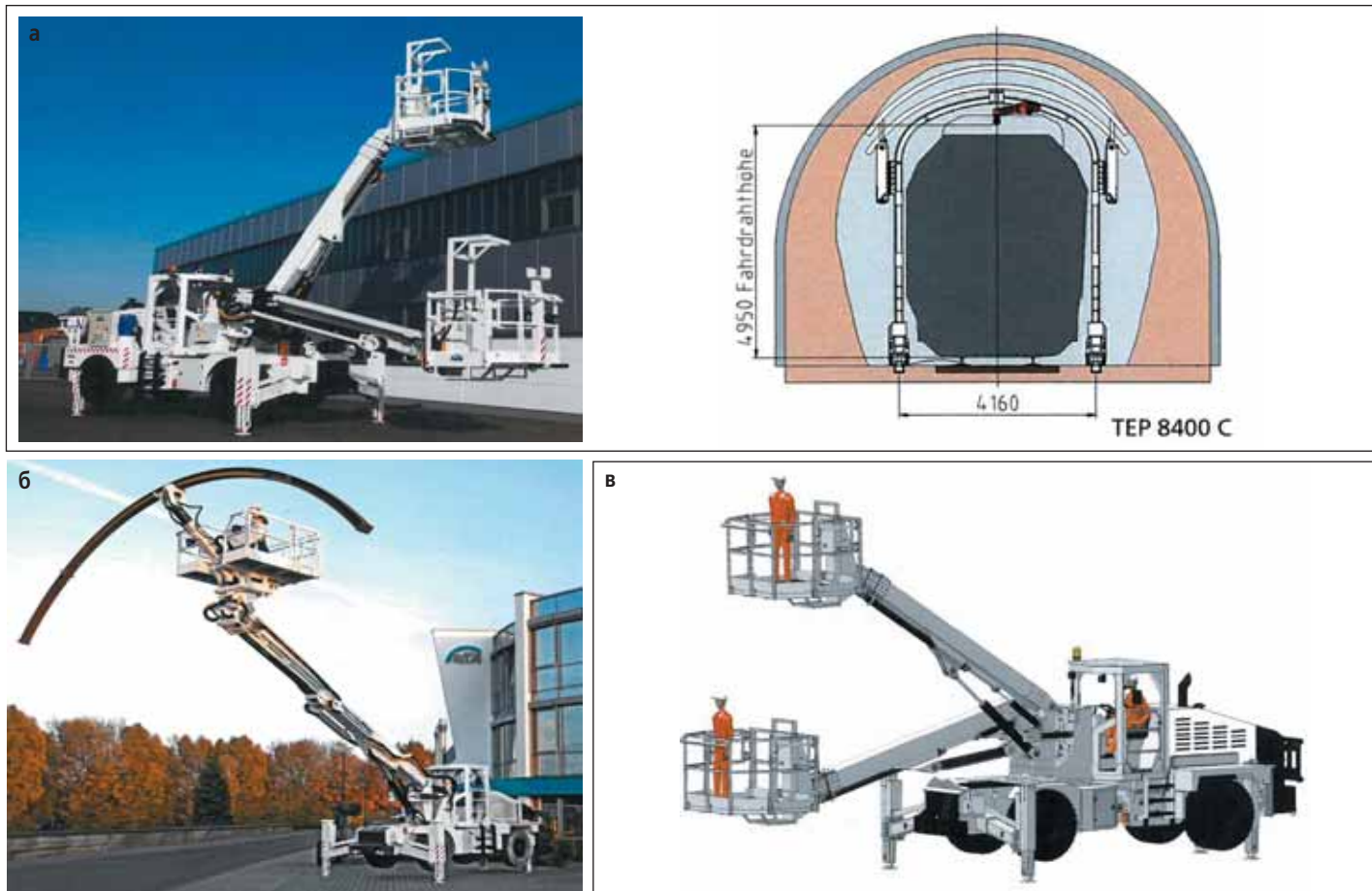
Рис. 11. Оборудование фирмы CFT (ФРГ) для вентиляции и поддержания комфортной температуры воздуха в выработках: а – обеспыливатель; б – охлаждающая установка

керного крепления забоя (рис. 10в). Указанные мероприятия реализовывались в различных комбинациях в зависимости от геотехнических условий. Инъекционные анкеры выполнялись из трех стеклопластиковых прутов

сечением 40×9 мм и длиной 20 м каждый (рис. 10г). Каждая скважина обустраивалась инъекционным шлангом, через который подавалась цементная суспензия для гарантированного заполнения объема скважины и обесп-

печения надежной работы анкеров. Применение стеклопластиковых анкеров позволило значительно снизить затраты по сравнению со стальными анкерами. При установке анкерного крепления в забое применялся тот же

Рис. 12. Оборудование фирмы GTA (ФРГ): а – для расширения тоннелей без перерыва движения транспорта; б – для монтажа крепи; в – подъемные платформы



комплект бурового и инъекционного оборудования, что и для устройства радиальных анкеров. Принятые решения обеспечили строительство тоннеля длиной 650 м в сложных инженерно-геологических условиях за 13 мес. (январь 2013 г. – февраль 2014 г.), (рис. 10д).

Насыщенная программа работы российской делегации включала, помимо непосредственного участия в конгрессе, встречи с представителями различных компаний, заинтересованных в сотрудничестве. В частности, состоялась презентация фирм:

- CFT Compact Filite Technic GmbH (ФРГ), представившей установки сухого и мокрого действия для вентиляции и обеспыливания выработок при проходке, дорожном строительстве, ремонтных работах в тоннелях, гибкие вентиляционные трубы для нагнетательного и высасывающего проветривания, технику для нагрева и охлаждения воздуха (рис. 11);

- GTA maschinen Systeme GmbH (ФРГ), представившей оборудование для расширения тоннелей, в том числе железнодорожных без перерыва движения поездов; самоходные подъемники с манипулятором для монтажа крепи и подъемные платформы Нормлифтер-1500E (NormLifter-1500E) модульного исполнения для работы в тоннелях большого поперечного сечения, машины для расширения поперечного сечения тоннелей, подвесные укладчики тоннельной обделки (рис. 12 и 13);

- Sika (Швейцария) с новыми разработками в области оборудования и материалов для бетонных и набрызг-бетонных работ, а также опытом возведения постоянных обделок из набрызг-бетона;

- Fiber Reinforced Polymer (FiReP) (Швейцария), специализирующейся на изготовлении синтетической арматуры и фибры.

Сообщения представителей фирм касались как уже хорошо зарекомендовавших себя технических решений по строительству тоннелей, в том числе и в России, так и новых для наших специалистов примеров использования прогрессивных машин и механизмов.

Так, определенный интерес у членов делегации вызвала информация фирмы ACO Pasgavant AG (Швейцария) о дренажных системах (ACO) для тоннелей. Система (рис. 14), успешно применяемая в Европе с 2003 г., состоит из сборных полимербетонных полых элементов с уложенными внутри них дренажными трубами. Эти элементы через резиновые маты перекрыты сборными плитами, обеспечивающими проход персонала и, при необходимости, эвакуацию пассажиров.

Состоявшиеся в ходе презентаций дискуссии показали интерес российских специалистов к представленной технике и целесообразность продолжения контактов для определения возможных направлений и форм сотрудничества.

Работавшая в рамках конгресса выставка продемонстрировала высокий технологиче-

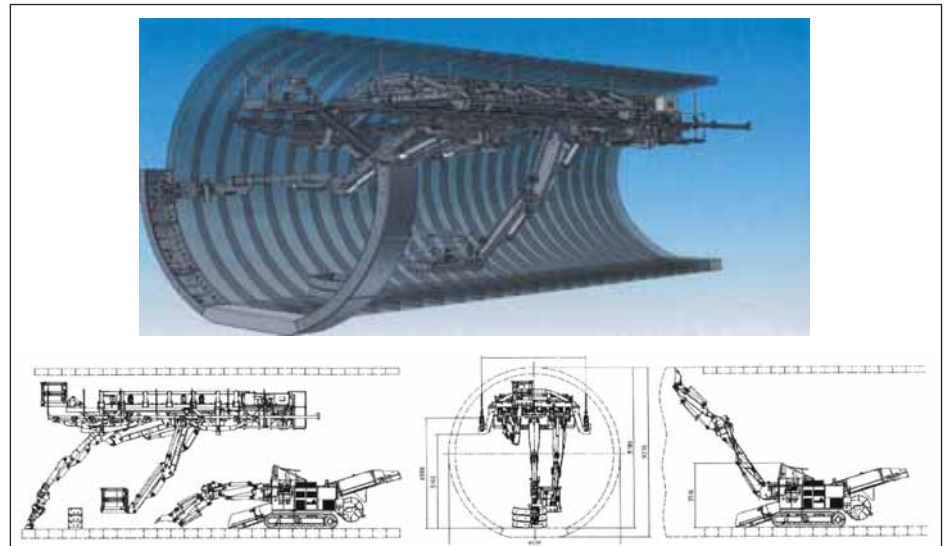


Рис. 13. Конструкция и схема организации проходки с подвесным блокоукладчиком

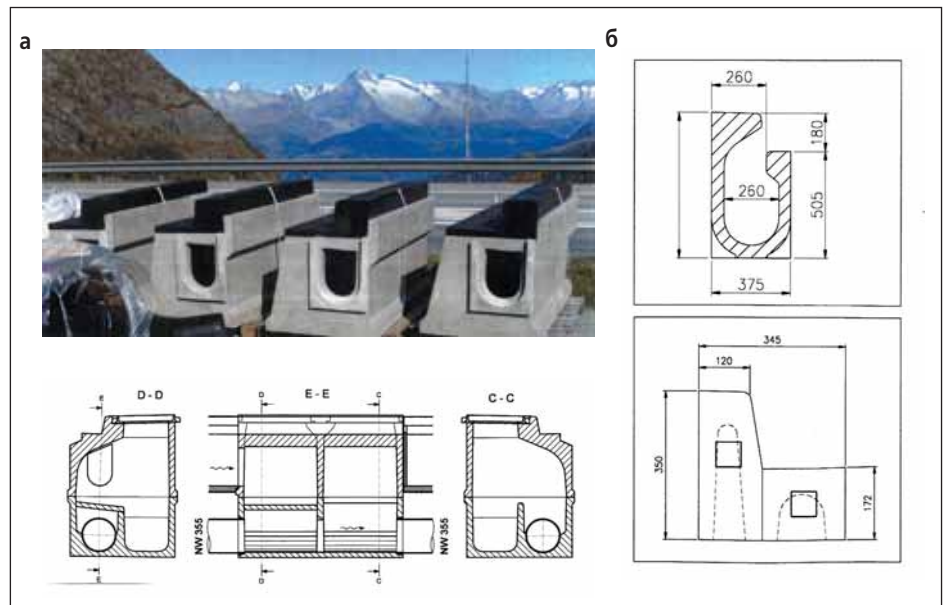


Рис. 14. Общий вид (а) и элементы конструкции (б) дренажных систем для тоннелей фирмы ACO Pasgavant AG

ский уровень современного тоннелестроения, все шире использующего синтетические материалы для несущих конструкций и огнезащиты, компьютерную технику и высокоточные приборы для навигации и геомониторинга.

Суммируя впечатления от докладов, заслушанных на конференции, выставки, встреч с представителями различных компаний и посещения строящегося тоннеля, можно констатировать:

- в основном все применяемые в современном тоннелестроении машины, конструкции и технологии известны в России, и в той или иной степени используются в отечественной практике;
- эффективность проектных решений строительства тоннелей на Западе оценивается, прежде всего, степенью обеспечения безопасности персонала при производстве работ, эксплуатационной надежности возводимых конструкций, высоких темпов проходки и охраны окружающей среды;

- для обеспечения устойчивости выработок при горном способе работ предпочтительнее отдается креплению набрызг-бетоном (фибронабрызг-бетоном) в сочетании с опережающими экранами из труб и/или фибергласовыми анкерами в плоскости забоя;

- высокие (6–8 м/сут) скорости проходки тоннелей сечением 65–75 м² достигаются за счет комплексной механизации работ с использованием высокопроизводительного и, как правило, крупногабаритного оборудования, в связи с чем во многих случаях идут на превышение требуемых нормами размеров выработки;

- при буровзрывных работах широко используются жидкие ВВ и неэлектрическая система взрывания со многими ступенями замедления;

- большое внимание уделяется охране окружающей среды и ресурсосбережению, в том числе за счет максимального использования грунта из забоя для приготовления бетона, дорожного покрытия и т. п.

РАЗВИТИЕ МЕТРОПОЛИТЕНА ОТКРЫВАЕТ ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА

С. Н. Алпатов, генеральный директор Объединения подземных строителей и проектировщиков

В крупных городах с высокой численностью населения развитие подземной транспортной инфраструктуры является важнейшим условием территориального развития и обеспечения комфортных и безопасных условий проживания горожан. При этом, как показывает мировая практика, строительство метрополитена позволяет не только эффективно решать транспортные и социальные проблемы мегаполисов, но и создает необходимые предпосылки для комплексного освоения подземного пространства.

Следует отметить, что на сегодняшний день подземное строительство в России как отдельная и значимая отрасль фактически отсутствует. Единственное направление, которое продолжает развиваться, это метростроение. Однако принципы и подходы к планированию новых линий и станций метрополитена не соответствуют современным мировым тенденциям и далеки от реальных потребностей населения.

Следует учитывать, что строительство метрополитена – это не только необходимый инструмент развития транспортной системы мегаполиса, но и эффективный ресурс для комплексного освоения подземного пространства. Мировой опыт наглядно свидетельствует о том, что планирование и проектирование линий метрополитена и подземных сооружений коммерческого, культурного и социального назначения должно идти в рамках единого процесса.

В этом смысле особенно важно, чтобы реализация проектов в области метростроения по темпам и масштабам была соотносима с ростом объемов подземного строительства в целом. В противном случае метро обречено на существование вне общей городской пространственной системы.

Главная проблема, с которой мы сталкиваемся при рассмотрении этого вопроса – очевидная разница в источниках финансирования строительства метро и подземных объектов коммерческого назначения, расположенных в непосредственной близости от станций метро. Метрополитен как некоммерческая структура, находящаяся в ведении городской администрации, строится за счет региональных и федеральных бюджетных

средств, в то время как коммерческое освоение подземного пространства идет за счет частных инвестиций.

При разных способах финансирования достичь одновременной реализации проектов по строительству метро и прилегающих подземных объектов коммерческого назначения возможно лишь при наличии долгосрочной программы комплексного освоения подземного пространства и четко отлаженного механизма государственной поддержки частного инвестора.

Очевидно, что на сегодняшний день остро назрела необходимость формирования комплексного институционального механизма для решения градостроительных, технических, юридических и финансовых задач в области метростроения и комплексного освоения подземного пространства. Имеющиеся несоответствия и правовые пробелы в российской законодательной и нормативно-технической базе, регулирующие вопросы подземного строительства, требуют скорейшего устранения.

Отсутствие государственных гарантий для частных инвесторов при реализации проектов комплексного освоения подземного пространства

Метрополитен является не только перевозчиком, но и выполняет градообразующую функцию, обеспечивая повышение уровня комфорта и безопасности проживания в городской среде. Подземное пространство, прилегающее к станциям метро, должно включать в себя все необходимые зоны общественного пользования – транспортные пересадочные узлы, пешеходные галереи,

торгово-развлекательные центры, зоны отдыха, культурные и спортивные сооружения.

Учитывая, что метро принадлежит системе общественного транспорта и находится на балансе городского бюджета, городская администрация определяет сроки и объемы строительства метрополитена, а также осуществляет финансирование этих проектов.

Что касается коммерческих подземных объектов, прилегающих к станциям метрополитена, их строительство и финансирование осуществляется частными инвесторами на основе частно-государственного партнерства.

Однако на сегодняшний день мы видим отсутствие эффективного взаимодействия государства и частного сектора, что ставит под угрозу возможность реализации комплексных проектов, в которых сооружение новых станций метро тесно увязано с проектами комплексной застройки подземного пространства.

Следует понимать, что любые проекты комплексного освоения подземного пространства в силу своей масштабности, технологической сложности и социальной значимости требуют поддержки государственных структур. Привлекать инвесторов крайне важно, без них многие проекты неосуществимы. Но пока у потенциального инвестора не будет определенных гарантий, он не станет вкладываться в проекты комплексного освоения подземного пространства, так как окупаемость подземных сооружений достигается через эксплуатацию объекта.

Изменение концепции комплексного освоения подземного пространства требует кардинального изменения подхода к плани-

рованию строительства, анализу финансовых затрат и последующей экономической выгоды. Необходимо создавать соответствующие условия для привлечения частных инвестиций, а для этого необходимо менять законодательную базу и наделять правом собственности на подземные сооружения частных инвесторов.

Социальная и экономическая стоимость проектов комплексного освоения подземного пространства должна оцениваться объективно. Коммерческие сооружения, прилегающие к станциям метро, необходимо проектировать и строить одновременно с объектами инфраструктуры метрополитена.

Метрополитен как государственная структура может заключить соглашения с инвесторами на участие в проекте комплексного освоения подземного пространства. Право собственности на объекты может оставаться за метрополитеном, в то время как права на прибыль от эксплуатации сооружений коммерческого назначения могут быть разделены между метрополитеном и инвестором в соответствии с условиями контракта.

Рассматривая вопросы экономической целесообразности проекта подземного строительства, необходимо учитывать геологические особенности территории, степень износа и особенности расположения подземных коммуникаций. Следует принимать во внимание стоимость высвобождаемых земель и размер инвестиций, которые город может получить за счет освоения данных территорий. Чем крупнее многофункциональный подземный комплекс, тем дешевле его строительство на единицу площади, а за счет энергоэффективности подземных сооружений эксплуатационные расходы зачастую значительно ниже, чем у построек на поверхности. Существуют и не прямые выгоды, такие как улучшение транспортной и экологической обстановки мегаполиса, создание комфортных условий проживания для горожан.

Несовершенство системы управления отраслью подземного строительства и неясность полномочий государственных органов

Застройка подземного пространства возле станций метро может осуществляться по инициативе органов государственной власти, метрополитена или компаний-девелоперов. Абсолютно разные подходы и приоритеты не позволяют этим структурам выработать единую благоприятную стратегию деятельности для всех участников отрасли подземного строительства. Очевидно, что система государственного управления в области подземного строительства нуждается в развитии и совершенствовании.

Российский и зарубежный опыт свидетельствует о том, что метрополитен при поддержке городского правительства должен получить главенствующую роль при решении вопросов, связанных с освоением подземных территорий в непосредственной близости от станций метро. Именно метро-

политен является ключевой фигурой как в области исследований, так и комплексного освоения подземного пространства мегаполисов, его необходимо наделять полномочиями для решения практических задач, связанных с развитием системы комплексного планирования в области подземного строительства.

Недостаточность инженерно-геологических исследований и отсутствие перспективного планирования

Учитывая сжатые сроки реализации проектов метроостроения, комплексное исследование подземного пространства осуществляется довольно поверхностно. Имеющаяся законодательная и нормативно-правовая база регулирования городской застройки не содержит специфических требований к проектам комплексного освоения наземных и подземных территорий, находящихся в непосредственной близости от объектов инфраструктуры метрополитена, отсутствуют требования к транспортным и коммерческим подземным сооружениям, связывающим инфраструктуру метрополитена с городской застройкой.

Кроме того, существующее законодательство и система градостроительного планирования не отвечают современным требованиям комплексного освоения городского подземного пространства, особенно, находящегося в частной собственности, так как вопросы права собственности на подземные объекты законодательно не урегулированы.

Современные исследования в области развития и освоения подземного пространства вдоль линий метрополитена должны быть положены в основу перспективного планирования и проектирования линий метрополитена. Важно, чтобы исследования комплексного освоения подземного пространства вдоль путей метрополитена проводились на подготовительном этапе проектирования. Участки, на которых возможно одновременное строительство станций метро и подземных объектов коммерческого назначения, должны включаться как в проект строительства метрополитена, так и в проект развития наземной городской застройки. Система планирования должны быть улучшена с учетом исследований комплексного освоения подземного пространства. В этом смысле особенно важно создание единых инженерно-геологических карт, дающих целостную картину особенностей устройства подземного пространства городских территорий.

Отсутствие специализированных организаций, регулирующих деятельность в области комплексного освоения городского подземного пространства

Стремительное развитие метрополитена дало толчок комплексному развитию подземного городского пространства, но также породило ряд проблем, который должны быть решены профильными структурами

городского правительства в кратчайшие сроки. С точки зрения инвестирования, планирования, установления прав владения, управления строительством и эксплуатацией, метрополитен курируется рядом профильных государственных ведомств. Однако законодательство и система нормативно-технического регулирования не соответствуют требованиям сегодняшнего дня, а ответственность тех или иных государственных структур за развитие отрасли метроостроения не установлена. Зачастую федеральные и региональные органы власти не могут выработать общую точку зрения по ключевым вопросам и стратегию комплексного освоения подземного пространства, что оказывается существенным сдерживающим фактором и оказывает негативное влияние на процесс комплексного освоения окружающего пространства, приводя к непоправимым ошибкам.

Решением проблемы может стать создание единых информационных центров, координирующих проектные и строительные работы по сооружению объектов подземной инфраструктуры и прокладке инженерных коммуникаций. Недостаток координирования между государственными структурами, заказчиками и подрядчиками должен быть преодолен ради эффективности решения задач в области комплексного освоения подземного пространства. При этом очевидно, что осуществление инфраструктурных проектов возможно лишь при наличии политической воли и государственной поддержки.

Заключение

Анализируя проблемы в области комплексного освоения подземного пространства и пути их решения, нетрудно заметить, что перспективное развитие городских территорий и подземного пространства включает в себя весь спектр градостроительных, технических, общественных и экономических задач. Эффективная реализация проектов метроостроения наряду с комплексным освоением подземного пространства возможна лишь тогда, когда сформулированы институциональные механизмы взаимодействия между государственными структурами и всеми участниками строительной отрасли.

Говоря о перспективах комплексного освоения подземного пространства Санкт-Петербурга, следует отметить, что помимо строительства метрополитена, масштабных проектов в ближайшем время не планируется. Для города с его богатым архитектурным наследием этого явно недостаточно, тем более что в дальнейшем хаотичная застройка подземных территорий не позволит осуществлять комплексные инфраструктурные проекты. Очевидно, что изучение опыта крупнейших мегаполисов позволит избежать последствий признанных во всем мире градостроительных ошибок, сэкономить массу времени и средств для реализации современных и столь необходимых Северной столице проектов подземной урбанизации.



МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЯЖУЩИЕ ДЛЯ ТАМПОНАЖА В ГЕОТЕХНИКЕ

М. Е. Володин, горный инженер, руководитель направления «Подземное строительство», ООО «ГАБИОНЫ МАККАФЕРРИ СНГ»

В данной статье рассмотрены технологии ведения тампонажных работ в несвязных грунтах разных фракционных составов, приведены примеры распространения материала внутри массива.

С развитием современных материалов и технологий в строительстве все большую роль играет вопрос эффективности того или иного метода работ и оценки качества. Системы консолидации грунтов начали массово применяться в строительстве в последние 50 лет. Данные работы относятся к разделу специальных способов строительства. На рис. 1 представлены основные виды тампонажа.

Более подробно остановимся на проникающем тампонаже несвязных грунтов. Данный вид тампонажа осуществляется посредством проникновения материала между частицами несвязного грунта без изменения структуры последнего. Основными факторами, влияющими на проникновение материала внутрь массива, являются:

- вязкость – это свойство текучих тел оказывать сопротивление перемещению одной их части относительно другой;
- время гелеобразования – это время между начальным смешением компонентов смеси и образованием геля (потери подвижности материалом). Время гелеобразования зависит от пропорций компонентов (самого материала, ускорителя, ингибитора);
- время схватывания – время обретения тампонажным материалом проектных значений по прочности;
- чувствительность к внешним факторам, таким как температура, химический состав грунтовых вод и грунта и т. д.

В любом случае, конечная прочность консолидированного массива должна быть достаточной для выполнения поставленных перед проектировщиком за-

дач. Наиболее распространённые типы материалов для тампонажа и их параметры представлены в табл.

Проницающая способность тампонажных материалов в разные типы грунтов представлена на рис. 2.

Наиболее эффективная система проникающего тампонажа – манжетная технология, которая позволяет максимально точно предсказать конечные параметры массива (рис. 3).

Основные характеристики, которые необходимо контролировать во время проникающего тампонажа

Критерий проникновения тампонажного состава в грунт

1. По Митчелу и Катти:

$$N = D15/d65,$$

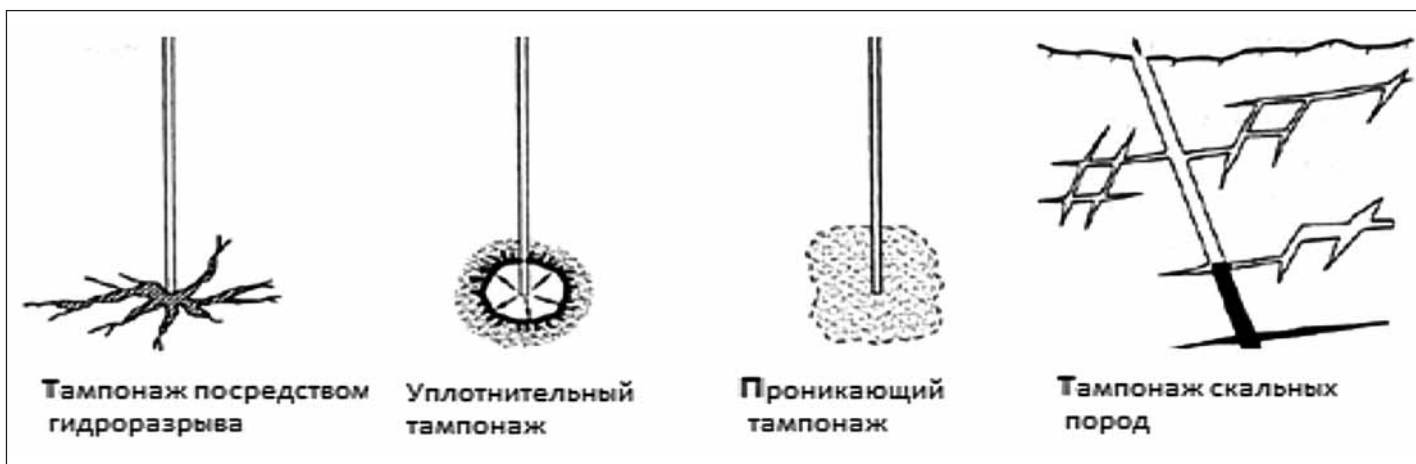


Рис. 1. Виды тампонажа

Таблица

Свойства основных материалов, применяемых для тампонажа

Тип материала	Свойства					
	Проницаемость	Долговечность	Сложность приготовления	Токсичность	Горючесть	Относительная стойкость
Портланд цемент	низкая	высокая	средняя	малая	не горюч	низкая
Силикаты	высокая	средняя	высокая	малая	не горюч	низкая
Акрилаты	высокая	средняя	высокая	средняя	слабо горюч	высокая
Лигнины	высокая	средняя	средняя	высокая	горюч	высокая
Полиуретаны	низкая	высокая	средняя	высокая	горюч	высокая

где D_{15} – минимальный размер частиц в количестве 15 % по кривой отсева образца грунта;

d_{65} – минимальный размер частиц в количестве 65 % по кривой отсева образца материала.

Если $N > 24$, то грунт возможно инъецировать данным материалом.

2. По Каролу:

$$N_c = D_{10}/d_{95},$$

где D_{10} – минимальный размер частиц в количестве 10 % по кривой отсева образца грунта;

D_{95} – минимальный размер частиц в количестве 95 % по кривой отсева образца материала.

Если $N_c > 11$, то грунт возможно инъецировать данным материалом.



Рис. 2. Пределы проницаемости тампонажных смесей

Объем закачиваемого материала

$$V = 4/3 \cdot \pi \cdot R^3 \cdot n,$$

где R – радиус закрепляемого массива;

n – эффективная пористость;

V – объем материала.

Скорость подачи материала

$$Q = (4\pi \cdot k \cdot H \cdot R) / \eta,$$

где k – проницаемость грунта;

H – гидравлический напор;

R – диаметр инъекционной колонны;

Q – скорость подачи.

Время гелеобразования (начало изменения вязкости)

$$T = (\eta \cdot n \cdot D^3) / (3k \cdot H \cdot R),$$

где η – относительная вязкость;

n – эффективная пористость;

D – диаметр распространения материала;

k – проницаемость грунта;

H – гидравлический напор;

R – диаметр инъекционной колонны;

T – время гелеобразования.

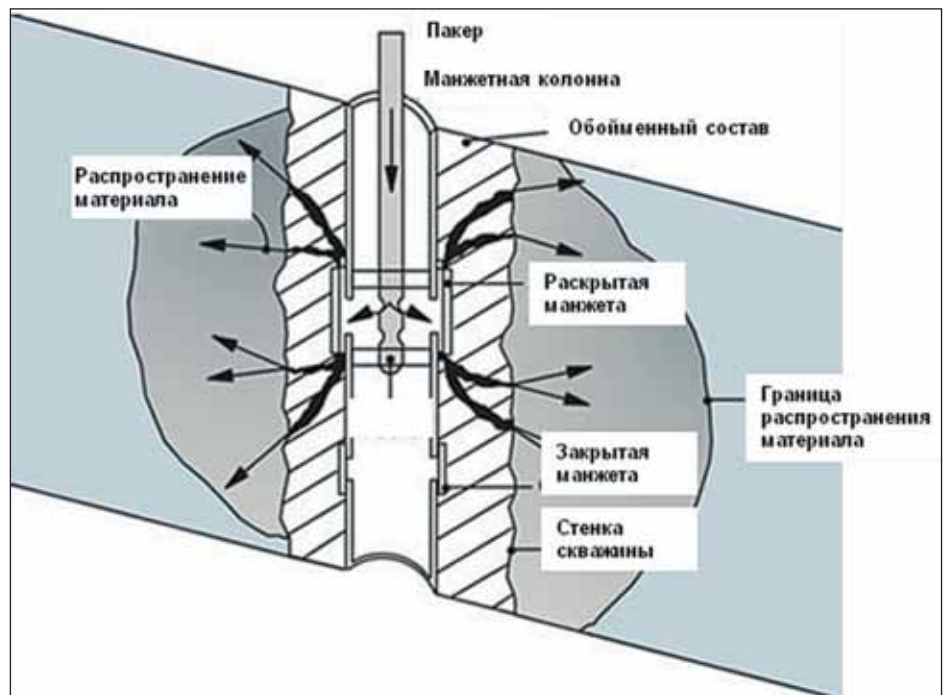


Рис. 3. Общая схема проникающего тампонажа с использованием манжетных колонн

Материал

Groutmaster – материал, разработанный путем усовершенствования минерального вяжущего, основанного на растворенных силикатах и алюминатах, воплотивший в себе проникающие свойства коллоидного раствора и механические свойства цементных суспензий. Материал имеет форму мелкодисперсного порошка (рис. 4), который смешивается с водой в пропорции 1:2,3 или 1:1,5 в зависимости от температуры окружающей среды. После затворения водой раствор необходимо в течение 2 мин перемешивать в коллоидном миксере (1200 об/мин) до образования однородной коллоидной суспензии. Конечный тампонажный состав обладает следующими свойствами:

- вязкость около 6 сантипуазов (Вода 1), плотность 1,3 кг/л, прочность на 28 сутки до 5 МПа;
- проницаемость обработанного массива – около 10^{-9} м/с. После конечного

Рис. 4. Материал Groutmaster в виде гранулированного порошка



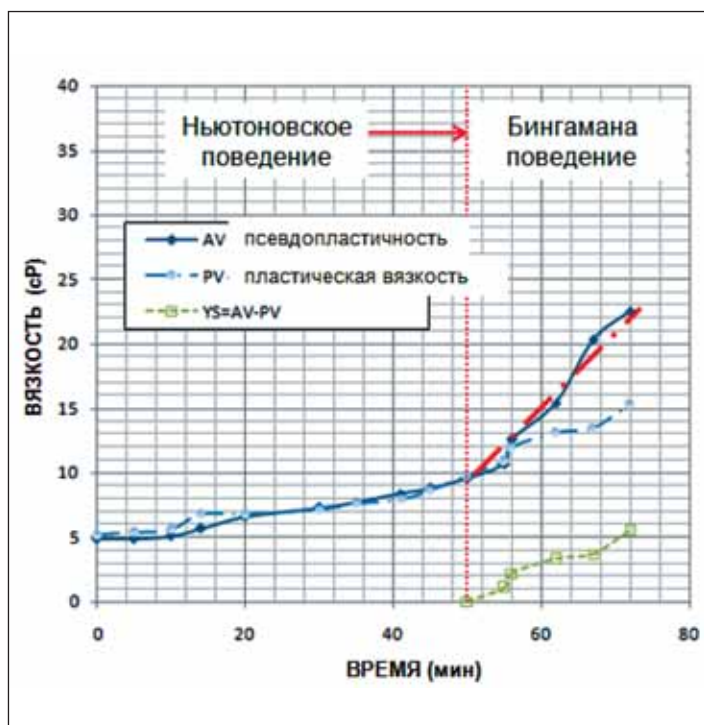


Рис. 5. Кривая зависимости вязкости от времени для материала Groutmaster

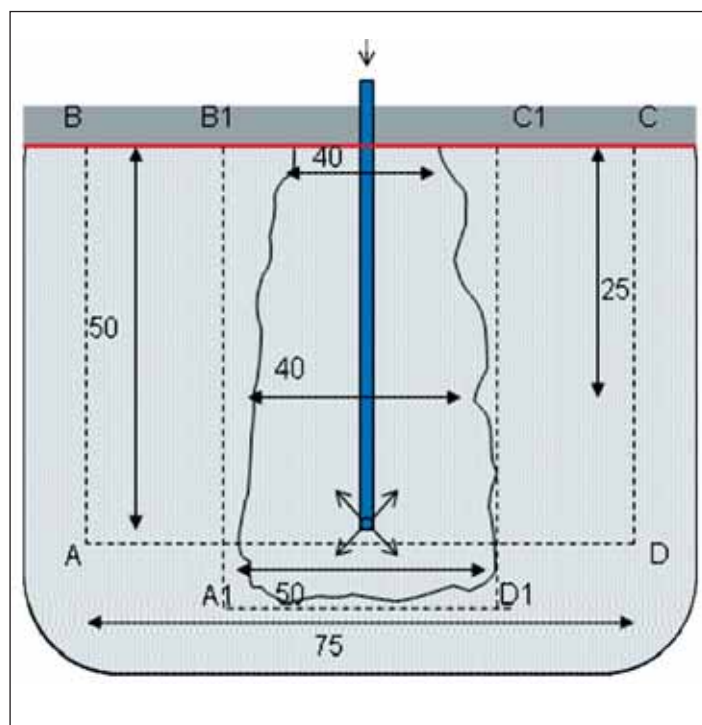


Рис. 6. Геометрические параметры закреплённого массива

схватывания материал становится химически инертным и не подвержен разложению под действием напорных грунтовых вод. Материал является экологически безопасным для окружающей среды и здоровья людей. В отли-

чие от цементных материалов стабилен и не имеет признаков водоотделения и усадки.

Кривая изменения вязкости от времени показана на рис. 5.

Лабораторные тесты материала Groutmaster, общая схема проведения теста

Для проведения испытания был взят контейнер объемом 1 м³, засыпанный песком с модулем крупности 2 мм и содержанием глинистых около 3 %. Посередине данного куба установили трубу с возможностью вертикального хода. На поверхности контейнера сделали бетонную стяжку толщиной 10 см для предотвращения обратного тока вдоль оси трубы и выхода раствора на поверхность, первоначальное положение трубы – 50 см вниз от плоскости бетонной пробки. Тампонаж проходил в восходящем порядке с шагом 25 см и ограничением по объему тампонажа в каждой точке 31 литр, давление при этом не превышало 4 атм. Вскрытие происходило через 48 ч после тампонажирования. Для определения контура обработанного массива исполь-

зовалась вода под напором, которая смывала неконсолидированные части песка.

Форма консолидированного массива представлена на рис. 6 и 7.

Параметры нагнетания раствора

Объем закачанного материала – 72 л.

Объем закачанного материала на заходку в 25 см – 31 л.

Плотность раствора – 1,3 кг/л.

Подача насоса – 9,5 л/м.

Максимальное давление – 4 атм.

Выводы

В ходе проведенных тестов тампонажного материала Groutmaster была доказана простота его изготовления и применения, а также возможность инъектирования грунта с проницающей способностью грунта до 10⁻⁵ см/с. В отличие от материалов-аналогов на рынке, Groutmaster не подвержен воздействию напорных грунтовых вод и не теряет свою прочность под их воздействием. Порошковая форма помогает избежать возможных проблем с транспортировкой и хранением материала, особенно в зимнее время, а также дает возможность изготовить материал непосредственно на строительной площадке.


Литература

1. Ultrafine Cement in Pressure Grouting, Raymond W. Henn, Nathan C. Soule. ASCE
2. Construction and Design of Cement grouting, A.C Houlsby, 1990
3. Grout Permiation theory, John Hismal Ground engineering September, p. 28–31
4. The mechanics of engineering soils, Fisher Cassie, 1965
5. Selecting the grouting intensity, Lombardi, The international journal on Hydropower and Dams, 1996, p. 62–66



Рис. 7. Закреплённый массив





Сделайте свой бетон уникальным

Компания МАККАФЕРРИ производит стальную фибру под торговой маркой WIRAND® и является одним из крупнейших производителей стальной фибры в Европе. Применение стальной фибры для армирования бетона позволяет качественно улучшить его эксплуатационные характеристики. Наряду со стальной фиброй компания МАККАФЕРРИ разрабатывает и производит широкий спектр материалов для тоннельного строительства: стекловолоконные и стальные анкеры, материалы для дренажа и гидроизоляции, добавки в бетон, керамические плиты для облицовки стен, а также полипропиленовую фибру для пассивной противопожарной защиты. Специалисты компании МАККАФЕРРИ обеспечивают квалифицированную инженерную поддержку на всех этапах проектирования и строительства подземных сооружений.

реклама

MACCAFERRI

www.maccaferri.ru

Engineering a better solution

РЕЗИНОВЫЕ ЭЛАСТОМЕРНЫЕ УПЛОТНИТЕЛИ ДЛЯ СЕГМЕНТОВ ТОННЕЛЬНОЙ ОБДЕЛКИ¹



Вернер Грабе, доктор инженерных наук, эксперт рабочей группы STUVA, фирма WGD, Германия

Релаксация напряжений

Отличительной особенностью низкомолекулярных полимеров, в частности резин, является сильная зависимость напряжения и деформации от времени действия силы и скорости нагружения. Данная зависимость, характеризующая вязкоэластические свойства материала и получившая название «релаксация напряжений», является важнейшей характеристикой материала при выборе состава эластомера уплотнителя. Кроме состава эластомера, релаксация зависит и от разных внешних факторов, прежде всего от температуры. В данном случае под релаксацией напряжений подразумевается проведение долгосрочных тестов резиновых профилей в рабочем (сжатом) состоянии в течение 90 дней при температуре 70 °С.

При правильном подборе качественной резиновой смеси на основе EPDM эластомеров можно подтвердить и спрогнозировать развитие водонепроницаемости уплотнителя на срок до 120 лет. Для этого в качестве математической модели используется уравнение WLF (Williams – Landel – Ferry, 1955), описывающее вязкоупругие свойства материалов. Далее приводится пример данного теста.

Параметр T_G – температура перехода эластомера в твердо-хрупкое состояние (glass transition), экспериментально определено² в институте DIK, Ганновер, Германия, как $T_G = -55$ °С:

T_S (т. н. стандартная температура) = $T_G + 50^\circ = -55^\circ + 50^\circ = -5$ °С;

T_0 (эталонная температура) = 70 °С;

T (рабочая температура), например = 20 °С или 30 °С.

Согласно уравнению WLF существует логарифмическая зависимость величины релаксации a_T от времени. Эта величина рассчитывается, как:

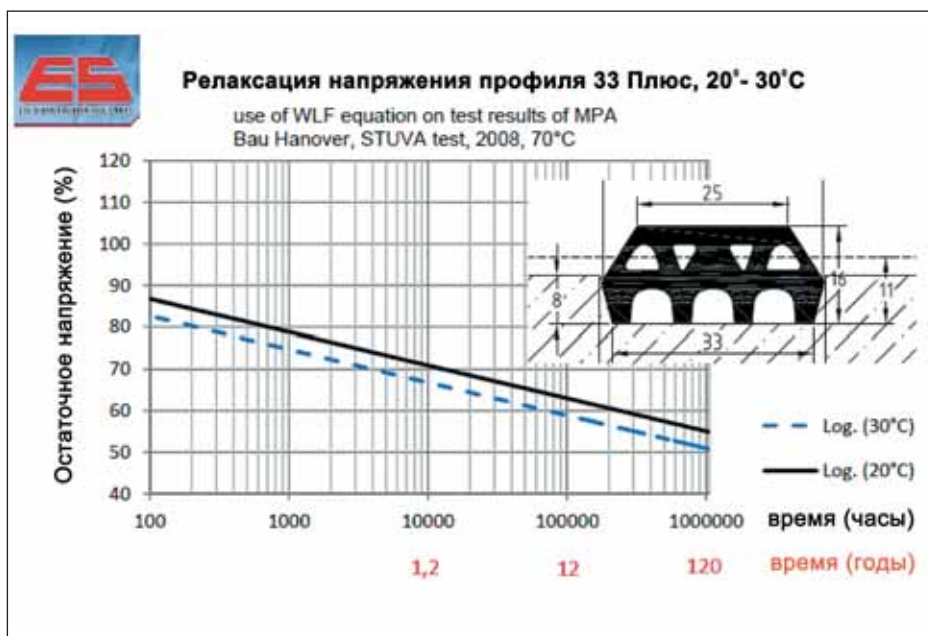


Рис. 1. Моделирование релаксации напряжений уплотнителя на срок до 120 лет

$$\lg a_T = \frac{8,86(T_0 - T_S)}{101,6 + (T_0 - T_S)} - \frac{8,86(T - T_S)}{101,6 + (T - T_S)}$$

или

$$\ln a_T = \frac{20,4(T_0 - T_S)}{101,6 + (T_0 - T_S)} - \frac{20,4(T - T_S)}{101,6 + (T - T_S)}$$

Для T рабочей 20 °С $\ln a_T =$

$$= \frac{20,4(70+5)}{101,6+(70+5)} - \frac{20,4(20+5)}{101,6+(20+5)} = 4,68$$

$$a_T = e^{4,68} = 107,77.$$

Для T рабочей 30°С $\ln a_T =$

$$= \frac{20,4(70+5)}{101,6+(70+5)} - \frac{20,4(30+5)}{101,6+(30+5)} = 3,48$$

$$a_T = e^{3,48} = 32,45.$$

Поправочный коэффициент X рассчитывается экспериментально при испытании профиля при 70 °С. Прогнозируемые значения релаксации напряжений лежат в области между прямыми $\text{Log}(20$ °С) и $\text{Log}(30$ °С).

$$\Delta = a_T \times t.$$

Как видно из диаграммы на рис. 1, прогнозируемая релаксация за 120 лет составит 50 % от начальной, поэтому тесты проводятся при удвоенном давлении. Так, для данного профиля с ограничением значения давления воды в тоннеле 5 бар данный тест проводился при давлении 10 бар. Соответственно, даже через 120 лет указанный профиль будет водонепроницаемым.

¹ Окончание (начало см. МТ № 1 и 2, 2014 г.)

² Для эластомеров компании ES Rubber

**Что вы слышали про МЯГКИЙ УГОЛ?
РЕШЕНИЕ для ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ воды,
позволяющее избежать СКОЛЫ в углах сегментов
бетонной тоннельной обделки.**

Эксклюзивно от компании ES RUBBER, эксперта передовых решений
в области УПЛОТНИТЕЛЕЙ, работающего на рынке более 20 ЛЕТ.



- Мягкие углы – это гарантия отличной водонепроницаемости без сколов бетона
- Надежная система уплотнения на весь срок эксплуатации тоннеля
- Тесты MPA NRW Dortmund, MPA Bau Hannover в соответствии с рекомендациям STUVA
- Сертификаты Соответствия ГОСТ Р и РОССТРОЙСЕРТИФИКАЦИЯ



ESRUBBER
EIN SHEMER RUBBER IND.

ES Rubber Ltd. | Kibbutz Ein Shemer | M.P. Hefer 38816, Israel
T. +972 4.637.1037 | export@esrubber.com | www.esrubber.com
ООО "ЕС Импорт" | 127051, Россия, Москва | пер. Б. Сухаревский, 20, стр. 1
Тел +7 925 193 51 39, факс +7 499 995 06 80 | office@esimport.ru

реклама

WGD
Water Gate Development



Рис. 2. Поры бетона перед оклейкой уплотнителя должны быть зачищены стальной щеткой и заполнены раствором

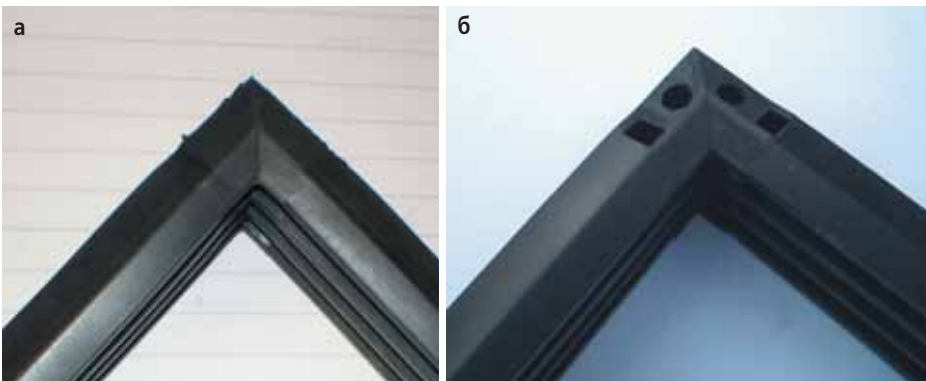


Рис. 3. Угол старого дизайна (а), новый дизайн мягкого угла с прямоугольными штифтами (б)

Угловые соединения резиновых уплотнителей для стандартных (вклеиваемых) и анкерных (интегрированных) резиновых уплотнителей

Резиновые уплотнительные рамки изготавливаются из профиля, соединенного угловыми элементами, которые производятся методом литья под давлением с последующей вулканизацией.

Стандартные резиновые уплотнители устанавливаются в пазах, имеющих сухую, чистую и гладкую поверхность без крупных каверн, с использованием специального клеявого раствора. Эти требования необходимы для обеспечения правильной посадки уплотнителя во время монтажа блоков при тоннельной проходке с использованием ТПМК (рис. 2).

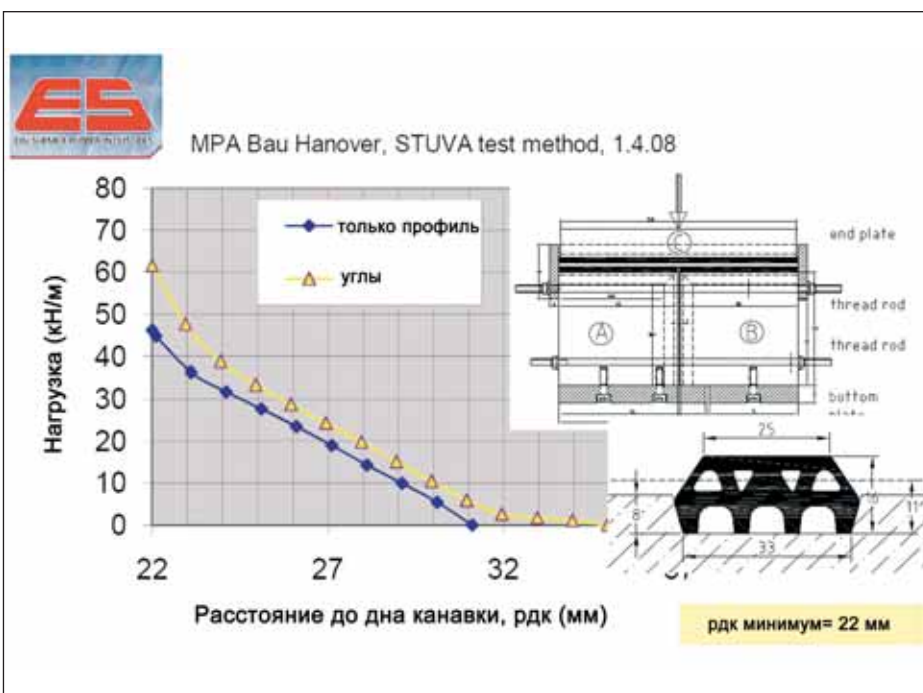


Рис. 4. Тест нагрузки на уплотнитель: кривая деформации раздельно в профиле и в углах

Изначально углы, в отличие от профиля, отливались сплошными, повторяющими его внешнюю геометрию. Вдобавок к этому, в процессе литья углов резиновая смесь заполняла деформационные каналы профиля на значительное расстояние. Во время монтажа кольца такой твердый угол при сжатии деформировался значительно меньше, чем сам профиль, имеющий внутри пустоты. Нагрузка, передаваемая на бетон в углах, приводила к отклеиванию и смещению уплотнителя из паза, выкрашиванию бетона на углах, сколам, трещинам и протечкам в местах стыков блоков.

Для решения данной проблемы была создана технология «мягкого угла», которая позволила за счет пустот в углах добиться одинаковой деформации профиля по стороне блока и в углах. Суть ее состоит в создании пустот в углах, сопоставимых с пустотностью резинового профиля. При нагрузке весь уплотнитель по всей длине деформируется равномерно, что позволяет избежать риска выкрашивания бетона и сколов.

Дальнейшим продолжением идеи «мягкого угла» стал изобретенный автором статьи в 2006 г. метод использования прямоугольных штифтов³, которые обеспечивают деформационные пустоты в углах, одновременно закрывая входы в каналы резинового профиля. Это позволяет обеспечить водонепроницаемость уплотнителя и не допустить протечек грунтовых вод внутрь профиля (рис. 3).

Если в старом дизайне максимальные нагрузки реакции при деформации профиля в углах были на 200 % выше, чем в самом профиле, то с новым мягким углом они не превышают 20 % от нагрузки реакции профиля (рис. 4).

Специально для проекта строительства метрополитена в Дели (Индия) были разработаны и внедрены конструкции углов, составляющих замкнутый гидрофильный периметр совместно с экструзией профиля. Здесь профиль из EPDM имеет интегрированный слой гидрофильной резины (голубого цвета), который при контакте с водой расширяется в объеме (набухает) и

³ Европейский патент № EP06015942

способствует лучшей водонепроницаемости (рис. 5).

В данном проекте мягкий угол сделан также из гидрофильной резины, но другого состава, набухание его составляет 1/10 от гидрофильного слоя резинового профиля. Таким образом резиновый уплотнитель способен равномерно расширяться при попадании воды, обеспечивая равномерный контакт по всей поверхности, как по сторонам, так и в углах рамки.

Анкерные уплотнители устанавливаются в опалубочные формы перед заливкой бетона и механически фиксируются. После заливки и твердения бетона открываются борты форм, освобождая резиновый уплотнитель. Профиль держится в бетоне за счет залитых двух силовых резиновых анкеров. Форма анкеров позволяет воздуху выходить на поверхность при вибрировании бетонной смеси, а бетону плотно облепать анкеры. Анкерные уплотнители были изобретены автором еще в 1991 г., но, к сожалению, сегодня лишь около 5 % от всех тоннельных проектов используют подобные уплотнители.

Преимущества анкерных уплотнителей очевидны: данный способ производства работ не требует операций по ремонту паза, затирки и оклейки, экономится время и материалы (ремонтные составы, клей).

Недостатком метода является то, что установка уплотнителей в форму должна быть сделана абсолютно точно, а место посадки перед заливкой бетонной смеси проверено визуально с использованием зеркала. Для работы необходимо подобрать бетонную смесь с хорошим гранулометрическим составом, способную качественно заполнить пространство между анкерами (рис. 6).

Для **анкерных уплотнителей** особенно важно иметь нормальную деформацию по всей длине, в противном случае угол может разломать бетон и сместиться при монтаже бетонного блока. Для этого анкеры обрезаются на некотором расстоянии от угла, а угол свободно размещается в пазу. В этом случае продольные и поперечные силы, действующие на анкерный уплотнитель (особенно при монтаже замковых блоков), не приведут к его смещению и деформации. Тем не менее, перед монтажом по-прежнему рекомендуется смазывать углы резинового уплотнителя (рис. 7).

Специальные угловые соединения для замковых блоков

Как было сказано ранее, угловые соединения получают методом литья под давлением в форму. Углы соединений между сторонами рамки обычно составляют 90°. Они идеально подходят для прямоугольных сегментов. Для замковых

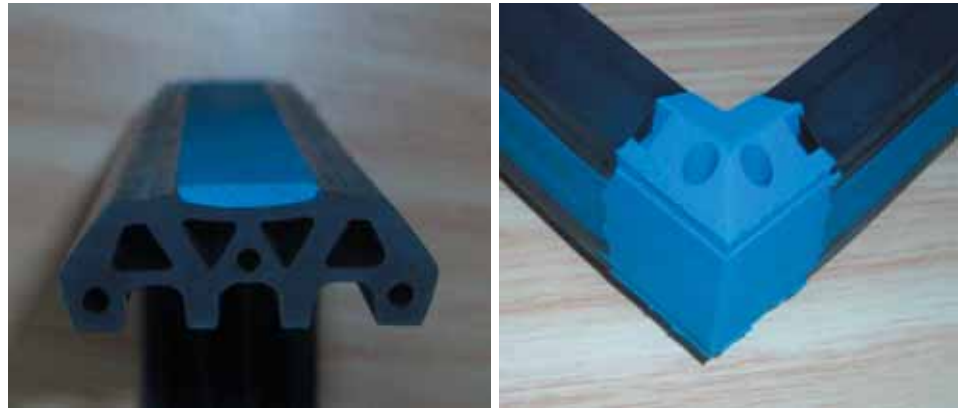


Рис. 5. Профиль, изготовленный методом ко-экструзии с интегрированным гидрофильным угловым соединением

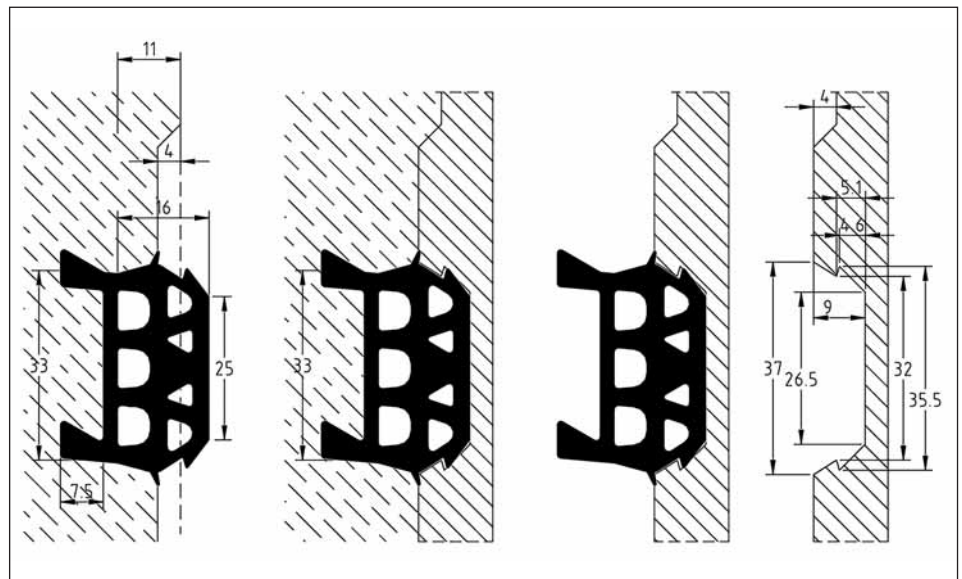


Рис. 6. Этапы производства работ с анкерным уплотнителем (справа налево)

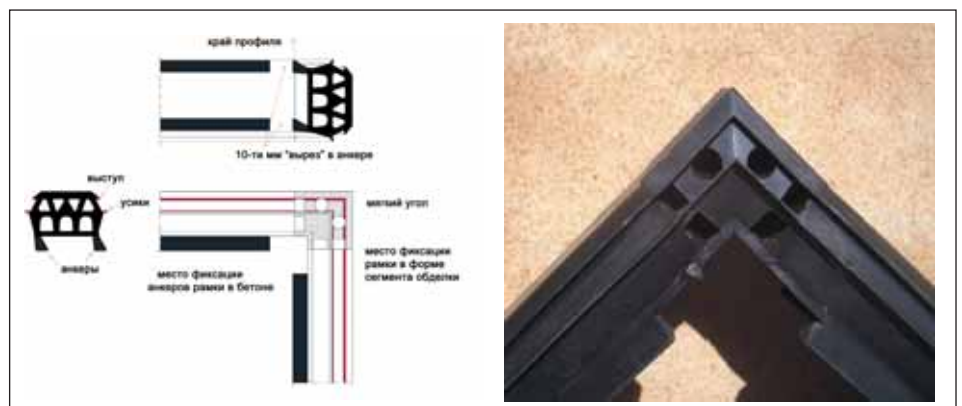


Рис. 7. Угол для рамки с анкерным профилем, анкеры обрезаны в 10 мм от края профиля

Рис. 8. Рамка замкового блока со «скрученным углом»

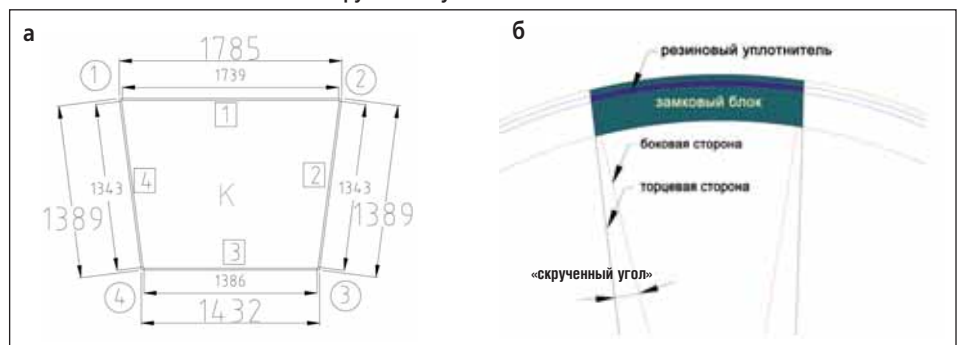




Рис. 9. Углы смежных замкового и предзамкового блоков. «Скрученный угол» способствует лучшему контакту поверхностей при монтаже



Рис. 10. Примерка резинового уплотнителя, пример маркировки на оклеенном блоке

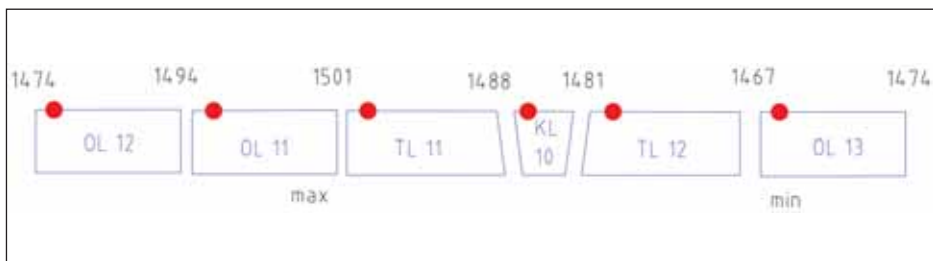


Рис. 11. Пример левого кольца (красным отмечены маркеры)

и предзамковых блоков лучше использовать соединения под разными углами – обычно около 80° и 100° для лучшего прилегания рамки резинового уплотнителя к бетонному блоку. Если сегменты кольца имеют форму параллелограмма или трапеции, то использование прокладок с углами $80^\circ/100^\circ$ становится необходимостью.

При разработке проекта уплотнительной рамки для замковых и предзамковых блоков важно учитывать следующие факторы:

- возникающий крутящий момент в рамке, причем его влияние по всем четырем сторонам будет разным;

- при монтаже замкового блока происходит прямой контакт резинового уплотнителя с уплотнителем соседних предзамковых блоков. Здесь важно, чтобы соприкасающиеся плоскости были параллельны, в противном случае уплотнитель может быть выдавлен или вырван из паза.

При проектировании рамок для замковых и предзамковых блоков необходимо

учитывать данные факторы, для чего применяются специальные «скрученные углы» (twist angles) (рис. 8 и 9). Стороны 1 и 3 рамки (см. рис. 8а) ориентированы нормально, т. е. к центру кольца, а для сторон 2 и 4 требуется применение «скрученного угла», который позволяет при монтаже замкового блока обеспечить параллельность плоскостей уплотнительных рамок. Это является залогом качественного монтажа кольца, а в конечном итоге – водонепроницаемости тоннеля.

Размеры и маркировка уплотнительных рамок

Каждый сегмент кольца тоннельной обделки индивидуален, соответственно и резиновый уплотнитель для каждого блока производится по индивидуальным размерам. Для избежания ошибок при оклейке блоков каждая рамка имеет индивидуальную маркировку несмываемой краской в углу с определенной стороны (например, на рис. 10б маркировка рамки «С-Л» подразумевает, что рамку необходимо наклеить

на соответствующий бетонный блок С левого кольца).

После выбора нужной рамки необходимо правильно ориентировать ее стороны, поскольку они все имеют разную длину. Для этого маркировка рамки наносится строго с одной стороны – со стороны забоя (рис. 11). При наклейке рамки отверстия в углах прокладки смотрят вниз, а в тоннеле – направлены наружу.

Продуманная система маркировки позволяет избежать ошибок при оклейке резинового уплотнителя.

Размеры сторон рамок рассчитываются с преднатягом 0,5–3,0 % по сравнению с длиной паза конкретного сегмента, что позволяет обеспечить расчетные размеры рамки с учетом допусков при ее изготовлении. При этом длинные стороны рамок рассчитываются таким образом, чтобы при монтаже они находились выше паза на ширину профиля либо даже напротив паза для облегчения процедуры их приклеивания на сегмент с использованием метода одностороннего нанесения клея только на боковые поверхности паза бетонной обделки.

Заключение

Резиновые уплотнители тоннельной обделки являются важнейшим фактором, обеспечивающим водонепроницаемость тоннеля в течение всего срока его эксплуатации.

Для выбора правильного типа, размера и формы уплотнителя необходимо получить данные о максимальном рабочем давлении грунтовых вод в тоннеле (предоставляются данные по худшему с точки зрения геологии участку тоннеля), а также худшее сочетание зазоров и смещений между сегментами.

На сегодняшний день STUVA (Германия), ведущая независимая научно-исследовательская ассоциация в области подземного транспорта, уделяет большое внимание факторам, влияющим на водонепроницаемость тоннелей. В частности, ее уровень требований к уплотнениям тоннельных блоков по материалу и по свойствам продукта очень высок.

Наиболее важными считаются свойства, определенные следующими тестами уплотнителей:

- на нагрузку при деформации;
- на нагрузку при деформации углового соединения;
- на водонепроницаемость;
- на релаксацию напряжений.

Современная технология производства резиновых уплотнителей, основанная на инновационных разработках специальной внутренней геометрии уплотнительного профиля и углового соединения, а также применении качественного состава резиновой смеси, позволяет подобрать решения в соответствии с требованиями конкретного тоннельного проекта и строить тоннели качественно, без сколов, трещин и водоподтеков сегментов высокоточной бетонной обделки.

ЗАКЛАДНЫЕ, СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ И МОНТАЖНЫЕ ДЕТАЛИ

для тоннельной обделки из полимерных материалов, изготавливаемые в рамках программы импортозамещения.

Детали, работающие в условиях заданных нагрузок, испытаны в ОАО «ЦНИИС».

Сроки поставок 7-10 дней.

Оптимальное соотношение "цена-качество".



(495) 775-18-00

www.pmserv.com

НАСОСЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

**Агрегаты одновинтовые серий АПНВ и ОНВ
производительностью от 0,1 до 100 м³/ч**



**РАЗРАБАТЫВАЕМ
ПРОИЗВОДИМ
ОБСЛУЖИВАЕМ**

Одновинтовые насосы предназначены для перекачки чистых и загрязненных компонентов малой и высокой вязкости. Конструкция насосов позволяет решать широкий спектр задач при проведении строительных работ.

Агрегаты применяются:

- для инъектирования цементных и других составов
- при контрольном нагнетании
- для подачи бентонита
- для кондиционирования грунта (система пеногенерации, подача полимеров)
- и для других строительно-монтажных работ

Преимущества

- Возможность перекачивать составы, содержащие абразивные включения
- Высокая всасывающая способность
- Отсутствие всасывающих и нагнетательных клапанов обеспечивает надежность при эксплуатации
- Хорошие дозирующие характеристики (например, при смешивании нескольких компонентов)
- Равномерная (без пульсаций) подача состава
- Возможность изменения направления подачи на противоположное
- Простота в обслуживании (нет необходимости регулировки зазоров рабочих элементов насоса при ремонте и повторной сборке)
- Создают давление до 20 бар



**ремонтируем
импортные винтовые насосы**

ПРЕИМУЩЕСТВА ТОННЕЛЕЙ ИЗ ОПУСКНЫХ СЕКЦИЙ ПРИ СООРУЖЕНИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕХОДОВ ЧЕРЕЗ ПРОТЯЖЁННЫЕ ВОДНЫЕ (МОРСКИЕ) ПРЕГРАДЫ

Е. Н. Курбацкий, профессор кафедры «Мосты и тоннели» Московского государственного института путей сообщения (МИИТ)

Традиционно протяжённые транспортные переходы через проливы и широкие реки выполнялись с использованием мостов. В некоторых случаях для пропуска высокотоннажных судов приходилось располагать пролётные строения на высоких опорах. Это усложняло конструкцию и приводило к необходимости удлинять подходы к мостам.

Одним из возможных вариантов решения этой транспортной проблемы является сооружение тоннеля горным способом. Однако в этом случае также существуют некоторые требования, которые необходимо выполнять и которые приводят к удлинению перехода: тоннель должен располагаться ниже дна водоёма на 25–30 м и более.

Тоннели из опускаемых секций, пересекающие водные преграды, имеют целый ряд преимуществ по сравнению с тоннелями, сооружаемыми горным и щитовым способом. Протяжённость этих тоннелей сравнительно меньше, так как они расположены на дне водоёмов с небольшим заглублением. Вследствие этого подходы могут быть относительно короткими. Подходы к мостам, которые необходимо располагать на высоких опорах при пересечении судоходных проливов и рек, обычно значительно длиннее. Длина мостового перехода при пересечении водной преграды на равнинной местности существенно увеличивается (рис. 1).

Тоннели из опускаемых секций сооружаются практически при любых грунтовых условиях. Коренные породы в проливах и реках могут располагаться под слабыми водонасы-



Рис. 1. Сравнение протяжённости транспортных переходов через водную преграду

щенными грунтами на большой глубине. Такие условия обычно создают существенные проблемы при сооружении опор большепролётных мостов.

Для длинных переходов, когда навигация является очень важным фактором, комбинированные переходы мост-тоннель представляют собой экономически наиболее выгодное решение. Такие комбинированные переходы состоят из протяжённых эстакад, которые начинаются на берегу, пересекают сравнительно узкие водные преграды и заканчиваются на искусственно созданных островах. Далее трасса входит в тоннели, которые начинаются на островах и пересекают судоходные части проливов и рек.

В настоящее время в мире построено и эксплуатируется более 100 тоннелей из опускаемых секций различного назначения с разными поперечными сечениями (рис. 2). Это автомобильные и железнодорожные тоннели: однопутные и двухпутные, а также тон-

нели для одновременного пропуска железнодорожных поездов и автотранспорта.

Наиболее часто строятся комбинированные транспортные переходы, состоящие из эстакад, проходящих от берегов над относительно неглубокими протоками до искусственных островов, на которых трасса входит в тоннели, пересекающие глубокие судоходные каналы.

Примеры реализованных и строящихся сооружений

Транспортный переход через залив Chesapeake у Норфолка (Виржиния) был построен в 1964 г. Тоннельно-мостовой переход протяжённостью 17 миль включает в себя мост и два тоннеля из опускаемых секций, пересекающих два основных судоходных канала (рис. 3).

Первый крупный морской переход в Европе с использованием тоннеля из опускаемых секций был построен между Данией и

Рис. 2. Типы поперечных сечений тоннелей из опускаемых секций и места их постройки

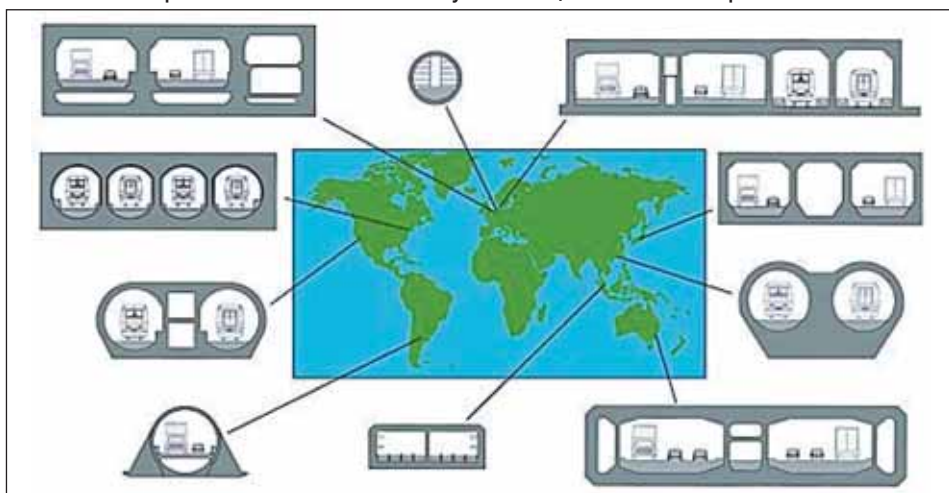


Рис. 3. Тоннельно-мостовой переход через залив Chesapeake





Рис. 4. Транспортный переход на трассе Oresund между Данией и Швецией

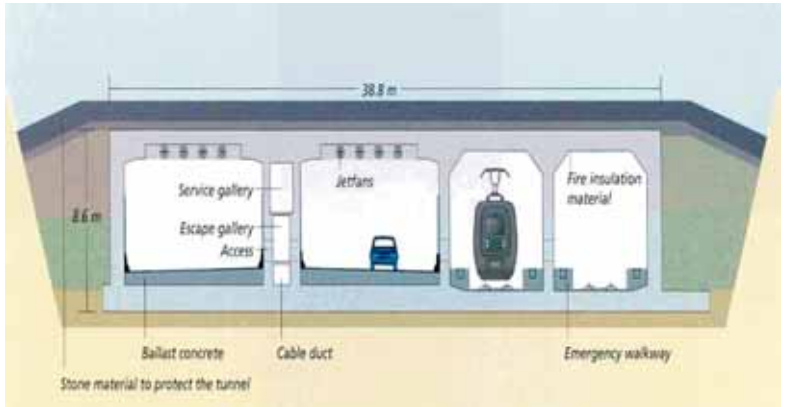


Рис. 5. Поперечное сечение тоннеля Drodgen

Швецией на трассе Oresund. Трасса длиной 16,7 км обеспечила автомобильное и железнодорожное сообщение между Копенгагеном и Мальме (рис. 4). Переход из тоннеля на мост выполнен на большом искусственном острове длиной около 4 км. В Дании в месте перехода на 430 м в море была расширена береговая зона.

Длина тоннеля из опускаемых секций под проливом Drodgen на трассе Oresund составляет 3500 м. Тоннель состоит из 20 секций длиной по 176 м каждая. Каждая секция собрана из восьми сегментов по 22 м. Тоннель предназначен для двух железнодорожных и двух автомобильных линий. Кроме того, предусмотрена спасательная галерея. Размеры поперечного сечения 8,6×38,8 м (рис. 5).

В 2010 г. построен транспортный переход между вторым по величине городом Южной Кореи Пусаном, расположенным на юго-востоке, и островом Geoje (рис. 6). Переход включает в себя два вантовых моста и тоннель из опускаемых секций. Тоннель длиной 3,2 км состоит из 18 секций по 180 м каждая и является самым глубоким (максимальная глубина воды 48 м) в мире.

На пересечении главных судоходных путей между островами Daejuk и Gaduk не допускалось никаких ограничений по высоте судов. Поэтому тоннельный переход был единственным возможным решением. Первоначально рассматривался вариант горного тоннеля. Но относительно крутые берега островов и необходимость большой глубины заложения тоннеля (от 25 до 30 м ниже морского дна) сделали этот вариант неприемлемым. По этой причине вариант тоннеля из опускаемых секций, глубина заложения которого немного ниже морского дна, был логичным выбором.

Инженерно-геологические условия в месте расположения тоннеля не являлись благоприятными для строительства. Морское дно вдоль трассы тоннеля, кроме береговых областей, состояло из слоя морской глины, мощность которого превышает 20 м, достигая в некоторых местах 30 м. У берегов на поверхность выходили коренные породы, а также тонкие слои песка и гравия. Поэтому грунт в основании тоннеля было решено усилить сваями (рис. 7).

Место строительства перехода расположено в Корейском проливе между Тихим океаном и Восточно-Китайским морем. Кли-

матические условия в этом месте, открытом всем ветрам, достаточно сложные. Сильное течение до 2 м/с, тайфуны и волны, высотой до 8 м, серьезно усложняли транспортировку секций тоннеля на места установки.

Сейсмичность района невысокая, тем не менее, тоннель рассчитан на два уровня землетрясений: проектное (ПЗ) и максимальное расчетное (МРЗ).

В настоящее время сооружается один из наиболее сложных транспортных переходов между материковым Китаем и Гонконгом (рис. 8).



Рис. 6. Транспортный переход между городом Пусаном (Южная Корея) и островом Geoje

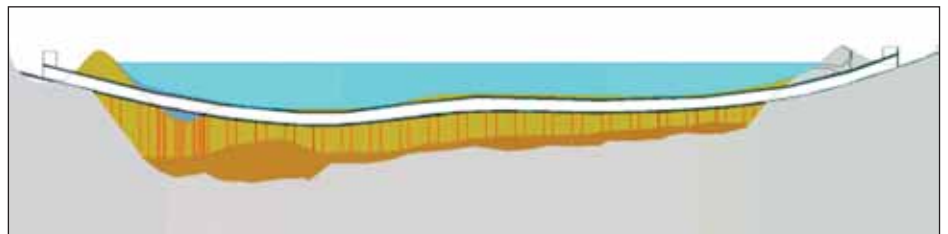


Рис. 7. Пример усиления основания тоннеля при наличии слабых грунтов

Рис. 8. Основные объекты транспортного перехода между материковым Китаем и Гонконгом

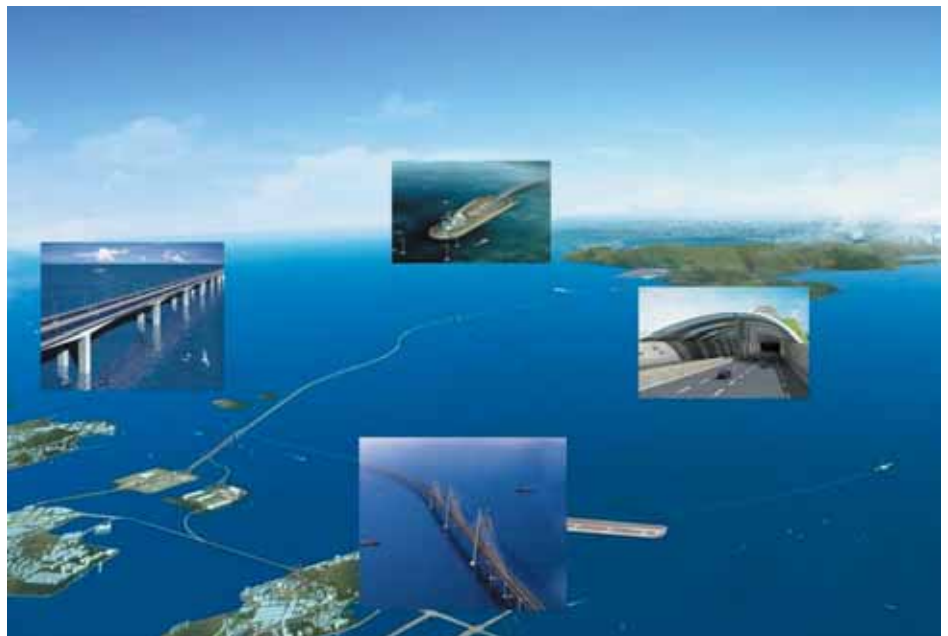




Рис. 9. Сооружение секции тоннелей в специальном котловане (Нидерланды)



Рис. 10. Вид площадки для одновременной отливки нескольких секций тоннеля (западный берег залива Jinhae)



Рис. 11. Секции тоннелей, подготовленные для транспортировки (Нидерланды)



Рис. 12. Транспортировка железобетонной секции к месту погружения (Нидерланды)

Весь переход составляет около 30 км (от границы с Гонконгом до материкового Китая), пересекая устье реки (Pearl River), и состоит из нескольких мостов, искусственных островов и тоннелей. Запроектированы сооружения с двусторонним движением, с тремя полосами движения в каждом направлении. Для обеспечения прохода морских судов предполагается строительство вантового моста. На пересечении основных судоходных путей у восточного берега реки будет построен тоннель протяжённостью 6,75 км. Шесть километров этого тоннеля будут выполнены из опускаемых

секций. Съезды с мостов в тоннели будут реализованы на искусственных островах, длина каждого из которых 625 м. Длина всей трассы между городами Гонконг, Чжухай и Макао составляет около 50 км, предполагаемая стоимость 10 млрд долларов.

Некоторые проблемы, с которыми столкнулись проектировщики и строители:

- большая глубина;
- разнообразные грунтовые условия;
- продолжительный расчётный срок эксплуатации (120 лет);
- необходимость сооружения искусственных островов на мягких грунтах;

- требование не исказить природные течения при сооружении островов;
- трёхполосное движение привело к необходимости увеличить пролёт перекрытий тоннеля до 14,55 м;
- необходимость заглубления верхней части тоннельной обделки на глубину 29 м от поверхности морского дна для обеспечения прохода танкеров водоизмещением 300 тыс. т в двух проливах с общей шириной 2810 м.

После анализа и сравнения различных вариантов было принято решение сооружать тоннель из железобетонных секций.

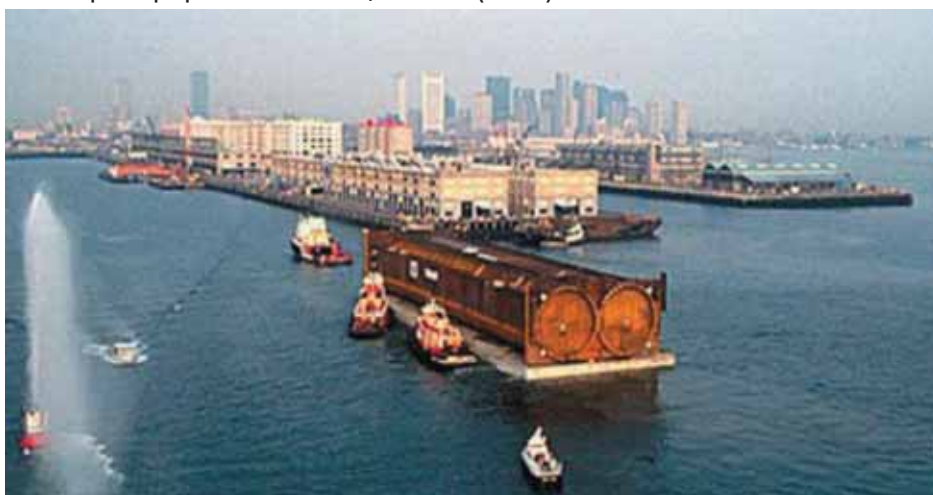
Сооружение секций тоннелей

Обычно тоннели выполняются из железобетонных или сталебетонных секций. Секции сооружаются в доках или в специально вырытых на берегу котлованах (рис. 9).

В некоторых случаях место производства секций может располагаться на больших расстояниях от места их погружения. В качестве примера приведём вид железобетонного завода, расположенного на расстоянии 40 км от места расположения тоннеля (рис. 10).

После окончания сооружения секций котлован заполняется водой, для чего открываются специально смонтированные затворы. Перед заполнением котлована водой торцы секций герметизируются. Секции рассчитываются таким образом, чтобы обладать необходимой плавучестью, поэтому после затопления котлована они всплывают (рис. 11).

Рис. 13. Транспортировка стальных секций тоннеля (Бостон)



Транспортировка секций к месту установки (погружения)

Готовые секции буксируются по воде к месту установки. При этом используется либо плавучесть секций (рис. 12), либо специальные плоты (рис. 13).

При строительстве транспортного перехода через Босфор использовались сталебетонные секции, которые также обладали достаточной плавучестью (рис. 14).

Подготовка оснований для установки секций тоннелей

Наиболее распространенным методом подготовки траншей для подводных тоннелей является использование грейферов и земснарядов (рис. 15). В районах с повышенными экологическими требованиями для уменьшения загрязнений водной среды используются грейферы с герметичными ковшами. При разработке твёрдых скальных пород может возникнуть необходимость в выполнении буровзрывных работ, что экологически нежелательно.

Работы по углублению дна, как правило, проводятся, по меньшей мере, в два этапа: удаление сыпучего материала и срезка грунта. Срезка грунта должна включать удаление хотя бы 1-метрового слоя грунта после окончания выемки породы земснарядом или грейфером. Все наносные материалы

(ил, песок и др.), которые могут накапливаться на дне траншеи, удаляются непосредственно перед опусканием секции.

Траншея для тоннеля должна соответствовать расчётному плану и профилю трассы с учётом возможных обвалов ее стен. Работы по углублению дна выполняются таким образом, чтобы ширина дна траншеи и профиль сохранились при подготовке основания и опускании секций. Дно траншеи заполняется грунтом, удовлетворяющим проектным требованиям к материалам основания.

Для выравнивания и формирования дна траншеи разработано специальное оборудование для укладки слоя гравия. Процесс является непрерывным. Оборудование установлено на барже и позволяет формировать дно траншеи с точностью до 25 мм от расчётной отметки, что достигается лазерной системой управления гидравлическими цилиндрами на подающем трубопроводе.

Установка секций на место

После того, как секции тоннелей доставлены на место установки, начинается процесс погружения в предварительно подго-



Рис. 14. Транспортировка сталебетонной секции (Турция)

товленные траншеи (рис. 16). Процесс погружения – довольно сложная операция. Обычно погружаемая секция опускается на некотором расстоянии от уже установленной секции и затем медленно перемещается до соприкосновения с ней. После этого производятся монтажные работы по соединению секций.

Обеспечение безопасности тоннелей от воздействия затонувших судов

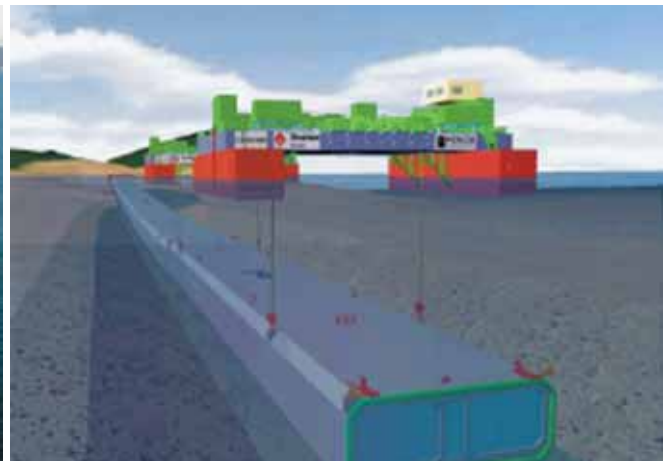
Для предотвращения повреждения тоннельных обделок, которые могут произойти при аварии судов и от повреждения якорями, при выполнении обратной засыпки



Рис. 15. Многофункциональная баржа с оборудованием для углубления и выравнивания траншеи и земснаряд для разработки твёрдых пород грунта



Рис. 16. Погружение секций со специальной баржи



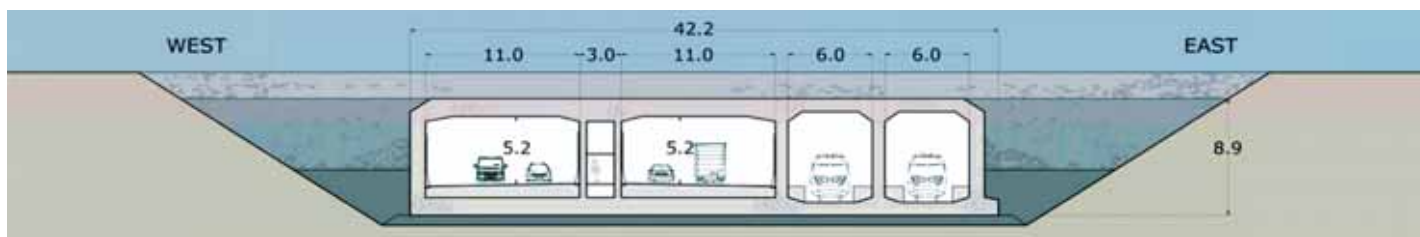


Рис. 17. Пример поперечного сечения тоннеля с указанием обратной засыпки

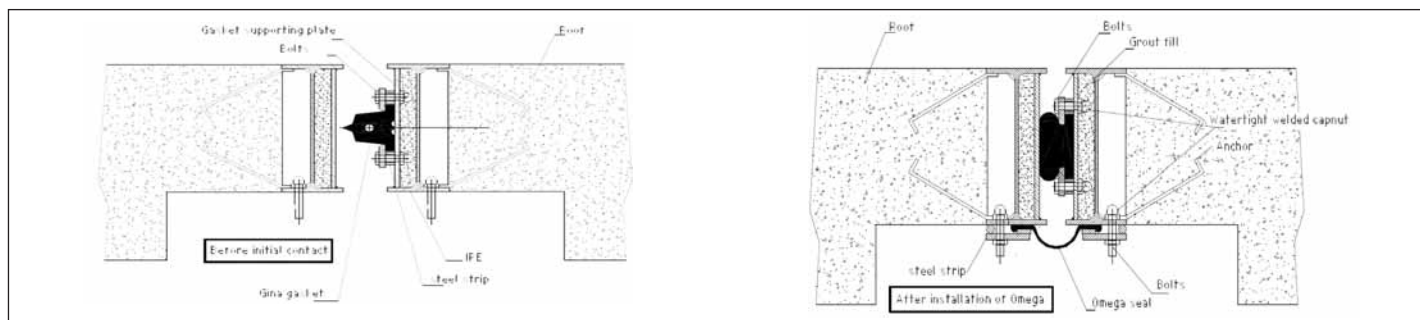


Рис. 18. Соединение между секциями с использованием прокладок типа «Gina» и «Omega». Прокладка типа «Gina» в свободном состоянии (слева); прокладки типа «Gina» и «Omega» в рабочем состоянии (справа)

предусматривается защитный слой из твердого грунта (рис. 17).

Для обеспечения герметичности и необходимых относительных смещений между секциями в настоящее время широкое распространения получили соединения с прокладками типа «Gina» и «Omega». Вид конструкции соединения секций с такими устройствами показан на рис. 18.

Соединения с такими прокладками обеспечивают без повреждения относительные смещения торцов секций тоннелей, возникающие вследствие осадок, ползучести бетона, изменений температуры и, если требуется, при землетрясениях. Гарантийный срок службы таких соединений составляет 100 лет.

Достоинства и недостатки тоннелей из опускаемых секций

Большое количество построенных и эксплуатируемых в мире транспортных переходов, включающих в себя тоннели из опускаемых секций, свидетельствует о преимуществах таких проектов по сравнению с другими типами транспортных переходов. Отметим некоторые из них.

1. В настоящее время в мире хорошо разработаны все этапы строительства: сооружение секций, транспортировка их к месту погружения, способы погружения.

2. Одновременное производство большого количества секций тоннелей на берегу позволяет существенно ускорить строительство, применяя при этом все технологии и достижения, которые используются при производстве железобетонных изделий.

3. В процессе строительства не оказывается никакого влияния на судоходство.

4. При эксплуатации транспортных переходов не ограничивается ни высота, ни тоннаж судов, проходящих по проливам, заливам и широким рекам.

5. Проект комбинированного транспортного перехода, состоящий из мостов и тоннелей

из опускаемых секций, может оказаться более экономичным по сравнению с проектом большепролетного моста и горного тоннеля, построенных щитовым способом.

Следует отметить, что тоннели из опускаемых секций имеют и недостатки, которые заключаются в воздействии на окружающую среду: они могут оказывать влияние на места обитания рыб, изменять течения и уменьшать прозрачность воды.

Но самый главный недостаток на данный момент – это отсутствие опыта строительства тоннелей такого типа в РФ и необходимой техники. Тем не менее, пришло время начинать строительство такого типа тоннелей, тем более что в России существует большое количество водных (морских и речных) преград, которые надо пересекать транспортными переходами, не нарушая при этом судоходства.

Выводы

Анализ построенных и проектируемых транспортных переходов, в которых используются тоннели из опускаемых секций, показывает, что при выборе варианта пересечения транспортными магистралями Керченского пролива, проект тоннеля из опускаемых секций может быть наиболее экономичным, надежным и приемлемым с точки зрения затрат, времени строительства и использования современных технологий.

При выборе варианта мостового перехода для обеспечения прохода высокотоннажных судов необходимо строительство большепролетных мостов на высоких опорах. Слабые водонасыщенные грунты, глубокое заложение коренных пород и высокая сейсмичность района создадут серьезные проблемы при сооружении и эксплуатации таких сооружений.

Собственные частоты колебаний большепролетных мостов попадают в область доминирующих частот землетрясений, что может привести к резонансным явлениям и повредить сооружение даже при слабых сейсмических воздействиях. Отметим, что в районе

Керченского пролива возможны землетрясения силой 9 баллов по шкале МСК-64.

Тоннели в меньшей мере подвержены сейсмическим воздействиям, так как в них, в отличие от наземных сооружений, не возникает резонансных явлений. При прохождении сейсмических волн тоннели деформируются так же, как и окружающий их массив грунта, если грунт твердый, или значительно меньше, если грунт слабый. Эти деформации обычно малы и не представляют серьезной опасности для тоннельных обделок.

По нашему мнению для выбора наиболее оптимального транспортного перехода через Керченский пролив необходимо, кроме мостовых переходов, детально разработать варианты переходов с использованием тоннелей из опускаемых секций и комбинированного перехода мост-тоннель. При использовании последнего въезд с моста в тоннель можно запроектировать на естественном или искусственном острове.

Для оценки возможной стоимости проекта приведем пример более сложного транспортного перехода, который сооружается между материковым Китаем и Гонконгом. Весь переход (мост, искусственные острова, тоннели из опускаемых секций) составляет около 30 км. Длина всей трассы между городами Гонконг, Чжухай и Макао составляет около 50 км, предполагаемая стоимость 10 млрд долларов.

Длина перехода через Керченский пролив значительно короче и проще в инженерно-техническом смысле.

При написании статьи использовались материалы, представленные в следующих источниках:

1. «Immersed Tunnels: Competitive tunnel technique for long (sea) crossings» De Wit, J.C.W.M. Van Putten

2. «Technical Manual for Design and Construction of Road Tunnels Civil Elements». U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration

С нами строить легко!

- Проектирование и строительство подземных частей технически сложных и уникальных объектов (подземные автостоянки, транспортные развязки, гидротехнические сооружения)
- Ограждение котлованов
- Закрепление грунтов
- Усиление фундаментов
- Выполнение работ на памятниках истории и архитектуры



г. Пермь. ул. Кронштадтская, 35
тел./факс (342) 236-90-70
тел. в Ижевске (3412) 56-62-11
тел. в Краснодаре (861) 240-90-82
тел. в Красноярске (391) 208-17-15
тел. в Казани (843) 296-66-61

тел. в Москве (495) 643-78-54
тел. в Самаре (846) 922-56-36
тел. в Санкт-Петербурге (812) 923-48-15
тел. в Тюмени (3452) 74-49-75
тел. в Уфе (917) 378-07-48
тел. в Челябинске (351) 235-97-98

www.new-ground.ru, info@new-ground.ru

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ И НАКЛОННЫЕ ТОННЕЛИ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ (ЭВОЛЮЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ СООРУЖЕНИЯ)*

В. А. Гарбер, д. т. н., Филиал ОАО ЦНИИС «НИЦ «Тоннели и метрополитены»

Проходка стволов шахт бурением

Бурение шахтных стволов является наиболее технически совершенным и прогрессивным способом проходки, позволяющим комплексно механизировать и максимально автоматизировать все процессы по сооружению стволов без пребывания людей под землей.

В настоящее время можно надежно бурить стволы в любых даже в слабых неустойчивых грунтах. Недостатками этого способа являются трудность обеспечения вертикальности глубоких стволов и громоздкость бурового оборудования. Препятствием для бурения являются также включения валунов в несвязных грунтах и наличие пластов крепких грунтов.

В грунтах слабой и средней крепости для бурения шахтных стволов применяют буровые установки вращательного бурения типа УЗТМ.

Бурение ствола установкой УЗТМ-6,2 выполняется в две или три фазы в зависимости от крепости грунтов. Во всех случаях сначала бурят по оси ствола передовую скважину диаметром 1,2 м. При переселении грунтов средней крепости расширяют направляющую скважину до диаметра 3,6 м, а затем производят расширение до диаметра 6,2 м.

Подготовительные работы к бурению установкой УЗТМ-6,2 (рис. 20) заключаются в следующем. Устраивают оголовок 10 и монтируют стальной копер 1. Для монтажа расширителей копер снабжен двумя консольными поворотными кранами 3, расположенными над опорами 9 и 14 для расширителей диаметром соответственно 6,2 и 3,6 м.

Опоры, а также платформа 13 для перекрытия устья ствола перемещаются по рельсовым путям. На копре устанавливают буровое оборудование: лебедку 6, ротор 7, тали 2 грузоподъемностью 250 т, буровую колонну 5 с вертлюгом 4 и тройником 8 для отвода пульпы. Подготавливают отстойники, желоба и трубопроводы циркуляционной системы для глинистого раствора и пульпы.

Бурение ствола установкой в мягких грунтах выполняется в две фазы: после бурения передовой направляющей скважины 12 диаметром 1,2 м разбуривают расширителем 11 скважину сразу до проектного диаметра ствола 6,2 м.

Погружной способ применяют при креплении ствола диаметром 4–6 м глубиной до 150 м.

Сущность способа заключается в погружении обделки в заполненный глинистым раствором ствол. Работы ведут в следующем порядке. На платформе устанавливают железобетонное днище, на котором монтируют 3–5 м крепи, после чего платформу надвигают на ствол. Затем днище с крепью поднимают, платформу удаляют, и днище с крепью опускают в ствол, заполненный глинистым раствором, до тех пор, пока звено с днищем не окажется на плаву. На платформе монтируют следующее звено крепи, которое тоже подводят к стволу. Затем его поднимают буровой лебедкой и устанавливают на ранее опущенную в ствол крепь и соединяют с ней. Монтажные швы герметизируют. По мере наращивания крепи она постепенно погружается в ствол. Так как для погружения крепи ее собственного веса недостаточно, то внутрь нее закачивают балластную жидкость (воду или глинистый раствор).

По мере погружения глинистый раствор через кольцевой зазор вытесняется. После возведения крепи на всю глубину ствола ее приводят в вертикальное положение, пространство за крепью заполняют густым цементно-песчаным раствором, а балластную жидкость из ствола откачивают.

Секционный способ возведения крепи применяют в стволах глубиной более 100–150 м. В этом случае методом подводного бетонирования в забое ствола устраивают подушку. В стороне от ствола на самоходной платформе собирают звено крепи высотой 4–5 м, которое доставляют к стволу и буровой лебедкой поднимают на высоту 5–6 м. Под него подводят следующее звено, которое соединяют с приподнятым звеном. Оба звена опускают в оголовок ствола и устанавливают на специальные выдвижные кулаки. Третье звено устраивают на крепь в оголовнике. Секцию крепи из трех звеньев поднимают на 0,5–1 м, убирают выдвижные кулаки и на буровой колонке опускают в ствол. Затем ее центрируют и бетонизируют, а потом тампонируют цементно-песчаным раствором закрепное пространство. После приобретения тампонажным раствором необходимой прочности на буровой колонке опускают следующую сек-

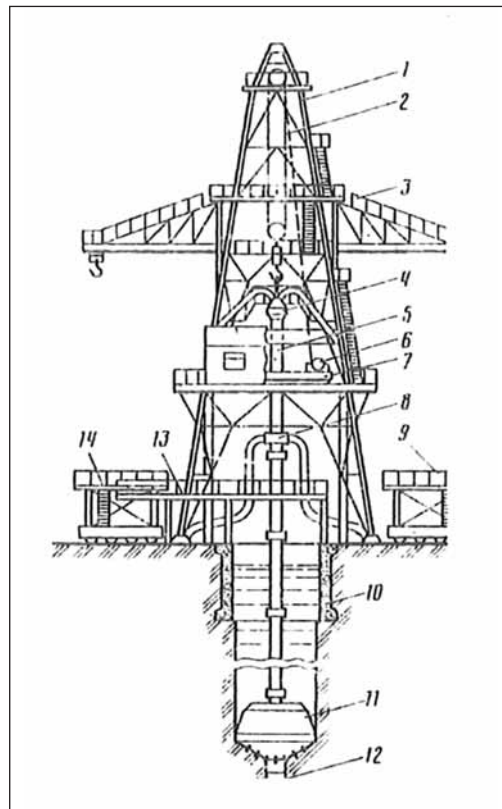


Рис. 20. Схема бурения стволов шахт установкой УЗТМ-6,2

цию и т. д. на всю глубину ствола. Для обеспечения соосности примыкания секций внутри них укрепляют направляющие устройства. После возведения крепи на всю глубину ствола и заполнения закрепного пространства цементно-песчаным раствором из ствола откачивают глинистый раствор.

Проходка шахтных стволов комбайнами

Проходка стволов комбайнами имеет ряд преимуществ не только перед буровзрывным, но и перед роторным бурением, которое пока еще не позволяет бурить стволы большого диаметра на заданную глубину и обеспечивать при этом жесткие требования к их вертикальности. При комбайновом способе проходки осуществляется непрерывный технологический процесс благодаря совмещению во времени основных трудоемких операций: разрушения породы в забое, погрузки породы и крепления ствола. Комбайны превышают в 2–3 раза средние темпы проходки стволов по сравнению с обычными проходческими комплексами. При механическом разрушении пород не происходит

*Окончание статьи, опубликованной в МИТ № 1 и 2, 2014.

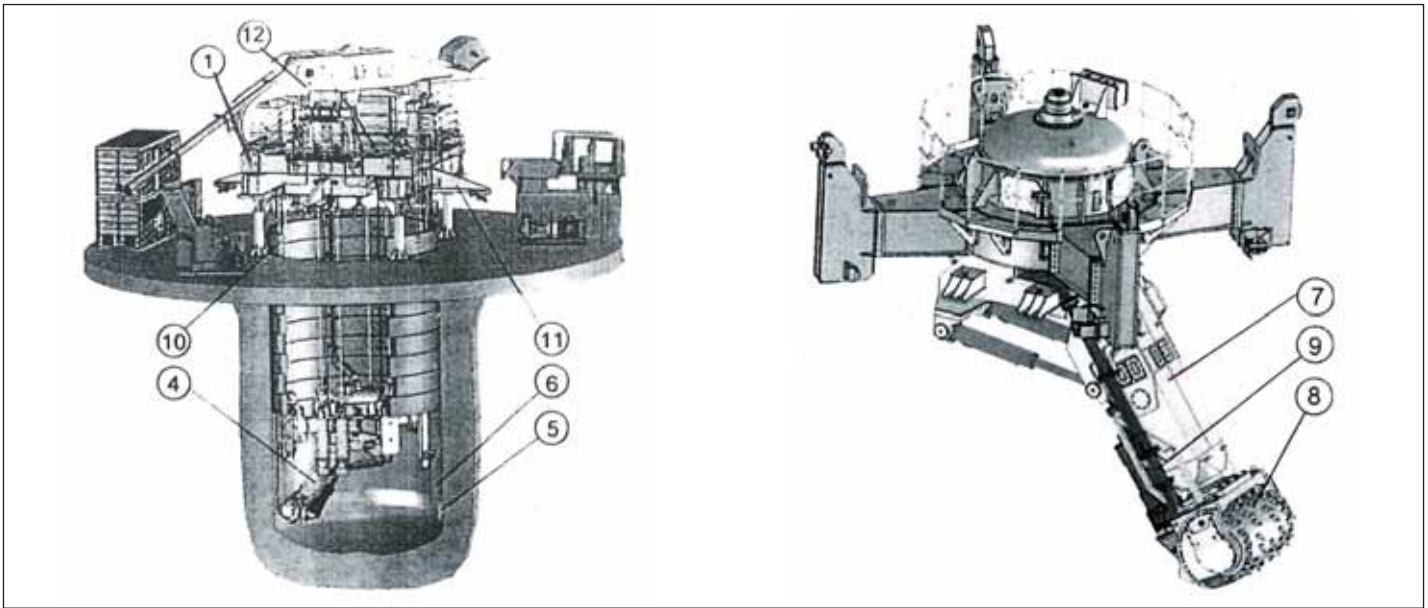


Рис. 21. Стволопроходческий комплекс VSM и выемочная (проходческая) машина: 1 – блочные пакеты; 4 – проходческая машина; 5 – режущая кромка; 6 – стартовое кольцо обделки; 7 – телескопическая стрела; 8 – вращающийся фрез – барабан; 9 – насос, откачивающий груз; 10 – очередное кольцо обделки; 11 – блок управления

нарушения породных стенок ствола взрывом, что позволяет уменьшить толщину постоянной крепи. Успешное испытание прошли стволопроходческие комбайны типа ПД. Было сооружено пять стволов, при этом установлены мировые рекорды производительности труда проходчиков.

Одним из последних достижений в области проходки стволов большого диаметра является разработка и внедрение в практику строительства стволопроходческих комплексов VSM фирмы «Херренкнехт AG».

Стволопроходческая установка состоит из двух основных компонентов: стволопроходческого агрегата и выемочной машины. Стволопроходческий агрегат жестко закреплен на фундаменте в устье ствола. Для непрерывного крепления ствола используются железобетонные тубинги. С помощью подъемного крана над устьем ствола их собирают в кольцо. Установленные на стволопроходческом агрегате гидродомкраты подают соединенные тубинги на определенный рабочий ход по вертикали в направлении проходки. Выемочную машину помещают в приствольной монтажной камере (железобетонной трубе), оборудованной переходными плитами для ее точного позиционирования и закрепления.

Приствольную монтажную камеру соединяют с тубингами, образующими крепь ствола. Соединение между стволопроходческим агрегатом и выемочной машиной или приствольной монтажной камерой осуществляется посредством тяговых штанг, постепенно удлиняемых по мере увеличения глубины проходки. Для противодействия давлению грунтовых вод и во избежание обрушений грунта приток грунтовых вод в строящийся ствол не сдерживают, а выемку материала ведут под водой.

Принцип работы выемочной машины аналогичен проходческому комбайну из-

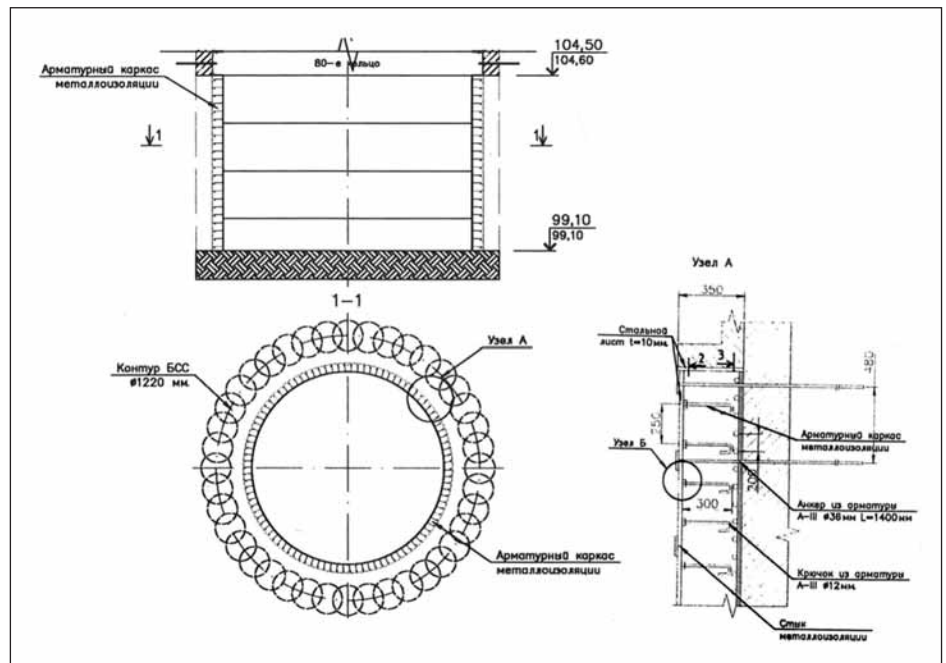


Рис. 22. Сооружение ствола из буроэкучихих свай

бирательного действия. Стрела машины может поворачиваться из исходного положения на 190° в обоих направлениях. Вращающийся и оснащенный специальным инструментом фрезерный барабанный исполнительный орган смонтирован на стреле и отделяет материал от «горизонтальной плоскости забоя». Вынутый грунт посредством насоса, работающего по тому же принципу, что и насос для гидротранспорта породы при микротоннелировании, транспортируется на поверхность непосредственно к сепарационной установке, где происходит разделение нагруженной транспортирующей среды. Все управление выемкой и транспортированием материала осуществляется с пульта управления в контейнере на поверхности.

На рис. 21 показаны стволопроходческий комплекс VSM и проходческая (выемочная) машина.

В последние пять лет в практику сооружения стволов начала внедряться следующая технология: по наружному контуру будущего ствола сооружается замкнутый кольцевой контур из буроэкучихих свай (БСС), внутри этого контура разрабатывается грунт с помощью миниэкскаватора с доработкой до проектного контура вручную отбойными молотками; затем внутри полученного пространства монтируется кольцевой армокаркас с внутренней листовой металлоизоляцией; далее производится бетонирование кольцевого зазора между металлоизоляцией и внутренним контуром БСС (рис. 22).

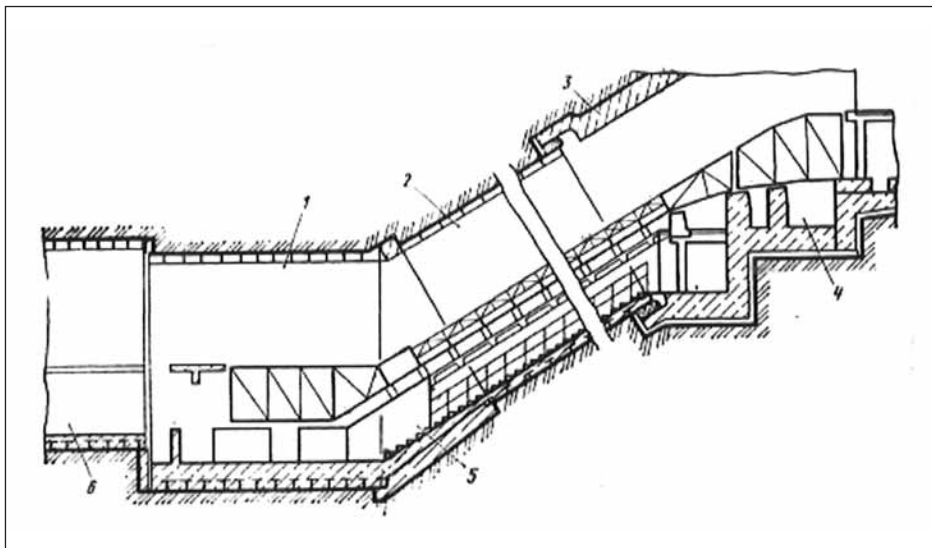


Рис. 23. Основные сооружения эскалаторного подъема: 1 – натяжная камера; 2 – наклонный тоннель; 3 – оголовок; 4 – машинное помещение; 5 – сопряжение наклонного тоннеля с натяжной камерой; 6 – участок примыкания станционного тоннеля

Эскалаторные тоннели

Наклонные эскалаторные тоннели и вестибюли являются главными сооружениями, связывающими станции глубокого заложения с поверхностью или подулочными переходами. Размещаемые в наклонных тоннелях эскалаторы служат для спуска и подъема пассажиров, в вестибюлях располагают кассовый зал, контрольно-пропускные пункты и служебные помещения. Верхние площадки эскалаторов находятся на уровне пола вестибюля, а нижние, как правило, – на уровне станционных платформ.

К сооружениям эскалаторного подъема, помимо наклонного тоннеля, относятся машинное помещение приводных механизмов эскалаторов, располагаемое под вестибюлем, оголовок, связывающий наклонный тоннель с машинным помещением, и камера для размещения натяжных устройств эскалаторов, располагаемая в уровне подплатформенных помещений станции (рис. 23).

В наклонном тоннеле монтируют три или четыре эскалатора. Продольную ось наклонного тоннеля располагают под уг-

лом 30° к горизонту, а в плане почти всегда принимают совпадающей с продольной осью станции.

Как все ответственные сооружения, пересекающие разнородные, в том числе неустойчивые обводненные грунты, и, следовательно, требующие надежной гидроизоляции, наклонные тоннели сооружают, как правило, с обделкой из чугунных тубингов. Такую же обделку в большинстве случаев имеют и натяжные камеры. С наклонными тоннелями они сопрягаются монолитной железобетонной конструкцией с металлоизоляцией или специальными веерными кольцами.

Наружный диаметр обделки тоннеля для трех эскалаторов 7,5 м. Если эскалаторный тоннель имеет вентиляционный канал, то используют эллиптическую обделку из тех же тубингов и двух дополнительных специальных тубингов на каждое кольцо, устанавливаемых на уровне горизонтального вставки высотой 0,6 м. Обделку четырехлестничного наклонного тоннеля собирают из тубингов наружным диаметром 9,5 м.

На рис. 24 показаны поперечные сечения эскалаторных тоннелей с 3-мя и 4-мя эскалаторами.

На рис. 25 приведено поперечное сечение эскалатора.

Натяжная камера имеет эллиптическое сечение с увеличенным на 1 м вертикальным размером. Это позволяет размещать в нижней ее части фундаменты натяжных устройств эскалатора.

Рис. 24. Поперечные сечения эскалаторных тоннелей: а – с тремя эскалаторами без вентиляционного канала; б – с тремя эскалаторами с вентиляционным каналом; в – с четырьмя эскалаторами; 1 – ступени сборных лестниц; 2 – монолитные ступени; 3 – опорные плиты; 4 – бетонные опоры; 5 – вентиляционный канал

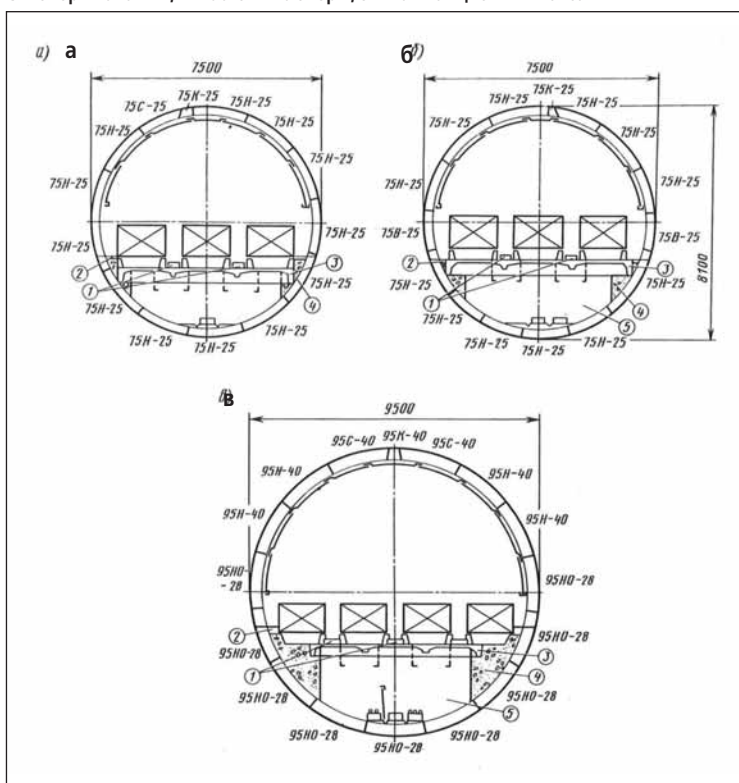
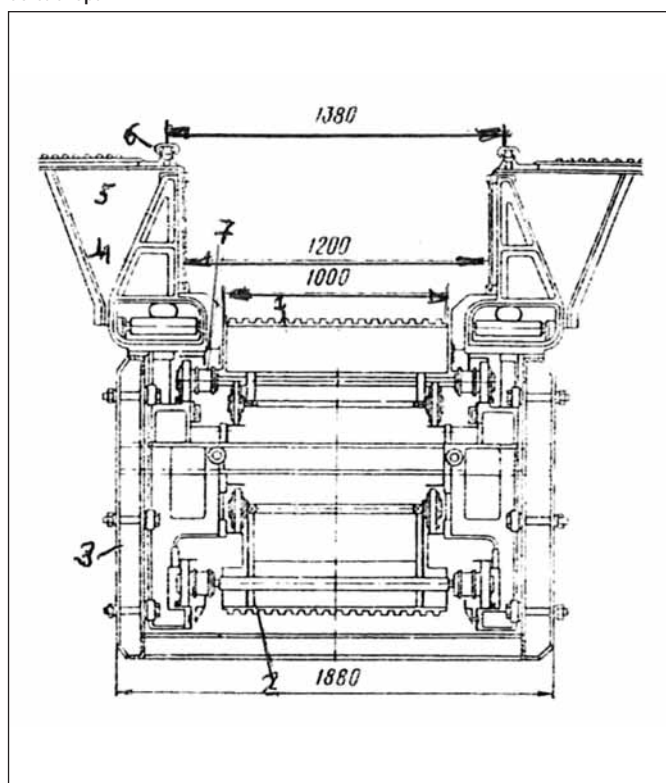


Рис. 25. Поперечное сечение эскалатора: 1 – верхняя ветвь полотна эскалатора; 2 – нижняя ветвь полотна эскалатора; 3 – металлоконструкция; 4 – кронштейн балюстрады; 5 – балюстрада; 6 – поручень; 7 – тяговая цепь эскалатора



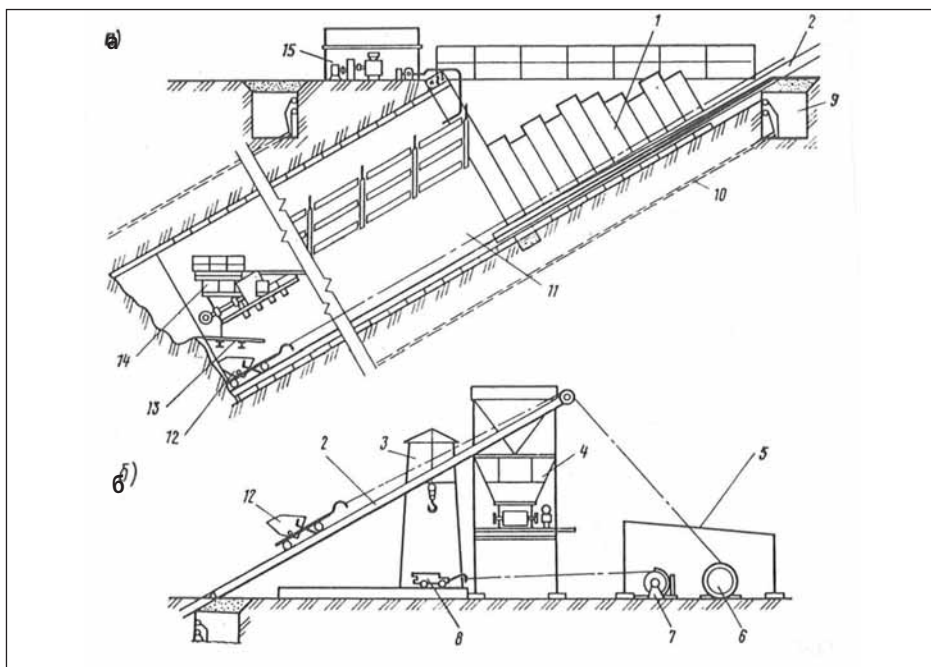


Рис. 29. Схема организации работ по проходке наклонного тоннеля: а – зона подземных работ; б – верхний комплекс; 1 – временный оголовок; 2 – наклонная эстакада; 3 – тельферная эстакада; 4 – бункерная секция; 5 – машинное помещение; 6 – лебедка скипового подъема; 7 – лебедка для спуска тубингов; 8 – тубинговозка; 9 – галерея; 10 – замораживающая колонка; 11 – наклонный тоннель; 12 – скип; 13 – погрузочная платформа; 14 – тубингоукладчик; 15 – компрессорная

нии устанавливают две редукторные лебедки (одну для скипового подъема, другую для спуска тубингов).

Тубинги подают в тоннель на специальных тубинговозках – тележках на двух полускатах с поворотной платформой и бортами.

К работам по проходке в зоне замороженных грунтов приступают только после образования замкнутого ледогрунтового ограждения проектной толщины и прочности.

Проходка эскалаторных тоннелей ведётся на полный профиль. При наличии ниже расположенных горизонтальных выработок, примыкающих к эскалаторному тоннелю, допускается проходка с передовой штольней или скважиной.

При проходке наклонных тоннелей заходки делают: при ширине кольца 1 м на одно кольцо обделки, а при ширине кольца 0,75 м на одно или два кольца в зависимости от устойчивости грунтов. Кровлю крепят инвентарными металлическими кронштейнами, прикрепляемыми болтами к тубингам.

Грунты I–III категорий разрабатывают отбойными молотками с пиками или лопатками. Работу начинают в верхней части забоя с передвижных платформ тубингоукладчика. По мере разработки грунт сбрасывают вниз на погрузочную платформу, с которой он попадает в скип.

Достаточно устойчивые грунты разрабатывают в верхней части забоя на высоту 1,5 м с образованием уступа, соответствующего глубине заходки. Затем, работая на уступе, доводят выработку до уровня погрузочной платформы. При менее устойчивых грунтах разработку верхней части забоя ведут, оставляя несколько уступов по 25 см. Кровлю крепят в этом случае удлиненными кронштейнами. Такая система разработки забоя целесообразна

при наличии ледогрунтового ограждения из замороженных грунтов, обеспечивающего устойчивость кровли выработки.

При неустойчивой плоскости лба забоя ее закрепляют в несколько ярусов телескопическими стальными трубами. Концы труб заводят в углубления в боках выработки и распирают коротышами в борту тубингов. За трубы закладывают вертикальные доски и расклинивают их вплотную к забюю.

В скальных грунтах и твердых глинах применяют буровзрывной способ разработки забоя с обрушением грунта на погрузочную платформу. Разработку забоя ведут в два приема: сначала разрабатывают верхний ярус, затем – нижний. После разработки верхнего яруса и выдачи грунта на поверхность погрузочную платформу оттягивают под тубингоукладчик, а по окончании работ на нижнем ярусе платформу возвращают в рабочее положение.

Буровзрывные работы в зоне замороженных слабых неустойчивых грунтов допускаются при соблюдении мер предосторожности, обеспечивающих сохранение ледогрунтового ограждения и замораживающих колонок.

Монтаж колец обделки наклонного тоннеля ведут в обычном порядке. Сначала укладывают, выверяют и сболчивают лотковые тубинги, а затем продолжают сборку кольца симметрично, в обе стороны. Вне зоны замороженных грунтов монтаж колец ведут с установкой полных болтовых комплектов. В зоне замороженных грунтов кольца собирают на временных болтах с плоскими стальными шайбами; полные болтовые комплекты устанавливают в этом случае при выполнении гидроизоляционных работ.

Нагнетание цементно-песчаного раствора за обделку производят за каждые два-три

кольца с тщательным пикотажем за тубинги деревянными коротышами с клиньями и стружкой или паклей.

При нагнетании в зоне замороженных грунтов используют растворы со специальными добавками, предотвращающими замерзание растворов или ускоряющими процесс схватывания. По выходе из иньектора раствор должен иметь температуру не ниже 20 °С. Контрольное нагнетание ведут до оттаивания грунтов, чтобы не допустить их разуплотнения, что может произойти при наличии остаточных пустот. В зоне устойчивых грунтов контрольное нагнетание ведут обычно при выполнении гидроизоляционных работ.

Гидроизоляционные работы выполняют после оттаивания грунтов. Работы ведут по ходу снизу вверх с использованием тех же переносных инвентарных подмостей и тележек, с которых производилось контрольное нагнетание. На изолируемом участке ведут, если нужно, дополнительное контрольное нагнетание, заменяют временные болты постоянными с гидроизоляционными шайбами, очищают пескоструйным аппаратом чеканочные канавки, после чего зачеканивают швы между тубингами сначала свинцовой проволокой или оцинкованным шнуром, а затем расширяющим или безусадочным цементом. По мере выполнения гидроизоляционных работ разбирают путь скипового подъема.

По окончании гидроизоляционных работ приступают к монтажу внутритоннельных конструкций.

В последние пять лет в Санкт-Петербурге и Москве успешно внедряются методы сооружения эскалаторных тоннелей с применением тоннелепроходческих механизированных комплексов (ТПМК) фирм «Херренкнехт» и «Ловат».

Эти проходческие комплексы по своему устройству аналогичны машинам, применяемым при строительстве горизонтальных тоннелей. Их особенностью является возможность строить тоннель под углом 30° к горизонту.

Указанные ТПМК обеспечивают возможность применения высокопрочной водонепроницаемой железобетонной обделки тоннелей.

При этом значительно сокращается площадь, занятая под строительство, исключается необходимость выноса и перекладки коммуникаций, обеспечивается безосадочность проходки.

В заключение можно отметить, что в строительстве шахтных стволов и эскалаторных тоннелей за последние пять-десять лет достигнут значительный прогресс: внедрены высокотехнологичные автоматизированные тоннелепроходческие комплексы.

При сооружении шахтных стволов сделан также шаг в направлении отказа от традиционных технологий в пользу применения контурного ограждения из буросекующих свай (БСС) с последующей разработкой грунта средствами малой механизации. В этом случае имеется возможность замены дорогостоящей чугунной обделки на сборную высокопрочную водонепроницаемую железобетонную или на монолитную железобетонную обделку с внутренней металлоизоляцией.

ПАМЯТИ ВАСИЛИЯ ВЛАДИМИРОВИЧА БАЛЫКИНА



Василий Владимирович родился 19 июня 1954 г. в г. Фрунзе Киргизской ССР.

В 1976 г. окончил Новосибирский институт инженеров железнодорожного транспорта. По окончании

19 августа 2014 г. ушел из жизни главный инженер ООО «ТоннельЮжСтрой» Василий Владимирович Балыкин.

института был направлен на работу мастером в СМУ-107 Управления строительства «Харьковметрострой», в 1979 г. переведен в УС № 30 на строительство Байкало-Амурской магистрали.

После переезда в Киргизскую ССР работал прорабом Пржевальского участка треста «Алма-Атаоблтяжстрой». В 1982 г. пришел на Иссык-кульский завод ЖБИ в должности главного инженера, а с 1986 по 1992 г. был директором завода.

Василий Владимирович принимал участие в строительстве Омского метрополитена в должности и.о. начальника Омского метрополитена, начальника СУ «Осмметрострой».

В 1997 г. его пригласили на работу в ЗАО «Южная горно-строитель-

ная компания» на должность главного инженера. С 2006 г. Василий Владимирович возглавлял инженерную службу ЗАО «Управление Строительства «Южная горно-строительная компания». В мае 2014 г. он был назначен на должность главного инженера ООО «ТоннельЮжСтрой».

В. В. Балыкин являлся членом Тоннельной ассоциации России, заслуженным строителем г. Сочи, почетным дорожником России. Он был награжден знаками «За заслуги в развитии ОАО «Российские железные дороги» 1 и 2 степени.

Светлая память о Василии Владимировиче Балыкине навсегда сохранится в сердцах всех, кто его знал.



CityExpo

Международная выставка оборудования и технологий для градостроительства, энергоснабжения и городской инфраструктуры

14–16 октября 2014 года
Москва, ВВЦ, павильон 75

Градостроительство

Подземное строительство

ЖКХ, городское благоустройство и освещение

Теплогазоснабжение. Электроснабжение

www.city-expo.ru

реклама



Тел.: +7 (495) 935-81-20
+7 (495) 935-73-50
e-mail: city@ite-expo.ru
www.ite-expo.ru

Поддержка:



(495) 226-18-37
(342) 219-61-56
info@anker-system.ru



АНКЕРНЫЕ
СИСТЕМЫ

ВИНТОВЫЕ анкера АТЛАНТ



Применение:

- крепление ограждений котлованов;
- крепление подпорных стен, оползневых склонов;
- устройство и усиление фундаментов анкерными сваями.



www.anker-system.ru

реклама

Физико-механические свойства винтовых анкерных штанг Атлант проверены и подтверждены протоколом испытаний ИЦ "МЕТАЛТЕСТ" ФГУП "ЦНИИчермет им. И.П. Бардина" (г. Москва)