

Учредители журнала

Тоннельная ассоциация России
Московский метрополитен
Московский метрострой
Трансинжстрой

Редакционный совет

Председатель совета

А. Н. Левченко

Заместитель председателя

Д. В. Гаев

Члены совета:

В. П. Абрамчук, В. Н. Александров,
А. М. Земельман, В. А. Гарюгин,
В. В. Гридасов, С. Г. Елгаев
Б. А. Картозия, В. Г. Лернер,
М. М. Рахимов, Г. И. Рязанцев,
Г. Я. Штерн

Редакционная коллегия:

С. А. Алпатов, Н. С. Булычев,
А. И. Долгов, О. В. Егоров,
А. А. Гончаров, А. В. Ершов,
М. Г. Зерцалов, Н. И. Кулагин,
Е. Н. Курбацкий, Г. Н. Матюхин,
В. Е. Меркин, А. Ю. Педчик,
Г. Н. Полянкин, П. В. Пуголов,
А. Ю. Старков, Б. И. Федунец,
Ш. К. Эфендиев

Главный редактор

Г. М. Синицкий

Тоннельная ассоциация России

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

Издатель

ООО «Метро и тоннели»

тел.: (499) 267-3514, 267-3425
факс: (499) 265-7951
107078, Москва,
Новорязанская, 16,
подъезд 5, оф. 20
e-mail: metrotunnels@gmail.com

Генеральный директор

О. С. Власов

Редактор

Г. М. Сандул

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», 2011

№ 2 2011

Панорама 2

Выставки и конференции

Международная тоннельная конференция 4

Строительство метрополитенов

**Технология строительства двухпутного перегонного
тоннеля Санкт-Петербургского метрополитена** 8

А. Ю. Старков

Новые станции Киевского метрополитена 10

А. К. Охотников

Проблемы строительства метрополитена в г. Донецке 12

В. Л. Кутний

Вопросы саморегулирования

**Нам один год! Итоги работы в статусе
саморегулируемой организации** 16

С. Н. Алпатов

Современные технологии

Новые гидроизоляционные материалы 18

А. В. Худодян

**Опыт применения современного
насосного оборудования при проходке тоннелей** 20

Е. Н. Груздева

**Figaro Maschine – малогабаритный инструмент
современного геотехника** 22

Д. А. Малинин

**Опыт скоростной проходки тоннелей
с использованием технологий горного способа** 24

В. П. Антощенко, В. В. Балыкин,

Г. Н. Полянкин

Подземное пространство

**Использование подземного пространства
для решения транспортных проблем г. Тбилиси** 28

Г. П. Бокучава, Т. К. Чурадзе, Б. П. Цулукидзе,

К. А. Мчедlishvili, М. И. Цоцолашvili

Метрополитены

**Применение частотных преобразователей
электроэнергии в инженерных системах метрополитенов** 34

Э. М. Жданов

**Метрополитены мира. Тенденции развития
и обеспечение эксплуатационной безопасности** 38

В. А. Гарбер

СОДЕРЖАНИЕ



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ

Коллектив ТО-18
ОАО «Бамтоннельстрой»
на фоне щита фирмы
«Херренкнехт АГ» после
сбояки тоннельного
комплекса № 5 в г. Сочи

фото С. Лоскутников, ОАО «Бамтоннельстрой»

ОТКРЫТИЕ СТАНЦИИ «ОБВОДНЫЙ КАНАЛ» В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

30 декабря 2010 г. Метрострой сделал очередной подарок жителям Петербурга – ввел в эксплуатацию станцию «Обводный канал». Архитектура её отражает промышленные районы начала XX в., которые располагались на набережных канала. Впервые в Петербургском метрополитене в качестве декоративного элемента применены стеклянные панели, которые закреплены по всей длине путевых стен станции, на которых изображены стилизованные фотопейзажи промышленных предприятий. Еще одним характерным архитектурным элементом являются металлические арки, располагающиеся на верхнем своде станционных залов. При строительстве наклонного хода ст. «Обводный канал» впервые в Петербурге был применен ТПМК фирмы «Herrenknecht AG».

На церемонии открытия традиционно присутствовала губернатор Санкт-Петербурга Валентина Матвиенко, которая помимо поздравлений в адрес всех метростроителей, особо отметила заслугу генерального директора Вадима Александрова, именно в этот день отметившего 20-летие со дня вступления в должность начальника Метростроя.

С открытия станции «Обводный канал» началась пора по-

здравлений в адрес Метростроя и его руководителя. 21 января организация отметила славный юбилей – 70 лет со дня основания. Именно в этот день 70 лет назад Лазарь Каганович подписал указ о создании в Ленинграде Строительства № 5 НКПС – организации, с которой началась история строительства Ленинградского метрополитена. По случаю юбилея состоялся традиционный концерт в одном из главных концертных залов Петербурга – «Октябрьском», где метростроителей поздравила губернатор Санкт-Петербурга Валентина Матвиенко. В концерте приняли участие ведущие звезды российской эстрады, среди которых Иосиф Кобзон, Валерия, Татьяна Буланова, Александр Серов и др.

Месяц спустя, 21 февраля свой юбилей справил бессменный руководитель Метростроя – Вадим Николаевич Александров. Являясь практически ровесником возглавляемой им организации, Вадим Николаевич в свои 70 лет продолжает активно трудиться, внедрять новые технологии и механизмы, развивать виды деятельности организации, сохраняя при этом все то, что было накоплено десятилетиями. Этот удивительный человек прошел сам и провел за собой весь коллектив петербургского Метро-



Торжественное открытие ст. «Обводный канал»

строю через трудности перестроенного периода, в момент всеобщей приватизации, в самые сложные времена, вселяя в проходчиков уверенность своей решимостью и преданностью любимому делу.

Сегодня Вадим Николаевич является председателем НП «Объединение подземных строителей», возглавляет Комитет по освоению подземного пространства НОСТРОЙ, доктор Транспорта, академик Академии транспорта, председатель Государственной аттестационной комиссии факультета мостов и тоннелей Петербургского государственного университета путей сообщения, член правления и экспертного совета Тоннель-

ной ассоциации России. За заслуги в области строительства В. Н. Александрову присвоено звание «Заслуженный строитель Российской Федерации», он награжден орденами «Знак Почета», Трудового Красного Знамени, «За заслуги перед Отечеством» IV и III степени, медалью «Ветеран труда», почетным дипломом Законодательного Собрания Санкт-Петербурга, грамотой губернатора, многими ведомственными и общественными наградами. В 2008 г. В. Н. Александрову присвоено звание почетного гражданина Санкт-Петербурга.

Информация предоставлена пресс-службой ОАО «Метрострой», Санкт-Петербург



СБОЙКА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТОННЕЛЯ № 5 В СОЧИ

9 февраля 2011 г. состоялось знаменательное событие: на 43-м км строящейся совмещенной дороги Адлер – горноклиматический курорт «Альпика-Сервис» завершена проходка железнодорожного тоннеля протяженностью 2910 м и диаметром 10,6 м. Это первый из девяти транспортных тоннелей олимпийской трассы 2014 г., сооружение которого велось щитовым способом с применением тоннелепроходческого щита «Херренкнехт» диаметром 10690 мм.

К работе ТПМК «Херренкнехт» приступил в начале апреля прошлого года и за десять месяцев успешно преодолел расстояние почти в 3 тыс. м в крайне сложных, по оценкам специалистов, геологических условиях.

«Это, безусловно, серьезное достижение не только нашего предприятия, но и всей нашей страны. Сегодня мы подтвердили, что спо-

собны выполнять серьезные задачи, причем со скоростями, которыми нет равных в мире. Я думаю, после этого события зарубежные специалисты увидят, что и в России также можно чему-то научиться», – заявил Александр Северин, генеральный директор компании «Тоннельный отряд-18», входящей в группу компаний «СК МОСТ».

С успешным завершением работ по проходке второго по протяженности железнодорожного тоннеля олимпийской трассы строителей поздравили представители Международного олимпийского комитета, Госкорпорации «Олимпстрой», Министерства транспорта России и многочисленные участники конференции тоннелестроителей. «Сегодня великолепный день, я всех поздравляю, мы закончили проходку, которую начали десять месяцев назад. Это очень хороший результат, и могу сказать, что было очень тесное



В. В. Порожня, главный инженер и А. П. Северин, генеральный директор Тоннельного отряда №18 ОАО «Бамтоннельстрой»

сотрудничество. Русские тоннелестроители уже завоевали золотую медаль в дисциплине «тоннелестроение», – отметил постоянный деловой партнер «СК МОСТ», председатель правления компании «Herrenknecht» Мартин Херренкнехт.

Окончание проходки пятого железнодорожного тоннеля совпало не только со временем про-

ведения Международной тоннельной конференции. Как оказалось, 9 февраля отмечается очередной рубеж подготовки к Олимпийским играм 2014 г. До начала крупнейшего в мире спортивного форума, основные события которого развернутся в известной уже на весь мир Красной Поляне, осталось ровно 1000 дней.





21 февраля 2011 г. исполнилось 70 лет Вадиму Николаевичу Александрову, генеральному директору ОАО «Метрострой» Санкт-Петербург, действительному члену Академии транспорта России, доктору транспорта, члену правления Тоннельной ассоциации России.

Уважаемый Вадим Николаевич!

Тоннельная ассоциация России сердечно поздравляет Вас со знаменательной датой – 70-летием со дня рождения!

Вы прошли сложный путь от мастера СМУ до начальника ОАО «Метрострой» Санкт-Петербурга, проявив себя высококвалифицированным инженером, прекрасным организатором, и сейчас руководите многопрофильной организацией, которая успешно справляется со сложным созидательным процессом – возведением сложнейших и уникальных тоннелей и различных транспортных и инженерных объектов.

Являясь крупным специалистом, ведущим метростроителем России Вы много сделали и делаете для строительства метро и подземных сооружений своего родного города. Перечень созданных Вами подземных сооружений достойно дополняет облик Северной Пальмиры.

Большое уважение заслуживает Ваше отношение к подготовке молодых специалистов, выдвижение их на ответственные должности, и это полностью оправдано на практике.

Мы ценим Вас не только за высокий профессионализм, но и за человеческие качества, которыми Вы наделены в полной мере.

Многолетние творческие контакты и сотрудничество с Вами вызывают у нас чувство глубокого уважения и удовлетворения.

Тоннельная ассоциация России благодарит Вас за постоянную помощь и поддержку и выражает надежду, что наша совместная работа в будущем будет такой же плодотворной и востребованной.

Желаем Вам, Вадим Николаевич, крепкого здоровья, большого счастья в жизни, благополучия и дальнейших успехов в трудовой и творческой деятельности!

***Председатель правления
Тоннельной ассоциации России***

A handwritten signature in black ink, consisting of a series of fluid, connected strokes that form the name 'A. N. Levchenko'.

А. Н. Левченко

МЕЖДУНАРОДНАЯ ТОННЕЛЬНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

С 8 по 10 февраля 2011 г. в г. Сочи Тоннельная ассоциация России совместно с Международной тоннельной ассоциацией, при активной поддержке ОАО «Бамтоннельстрой», «СК МОСТ», ОАО «РЖД» провела Международную конференцию тоннелестроителей, посвященную актуальным вопросам современного тоннелестроения и внедрения новейших технологий на примере сооружения объектов транспортной инфраструктуры в Сочи, а именно совмещенной автомобильной и железной дороги Адлер – «Альпика–Сервис».



Утром 8 февраля в бизнес-центре «Панорама» гостиницы «Маринс Парк отель» собралось внушительное тоннельное сообщество. Более трехсот делегатов из России и других стран приняло участие в конференции, на которой обсуждались важные вопросы, связанные со строительством тоннелей, подробно освещались современные методы их проходки как щитовым, так и горным способом. Участники проанализировали работу передовой горнопроходческой техники, материалы и технологи, которые применяются при возведении олимпийских объектов транспортной инфраструктуры в г. Сочи. Наряду с российскими специалистами своим опытом работ поделились представители Германии, Великобритании, Швейцарии и других стран, приглашенные к реализации одного из крупнейших в мире инфраструктурных проектов.

С приветственным словом к собравшимся обратился мэр г. Сочи А. Н. Пахомов. Он отметил, что реализуемые объемы строительства беспрецедентны. Сооружение объекта ведется по всем возможным направлениям, во многих районах города обновляется инженерная структура, реконструируются и возводятся новые отели, а также строятся новый и модернизируется старый морские порты, получают свое развитие железнодорожные пути, автодороги и магистрали с большим количеством

транспортных развязок и тоннелей. А. Н. Пахомов подчеркнул важность и актуальность проходящей конференции, т. к. при прокладке тоннелей все шире внедряются инновационные технологические решения. Особое внимание мэр уделит ключевой роли РЖД в обеспечении бесперебойной работы по возведению олимпийских объектов. Усилиями РЖД сегодня реализуется самый масштабный проект Олимпиады – совмещенная автомобильная и железная дорога на Красную Поляну. Ввод её в эксплуатацию сам по себе даст мощный импульс развитию всей предгорной и горной зоны Адлерского района.

Еще раз поблагодарив собравшихся, мэр передал слово заместителю министра транспорта А. Н. Недосекову, хорошо известному читателям нашего журнала. С 2000 по 2006 г. он занимал пост генерального директора ОАО «Бамтоннельстрой».

«Опыт сооружения тоннелей в олимпийском Сочи наглядно доказывает, что этот процесс может быть быстрым и качествен-



А. Н. Недосеков, заместитель министра транспорта РФ

ным. Для большинства крупных российских городов, где скорость движения по улицам из-за многокилометровых пробок «близка к нулю», прокладка тоннелей является главным способом борьбы с дорожными коллапсами, – убежден замминистра. – Роль тоннельного строительства, роль тоннельщика сегодня при развитии транспортной инфраструктуры серьезно возрастает, – подчеркнул А. Н. Недосеков. – Происходящая урбанизация, рост мегаполисов практически ограничили возможности развития транс-

портной инфраструктуры больших городов. И все понимают, что только два вида сооружений способны решить те проблемы, которые возникают, – это эстакады и тоннели».

По мнению замминистра, передовые технологии, применяемые при проходке тоннелей олимпийского Сочи, должны дать толчок к развитию российского тоннелестроения и убедить общественное мнение в том, что подземное строительство может быть качественным и недорогим. «Необходимо, чтобы наши проектировщики и заказчики при принятии решения о сооружении тоннелей учитывали весь комплекс проблем, начиная от выкупа земли, отселения жителей, выноса коммуникаций и т. д. Сегодня проходка тоннелей фактически сравнялась по стоимости с возведением эстакад в крупных городах».

А. Н. Недосеков подчеркнул также, что окончание строительства всех тоннельных участков олимпийского Сочи, протяженность которых составляет более 40 км, станет серьезной победой не только для строителей, но и для всей страны.

Далее участники конференции приступили к заслушиванию докладов. Специалисты Бамтоннельстроя совместно с РЖД представили доклад «Строительство тоннелей совмещенной (автомобильной и железной) дороги Адлер – «Альпика-Сервис».

Данный проект необходим для обеспечения доставки зрителей и участников соревнований на горные стадионы Красной Поляны с высокой степенью комфорта и в короткий промежуток времени. При этом дорога станет не только основной транспортной артерией XXII зимних Олимпийских игр 2014 г. в Сочи, но и улучшит инфраструктуру региона в целом.

Планируемая пропускная способность железной дороги Адлер – горноклиматический курорт «Альпика-Сервис» составит семь пар поездов в час. Учитывая скорость, которую смогут развивать поезда и автотранспортные средства, пассажиропоток по железной дороге будет достигать 8,5 тыс. человек в час, а по автомобильной – до 11,5 тыс. При этом из Адлера в Красную Поляну можно будет попасть всего за 40 мин.

По трассе планируется возведение шести тоннельных комплексов общей протяженностью подземных выработок около 32,5 км, включающих:

- шесть железнодорожных тоннелей общей длиной 11 096 м;
- три автодорожных тоннеля – 6 867 м;
- четыре сервисно-эвакуационных штольни – 11 056 м;
- другие вспомогательные выработки для обслуживания тоннелей протяженностью около 3500 м.

Наряду с тоннелями на трассе будет сооружено 28 мостов, 28 двухъярусных и 59 автодорожных эстакад, три новые железнодорожные станции – Имеретинский курорт, Эсто-Садок, Альпика-Сервис и реконструированы существующие станции Сочи, Адлер, Веселое.

Согласно утвержденному комиссией Международного олимпийского комитета (МОК) графику строительства, на весь проект отво-



Президиум конференции (слева направо): А. Н. Недосеков, В. П. Абрамчук, О. Вион, А. Н. Левченко, Г. М. Сеницкий

дится пять лет – трасса Адлер – «Альпика-Сервис» должна быть сдана не позднее второго квартала 2013 г.

Сжатые сроки проведения работ, отсутствие проектной документации, геологических данных, расположение объекта в Сочинском национальном парке, сложности по отводу территорий строительства и переселению граждан – вот не полный список проблем, который предстоит решить участникам.

Докладчик отметил, что в 2010 г. были достигнуты следующие результаты:

- 28 мая на тоннельном комплексе № 1 завершена проходка сервисно-эвакуационной штольни;
- 5 июня закончили проходку штольни на тоннельном комплексе № 5;
- 9 июля завершена проходка железнодорожного тоннеля № 2;
- проведены сбойки по калоттной части в железнодорожном и автодорожном тоннелях № 1 и в железнодорожных тоннелях № 4 и 6;
- приступили к возведению постоянной обделки в железнодорожном и автодорожном тоннелях № 1, в железнодорожных тоннелях № 2 и 6 и в автодорожном тоннеле № 3.

Степень готовности объекта в части строительства тоннеля по состоянию на конец 2010 г. – 45 %.

В докладе С. Н. Алпатова, представляющего СРО НП «Объединение подземных строителей», отмечалась необходимость сближения российской и европейской систем стандартизации с учетом национальных интересов Российской Федерации. НОСТРОЙ совместно



А. Н. Левченко, председатель правления ТА России



С. Н. Алпатов, СРО НП «Объединение подземных строителей»

с другими национальными объединениями предлагает принимать Еврокоды в качестве национальных стандартов и (или) сводов правил в рамках процедур, предусмотренных Федеральным законом «О техническом регулировании». При этом должны быть учтены национальные интересы Российской Федерации, а также территориальная специфика применения технических норм.

Благодаря усилиям Комитета по освоению подземного пространства НОСТРОЙ, НП

фото С. Лоскуткова, ОАО «Бамтоннельстрой»

фото С. Лоскуткова, ОАО «Бамтоннельстрой»



В.В. Гридасов, генеральный директор ОАО «Бамтоннельстрой»
и Е.А. Солнцев, ДКРС-Сочи ОАО «РЖД»



В.П. Абрамчук, УС-30

«Объединение подземных строителей» и НП «ОПС-Проект» и их членов, а также при активной поддержке ТАР и МАС ГНБ начата работа по ревизии нормативно-технической базы в области строительства тоннельных объектов, инженерных коммуникаций, прокладываемых закрытым способом, и в целом подземных сооружений. В заключение докладчик призвал специалистов-тоннельщиков активнее сотрудничать с СРО для разработки требуемых нормативных документов.

Интерес вызвал доклад швейцарской компании «Амберг Инжиниринг АГ» об управлении рисками. Это совершенно новое направление для тоннелестроения в России, и на возведение сочинских объектов компания была привлечена при содействии МОК. Эксперты МОК выезжают на объект с периодичностью 1 раз в 3 месяца и контролируют весь процесс от принятия технических решений до их реализации. В результате таких визитов разрабатываются рекомендации, которые затем оформляются в виде Поручений Правительства РФ и неукоснительно выполняются.

Как отмечалось выше, строители часто не имеют исходной документации. Так, несоответствие проектной геологии фактической явилось основной причиной изменения схемы проходки тоннельного комплекса № 3.

По первоначально принятому варианту прохождения трассы, северные порталы всех трех тоннелей располагались в оползневой зоне. После проведения дополнительных изысканий и выполненного швейцарской фирмой «Амберг инжиниринг» анализа рисков, было установлено, что оползень имеет мощность 5 млн м³, водонасыщен и нестабилен. Расположение в данной зоне порталов тоннелей и опор мостовых сооружений требует серьезных инженерных мероприятий по осушению и стабилизации оползня.

Срок строительства не позволял произвести эти работы. Поэтому было принято решение избежать пересечения с оползневой зоной, а именно, изменить положение трассы, что привело к изменению длины тоннелей. Таким образом, было предусмотрено удлинить железнодорожный тоннель и штольную почти на 500 м по каждой выработке и перенести трассу автомобильного тоннеля, что уменьшит его длину на 840 м.

Несмотря на изменение трассы тоннелей, крайне неблагоприятные гидрогеологические условия строительства отмечены в зоне северных порталов. Припортальные участки располагаются в неустойчивых грунтах, пересечение которых требует применения специальных методов и, как следствие, – снижение темпов проходки.

В связи с этим приняли решение о встречной проходке по всем трем выработкам. При этом сооружение штольной будет вестись щитовым комплексом Lovat RME 232 SE, а железнодорожный и автомобильный тоннели – горным способом при помощи горнопроходческих комбайнов и БВР. Предусмотренные мероприятия обеспечат решение целевой задачи по завершению строительных работ до августа 2012 г.

Из-за недостоверности геологических данных трассы тоннелей комплекса № 3 при проходке ТПМК «Херренкнехт»-13210 строители вошли в ранее неподтвержденную зону разлома. По этой причине произошло заклинивание ротора и остановка машины. Для выхода из сложившейся ситуации была создана международная рабочая группа с участием «Амберг инжиниринг», которая разработала технические и организационные мероприятия, обеспечивающие решение целевой задачи.

Об опыте скоростной проходки с применением инновационных технологий горного способа рассказывалось в докладе В. В. Балыкина, главного инженера УС «ЮГСК», од-

ной из ведущих строительных организаций в этом регионе.

Традиционный интерес вызвал доклад Г. Рихтера об опыте тоннелестроения в России с использованием щитов фирмы «Херренкнехт АГ». Эта компания проявила большой интерес к данной конференции, что доказывало присутствие на ней главы фирмы Мартина Херренкнехта.

Косвенным подтверждением значимости прошедшего события было незапланированное выступление А. В. Черныкова, президента



Д-р Мартин Херренкнехт



К.П. Безродный, ОАО «Ленметрогипротранс»

НПО «Космос», который специально приехал утром 8 февраля и выступил с докладом о строительстве новой транспортной развязки в районе ст. метро «Сокол» в Москве.

С докладами выступили ведущие российские и зарубежные организации: ОАО «Бамтоннельстрой», ЮГСК, ОАО «Тоннельный отдел № 44», ОАО «Ленметрогипротранс», ОАО «Минскметропроект», «Херренкнехт АГ», «Роббинс», «Ловат», ЗАО «Триада-Холдинг», НИЦ ТМ, БАСФ, ООО «Краспан» и др.

Прошедшая конференция осветила практически весь спектр тоннелестроения: технологии и оборудование, применяемые при строительстве тоннелей, вопросы гидроизоляции, проектирования, горно-экологического мониторинга, укрепление и кондиционирование грунтов и т. д.

С более подробным перечнем выступающих и тем докладов читатели могут ознакомиться на сайте Тоннельной ассоциации России www.tar-rus.ru.

В свою очередь, редакция журнала «Метро и тоннели» планирует выборочную публикацию материалов конференции в текущем году.



фото С. Лоскутников, ОАО «Бамтоннельстрой»



В.В. Балыкин, УС «ЮГСК»



А.Н. Пахомов, мэр г. Сочи

фото С. Лоскутников, ОАО «Бамтоннельстрой»



В. П. Полищук (Минскметропроект), А. В. Алексеев (Тоннельный отряд 44)

фото С. Лоскутников, ОАО «Бамтоннельстрой»



Рик Ловат, М. Ю. Беленький (Бамтоннельстрой), Е. А. Солнцев (ДКРС-Сочи ОАО «РЖД»)



Г. М. Синицкий, первый заместитель председателя правления ТАР

В первую очередь, хочу поблагодарить ОАО «Бамтоннельстрой», «СК Мост», ОАО «РЖД», Международный олимпийский комитет – без чьей помощи нельзя было бы собрать столь внушительный форум тоннельщиков.

Как и планировалось, мы обсудили целый ряд важных вопросов, связанных со строительством тоннелей.

На конференции были освещены современные методы проходки тоннелей как щитовым, так и горным способом, дан анализ работы передовой горнопроходческой техники, которая применяется в г. Сочи, и используемым гидроизоляционным материалам. Представители проектных организаций рассказали о проектировании подземных сооружений. Была обсуждена и такая интересная проблема, как управление рисками в ходе возведения подземных объектов – это новое для России явление.

Программа конференции построена таким образом, чтобы дать ее участникам максимально полное представление об инновациях, которые используются при возведении олимпийских объектов в г. Сочи. Главным требованием к докладчикам стало их реальное участие в сооружении подземных участков дорог, строящихся к Олимпиаде-2014.

Наряду с российскими специалистами своим опытом работ поделились представители Германии, Великобритании, Швейцарии и других стран, приглашенных к реализации этого одного из крупнейших в мире инфраструктурных проектов.

Уверен, что технические доклады российских специалистов будут представлять большой интерес для зарубежных участников конференции, и это наша база для дальнейшего сотрудничества с МТА.

Мы договорились регулярно в будущем проводить рабочие группы, конференции, тренинги в целях обмена технологическими данными между всеми заинтересованными сторонами.

Думаю, что следующую встречу следует организовать, например, в рамках Всемирного тоннельного конгресса в Хельсинки в мае 2011 г.



ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ДВУХПУТНОГО ПЕРЕГОННОГО ТОННЕЛЯ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

А. Ю. Старков, главный инженер ОАО «Метрострой», Санкт-Петербург

Открытое акционерное общество по строительству метрополитена в городе Санкт-Петербурге «Метрострой» является одной из крупнейших российских организаций, специализирующихся на тоннелестроении. За 70-летнюю историю строительства метро в Санкт-Петербурге специалистами этой организации накоплен большой опыт работы в области подземного строительства, в том числе с использованием механизированных способов проходки.

Последние десять лет в организации наблюдается активизация инженерной деятельности в области разработки и применения современных технологий и механизмов, призванных облегчить работу в подземных выработках, сократить затраты на сооружение метро и ускорить выполнение горнопроходческих работ. Прогрессивные методы получили свое развитие, в том числе, при прокладке Фрунзенского радиуса Петербургского метрополитена. Первый пусковой комплекс этого радиуса был введен в эксплуатацию в 2008 г. Станции второго пускового комплекса Фрунзенского радиуса – «Бухарестская» и «Международная» планируются к сдаче в 2012 г. Сейчас там заканчиваются горнопроходческие работы. Параллельно совместно с заказчиком и проектировщиком ведется подготовка к строительству третьего пускового комплекса со станциями «Проспект Славы», «Дунайский проспект» и «Южная».

Геологическая обстановка Санкт-Петербурга

Прежде, чем говорить о методах строительства, которые используют петербургские метростроители, необходимо понять в каких условиях проходит возведение того или иного объекта метрополитена.

Гидрогеологические условия в Санкт-Петербурге всегда были основополагающим фактором, влияющим на определение метода строительства. Подземные сооружения в Северной столице в основном расположены в четвертичных отложениях и кембрийской глине.

В толще четвертичных грунтов прослеживается от двух до трех водоносных горизонтов: верхний – безнапорный – в послеледниковых песках и супесях, второй – напорный – в межморенных песках, часто имеющих пльвинные свойства и третий – напорный – в подморенных песчано-иловатых отложе-

ниях в районах древних размывов. Часто вода содержится в линзах позднеледниковых супесей и во внутриморенных песчаных.

Стволы шахт, наклонные ходы и буровые скважины сооружаются в толще четвертичных отложений, содержащих неустойчивые, насыщенные влагой позднеледниковые и слабоустойчивые межморенные слоистые глины.

В центральной части города имеют место области развития древних размывов, где встречается мощная толща неустойчивых грунтов и наблюдается развитие водоносных горизонтов.

Подавляющая масса горизонтальных выработок метрополитена размещена в кембрийских глинах. Это очень плотные глины, почти сухие, плохо размокают в воде, слабо разбухают, имеют полутвердую консистенцию, однородны и выдержаны по мощности и по простираению. Именно глубиной залегания кембрийских глин обусловлено возведение станций в среднем по Петербургу на глубине 60–70 м.

Методы проходки перегонных тоннелей

Сегодня для проходки перегонных тоннелей ОАО «Метрострой» применяет щитовые комплексы с обжатой обделкой диаметром 5,63 м. Это оборудование изготовлено Ясиноватским машиностроительным заводом с учётом использования его в кембрийских глинах, и поэтому идеально подходит для геологических условий строительства в Санкт-Петербурге. При помощи данных механизмов Метрострой в своё время установил мировой рекорд по проходке – 1250 м в месяц. Один из таких щитов сегодня заканчивает сооружение перегонного тоннеля на втором пусковом комплексе Фрунзенского радиуса.

В связи с недавними изменениями требований нормативных документов, касающихся

эвакуации пассажиров и обязательного наличия в тоннелях метрополитена специальной пешеходной зоны, размер диаметра тоннеля увеличился до 6 м. По заказу Метростроя на Скуратовском заводе в г. Туле изготавливается новый щит, удовлетворяющий вновь принятым требованиям. Это оборудование будет применено на перегонках, проект которых был утвержден после вступления в действие нового СНиПа.

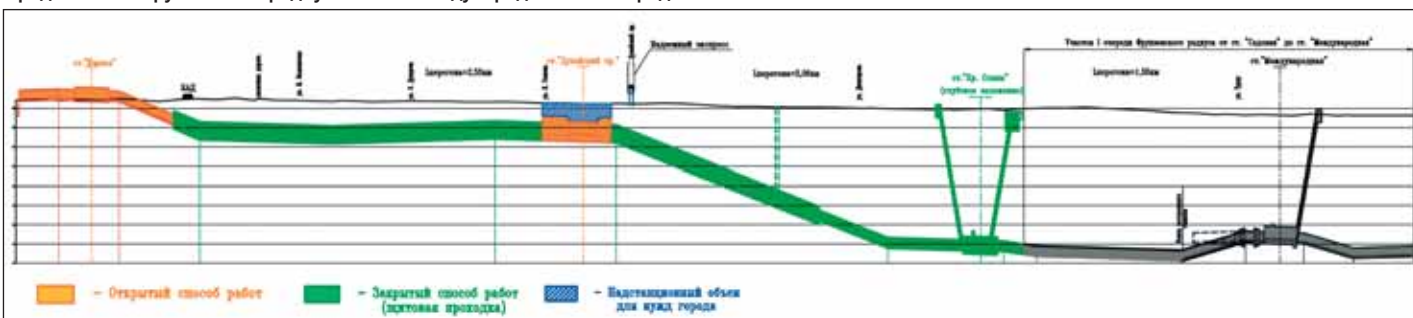
В конце 1990-х – начале 2000-х гг. петербургскими метростроителями был приобретен опыт использования щитов нового поколения. Речь идет о тоннелепроходческом механизированном комплексе «Виктория», с помощью которого были пройдены новые перегонные тоннели на участке между станциями «Лесная» и «Площадь Мужества». Еще одним объектом, при строительстве которого было применено современное проходческое оборудование, стал наклонный ход станции «Обводный канал». Впервые петербургские метростроители внедрили полностью механизированный способ проходки с помощью ТПМК «Аврора» производства фирмы «Herrenknecht AG».

Опыт использования этих щитов позволил Метрострою еще более активно развивать курс на механизацию проходческих процессов и более рационально подходить к разработке технических заданий на создание новых комплексов.

Строительство двухпутного тоннеля

Первоначально проект строительства третьего пускового комплекса Фрунзенского радиуса длиной 6,4 км предполагал возведение четырех станций глубокого заложения. В 1990-е гг. на этом участке уже были пройдены первые 300 м перегонных тоннелей. Со временем количество станций уменьшилось

Продолжение Фрунзенского радиуса за ст. «Международная» с электродепо «Южное»



(из плана исключили ст. «Балканская») и к проекту были предъявлены новые требования, которые касались, в первую очередь, сокращения затрат и ориентации на мелкое заложение объектов.

Метрострой совместно с проектировщиком – институтом «Ленметрогипротранс» – предложил несколько вариантов строительства. Последний проект, который предполагал проходку от глубокого заложения с постепенным подъемом за станцией «Проспект Славы» и выходом на поверхность у ст. «Южная», был принят и утвержден заказчиком.

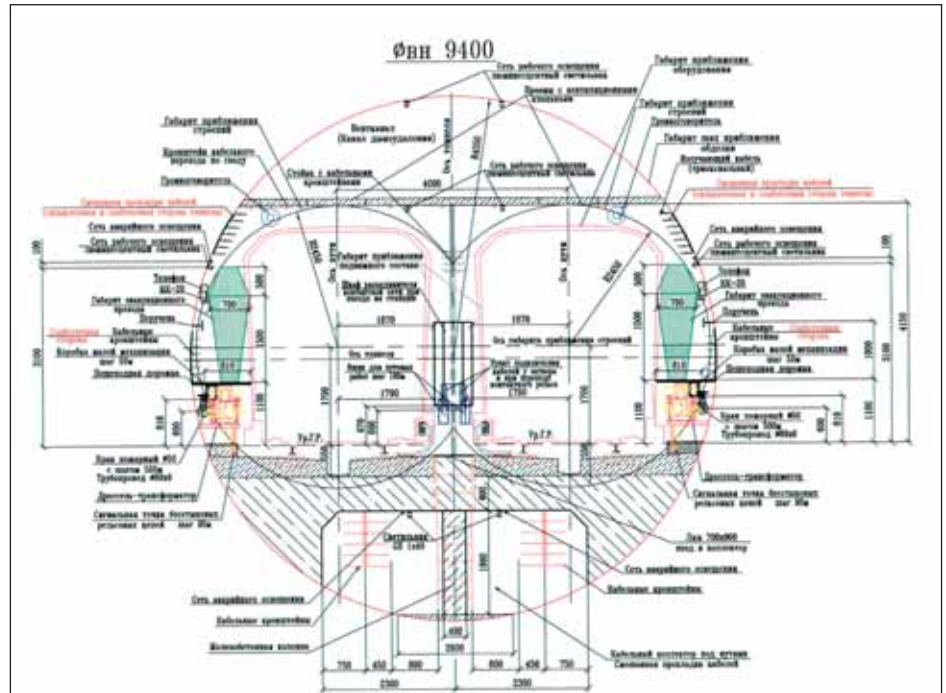
Вариант сочетания глубокого и мелкого метро позволяет исключить необходимость перекладки большого количества коммуникаций, что, в свою очередь, положительно влияет на стоимость строительства. Однако Метрострой внес еще одно предложение, которое может снизить стоимость на 25 %: сооружение двухпутного тоннеля с применением механизированного способа проходки. Такие тоннели уже есть в Лондоне, Мадриде и Афинах. В заданных условиях строительство двухпутного тоннеля принесет ряд существенных плюсов. Во-первых, это позволит значительно сэкономить время проходки. Во-вторых, благодаря сооружению одного тоннеля вместо двух, отпадает необходимость в дорогостоящем и трудозатратном строительстве перекрестных съездов, эвакуационных сбоек, переходов из тоннеля в тоннель и других сопутствующих выработок. В-третьих, этот проект выигрывает с точки зрения безопасности пассажиров, т. к. эвакуационные выходы будут располагаться в стволах. Вопрос размещения эксплуатационных объектов также будет упрощен. Например, для расположения СТП и подсобных помещений различного назначения там, где это возможно, целесообразно использовать поверхность станции.

Станционные комплексы на участке двухпутного тоннеля предстоит выполнить нетрадиционным способом – платформы предусмотрены не между путями, а по бокам.

Технология строительства двухпутного тоннеля предполагает устройство стартового котлована в районе конечной станции Фрунзенского радиуса – «Южная», которая по проекту располагается на поверхности. После выполнения монтажных и пусконаладочных работ, начнется проходка тоннеля длиной 4,5 км, постепенно уходящего на глубину. Далее в районе ст. «Проспект Славы» будет сооружена демонтная камера, в ней будет производиться монтаж с последующей выдачей деталей щита по построенному тоннелю на поверхность.

Двухпутный тоннель рационален также с точки зрения размещения в нем оборудования метрополитена: вентиляционного, расположенного в верхней части, и электрооборудования, для которого предусмотрено место под путями.

В рамках реализации проекта третьего пускового комплекса Фрунзенского радиуса Метрострой обратился к компании



Сечение двухпутного перегонного тоннеля

«Herrenknecht AG» с предложением изготовить тоннелепроходческий комплекс диаметром 10,7 м (диаметр тоннеля 9,4 м). В результате переговоров была выбрана, ставшая уже практически классической, его модификация.

Характеристики ТПМК с грунтовыми пригрузом

- Щит состоит из трех основных частей: режущей, средней и хвостовой.
- Металлоконструкция его рассчитана, исходя из существующих нагрузок грунта, гидростатика и транспорта, нагрузок, возникающих при строительстве, а также избыточного давления 3 бара.
- Ротор (режущий орган) рассчитан на проходку через смешанные слои грунта: от четвертичных водосодержащих отложений до кембрия. Ротором именно такой конфигурации (с вращением в двух направлениях, содержащим в себе одиночные и двойные шарошки, резы с карбидными вставками и ковшами по периметру планшайбы) был пройден наклонный ход ст. «Обводный канал».
- В хвостовой части щита располагается эректор для монтажа обделки.
- За хвостовой частью располагается технологическая тележка, на которой находятся: крановый мост для транспортировки блоков (тюбинговых кран), площадка для разгрузки и загрузки транспортных средств, платформы с гидрооборудованием, электро-распределительные щиты, оборудование для нагнетания раствора, пульт управления, механизмы для подачи сжатого воздуха в людской шлюз и вентиляционное оборудование.
- Доставка блоков и раствора осуществляется колесно-рельсовым транспортом.

Особое внимание при разработке проекта ТПМК уделялось транспортировке грунта. В результате было принято следующее: разработанная порода из забоя подается шнеком в

загрузочную воронку ленточного транспортера, который в процессе проходки нарабатывается на всю длину тоннеля, а грунт доставляется и выгружается в разгрузочный портал стартового котлована и далее фронтальным погрузчиком – в самосвалы. Таким образом, исключается необходимость использования вагонеток, т. е. ручной труд. Помимо этого обеспечивается непрерывность процесса отгрузки, за счет чего значительно увеличивается скорость транспортировки грунта, а значит и скорость всей проходки.

Характеристики транспортера

- Ширина ленты – 1 м.
- Производительность – до 1100 т/ч.
- Управление – с пульта ТПМК.

Заключение

Появление проекта сооружения принципиально нового для Петербурга двухпутного тоннеля метрополитена еще раз доказывает то, что петербургские метростроители идут по пути инноваций и передовых технологий, призванных облегчить и ускорить процесс строительства. Успешный опыт использования современных проходческих комплексов при этом позволяет гарантировать положительный результат и на новых, либо уже начатых, либо еще готовящихся к возведению, объектах. Конечно, повышение роли механизации в строительном процессе требует пересмотра кадровой политики в сторону увеличения количества инженерно-технического персонала, организации обучения сотрудников и повышения их квалификации, рассчитанной на работу с новым оборудованием и технологиями. Все эти вопросы находятся под контролем руководства компании и для обеспечения необходимых условий принимаются конкретные меры, направленные на решение поставленных задач.

НОВЫЕ СТАНЦИИ КИЕВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

А. К. Охотников, директор Дирекции строительства метрополитена КП «Киевский метрополитен»

15 декабря 2010 г., в 50-летний юбилей Киевского метрополитена, при участии Премьер-министра Украины Н. Я. Азарова в торжественной обстановке были сданы в эксплуатацию три станции Куреневско-Красноармейской линии метрополитена – «Демеевская», «Голосеевская» и «Васильковская». Строительная длина участка составила 3,7 км, что удлинит линию метрополитена на юго-запад столицы Украины и обеспечило возможность жителям и гостям Голосеевского района доехать до центра города за 20 мин.

Строительство Куреневско-Красноармейской линии началось в 1971 г. В декабре 1976 г. был задействован участок этой линии длиной 2,3 км от ст. «Площадь Октябрьской революции» (сегодня «Майдан Незалежності») до ст. «Красная площадь» (сегодня «Контрактовая площадь»). К 1982 г. был полностью завершен участок в северном направлении, который связал жилой массив Оболонь с центром города, с электродепо «Оболонь».

В 1984 г. был пущен в эксплуатацию участок от ст. «Майдан Незалежності» до ст. «Дзержинская» (сегодня «Лыбедская»). Намерение продлевать эту линию в сторону жилого массива Теремки возникло еще в 1984 г. Будучи начальником участка предприятия «Киевметрострой» я руководил работами по сооружению перегонных тоннелей, тупиков и камер съездов за ст. «Лыбедская». Тоннели пролегли под речкой Лыбедь в крайне неустойчивых грунтах на отметках от 12 до 18 м от поверхности, что требовало применения специальных методов работ, в том числе сплошного замораживания грунтового массива. Это могло повлечь за собой значительное поднятие земной поверхности в условиях плотной городской застройки и густой сети инженерных сетей в данном районе. Поэтому продолжать строительство в сторону Выставочного центра стало невозможно, и оно было приостановлено. Соперничать со сложными гидрогеологическими условиями смогли после приобретения и освоения публичным акционерным обществом «Киевметрострой» тоннелепроходческих комплексов с грунтовыми пригрузом фирм «WIRTH» и «Herrenknecht».

Работы начались в конце 2004 г. и прекратились в конце 2008 г. Бремя всеобщего финансово-экономического кризиса полной мерой почувствовали на себе киевские метростроители. Целыми месяцами стройка практически не продвигалась вперед – хотя бы не потерять то, что уже выполнено. Только в апреле прошлого года на строительстве началось оживление. Побывав здесь, Премьер-министр Украины Н. Я. Азаров пообещал возобновить финансирование. Был составлены графики строительно-монтажных работ и финансирования: из городского бюджета и часть – из государственного бюджета.

На сооружении участка в особо сложных гидрогеологических условиях в заранее намеченных местах использовались специальные методы стабилизации грунтового массива – химзакрепление, водопонижение, цементация. Крепление котлованов для возве-



Руководитель ОАО «Киевметробуд» В. И. Петренко на открытии ст. «Васильковская»

дения станционных комплексов осуществлялось методом «стена в грунте».

В перегонных тоннелях, которые расположены на расстоянии менее 40 м от жилой застройки, для уменьшения шумов и вибрации от движения поездов метрополитена устроена лежневая конструкция пути.

На участке перегонного тоннеля между станциями «Голосеевская» и «Васильковская» выполнена экспериментальная виброзащитная конструкция верхнего строения пути на блочных опорах системы EBS с изоляцией из полиуретановой смолы Corkelast по технологии фирмы «TINES», успешно применяемой на метрополитенах и скоростных трамваях Польши, Голландии и др. При достижении ожидаемых позитивных результатов по показателям шумов и вибрации, указанная конструкция ВСП будет внедрена и на перспективных линиях метрополитена.

Станционные комплексы сооружались открытым способом. Для гидроизоляции железобетонных и бетонных конструкций этих станций применялись материалы с новой, модифицированной латексом битумной эмульсии «Flexigum». Преимуществом данной эмульсии являются высокие показатели адгезии к бетонным поверхностям и водонепроницаемость нанесенного слоя, благодаря хорошей дисперсности битумной эмульсии и ее мгновенной коагуляции на изолируемой поверхности.

Станция «Демеевская» – колонного типа, имеет один вестибюль, а с противоположной стороны – эвакуационный выход, который ведет непосредственно на поверхность через крытый павильон. Вестибюль соединя-

ется с пассажирской платформой станции с помощью четырех лент эскалаторов. Все выходы из пешеходных переходов накрыты павильонами. Для людей с ограниченными физическими возможностями предусмотрены лифты, пандусы, подъемники. Станция «Демеевская» работает как мощный пересадочный узел. Рядом расположены: центральный автовокзал, национальная библиотека, транспортная развязка.

Станция «Голосеевская» размещена в зоне повышенного уровня грунтовых вод. Для его снижения вдоль станционного комплекса со стороны притока была построена специальная дренажная галерея. В конструктивной схеме станции колонного типа была максимально уменьшена высота свода платформенного участка. Станция имеет один вестибюль с выходами и подземным переходом на Голосеевской площади. С противоположного конца платформы на поверхность предусмотрен эвакуационный выход. Вестибюль соединяется с пассажирской платформой ступенями. Все выходы накрыты павильонами. Для людей с ограниченными физическими возможностями предусмотрены лифты французской фирмы «OTIS», подъемники киевского завода «Артем» и пандусы.

Станция «Васильковская» – односводчатая, имеет два вестибюля, связанные с платформой лестницами и лифтами для людей с ограниченными физическими возможностями.

В свободном пространстве котлована для сооружения СТП этой станции за счет средств инвестора запроектированы и построены подземные торговые помещения общей площадью 2164 м².



Станция «Демеевская»

Станция «Васильковская»

За станцией «Васильковская» для оборота поездов на главных путях предусмотрены тупики с двухстрелочным съездом и служебной платформой.

Для архитектурного оформления станционных комплексов использовались долговечные материалы: гранит, мрамор, керамическая плитка.

Всего по государственной программе «Безбарьерное пространство» для пассажиров с ограниченными физическими возможностями смонтировано девять специальных лифтов, три подъемника, установлены звуковые информаторы направлений движения, рельефные ограничители на платформах станций.

Метрополитен – это сложный комплекс наземных и подземных инженерно-технических сооружений, сетей и коммуникаций, насыщенных энергетическими, механическими, интеллектуальными устройствами для обеспечения движения подвижного состава, приведения в действие эскалаторов и целого ряда механизмов, которые обеспечивают жизнедеятельность настоящего подземного города. Он требует кропотливой, целенаправленной, творческой работы многих трудовых коллективов проектировщиков, строителей, производителей строительных материалов и конструкций, различного оборудования и кабельно-проводниковой продукции.

Тягово-понижительные подстанции метрополитена укомплектованы трансформаторами типа «Резиблок» фирмы «ABB», которые не теряют работоспособности при 100-% влажности воздуха, современными выпрямителями и комплектными распределяющими устройствами производства ЗАО «Плутон» г. Запорожья с применением микропроцессорной техники.

На пусковом участке использована микропроцессорная система автоматизированного управления поездами вместо громоздкой релейно-контактной аппаратуры, которая повисила надежность работы метрополитена, значительно снизила эксплуатационные затраты, улучшила условия работы обслуживающего персонала станции с целью увеличения его защищенности и пассажиров от вероятности поражения продуктами горения. Для безопасности в случае возникнове-



Станция «Голосеевская»



ния пожара все оболочки кабелей изготовлены из изоляционных безгалогенных материалов с низким уровнем дымовыделения типа «нгд» или «LS».

Для увеличения надежности, защищенности и качества поездной радиосвязи внедрены специальные «щелевые» кабели с широкополосными частотными характеристиками, которые позволяют одновременно создавать служебные, коммерческие и другие каналы связи.

Проектная документация разработана генеральным проектировщиком – Государственным предприятием «ПИ Укрметротоннельпроект» совместно с субподрядчиками: институтом «Киевинжпроект», институтами «Киевдормостпроект» и «Киевгенплан». Строительство осуществляли – генеральный подрядчик ПАО «Киевметрострой» с тридцатью субподрядными организациями, в том числе ПАО «Стройинженерсеть-5», КК «Киев-автодор», КП «Спецавтоматика», ООО «Электрик», ОАО «Киевэлектромонтаж» и др.

Строительство метрополитена в г. Киеве не останавливается. Проектировщики и метростроители идут дальше. Началась даль-

нейшая проходка перегонных тоннелей к новой станции «Выставочный центр». Она должна быть введена в строй к концу 2011 г. В 2012 г. намечено сдать еще две станции в юго-западном направлении Курневско-Красноармейской линии: «Ипподром» и «Теремки». В дальнейших планах – сооружение Подольско-Выгуровской и I очереди Левобережной линии метрополитена в жилой массив Троещина.

На сегодняшний день в Киеве функционируют три линии метрополитена с эксплуатационной длиной 63,7 км и 49 станционными комплексами.

Благодаря применению новейших технологий, современных строительных материалов и оборудования киевским метростроителям удастся поддерживать мировой уровень сооружения метрополитена.



ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА МЕТРОПОЛИТЕНА В г. ДОНЕЦКЕ

В. Л. Кутний, директор ООО «Донецкшахтометрострой»



Учитывая то обстоятельство, как долго сооружается Донецкий метрополитен, мне часто задают вопрос, а будет ли он построен?

По квалификации я горный инженер-строитель, имею специальность «строительство подземных сооружений и шахт». Будучи студентом на производственной практике в Киевметрострое поймал себя на мысли: «А хорошо бы и в Донецке построить метро...». Таким образом, во мне соединились знания, опыт, мечта и желание.

С учетом этого я и отвечаю всем на этот вопрос, что у меня это третий заход. В 1992 г. я работал заместителем управляющего трестом «Донецкшахтострой» и начинал стройку как генподрядчик. В 2004–2005 гг. трудился как заказчик – главным инженером дирекции строящегося метрополитена, но, видя сложившееся положение с финансированием, не выдержал, ушел. После этого был заместителем начальника УКСа Донецкого горсовета – успел построить путепровод возле мотеля, жилые дома, газопроводы, водоводы, дороги, реконструировать парк Шербакова, бульвары Пушкина и Шевченко, сквер «Сокол» и многое другое. И вот опять в качестве генподрядчика, и могу сказать, что метро в Донецке мы построим однозначно!

Донбасс, край несметных богатств и огромного производственного потенциала, всегда играл одну из важных ролей в развитии промышленного потенциала государства – сначала Советского Союза, а затем и Украины. Его столицей неформально был и остается город Донецк, который после различных административных реформ сегодня является центром Донецкой области.

Современный Донецк – это динамично развивающийся город, где имеются развитая инфраструктура и производственная база. Здесь сконцентрированы высокий промышленный, культурный и научный потенциал, рабочие и специалисты высокой квалификации. Один из крупнейших промышленных городов Украины, он занимает территорию более 350 км² с населением в 1 млн человек. А если учесть и города-спутники, самым крупным из которых является 350-тысячная Макеевка, то становится понятно, что такой крупный мегаполис просто не может обойтись без четко работающей «кровеносной» системы городского транспорта.

С течением времени проблема повышения уровня транспортного обеспечения населения заявила о себе в полный голос. В последние годы она еще более обострилась из-за значительного увеличения количества транспортных средств малой вместимости, так называемых «маршруток», а также количества частных автомобилей. Заторы на перекрестках, длинные очереди у светофоров. Так выглядит Донецк сегодня. Пробки на городских дорогах донецкие водители называют «обычным делом». По их словам, каждый в автомобильной очереди теряет не меньше часа. Объяснение простое – эти дороги построены 50 лет назад. Тогда в Донецке было в десять раз меньше автомобилей, чем сейчас. Все это усложняет движение транспорта и повышает опасность пассажирских перевозок, да еще при этом отсутствует возможность реконструкции центральной части города для увеличения пропускной способнос-

ти дорог. А там, где это все-таки приходится делать – затрачиваются десятки, а порой и сотни миллионов денежных средств.

Предвидя такое развитие ситуации, «отцы» города и области еще в 80-е гг. прошлого столетия озаботились задачей построить в Донецке метро, которое соединило бы его с Макеевкой. Тем самым мегаполис получил бы быстрый и удобный, экологически чистый и относительно дешевый вид транспорта.

Донецк – один из крупнейших промышленных городов Украины, он занимает территорию более 350 км² с населением в 1 млн человек. А если учесть и города-спутники, самым крупным из которых является 350-тысячная Макеевка, то становится понятно, что такой крупный мегаполис просто не может обойтись без четко работающей «кровеносной» системы городского транспорта.

Согласно Постановлению Совета Министров СССР в 1988 г. было начато проектирование, а в соответствии с Распоряжением Кабинета Министров Украины № 13917/59 от 18.09.1990 г. было принято решение о строительстве метро в Донецке.

Проект первой очереди прокладки Пролетарско-Киевской линии Донецкого метрополитена был разработан институтом «Укрметропроект». При рассмотрении градостроительных условий было учтено состояние застройки и наличие инфраструктуры по трассе проектируемого участка, как по современному состоянию, так и на перспективу до 2040 г.

Сооружаемый первый участок этой линии (от ст. «Пролетарская» до ст. «Белый лебедь») должен связать крупный жилой район Пролетарский (перспективное население около 175 тыс. жителей) с одной из основных промышленных зон (южная промзона) и центром города. Линия проложена рядом с железнодорожной станцией Чумаково (станция метро «Чумаковская»), а далее через промышленную зону вдоль

ул. Краснооктябрьская (заводы «Цветмет», стальных конструкций и ряд других предприятий), где размещены станции «Красный городок» и «Мушкетовская». В этой зоне генпланом предусмотрена застройка новых жилых микрорайонов. Далее трасса проходит мимо промзоны крупнейшего Донецкого металлургического завода (ДМЗ), где размещена ст. «Левобережная», и входит в центральную часть города.

В центре, где существующие виды транспорта (трамвай, троллейбус, автобус) уже исчерпали свою пропускную способность и не обеспечивают растущие пассажиропотоки, трасса проходит вдоль центральной городской магистрали – ул. Артёма, на которой размещены станции «Политехнический институт», «Площадь Ленина» и «Белый лебедь». В этой части города расположены крупные учреждения культурно-бытового назначения, высшие и средние учебные заведения, проектные и научно-исследовательские институты, административные центры.

В составе проекта трассы с участием института «Гипроград» уточнена и перспективная схема линий Донецкого метрополитена. Его сеть намечена из трёх линий:

- I-я Пролетарско-Киевская проходит через Пролетарский, Будённовский, Ворошиловский, Киевский и Куйбышевский районы;
- II-я Петровско-Красногвардейская соединяет Петровский, Кировский, Ленинский, Ворошиловский и Калининский районы г. Донецка с Красногвардейским районом г. Макеевки;

• III-я Горняцко-Макеевская соединяет Ленинский, Ворошиловский, Калининский районы г. Донецка с центральными районами г. Макеевки.

В местах их пересечения предусмотрены пересадочные узлы: первой и второй линий – на ст. «Политехнический институт», первой и третьей – на ст. «Белый лебедь», второй и третьей – на станциях «Ленинская» и «Проспект Мира» (два пересадочных узла).

Направление первой линии принято в соответствии с утвержденным технико-экономическим обоснованием (ТЭО) и заданием на разработку проекта. Она проходит с востока на северо-запад.

Размещение станций и перегонных тоннелей в плане и профиле принято с учетом инженерно-геологических условий, а также существующей и перспективной градостроительной обстановки.

Все станции запроектированы с островными платформами, длиной 102 м, рассчитанными на эксплуатацию пятивагонных составов. Количество станций – восемь, в том числе пять – глубокого и три – мелкого заложения, пропускной способностью от 17,35 тыс. до 23,36 тыс. пассажиров в час пик.

Станции мелкого заложения открытого способа работ. «Пролетарская» – одноводчатая, тупиковая, с двумя вестибюлями, а «Чумаковская» и «Красный городок» – промежуточные, колонного типа.

Перегоны мелкого заложения, открытого способа работ. «Пролетарская» – «Чумаковская» и «Чумаковская» – «Красный городок» сооружаются на отсыпанной до лотка тоннель насыпи с последующей сборкой на ней тоннелей.

Перегон «Красный городок» – «Мушкетовская» является переходным с мелкого заложения на глубокое и дальше все тоннели – глубокого заложения.

В плане перегонные тоннели расположены вдоль таких длинных улиц, как Краснооктябрьская, Артема, которые одновременно являются и крупными транспортными артериями города. В профиле – в толще устойчивых пород, на перегоне «Левобережная» – «Политехнический институт» – на крутом уклоне 38 %. В плане трасса обходит с восточной стороны Донецкий металлургический и коксохимический заводы, при этом наименьший радиус кривой составляет 500 м.

Станции глубокого заложения «Мушкетовская» и «Левобережная» – пилонные, с междупутьем 22,0 м, «Политехнический институт» и «Белый лебедь» – пилонные, с междупутьем 25,0 м и уширенным средним залом $Dв = 9,5$ м, пересадочные на вторую и третью линии метрополитена, «Площадь Ленина» – одноводчатая, с междупутьем 14,60 м, на ней предусмотрена техническая возможность строительства второго выхода.

На перегоне «Политехнический институт» – «Площадь Ленина» тоннели располагаются преимущественно под многоэтажной застройкой, на участке от ПК117+04 до ПК119+36 принят уклон продольного профиля 38 % для обеспечения возможности

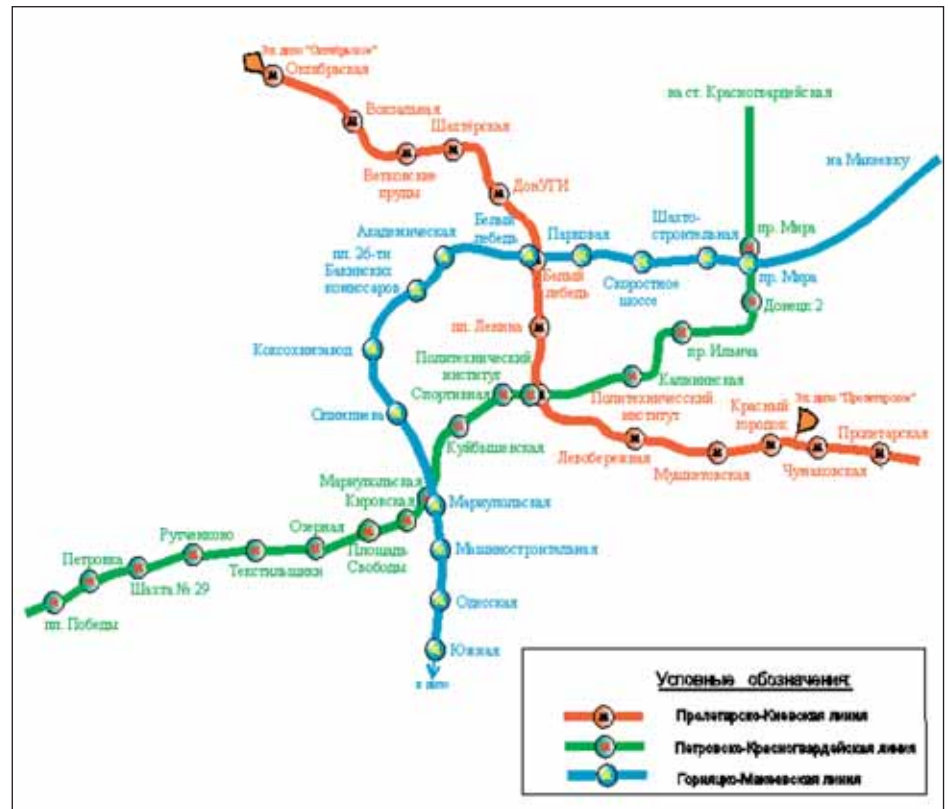


Схема линий Донецкого метрополитена

разветвления в разных уровнях перегонных тоннелей и служебной соединительной ветки на вторую линию метрополитена.

На участке между станциями «Политехнический институт» и «Белый лебедь» в проекте удалось поднять профиль линии на 5+6 м по сравнению с ТЭО. Это достигнуто за счёт уточнения инженерно-геологических характеристик коренных пород, в которых размещена трасса метрополитена.

В проекте проработана трасса продления в перспективе первой линии в восточном (от ст. «Пролетарская» вдоль ул. 301-й Шахтёрской дивизии) и северо-западном направлениях (от ст. «Белый лебедь» вдоль ул. Артема до железнодорожного вокзала и далее до аэропорта).

Первая линия метрополитена приурочена к центральной части Донецко-Макеевского геологического района, в строении которого принимают участие породы среднего карбона, перекрытые отложениями палеоген-неогенового и четвертичного возрастов. Каменноугольные отложения представлены песчаниками, алевролитами и аргиллитами, в которых заключены маломощные прослои известняков и угля.

Трасса метрополитена в профиле залегает полностью в зоне активного выветривания пород карбона, характеризующихся значительной трещиноватостью: породы со слабой трещиноватостью составляют 18 %, средней – 15 % и сильной – 67 % от общего объёма массива.

В тектоническом отношении участок Пролетарско-Киевской линии относится к сложному району с довольно спокойными пликативными формами и наличием крупных дизъюнктивных нарушений, таких как Кали-

нинский, Первомайский, Мушкетовский и Французский надвиги, которые сопровождаются более мелкими, являющимися их апофизами. Зоны тектонических нарушений сопровождаются значительными по мощности зонами дробления пород. В горном массиве отмечается присутствие зон напряжённого состояния пород.

В гидрологическом отношении по условиям циркуляции подземных вод и литологическим признакам вся толща осадочных отложений подразделяется на два интервала, вмещающих ряд водоносных горизонтов и комплексов. В горизонтально залегающих четвертичных, плиоценовых отложениях и в верхней части отложений карбона, где породы выветрены до состояния суглинков и дресвяно-щебеннистых грунтов, выделяются водоносные горизонты, содержащие поровые воды. К дислоцированным и в различной степени метаморфизированным отложениям карбона приурочены пластово-трещинные воды. В зоне активного выветривания, в которой проходят тоннели, не существует разобщённых водоносных горизонтов и вся толща рассматривается как единый гидрогеологический комплекс.

По химическому составу воды сульфатные и сульфатно-хлоридные, натриево-магниевые, магниевые и натриево-калиевые, обладают различной степенью сульфатной агрессивности (от слабой до сильной) к бетонам марки по водопроницаемости от W4 до W8 на портландцементе.

Изучение газоносности грунтов и газопроявлений произведено Макеевским научно-исследовательским институтом по безопасности работ в горной промышленности

и производственным объединением «Укрлегеология». Ими установлено, что тоннели первой очереди Донецкого метрополитена будут сооружены в зоне газового выветривания и углекисло-азотной подзоне. При этом выделений метана из пересекаемых пород и угольных пластов вне зон влияния геологических разрывных нарушений и старых горных работ происходить не будет.

Возможно его появление в зонах дробления пород, сопутствующим геологическим разрывным нарушением. Но и в этих случаях газопроявления будут носить начальный характер, которые не представляют опасности по взрыву метановоздушной смеси. Практика подтвердила это, но для предотвращения возможных скоплений метана строительство ведется с соблюдением всех правил, как при строительстве угольных шахт.

Инженерно-геологическая оценка территории для строительства трассы метрополитена тоже характеризуется как сложная.

Участки трассы располагаются в пределах нескольких геоморфологических элементов разного генезиса, поверхность неровная, местами сильно расчленённая, в разрезе имеется комплекс грунтов различного литологического состава, мощность слоёв изменяется по простиранию, развита сильная трещиноватость пород, зафиксированы складчатые и разрывные нарушения.

Показатели физико-механических свойств грунтов в пределах каждого слоя изменяются в плане и по глубине, местами распространены грунты с низкой несущей способностью, а в целом вмещающие породы имеют крепость от 1 до 8 по шкале профессора Протодьяконова.

По первоначальному проекту длина первого пускового комплекса первой очереди метрополитена составляла 9,7 км. В него входили лишь шесть станций («Пролетарская», «Чумаковская», «Красный городок», «Мушкетовская», «Левобережная», «Политехнический институт»), 6,2 км тоннелей глубокого заложения и 3,5 км – мелкого. При этом провозная способность планировалась 34 тыс. пассажиров в час.

Впоследствии было принято решение изменить проект и продлить пусковой комплекс от ст. «Политехнический институт» до площади Ленина и далее до торгового комплекса «Белый лебедь», к новому стадиону «Донбасс Арена» с тем, чтобы метрополитен, как вид городского транспорта, участвовал в проведении Чемпионата Европы по футболу 2012 г. Позже, с учетом запросов по проведению чемпионата, возникли идеи проложить линии метрополитена от аэропорта до ст. «Белый лебедь» для того, чтобы болельщики могли быстро добраться до нового стадиона. Однако в 2009 г. на строительство из госбюджета не поступило ни копейки и, естественно, что с этими замыслами пришлось попрощаться.

Проектирование метрополитена, как я уже говорил, было начато в 1988 г., а «первый колышек» стройки, ознаменовавший начало сооружения вертикального ствола № 19, был

забит в 1992 г. в пойме реки Кальмиус. Возле коксохимзавода и сейчас стоит копер, на заборе ограждения которого нарисованы буквы «М», подсказывающие, что это не ствол новой шахты, а первая площадка Донецкого метрополитена.

К сожалению, с распадом Советского Союза развалилась и система метростроя, но об этом скажу дальше. В то время в Донецке действовал мощнейший строительный трест «Донецкшахтострой», который собственными силами построил шахты «Октябрьская», имени А. А. Скочинского, «Южнодонецкая» № 1 и 3, проводил реконструкцию многих других шахт, возводил дома, школы, дошкольные учреждения и многие другие объекты производственной и социальной инфраструктуры. Именно этот трест был первым генподрядчиком на сооружении метрополитена. Однако вся политика государства в 90-е гг. была направлена на реструктуризацию угольной промышленности путем закрытия убыточных шахт, которых становилось все больше, и никто не смотрел в будущее. В это время не было заложено ни одной новой шахты в Донбассе. Естественно, что шахтное строительство, как подотрасль угольной промышленности, перестало существовать. Трест «Донецкшахтострой» накопил большие долги, кредиторы в судебном порядке изымали заработанные средства и одна такая стройка, как метрополитен, не могла спасти трест, а тот, в свою очередь, не мог обеспечить необходимые темпы строительства. Тогда заказчик – Донецкая дирекция строящегося метрополитена – разорвал контракт с трестом.

В 1997 г. впервые в названии строительной организации Донецка появилось слово «метро». На базе ШСУ № 6 (шахтостроительное управление № 6 – структурное подразделение треста «Донецкшахтострой») было создано ООО «Донецкшахтометрострой». С нулевым балансом, не было ни кредиторской, ни дебиторской задолженности, этому предприятию можно было с чистого листа начинать прокладывать метро, но при этом «Донецкшахтометрострой» использовал оборудование, арендованное у ШСУ № 6 и 13 треста «Донецкшахтострой», а также у треста «Донецкшахтопроходка». Так мы стали генеральным подрядчиком по строительству метрополитена в г. Донецке.

На момент создания предприятия численность трудящихся составляла около 300, в лучшие годы выростала до 800 человек. В наиболее благоприятный период, в середине 90-х гг., когда деньги поступали регулярно, была возможность даже приобрести тоннелепроходческий комплекс отечественного производства. Его использовали при сооружении правого тоннеля на перегоне «Красный городок» – «Мушкетовская». Крепление производилось сборной железобетонной обделкой, обжатой в породу.

Цель обжатия заключалась в создании условий предварительно-напряжённой обдел-

ки. Практическая реализация обжатия возможна при выполнении следующих условий:

- контур выработки должен иметь строго круговое очертание необходимого диаметра и гладкую поверхность;

- колебания рабочего органа щита в процессе разработки грунта должны быть минимальными;

- в конструкции обжимаемой обделки необходимо предусмотреть меры, обеспечивающие строго кольцевую форму к концу обжатия, например, цилиндрические стыки между блоками без связей между кольцами, что дает возможность осуществлять взаимный поворот смежных элементов в кольце по мере выполнения обжатия.

При использовании данного метода крепления тоннеля рассчитывали получить следующие преимущества:

- немедленное включение в работу элементов крепи совместно с окружающим массивом;

- стабилизацию грунтового массива вокруг тоннеля, тем самым снижение горного давления на обделку;

- избежание осадков поверхности земли над и под тоннелем;

- исключение необходимости первичного нагнетания и сведение к минимуму контрального.

К сожалению, практическое применение обжатой обделки продемонстрировало ряд недостатков, не позволяющих рассматривать её как предварительно-напряжённую.

Левый тоннель на перегоне «Красный городок» – «Мушкетовская» сооружался эректорным способом. Грунт разрабатывался буровзрывным способом, погрузка породы производилась машиной ППН-1С в вагоны УВГ-1,2, откатка осуществлялась контактным электровозом К-10. Забой выработки разрабатывался на полное сечение, постоянная железобетонная обделка монтировалась с помощью механического тубингоукладчика ТУ-1ПП.

При креплении левого перегонного тоннеля использовались три типа обделки:

- сборная из чугунных тубингов Дн/в = 5,5/5,1;

- сборная железобетонная из блоков с цилиндрическими стыками между блоками Дн/в = 5,65/5,25;

- сборная железобетонная из тубингов Дн/в = 6,0/5,4.

Последняя применялась в местах устройства проёмов и при пересечении тектонических нарушений.

Разработка грунта левого станционного тоннеля ст. «Мушкетовская» ведётся буровзрывным способом, монтаж обделки – механическим тубингоукладчиком ТУ-15 ПП, крепление производится сборной железобетонной тубинговой обделкой Дн/в = 9,0/7,5.

В настоящее время прорабатываются варианты сооружения тоннелей с применением универсальных буровых машин МПК-1600 с комплектом навесного оборудования для монтажа обделки, а также проходческого комбайна КСП-43 с креплением тоннеля мо-

нолитной железобетонной обделкой. Но основным вариантом, конечно же, использование современных тоннелепроходческих комплексов, которые в Украине сегодня, к сожалению, не производятся.

Ориентировочная стоимость одного такого комплекса с затратами на растаможивание, транспортировку, дополнительное оборудование и т. д. по данным фирм производителей составляет около \$ 12 млн.

Казалось бы, в условиях ограниченного финансирования проще взять комплекс в аренду. Но даже небольшие ориентировочные расчеты показывают несостоятельность такого варианта.

По данным зарубежных фирм месячная арендная плата за пользование комплексом составляет 6,5 % от его стоимости, а это более \$ 700 тыс. Таким образом, полная стоимость комплекса будет оплачена за 16 месяцев. При средней скорости проходки в 300 м/мес. перегонные тоннели длиной 9,2 км будут пройдены за 31 мес., а при скорости в 400 м – за 23 мес. Но даже при такой скорости арендодателю будет выплачено почти \$ 16,5 млн, что превышает стоимость в 1,4 раза, да еще генподрядчик будет нести убытки по текущему ремонту и обслуживанию.

Если приобрести новый тоннелепроходческий комплекс, то он окупится через 2,5–3 года и его можно будет применить в дальнейшем при строительстве второй очереди метрополитена. Весь вопрос в том, где взять такие деньги?

Сооружение метрополитена в любом городе и любом государстве является одновременно и социально значимым проектом, и очень капиталоемким. Стоимость строительства первого пускового комплекса Донецкого метрополитена составляет 5,6 млрд гривен (\$ 700 млн).

Нужно понимать, что возможность финансировать такой проект есть только у государственного бюджета, возможности областного и городского бюджета, к сожалению, весьма ограничены.

Мы понимаем, что в связи подготовкой к проведению в Украине Чемпионата Европы по футболу и сложной экономической ситуацией, связанной с мировым кризисом, такие деньги могут быть и не выделены в ближайшие два года. Поэтому просим правительство на этот период выделять по 100–150 млн гривен на снос жилья, которое попало в зону проведения работ, вынос всех инженерных коммуникаций: водоводов большого диаметра и газопроводов высокого давления, высоковольтных линий электропередач, ливневой канализации, а также на переоснащение площадок на второй период строительства, сооружение подводящих выработок и т. д.

А в 2012 г., когда возможности бюджета увеличатся после проведения чемпионата, выделить, скажем, 500 млн гривен на строительство, в том числе на закупку современной тоннелепроходческой техники, например такой, как фирмы «Херренкнехт», «Вирт» (Германия) или «Ловат» (Канада). Два таких



Инженер-проектировщик немецкой компании «Херенкнехт АГ» Олег Илюшин и директор ООО «Донецкшахтометрострой» В. Л. Кутний во время поездки в Германию, где донецкие специалисты знакомились с опытом проходки тоннелей

комплекса смогут пройти 9 км тоннелей за 1,5–2 года (такой опыт я изучал в Испании, Германии) и пойти дальше, к аэропорту, а первый пусковой комплекс метрополитена соорудить за пять лет. И тогда строительство Донецкого метро перестанет называться объектом отложенного спроса.

На сегодняшний день пройдены более 1,6 км подземных тоннелей и четыре вертикальных ствола, в искусственное основание электродепо «Пролетарское» отсыпано 1,5 млн т горелой породы (вывезен почти целый шахтный террикон с территории города), на 90 % построено водопропускное сооружение (около 1 км подземной реки в Богодуховской балке), а также в процессе возведения находятся две станции.

В августе 2010 г. возобновилось финансирование строительства метро (в январе 2009 г. стройка была приостановлена) и мы планируем начать сооружение искусственного основания под трассу от ст. «Красный городок» до ст. «Чумаковская», где будут тоннели мелкого заложения, и электродепо «Пролетарская». Также запланирован вынос инженерных сетей: водовода диаметром 800 мм, газопровода (530 мм), двух высоковольтных линий. Эти работы будут производиться с помощью субподрядчиков. Собственными силами после закупки соответствующего оборудования начнем оснащение подъемного комплекса вертикального ствола на строительной площадке № 20 для обеспечения начала проходки тоннеля от ст. «Политехнический институт», продолжится строительство водопропускного сооружения. Уже развернулся фронт работ на стройплощадке № 16 (проходка ствола), по армировке и переоснащению вертикального ствола стройплощадки № 18. Кроме того, продолжается сооружение платформенного участка ст. «Про-

летарская», проведены подготовительные работы и возобновилась проходка, рассчитываем закончить в этом году станционный тоннель ст. «Мушкетовская» со стороны стройплощадки № 14.

В общем, долгострой сдвинулся с места и, с учетом грандиозности планов и сроков их выполнения, может понадобиться помощь метростроителей не только Киева, Харькова, Днепрпетровска, но и Москвы, Санкт-Петербурга, других городов бывшего Союза.

В связи с этим хотелось бы вернуться к вопросу о системе метростроя. После 1991 г. никакой системной работы метростроителей на просторах СНГ не было: ни по обмену каким-то передовым опытом, ни по обмену кадрами, научными разработками, ни по технической помощи. Именно поэтому с такой радостью метростроители Украины, России, Белоруссии, Азербайджана, Казахстана при участии специалистов фирмы «Pines» из Польши впервые за 20 лет собрались в конце сентября 2010 г. в Киеве на Международную конференцию по внедрению новых технологий устройства верхнего строения пауты метрополитенов. И надо было видеть радостные лица участников конференции – мы метростроители, мы вместе, а вместе мы сможем многое! За это хочу выразить большую благодарность президенту Корпорации «Укрметротоннельстрой» Владимиру Ивановичу Петренко и сказать спасибо тем, кто встретил нас возгласом: «А вот и дончане. Куда вы пропали?». Так что, пусть эта конференция будет началом возрождения традиций метростроителей, а следующим шагом может стать создание Международной Академии метростроительства, где будут учиться наши дети. Главное, что сделан первый шаг.

НАМ ОДИН ГОД! ИТОГИ РАБОТЫ В СТАТУСЕ САМОРЕГУЛИРУЕМОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

С. Н. Алпатов, генеральный директор СРО НП «Объединение подземных строителей»

9 ноября 2010 г. исполнился год с момента внесения сведений о Некоммерческом партнерстве «Объединение строителей подземных сооружений, промышленных и гражданских объектов» (НП «Объединение подземных строителей») в государственный реестр саморегулируемых организаций Ростехнадзора. Пришло время подвести первые итоги.

Один год – это много или мало? В историческом плане это ничтожно мало. Но учитывая те коренные перемены, которые происходят в строительной отрасли, завершающийся 2010 год можно смело приравнять, по крайней мере, к десятилетию.

На протяжении последних лет строительная отрасль существовала как бы сама по себе – государство практически не уделяло ей внимания, министерства и ведомства, в которых в советские времена концентрировались огромные строительные мощности, развалились. Рухнула и централизованная система Госстандарта – организации, которая руководила разработкой научно-технической базы, в том числе в строительстве. Новые государственные структуры ничего не смогли предложить взамен, и строительные компании выжили самостоятельно. Государственное лицензирование, введенное в период перестройки и худо-бедно выполнявшее свою функцию, на определенном этапе стало неэффективным. В то время появилось огромное количество псевдостроительных компаний, которые прикрываясь купленными лицензиями, занимались отнюдь не строительством. Возглавляемые в основном юристами и экономистами, они «делали деньги» – выигрывали всевозможные тендеры и конкурсы, используя административный ресурс и так называемые «откаты», а в дальнейшем передавали работы на субподряд или испарялись с авансовыми платежами. К тому же перестройка дала возможность создавать частные предприятия, в том числе в строительстве. Прошла волна приватизаций, в результате чего часть фирм перестала существовать, а другая раздробилась на мелкие предприятия, которые не в состоянии были содержать штат высокопрофессиональных сотрудников, обновлять технические средства и отслеживать наиболее современные тенденции и технологии. На рынке количество таких организаций по сравнению с советскими временами увеличилось в сотни раз. Мнение, что строить и проектировать может едва ли не каждый, привело к созданию множества непрофессиональных фирм, часть из них в итоге закрылась.

Контролировать строительную отрасль становилось все сложнее, и государство приняло решение о введении саморегулирования на строительном рынке. Реализовано решение было довольно скоро, хотя во многом не продумано. Но, так



Заседание Комитета по освоению подземного пространства НОСТРОЙ. В президиуме (слева направо): С. Н. Алпатов, В. Н. Александров

или иначе, переход на саморегулирование состоялся, у строителей появилась возможность самостоятельно обсуждать, выявлять проблемы, формулировать и предлагать меры для их решения, то есть в конечном итоге принимать активное участие в процессе вывода строительной отрасли из тупика и дальнейшем ее развитии. На первом этапе это делалось достаточно сумбурно, но постепенно строители нашли общий язык и стали последовательно отстаивать свои интересы.

Поначалу такое сообщество было вынуждено сосредоточиться не на решении конкретных проблем в строительстве, а на борьбе с попытками некоторых лиц от саморегулирования провести в жизнь поправки в законы, не столько отвечающие интересам развития отрасли, сколько призванные контролировать финансовые потоки, поступающие от строительных фирм в саморегулируемые организации. К тому же во многих случаях трибуна СРО и участие в ее руководящих органах использовались для достижения определенных политических и карьерных целей. Поэтому первый год существования системы саморегулирования был связан с внутренним противостоянием в строительном сообществе – борьбой противоположных мнений и противоречивых позиций. Показательной в этом плане стала сложная ситуация внутри Национальных объединений саморегулируемых организаций. Проблемы усугублялись еще и тем, что государство от решения этих вопросов как бы самоустранилось. И только полгода спустя, поняв, что для становления системы саморе-

гулирования на первых этапах необходимо участие государства, представители власти стали устранять многочисленные «перегибы».

Вопреки сложной и противоречивой ситуации в системе саморегулирования, специализированные саморегулируемые организации с самого начала имели четкую, взвешенную позицию, готовы были идти на разумные компромиссы ради решения конкретных задач. В специализированных саморегулируемых организациях было проще выработать единое мнение, выделить наиболее острые проблемы и направить усилия на их устранение. Подобные профессиональные объединения есть у атомщиков, дорожников, железнодорожников, нефтяников, газовиков, энергетиков, как в области строительства, так и проектирования. Специализированные саморегулируемые организации последовательно, шаг за шагом предлагали и реализовывали меры, влияющие на качество строительно-монтажных работ, вносили поправки в законы и другие нормативные акты и отстаивали их введение, непосредственно участвовали в формировании цивилизованной системы саморегулирования, которая учитывала бы мнение профессиональных строителей и была направлена на соблюдение интересов членов СРО.

Строители и проектировщики подземных сооружений также предпочли объединиться по профессиональному признаку. Единственной в России специализированной саморегулируемой организацией в области подземного строительства стало НП «Объединение подземных строителей», в области проектирования – НП «Объединение подземных строителей – Проект». И вот, год спустя после регистрации «Объединения подземных строителей» в качестве СРО, руководство оценивает результаты собственной деятельности, определяет роль Партнерств в отстаивании интересов своих членов и степень «необременительности» системы саморегулирования для строительных компаний.

К сожалению, приходится говорить не о пользе, принесенной членам СРО, а скорее о тех мерах, которые были призваны сгладить сумбур, вызванный быстрыми и непродуманными изменениями в законодательстве. В соответствии с принимаемыми законами, постановлениями и приказами строительные организации были вынуждены постоянно переоформлять свидетельство о допуске на работы. Первый раз в соответствии с приказом от 9 декабря 2008 г. № 274, второй – после появления приказа от 21 октября 2009 г. № 480, третий – постановление от 3 февраля 2010 г. № 48. Далее изменения вводились практически один за другим: приказ Минрегионразвития от 30 декабря 2009 г. № 624 вступил в силу с 1 июля 2010 г., введен федеральный закон от 27.07.2010 N 240-ФЗ, в соответствии с приказом № 275 от 09.06.2010 г. вносятся изменения в приказ № 624. Наконец, 12 октября 2010 г. в Минрегионе России состоялось согласительное совещание по вопросу внесения изменений в Постановление Правительства РФ от 3 февраля 2010 г. № 48. Восьмой раз саморегулируемые организации будут вынуждены переоформлять свидетельства о допуске своим членам. При этом каждый раз необходимо созывать общие собрания, обеспечивая кворум 3/4 от общего числа членов СРО. Учитывая, что «Объединение подземных строителей» и «Объединение подземных строителей – Проект» создавались не по региональному принципу, а исходя из специализации членов, собираться представителям компаний приходится едва ли не со всей страны, причем с отрывом от главной деятельности, в основном руководителей. Объем бумажной работы для получения документов, путаница с требованиями для замены свидетельств о допуске, частые вынужденные командировки – все это не способствовало продуктивной работе наших членов, хотя они неизменно проявляли лояльность и понимание. Со своей стороны, «Объединение подземных строителей» и «Объединение подземных строителей – Проект» старались сделать, по мере возможности, процесс переоформления

безболезненным для своих членов и, что важно, в крайне сжатые сроки.

Например, изменения, внесенные приказами Минрегионразвития от 30 декабря 2009 г. № 624 и от 21 октября 2009 г. № 480, требовали получения от Ростехнадзора разрешения на выдачу свидетельств в соответствии с этими документами. Эти разрешения Партнерства получили в максимально сжатые сроки – одними из первых в Санкт-Петербурге и в целом в России, что обеспечило членам обоих объединений легитимное участие в тендерах и конкурсах.

Понятно, что большинство членов СРО интересуются получением заказов и высокопрофессиональным исполнением работ, чем политикой. Тем не менее, для защиты их интересов «Объединение подземных строителей» и «Объединение подземных строителей – Проект» принимали активное участие в предвыборных кампаниях кандидатов в президенты Национальных объединений СРО (НОСТРОЙ и НОП), отстаивали свою точку зрения при формировании их Советов. Очевидно, что от их состава во многом зависит, какая политика будет проводиться, и насколько будут отстаиваться интересы саморегулируемых организаций, а значит, и их членов – строительных и проектных организаций. В общем и целом результаты выборов можно оценить положительно – новые составы Советов позволяют надеяться на внесение конструктивных изменений в работу Национальных объединений. И главное, – ликвидированы противоречия в вопросах, касающихся этих структур, подрывавшие доверие к системе саморегулирования не только среди строителей и проектировщиков, но даже и среди представителей самих СРО.

Для того чтобы наиболее эффективно решать задачи, которые возникают в подземном строительстве по инициативе «Объединения подземных строителей» был создан Комитет по освоению подземного пространства НОСТРОЙ. Его председателем стал президент НП «Объединение подземных строителей», генеральный директор ОАО «Метрострой» СПб В. Н. Александров. Комитет был создан с целью обозначения профессиональных проблем, рассмотрения их Национальным объединением строителей и дальнейшего решения на законодательном уровне.

Одна из приоритетных задач, поставленных перед Комитетом и решаемых при непосредственном участии «Объединения подземных строителей», – это анализ и актуализация существующей научно-технической базы в области подземного строительства и организация разработки новых документов, необходимых для внедрения современных технологий, которые, как правило, не предусмотрены существующими нормативными документами. Такая же задача стоит перед Секцией по проектированию подземных объектов.

В настоящее время работа уже ведется, пройдены первые этапы. Но говорить о конкретных, применяемых на практике, результатах пока не приходится, ведь обновление научно-технической базы – длительный и непростой процесс, рассчитанный не на один год. «Объединение подземных строителей» привлекает к этой работе и своих членов – настоящих профессионалов в освоении подземного пространства. Благодаря их поддержке Партнерство с самого начала выступало как мощный союз единомышленников. Плодотворная работа сотрудников Партнерства и активная позиция исполнительных органов привели к тому, что к мнению специалистов и руководства «Объединения подземных строителей» прислушиваются. А это значит, что и у компаний, которые в него входят, и у всего сообщества подземных строителей появился своего рода рупор, через который они могут высказывать свою точку зрения на вопросы, затрагивающие их интересы, отстаивать свои позиции на законодательном уровне. Теперь они могут оказывать влияние на ход развития строительной отрасли в целом.

Хочется верить, что прошедший год – это только самое начало плодотворной совместной работы.



НОВЫЕ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

А. В. Худодян, зам. генерального директора ООО «Тоннбау»



Защита гидроизоляции полиуретаном



Гидроизоляция стен материалом «Экстрплан-502»

Нанесение полимочевиновой гидроизоляции



Правильно выбранный тип гидроизоляции является гарантом надежной работы конструкций и сооружений.

В настоящее время на обширном рынке гидроизоляционных материалов наибольшей популярностью пользуются материалы на битумной основе. Как показывает многолетняя практика, они недолговечны, их физико-химические свойства не позволяют продолжительное время служить гидроизоляцией.

Сейчас в качестве одной из наиболее надежных систем гидроизоляции стали применяться материалы на основе полиуретановых и полимочевиновых эластомеров. Последние выгодно отличаются от других полимерных покрытий (EPDM, ХСПЭ, каучуковых, эпоксидных) следующими показателями:

- возможность применения в широком диапазоне температур от -20°C ;
- высокая скорость реакции полимеризации, что позволяет использовать изолируемую поверхность уже через 20 с после нанесения на нее полимерного покрытия.

В 2007 г. ООО «Тоннбау» применялась полимочевина «Полишилд СС-100» (производитель SPI, США) на работах по гидроизоляции тупиков Митинско-Строгинской линии Московского метрополитена. В дальнейшем наша фирма стала использовать полимочевину «Экстрплан-502» (производитель «Хантсман – НМГ», РФ).

По просьбе ООО «Тоннбау» контроль качества гидроизоляции полимочевиновыми составами, их физико-механические свойства в условиях производственной площадки проводились филиалом ОАО ЦНИИС «НИЦ ТМ». Как показали исследования, «Экстрплан-502» сопоставим с аналогом SPI – «Полишилдом СС-100», а учитывая преимущества отечественного материала – более низкую стоимость и надежность поставки, он был рекомендован для гидроизоляции станции «Мякининская» (2009–2010 гг.).

Одним из этапов гидроизоляции сооружений, требующих особого внимания, является ее защита. Наиболее доступным и дешевым способом защитить горизонтальные поверхности является цементно-песчаная стяжка, а защита вертикальных поверхностей – задача более трудоемкая.

Для защиты гидроизоляции в тупиках Митинско-Строгинской линии и станции «Мякининская» ООО «Тоннбау» повсеместно применялись пенополиуретаны (ППУ) отечественного произ-

водства, что существенно дешевле защитить вертикальных поверхностей гидроизоляции из пеноблоков, кирпича и т. д. Это материал, ввиду очень высоких показателей по теплопроводности, является также прекрасным утеплителем. Следует отметить, что при нанесении на изолируемую поверхность вначале слоя ППУ, а затем полимочевины, получается прекрасный «пирог» из непромокаемого утеплителя.


Опыт работ, проводимых в зимнее время от -10 – 15°C , показывает, что расход ППУ увеличивается, так как первый слой (~ 2 см) используется для прогрева поверхности, нанесение следующего его слоя через 20–30 с позволяет создать слой ~ 4 – 5 см плотностью не менее 50 кг/см^3 .

В процессе применения полимочевины в качестве гидроизоляции, нашей фирме пришлось столкнуться с проблемой радоновой защиты сооружений. Проведенные по нашему заказу исследования в НИИ строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН) показали, что полимочевина «Экстрплан-502» является еще и отличной защитой от радона, при этом не надо увеличивать обычно используемую при гидроизоляции толщину пленки из эластомера ~ 2 – $2,5$ мм.

При всех положительных качествах полимочевины (указанных выше, а также экономических – цена 1 м^2 изолируемой поверхности полимочевиной не превосходит стоимости при использовании битуминозных материалов) существуют и отрицательные моменты.

Во-первых, дорогое оборудование, которое должно обслуживаться квалифицированным персоналом, умеющим создавать равномерное покрытие при нанесении материала, предварительно правильно оценив степень подготовки поверхности.

Во-вторых, зависимость стоимости 1 м^2 изолируемой поверхности от степени ее подготовки, пористости изолируемого материала (ц/п стяжка, бетон). В зависимости от состояния поверхности, погоды, используемого праймера, расход основного материала может возрасти.

Фирмой «Тоннбау» работы по гидроизоляции с применением полимочевины проводятся с 2005 г. и статистический материал, собранный за пять лет эксплуатации сооружений, дает основание утверждать, что ни на одном из них ни наружная, ни подземная гидроизоляция не повреждена и выполняет свои функции. 

Анкерные сваи «Атлант»

«Атлант» - это технология устройства анкерных свай, основанная на использовании в качестве штанг высокопрочных труб, которые после окончания бурения остаются в скважине в качестве армирующего элемента сваи или тяги анкера.

Трубы соединяются между собой муфтами с конусной резьбой, обеспечивающей высокую прочность соединения.



Характеристики гладких штанг «Атлант»					
Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Предел текучести, МПа	Нагрузка на пределе текучести, кН	Временное сопротивление, МПа	Предельная нагрузка на разрыв, кН
60	5,0	491	410	687	573
73	5,5	491	554	687	776
89	6,5	491	804	687	1125
114	7,0	491	1125	687	1575

Винтовые анкерные сваи «Атлант»

Компания ООО «ССТ» производит винтовые штанги «Атлант» с накатанным на всю длину резьбовым профилем.

Технология «Атлант» успешно применяется для устройства буроинъекционных свай, нагелей и грунтовых анкеров при строительстве геотехнических и подземных сооружений.



Характеристики винтовых штанг «Атлант»					
Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Предел текучести, МПа	Нагрузка на пределе текучести, кН	Временное сопротивление, МПа	Предельная нагрузка на разрыв, кН
57	6,0	600	576	790	759
57	9,0	600	814	790	1072

Гладкие и винтовые анкерные штанги «Атлант» и комплектующие элементы к ним полностью сертифицированы.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННОГО НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПРОХОДКЕ ТОННЕЛЕЙ

Е. Н. Груздева, специалист ООО «Грундфос»



Сегодня строительство транспортной инфраструктуры, без которой невозможна интенсификация развития экономики страны, неразрывно связано с созданием таких технологически сложных объектов, как тоннели. Быстрое и качественное сооружение безопасного и надежного тоннеля напрямую зависит от общего уровня техники, используемой при его прокладке, в том числе и насосного оборудования. В этой связи стоит обратить внимание на успешный опыт применения различных видов современных насосов в реализованных крупных проектах.

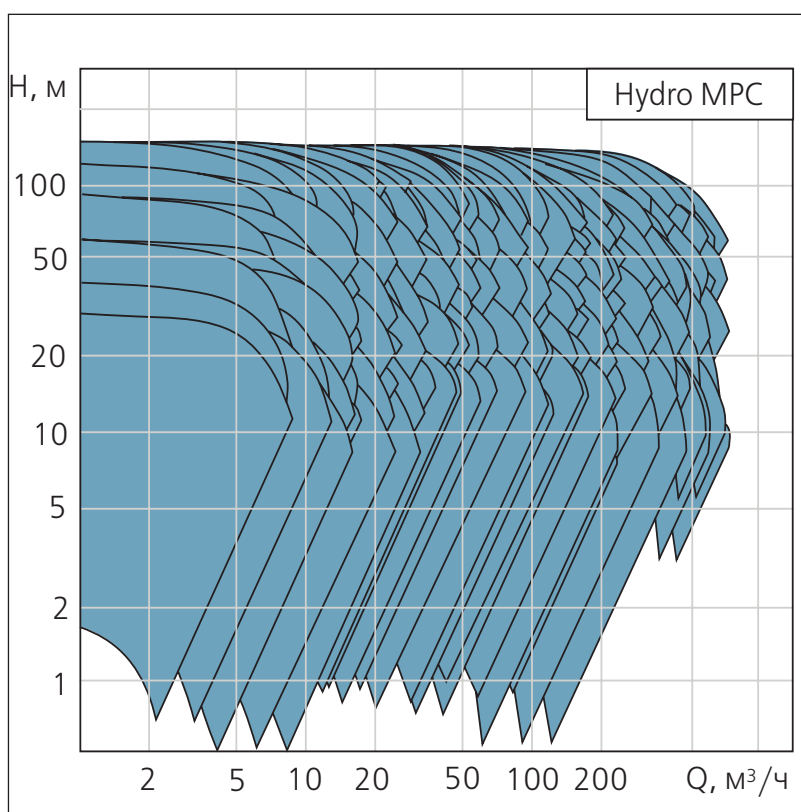


Рис. 1. Рабочие характеристики повысительного модуля GRUNDFOS серии Hydro MPC

Подача воды для тоннелепроходческого комбайна

Распространенный сегодня гидромеханический способ проходки, как известно, основан на совместном воздействии на породу собственно режущего или скальвующего исполнительного инструмента горных машин и непрерывных струй воды, которые призваны обеспечить снижение механической нагрузки на исполнительные органы техники. Известно, что по опыту использования применение гидромеханического метода ведет к уменьшению усилий резания на резцах в 1,5–1,8 раза (в отдельных случаях до 2–2,5 раза) и усилий перекачивания на дисковых шарошках в 1,5–2 раза. Это приводит к заметному увеличению скорости подачи.

Испытания, проведенные несколько лет назад немецкой компанией «Вирт» (сегодня шит этой фирмы работает на строительстве метро в г. Екатеринбурге), это доказали. В ходе работ тоннелепроходческий комбайн (ТПК) бурового действия ТВЛ-260 с диаметром исполнительного органа 2,6 м, оснащенный дисковыми шарошками и струями воды высокого давления, прошел 84,5 м в песчаниках. В данном случае использовались четыре гидромultiпликатора, развивающих давление в 300–400 МПа с расходом воды 120 л/мин и установочной мощностью 250 кВт.

Выяснилось, что использование воды высокого давления позволило снизить усилия резания и подачи (в сравнении с обычным механическим разрушением) более чем на 50 %, при этом скорость проходки возросла в 2 раза. Кроме того, отмечалось полное отсутствие пыли в забойном пространстве, улучшение эксплуатационных характеристик проходческого оборудования, уменьшение степени измельчения горной мас-

сы и устранение опасности искробразования при трении шарошек о породу. В результате стоимость проходки упала на 30–50 %.

Очевидно, что достигаемый при гидромеханическом способе проходки результат зависит во многом от стабильности подачи и напора жидкости. Это подтверждается и недавним опытом прокладки тоннелей для линии железной дороги в ЮАР – Gautrain (строилась к чемпионату мира по футболу 2010 г.). Она стала первой на континенте высокоскоростной железнодорожной трассой, связывающей экономический центр Южной Африки, Йоханнесбург, со столицей страны Преторией и международным аэропортом OR Tambo. Частично линия идет в тоннеле длиной 12 км с промежуточной станцией Роузбенк. Кроме того, конечная остановка в аэропорту также стала подземной.

Для строительства применялся ТПК, спроектированный и изготовленный компанией «Herrenknecht» (Германия) специально для использования в сложных геологических условиях ЮАР, в том числе для бурения твердых пород, прохождения песка и любой промежуточной субстанции. Это первая машина такого рода на континенте. Комплекс получил название Imbokodo, что в переводе с одного из южноафриканских диалектов означает «твердый точильный камень», и позволил создать водонепроницаемый и ровный тоннель диаметром 6,8 м всего за год.

В данном случае задачу обеспечения подачи воды выполняла система повышения давления GRUNDFOS серии Hydro MPC. Она состоит из энергоэффективных многоступенчатых центробежных насосов серии CR, смонтированных на общей раме из стального профиля, с выполненной разводкой труб, электромонтажом и заводской регулировкой. Установка снабжена также шкафом управления.

При проходке тоннеля для Gautrain повысительная станция была установлена на прилегающей к ТПК строительной площадке. Гидромультпликатор непрерывно подавал воду на головки сверла и запасные резервуары комплекса через протянутый в тоннеле трубопровод.

Установка была выбрана для обслуживания нужд проходческого комплекса благодаря тому, что она способна поддерживать заданные рабочие параметры в соответствии с переменной характеристикой водозабора. С помощью автоматического подключения и отключения насосов или с помощью регулирования их частоты вращения модуль работает в области оптимального КПД (рис. 1).

Следует отметить, что установка снабжена встроенной защитой от «сухого» хода. В данном случае это одна из наиболее важных функций, так как работа всухую может повредить подшипники и торцевые уплотнения валов насосов. Такая функция основывается на принципе контроля входного давления или уровня жидкости в емкости, смонтированной перед насосным модулем. Если давление на входе или уровень воды в емкости слишком низкий, все насосы останавливаются. Штатно Hydro MPC уже оборудована датчиком давле-

ния, расположенным во всасывающем коллекторе.

Максимальный расход, который может обеспечивать подобный модуль, составляет 1000 м³/ч, максимальный напор – 220 м при температуре перекачиваемой жидкости 5–70 °С и максимальном рабочем давлении 16 бар, что было достаточно для потребностей ТПК Imbokodo в ЮАР.

Осушение тоннелей

Еще одной сферой применения насосного оборудования при проходке тоннелей является откачка больших объемов грунтовых вод. Особенно остро такая проблема проявилась при строительстве подземных сооружений в Москве.

Дело в том, что в городе со сложной гидрогеологической обстановкой бесконтрольная откачка воды из подземных пластов и инфильтрация ее в верхние слои грунта до недавнего времени находились в равновесии. Однако около десяти лет назад этот баланс нарушился, что привело к подтоплению до 70 % территории города. К сожалению, массовое подземное строительство, без которого развитие столицы невозможно, с одной стороны, усугубляет эти процессы, а с другой – ими же и тормозится.

С такими проблемами, в частности, столкнулись проходчики Лефортовского и Серебряноборского тоннелей в Москве. В этих случаях также использовался ТПК Herrenknecht со щитом диаметром 14,2 м с гидропригрузом забоя, двумя гидротехническими тележками и малого ТПК со щитом диаметром 6 м, аналогичным большому.

Взаимодействие столь крупных сооружений с подземными водами влечет за собой увеличение гидростатического давления на конструкцию, опасность ее всплытия, размягчение твердых и разжижение несвязных грунтов, что также нежелательно.

Исходя из мирового опыта, при строительстве тоннелей мелкого заложения в слабых водоносных грунтах с коэффициентом фильтрации от 0,3 до 100 м/сут наиболее эффективным методом осушения грунтового массива является искусственное водопонижение. Поэтому в процессе разработки тоннелей были проведены специальные мероприятия, обеспечивающие стабильность, безопасность и надежность их обустройства и эксплуатации. Для этого в качестве защитных мер предусматриваются проемы в нижней части конструкций, выполненные по технологии «стена в грунте», прокладка дюкеров-трубопроводов в стенах и лотковой части тоннеля с водоприемными и инфильтрационными трубами, устройство пластового и застенного дренажа. Для их успешного функционирования также требуется значительное количество мощных насосов, способных обеспечить откачку больших объемов загрязненной примесью воды.

Так, в районе Лефортово, где в 2003 г. были построены и сданы в эксплуатацию два



Рис. 2. Картриджное уплотнение GRUNDFOS

тоннеля, задействована целая система осушения, включающая в себя 88 насосов для водоотведения GRUNDFOS серий SE и AP.

Особый интерес представляют насосы серии SE. Они предназначены для перекачивания бытовых и промышленных сточных вод с абразивными и длиноволокнистыми включениями, с уровнем pH от 4 до 10, с твердыми включениями размером до 50, 65, 80, 100 мм соответственно (в зависимости от размера свободного прохода). Такие агрегаты способны обеспечить подачу до 250 м³/ч и напор до 42 м.

Особенностью этих насосов является возможность как погружного, так и сухого монтажа, которая реализуется эффективной системой охлаждения электродвигателя. Тепло от него к перекачиваемой жидкости отводится через мощные алюминиевые тепловые мосты, поэтому дополнительных мер для теплоотведения не требуется. Для обеспечения безопасности все двигатели насосов серии S поставляются со встроенной теплозащитой, представляющей собой три термовыключателя, встроенных в обмотки.

Для удобства обслуживания предусмотрено двойное картриджное торцевое уплотнение, которое при необходимости легко заменяется без применения специальных инструментов. Насосы, установленные в Лефортовском тоннеле, также снабжены датчиками контроля состояния торцевых уплотнений, позволяющими отслеживать их состояние и заблаговременно менять. Кроме того, в системе управления применяются поплавковые датчики уровня во взрывозащитном исполнении.

Лефортовские тоннели успешно функционируют уже почти семь лет. За это время серьезных проблем с насосным оборудованием, обеспечивающим дренаж, не было. Ремонтные мероприятия сводились к планово-предупредительным работам.

Сегодня очевидно, что дальнейшее развитие методов строительства тоннелей неразрывно связано с совершенствованием не только проходческой техники, но и сопутствующего оборудования. И приведенный выше опыт применения современного насосного оборудования при проходке тоннелей в сложнейших условиях убедительно это доказывает.



FIGARO MASCHINE – МАЛОГАБАРИТНЫЙ ИНСТРУМЕНТ СОВРЕМЕННОГО ГЕОТЕХНИКА

Д. А. Малинин, ООО «Специальная строительная техника»

Предприятием «Специальная строительная техника» налажен серийный выпуск буровых станков малогабаритного типа с уникальными техническими характеристиками.

Два года назад история бурового станка Figaro Maschine началась с задачи, с которой не могло справиться ни одно оборудование отечественного производства. Необходимо было выполнить бурение и устройство свай по технологии струйной цементации глубиной 40 м в полутвердых скальных породах из подвала с высотой потолков 2,2 м. Такая необходимость возникла при укреплении фундаментов жилого здания при проходке под ним линии метрополитена в г. Екатеринбурге.

Проектируемый станок должен был обладать высоким крутящим моментом, для чего на него был установлен вращатель ведущей европейской фирмы «EuroDrill» модели RH400 с максимальным крутящим моментом 4400 Н*м. В связи с ограниченностью пространства станок должен иметь отдельную масляную станцию, которая бы работала на улице. И самое главное, мачта при своей высоте 2 м должна обеспечивать работу штангами

длиной 1 м. Т.е. ход вращателя должен составлять 1250 мм. В дополнение ко всему конструкция станка предусматривала зажимные тиски для частого скручивания-раскручивания штанг.

Все это в итоге и было реализовано в буровом станке Figaro Maschine FM 400, внешний вид которого показан на рис. 1.

Данный станок с успехом справился с трудной задачей бурения глубоких скважин в стесненном пространстве. Вследствие этого было принято решение наладить серийный выпуск таких станков. Единственным недостатком опытного образца была громоздкость и достаточно большой вес станка. Поэтому после конструкторской модернизации вес станка был снижен с 500 кг до 370 кг, не потеряв при этом в мощности и надежности.

Обновленный станок не долго ожидал работы для себя. Сразу после опытных испытаний Figaro был направлен в г. Набережные Челны, где его применили для устройства бу-

роинъекционных свай с уширением. И снова работы проводились в тяжелых геологических условиях, и снова в стесненных условиях (рис. 2).

Данный тип станка постоянно был задействован на различных строительных объектах «Строительной компании «ИнжПроект-Строй» (рис. 3).

Следующим шагом конструкторских разработок было расширение модельного ряда буровых станков. Для этих целей был разработан новый вращатель с уменьшенным вращающим моментом 3300 Н*м. Новый вращатель значительно снизил вес станка и в существенной степени уменьшил стоимость буровой установки Figaro Maschine FM 300 в сравнении с FM 400. Новый станок был успешно представлен на выставке City Build-2010 и применен на объекте в г. Пушкино.

На сегодняшний день в стадии разработки находится опытный образец третьей самой

Рис. 1. Внешний вид бурового станка (первоначальная версия)



Рис. 2. Производство работ в г. Набережные Челны



Рис. 3. Производство работ в действующем цехе с электрической масляной станцией

Таблица 1

Характеристики буровых станков Figaro Maschine

Модель	FM 150	FM 300	FM 400
Максимальный крутящий момент, Н*м	1500	3300	4400
Высота мачты, мм	1850	2000	2000/2650
Максимальная длина штанг, мм	1000	1000	1000/1500
Сила на подъем/на забой, кН	18	40	40
Раскрытие зажимных домкратов, мм	50–120	50–150	50–150

Таблица 2

Характеристики гидравлических станций для Figaro Maschine

Модель двигателя	Д-243	4L41С	Д-144	5А200М4
Тип	дизельный	дизельный	дизельный	электрический
Производитель	БТЗ (Беларусь)	Hatz (Германия)	ВТЗ (Россия)	(Россия)
Мощность, кВт	57	47	44	37
Тип охлаждения	жидкостной	воздушный	воздушный	—

маленькой модели Figaro Maschine FM 150, который оснащен вращателем собственного производства мощностью 1500 Н*м. Новый станок обладает облегченной мачтой без зажимных тисков, более простым пультом управления и компактной маслостанцией.

Технические характеристики всех типов станков Figaro приведены в табл. 1.

Отдельно следует упомянуть о маслостанциях, приводящих в движение гидравлику станка Figaro Maschine. Было разработано четыре типа станций. Существует возможность выбрать станцию с дизельным двигателем Hatz (Германия), белорусским Д-243 с водяным охлаждением, и владимирским Д-144 воздушного охлаждения, которые хорошо зарекомендовали себя в нашей стране. Основным преимуществом отечественного дизельного агрегата является доступность сервиса и запасных частей в любом уголке нашей страны.

В некоторых случаях более предпочтительным является применение гидростанций с приводом от бесшумного и более экономичного электрического двигателя мощностью 37 кВт. Электрическая маслостанция значительно легче и компактнее, из-за чего она может быть легко размещена в практически любых стесненных пространствах подземных помещений, тоннелей и горных выработках. Отметим, что размеры гидростанции позволяют перемещать ее через дверные проемы шириной от 800 мм.

«Сердцем» гидростанции являются шестеренчатые насосы производства фирмы «Casappa S.p.A» (Италия), которые на сегодняшний день наиболее популярны в Италии. Технические характеристики гидравлических станций приведены в табл. 2.

Более чем за двухлетний период своего существования Figaro Maschine, как и одноименный герой итальянской оперы, побывал «и тут, и там». И как настоящий герой везде справился со своей задачей и помог строителям выкрутиться из сложных ситуаций.

Так при строительстве автодороги Роза Хутор – Альпика-Сервис, сервисной дороги к олимпийским объектам, с помощью бурового станка, установленного на подъемник, выполняли работы по укреплению склона грунтовыми нагелями (рис. 4). Никакая другая техника, особенно отечественного производства, не в состоянии была выполнить работы по бурению скважин глубиной 11 м, устье которых находилось на высоте 12 м от поверхности.

Компания «СеверСтрой» приобретенный буровой станок применяла как навесное оборудование к экскаватору JCB 3СХ (рис. 5). Таким образом, специалисты компании получили возможность выполнять работы при строительстве тоннелей на участке совмещенной дороги Адлер – Красная Поляна, строящейся по заказу РЖД.

Дальнейшее развитие новых геотехнологий вселяет надежду на большой спрос в современной и, главное, доступной техники на российском строительном рынке. Тем более что сегодня все предприятия осознают преимущества отечественной техники перед зарубежной в сжатых сроках по-



Рис. 4. Установка нагелей Figaro Maschine



Рис. 5. Figaro Maschine, установленный в качестве рабочего органа экскаватора

ставки запасных частей и в более низкой цене. Задача предприятия «Специальная Строительная Техника» – обеспечить российскую геомеханику хорошей техникой для воплощения самых смелых технических идей.



ОПЫТ СКОРОСТНОЙ ПРОХОДКИ ТОННЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ГОРНОГО СПОСОБА

В. П. Антощенко, В. В. Балыкин, ЗАО «УС «ЮГСК»
Г. Н. Полянкин, СГУПС



В соответствии с проектом, трасса совмещенной дороги основана на туннельно-мостовом варианте. На автомобильной дороге длиной 45,6 км будет сооружено 3 автодорожных туннеля общей протяженностью 6753 м, 37 мостов и путепроводов суммарной длиной 12493 м. На железной дороге протяженностью 48,2 км – 6 туннелей суммарной длиной 10823 м, 32 моста и 9 водопропускных труб. Кроме транспортных туннелей сооружаются: 3 сервисно-эвакуационных штольни суммарной длиной 9328,7 м; много вспомогательных выработок различного назначения: 60 эвакуационных сбоек общей длиной 2506 м; 3 вентиляционных сбойки общей длиной 600 м и др. (рис. 1).

Важнейшей особенностью является то, что сроки выполнения работ строго регламентированы (начало – III кв. 2008 г., окончание – II кв. 2013 г.).

Проходка туннелей ведется в сложных условиях, связанных с экзогенными геологическими процессами (нарушенные грунтовые массивы, оползни, карсты, тектонические разломы) при высокой сейсмичности района 9 баллов.

В современных условиях на первое место в области туннелестроения выходят технологии, обеспечивающие экономичность, безопасность и защиту окружающей среды.

Более детально рассмотрим основные методы и технологии строительства олимпий-

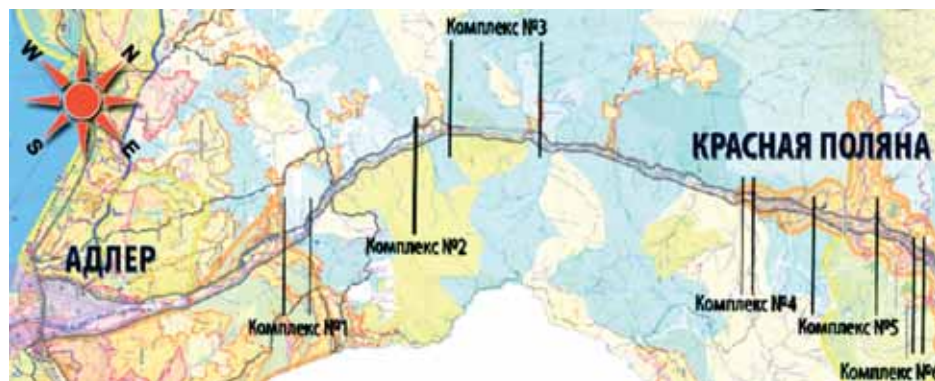


Рис. 1. Карта местности с расположением туннельных комплексов

ских туннелей на примере строительства первого туннельного комплекса, выполняемого на субподряде ЗАО «УС «ЮГСК».

В его состав входят железнодорожный туннель, автодорожный и сервисная штольня. Сроки строительства – 2009–2013 гг.

Исходя из горно-геологических условий, длины, сечения и назначения туннелей и штольни, а так же накопленного опыта строительства в данном регионе, выбраны следующие **основные технологии производства работ**.

Проходка обоих туннелей производится горным способом, методом нижнего уступа, с разработкой грунта: с $f < 6,0$ проходческими комбайнами (ПК), в более крепких грунтах предусмотрено использование буровзрывных работ (БВР). Метод БВР – контурное

взрывание заходками по 3,0–3,5 м на полное сечение или с защитным слоем с дальнейшей доработкой ПК до проектного контура выработки.

Применение проходческих комбайнов нового поколения, в том числе корпорации «Sandvik Corp.» (ALPINE MINER AM-75, ALPINE TUNNEL MINER ATM-105, SANDVIK M520), позволило на начальном этапе строительства достигнуть высоких скоростей проходки.

Врезка под экраном из труб и проходка калотты в грунтах $f < 6,0$ осуществляется в автодорожном туннеле при помощи ПК ATM-105 и Sandvik MT520, железнодорожном – ПК AM-75, ATM-105 заходками по 1–3 м в зависимости от устойчивости забоя.

С южного портала автодорожного тоннеля велась разработка грунта нижнего уступа проходческими комбайнами и БВР с доработкой подземным экскаватором «Liebherr», оборудованным гидромолотом (рис. 2).

В грунтах с коэффициентом крепости более 7 наилучшие показатели проходки тоннелей и вспомогательных выработок первого тоннельного комплекса получены при использовании буровзрывного способа (БВС). Используются технологии контурного взрывания заходками по 3,0–3,5 м на полное сечение или с защитным слоем с дальнейшей доработкой проходческим комбайном до проектного контура выработки.

Проанализировав накопленный опыт, возможности современной техники и инновационных технологий, специалисты ЗАО «УС «ЮГСК» пришли к выводу, что проходческий цикл можно существенно сократить до 11–12 ч без снижения качества и безопасности работ. Определили участки, где геология позволяла вести проходку с наивысшими скоростями.

Составили новую циклограмму, предусматривающую выполнение двух циклов в сутки по 3–3,5 м, в которой оптимизировали затраты времени на основные операции проходческого цикла.

Максимальных скоростей при **бурении шпуров** удалось достигнуть, используя буровые установки нового поколения фирмы «Atlas Copco» Boomer E3C и Rocket Boomer E3C18 на пневмоходу, имеющие три манипулятора с автоподатчиками и гидравлическими буровыми головками.

Машина оснащена бортовым компьютером, при этом паспорт БВР выводится на монитор и процесс бурения полностью роботизирован, это позволяет одному-двум квалифицированным бурильщикам выполнять весь комплекс работ быстро и с высоким качеством.

Технологическая схема бурения шпуров по забой калотты показана на рис. 3. В грунтах с коэффициентом крепости $f=6-8$ на забой автодорожного тоннеля бурили 170 шпуров, 30 оконтуривающих шпуров незаряжаемых. Шпур: $l_k = 3,3$ м, диаметром 43–46 мм, коронка штыревая типа КШН.

Разработка грунта проводилась с использованием современных технологий контурного взрывания: безвзрывного оконтуривания, с частью незаряжаемых контурных шпуров и контурного взрывания с защитным слоем, который дорабатывается позже проходческим комбайном.

Для взрывания шпуровых зарядов использовали инновационные технологии неэлектрической системы инициирования (НСИ) российского производства («Коршун», «Эделин»). При монтаже взрывной сети кроме волноводов системы «Коршун» применяются детонирующий шнур и элементы электровзрывания: ЭД, провода и взрывная машинка (рис. 4). В качестве ВВ по проекту предусмотрен Аммонит № 6 ЖВ.

Система обладает повышенной безопасностью и обеспечивает безотказное взрывание в сложнейших горно-геологических условиях.



Рис. 2. Доработка уступа подземным экскаватором

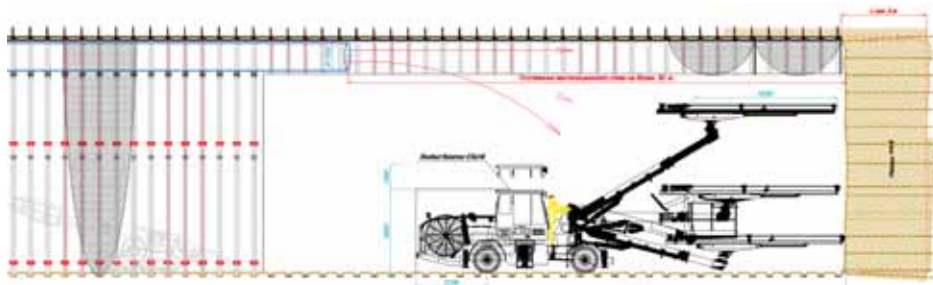


Рис. 3. Технологическая схема бурения шпуров по забой калотты



Рис. 4. Монтаж взрывной сети неэлектрической системы инициирования

До начала заряжания проверяли безопасность забоя, надежность и соответствие крепления выработки проекту, отгоняли машины и оборудование на безопасное расстояние (75 м), отключали электроэнергию всех призабойных механизмов, замеряли блуждающие токи с записью в журнал-путевку, выводили всех не занятых в зарядании людей на расстояние свыше 150 м, выставляли посты охраны, проверяли готовность вентиляции.

Забой заряжали 4–6 взрывников с площадок и передвижных люлек буровой установки.

После взрывания и проветривания забоя приступали к уборке взорванной грунтовой массы.

Для уменьшения затрат времени на **погрузку и вывозку грунта** была разработана непрерывно-челночная схема движения транспорта, позволяющая быстро освободить забой. Погрузка разработанно-

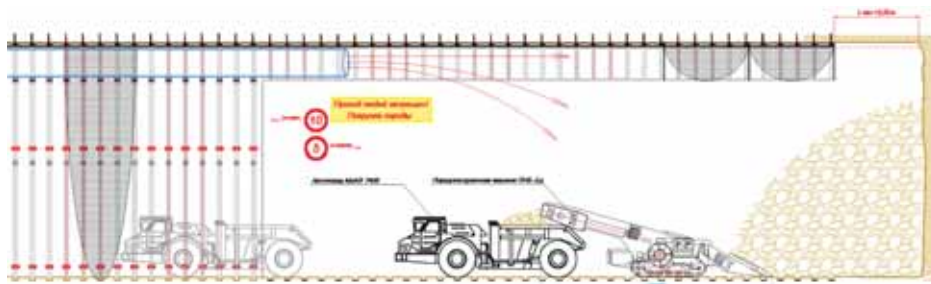


Рис. 5. Погрузка и транспортировка разработанного грунта



Рис. 6. Самоходная металлическая опалубка «BAYSTAG»

го грунта и зачистка подошвы производилась породо-доставочными машинами (ПДМ) Sandvik LH410 и Toro 301, а также машиной непрерывного действия ПНБ-3Д в автопоезд МоАЗ 7405 с дальнейшей транспортировкой в зону перегруза или в отвал на поверхности (рис. 5).

Проходческие работы на участке № 3 вели с аккумуляцией разработанной породы на призабойном участке. От забоя до перегрузочного пункта (150–250 м) взорванный грунт вывозили двумя автосамосвалами (плюс один резервный), добываясь быстрого освобождения забоя для продолжения производства буровых работ.

На перегрузочном узле грунт накапливали, а затем транспортировали на поверхность с помощью пневмоколесного транспорта. При такой схеме на уборку породы из забоя затрачивали 4 ч, но были смены, когда она выполнялась за 3 ч. В процессе погрузки и транспортировки грунта участвовали четыре человека: машинист, помощник ПДК и два машиниста МоАЗ.

Для скоростной проходки привлекали специалистов-бурильщиков, взрывников и машинистов МоАЗов. Их вызывали к месту работ до начала соответствующей операции проходческого цикла.

Сооружение тоннеля производилось под защитой **временной крепи**, которая устанавливается с оставанием от забоя не более чем на одну заходку по технологии Новоавстрийского тоннельного метода (NATM): по-

датливой крепи из набрызг-бетона, арматурных арок и анкеров с проведением постоянного маркшейдерского контроля деформации обделки.

Для маркшейдерского обеспечения и контроля процессов проходки тоннелей (проходческие работы, вынос проектных данных в натуре, контроль профиля и др.), наряду с традиционным геодезическим оборудованием, используется современная технология, разработанная швейцарскими фирмами «Leica Geosystems» и «Amberg Meastechnik».

Перед монтажом арматурных арок производится бурение шпуров по боковой части забоя под установку сталеполлимерных монтажных анкеров ($L = 1,5$ м). В зависимости от инженерно-геологических условий, машиной для монтажа арочной крепи Utilift 2000 BAGNIP с шагом 0,75–1,0 – 1,5 м устанавливаются арки, сетка и выполняется в два этапа нанесение набрызг-бетона по стенам и своду установкой Робошот МК-3 (или Нормет Спраймек 7110). В случае появления критических деформаций элементы крепи усиливаются нанесением дополнительных слоев набрызг-бетона и анкерной крепью. При пересечении ослабленных зон усиление производилось самозабуривающимися анкерами MAI SDA R38 и анкерными болтами Swellex Premium-Line фирмы «Atlas Copco». Длина анкеров в грунтах $f=2-4 - 8$ м, а в грунтах $f=6 - 4-6$ м.

Бетонная смесь для нанесения набрызг-

бетона и бетона покрытия проезжей части доставлялась автобетоносмесителями Transmix 3000 либо СБ-92, оборудованными нейтрализаторами выхлопных газов.

По проекту в транспортных тоннелях предусмотрена подковообразная обделка с обратным сводом из монолитного железобетона с промежуточной пленочной гидроизоляцией по набрызг-бетону. Бетонирование обделки будет осуществляться на полный профиль с помощью цельносекционных опалубок. Для механизации возведения постоянной обделки однопутного железнодорожного тоннеля используются две цельносекционные опалубки типа «Saga Cogio», в автодорожном тоннеле бетонирование обделки будет вестись заходками по 12 м двумя самоходными металлическими опалубками «BAYSTAG» (рис. 6) с функцией трансформации для участков уширения аварийных остановок транспорта.

Для изготовления растворов и бетонной смеси на стройплощадках южного и северного порталов смонтированы современные бетонные заводы «ARRMOW» (Бельгия) производительностью 100 м³/ч.

Использование новейших достижений российского и мирового опыта, современных технических и технологических возможностей отрасли позволило при строительстве горным способом транспортных тоннелей на олимпийской трассе в 2010 г. достигнуть максимальных скоростей проходки до 200 м/мес.

Заключение

При скоростной проходке тоннелей крепнет трудовая и производственная дисциплина, существенно уменьшается себестоимость строительства за счет снижения затрат на обслуживающие процессы машин и механизмов.

При значительном удалении забоя от портала разработанный грунт при отгрузке из забоя целесообразно аккумулировать на пункте перегруза с дальнейшей выдачей его на поверхность без изменения времени цикла проходки.

Сокращение времени транспортировки грунта достигнуто внедрением непрерывно-челночной схемы движения транспорта, позволяющей быстро освобождать забой от грунта для ведения буровых работ и устройства временной крепи.

Отмечено, что более высокие скорости проходки достигаются в устойчивых грунтах с использованием временного крепления выработки по технологии NATM.

Опыт скоростной проходки показал надежность в работе благодаря используемой на олимпийских тоннелях современной техники и инновационных технологий.

Важные факторы достижения высоких показателей – это четкая организация всего производственного процесса, материально-техническое обеспечение, квалификация ИТР и проходчиков, создание нормальных социально-бытовых условий и психологического климата в коллективе.



КОПЕЙСКИЙ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ
ЗАВОД



НАДЁЖНЫЙ ПОСТАВЩИК ГОРНОШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ



TUV Rheinland InterCert



ПРОИЗВОДИТ И РЕАЛИЗУЕТ:

- проходческие комбайны: 1ГПКС, КП21, КП200, КП200Т;
- машины погрузочные: 1ПНБ2, 1ПНБ2У, 2ПНБ2, 2ПНБ2У, 2ПНБ2-12, МПН, МПКЗ;
- машины буропогрузочные: 1ПНБ2Б, 2ПНБ2Б, МПНБ;
- бункер-дозатор самозаходный БДС18;
- ленточные перегружатели колесного и мостового типа;
- резцы для горных машин: РС1-12, РС2-16, РКС-1, РКС-2, ТП38.

ОАО "Копейский
машиностроительный завод"
456600, Челябинская обл.,
г. Копейск, ул. Ленина, д. 24
E-mail: kmzi@kopemash.ru
www.kopemash.ru



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОБЛЕМ г. ТБИЛИСИ

Г. П. Бокучава, Мосметрострой

Т. К. Чурадзе, Б. П. Цулукидзе, К. А. Мchedlishvili, М. И. Цоцолашвили, Грузинский технический университет, Ассоциация дорог, мостов и тоннелей Грузии

Тбилисский метрополитен

Одним из наиболее эффективных путей решения транспортных проблем г. Тбилиси является комплексное освоение подземного пространства, которое предусматривает, в первую очередь, развитие транспортной сети.

Этой проблеме в г. Тбилиси всегда уделялось большое внимание.

Во второй половине XIX в. на Тифлиских улицах появляются дилижансы, а с 1883 г. – конка, соединяющая железнодорожный вокзал с площадью Воронцова (ныне Саарбрюккена), эксплуатируемая бельгийским анонимным обществом. В период с 1891 по 1904 г. в Тифлисе часть конных железных дорог была переведена на электрическую тягу. К 1904 г. электрические трамвайные поезда курсировали на узкоколейных путях в 15-ти направлениях. После сооружения в 1927 г. гидроэлектростанции ЗАГЭС тбилисский трамвай получил надежную электрическую базу. Взамен устаревших вагонов «Гелиос» и «Сименс – Шукерт», начиная с 1926 г. вводятся в эксплуатацию вагоны Мытищинского завода.

Градостроительство Тбилиси с самого начала велось по обоим берегам р. Куры и характеризовалось некоторыми особенностями.

Своеобразие развития города заключается в чрезмерной вытянутости в одном направлении – вдоль реки более чем на 35 км. Ширина же измерялась лишь несколькими километрами. Река Кура делит город на две части. В свою очередь, левобережная часть разделена двухпутной железной дорогой, а также путевым развитием железнодорожных станций Тбилиси и Навтлуги. Таким образом, территория города может быть представлена как бы состоящей из трех изолированных друг от друга узких полос, сообщение между которыми существенно осложнено из-за отсутствия достаточного количества соединяющих их транспортных сооружений. К тому же город расположен на территории со сложным топографическим рельефом. Поперечные связи некоторых районов затруднены из-за глубоких ущелий реки Куры и наличием высоких холмов (например, глубокое ущелье реки Вере и горы Икалто, Бахтриони, Саирме и др.)

Из-за быстрого роста населения на улицах увеличивались потоки машин и пешеходов. Общественный транспорт стал работать на пределе своих возможностей, особенно в часы пик.



Рис. 1. Схема Тбилисского метрополитена

Избыток городского транспорта вызвал необходимость ликвидировать троллейбусные и трамвайные линии и начать строительство метрополитена.

В 1940 г. на площадях Ленина (Свободы), Вокзальной и 26 Комисаров (Авлабар) начались подготовительные работы по прокладке метро. Но это хорошее начинание не получило своего развития из-за начала Великой Отечественной войны.

25 августа 1951 г. в Москве на заседании правительства было принято постановление о создании Тбилтоннельстроя. На сооружение Тбилисского метрополитена было выделено 823,7 млн руб. Начальником строительства был назначен Г. Насидзе, заместителем – В. Гоциридзе.

Однако 7 сентября 1953 г. Союзное правительство решило ликвидировать Тбилтоннельстрой и законсервировать начавшиеся строительные работы в городах Киеве и Баку.

Несмотря на это, решением республиканских властей объекты метрополитена в г. Тбилиси были переведены в режим консервации. В начале 1960 г. Москва официально дала добро на продолжение его строительства.

В январе 1966 г. в г. Тбилиси вступил в строй безопасный, удобный и скоростной вид транспорта – метрополитен – первый в Закавказье и четвертый в СССР. На станции первой очереди «Самгори» впервые в

Союзе был пущен в эксплуатацию движущийся тротуар.

В настоящее время в Тбилиси действуют две линии (рис. 1), законсервирована третья: «Руставели-2» – «Вазисубани».

В будущем трасса Тбилисского метрополитена должна удовлетворять особенностям рельефа города и его застройке.

Ввиду того, что город вытянут в длину целесообразным является продольное развитие трассы с пересечением правой и левой набережной и поперечными связями на окраинах.

Тбилисский метрополитен – в основном глубокого заложения. Первые станции – трехсводчатые пилонного и колонного типа. Их возведение вызывает определенные трудности. Последовательная проходка параллельных, близко расположенных тоннелей, отрицательно сказывается на напряженном состоянии обделки. Весьма целесообразной является односводчатая конструкция. Основные её достоинства – меньшая, чем при иных схемах, общая ширина станции. Поэтому односводчатые станции получили значительное распространение в мировой практике метростроения. Например, станции Парижского метрополитена, преимущественно односводчатого сечения, сооружены в самых различных геологических и гидрогеологических условиях и при самой различной глубине заложения. О

преимуществах свидетельствует и опыт их применения в странах СНГ.

Первая односводчатая станция в г. Тбилиси была запроектирована в 1969 г. Однако, несмотря на активную поддержку этого варианта со стороны ЦНИИСа (Москва), он не получил предпочтения со стороны экспертов проекта. Первая односводчатая станция г. Тбилиси «Политехническая» (рис. 2) сооружена лишь в 1979 г. В дальнейшем были возведены еще несколько подобных станций, строительство и эксплуатация которых доказывают целесообразность их сооружения в тбилисских условиях, т. к. трудоемкость значительно ниже, а сроки работ меньше по сравнению с другими типами станций глубокого заложения. Кроме того, они дешевле, просторнее и более удобны в эксплуатации.

При возведении односводчатых станции сотрудниками кафедры тоннелей и метрополитенов Грузинского политехнического института изучался вопрос влияния технологии проходки тоннеля на формирование горного давления. Успешное строительство станций – результаты вышеупомянутых исследований, а также исследований, проведенных в ЛИИЖТе на моделях из эквивалентных материалов, которые наглядно показали возможность и целесообразность их сооружения в г. Тбилиси. Таким образом, эти станции получили «зеленый свет». В настоящее время эксплуатируются шесть односводчатых станций, из которых пять – глубокого заложения. В стадии завершения находится еще одна. Следует отметить, что в проекте новой линии все пять станций предложены односводчатыми.

Проведенные исследования показали, что эксплуатируемые односводчатые конструкции Тбилисского метрополитена (см. рис. 2) находятся в сложном напряженном состоянии, что вызвано наличием стен. На рис. 3 приведена новая конструкция станции глубокого заложения с различной высотой свода, опирающегося непосредственно на грунт.

В случае опирания пологого свода на породу его напряженное состояние выгодно отличается от существующих конструкций. Например, в породах с коэффициентом крепости грунта по Протодяконову $f=3$ в своде с высотой сечения в замке 80 см, изгибающие моменты настолько малы, что максимальные значения эксцентриситета нормальной силы не превышают 12–14 см. То есть свод даже в самых напряженных сечениях работает на внецентрированное сжатие, с малыми эксцентриситетами. В своде с пролетом до 25 м ни в одном сечении не возникают растягивающие напряжения. Бетон работает только на сжатие и свод во всех сечениях удовлетворяет требованиям по несущей способности. Наряду с этим становится возможным использовать боковые части подсводного пространства для служебных целей.

Следует обратить внимание на некоторую особенность эксплуатации подземных

конструкций Тбилисского метрополитена, которая должна быть учтена при проектировании перспективных линий. Анализ условий воздействия окружающей среды на тоннельные конструкции и статистика выявленных дефектов и разрушений при коррозии их материала указывают на недооценку коррозионных факторов в процессе проектирования и строительства и доказывают эффективность разработки мероприятий по защите тоннельных обделок уже в эти периоды.

Второй особенностью Тбилисского метрополитена является применение плоских лотков взамен круговых. Дело в том, что сотрудниками кафедры тоннелей и метрополитенов Грузинского политехнического института (ГПИ) было высказано предложение, что в условиях Тбилисского метрополитена гидростатическое давление будет наблюдаться не по всей поверхности обделки,

а только на ее части, определяемой зоной трещиноватости. Такая схема справедлива в том случае, если на остальной части конструкции существует сцепление между породой и обделкой.

В целях выяснения правомерности нового предложения, отделением «Метро и тоннели» Кавгипротранса и кафедрой тоннелей и метрополитенов ГПИ проведены исследования в скальных выработках Тбилисского метрополитена.

Было установлено, что величина гидростатического давления по трещинам на уровне головки рельса метрополитена для различных участков трассы колеблется от 0,4 до 1 атм. Тщательное обследование поверхности опытных выработок показало, что площадь трещин не превышает 3–4 % площади выработки. Величина сцепления между монолитным бетоном марки 300 и скальной породой превышала 1 кг/см².

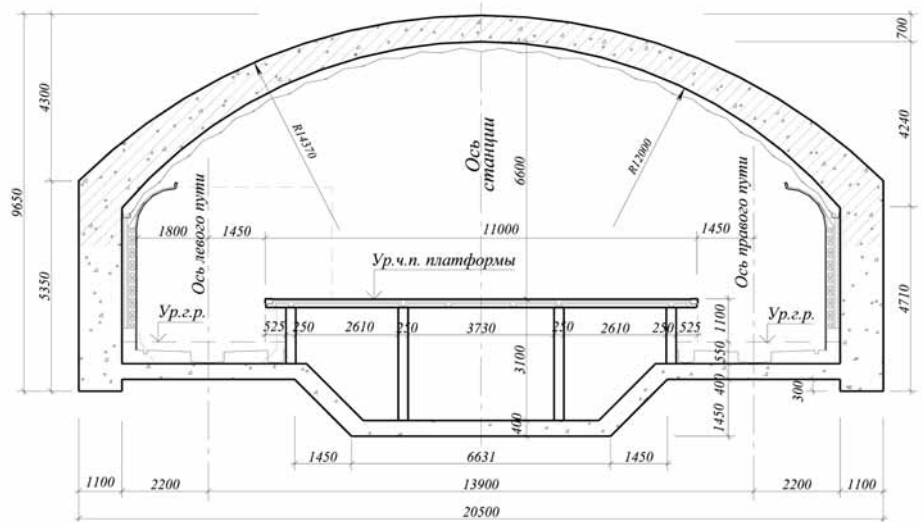


Рис. 2. Станция «Политехническая»

Рис. 3. Обделка станции метрополитена с опертым на породу сводом

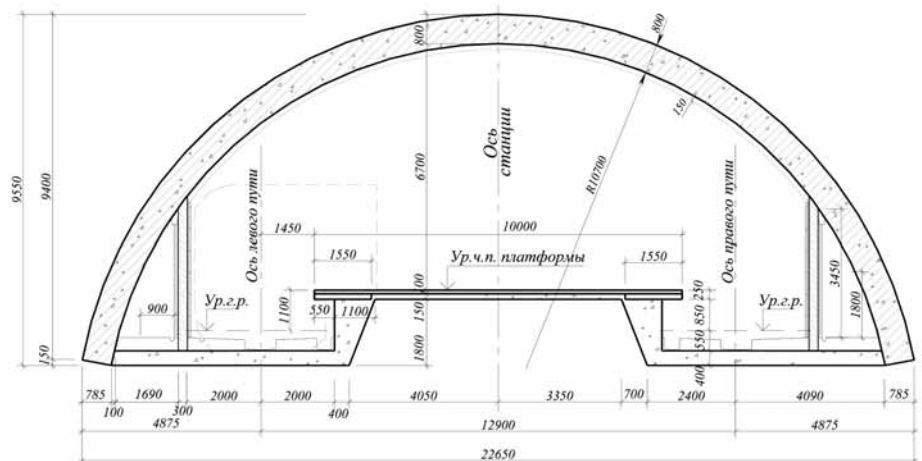




Рис. 4. Станция «Важа-Пшавела»

Рис. 5. Схема обходной железнодорожной линии г. Тбилиси



Результаты исследований позволили запроектировать и внедрить на участке правого перегонного тоннеля между станциями «Площадь Руставели» и «Площадь Ленина» («Площадь Свободы») обделку из монолитного бетона кругового очертания с плоским лотком толщиной 20 см. Кроме того, плоские лотки вместо круговых сводов были применены в среднем станционном тоннеле ст. «Площадь Руставели» и наклонном ходе ст. «Вокзальная». Обделка с плоским лотком возведена и эксплуатируется уже около 45 лет без каких-либо признаков деформаций, что свидетельствует о правильности принятых расчетных предпосылок в отношении гидростатического давления.

Использование плоских лотков взамен круговых обратных сводов позволяет значительно упростить производство, снизить трудозатраты и уменьшить объемы строительных работ.

В Тбилисском метрополитене имеют место отдельные случаи комплексного освое-

ния подземного пространства. Это в основном подземные вестибюли иногда с разветвленными подземными переходами, где отведены места для торговых киосков и продажи газет.

При прокладке последующих очередей Тбилисского метрополитена следует учесть опыт крупных городов России, Европы, Америки и Японии, в которых реализованы крупномасштабные проекты комплексного использования подземного пространства в системе метрополитенов.

Несмотря на экономическую эффективность и ряд очевидных преимуществ, освоение подземного пространства г. Тбилиси, в том числе и строительство метрополитена, за последнее время резко сократилось. Вторая линия Тбилисского метрополитена вступила в строй в 1979 г. и только спустя 21 год завершилось сооружение предпоследней запланированной на данной линии ст. «Важа-Пшавела» (рис. 4). Пуск последней станции на Сабурталинской линии – «Университет» – задерживается на неопределенное время. Срок сдачи в эксплуатацию остальных строящихся линий вообще не установлен. В общем, вопросу освоения подземного пространства города, несмотря на благоприятный для этих целей рельеф, не уделяется должного внимания.

Однако пренебрегать таким положением уже нельзя, даже с учетом того, что экономика Грузии не позволяет обеспечить финансирование подземного строительства объектов различного назначения. В этих целях, следуя зарубежному опыту, возможно привлечение частного капитала, например, на основе коммерческой схемы ВООТ (английская аббревиатура «строю – владею – эксплуатирую – возвращаю»). Только в этом случае можно рассчитывать, что к концу XXI века транспортная проблема города будет решена.

Тоннельное строительство на железнодорожном обходе г. Тбилиси

Проект предусматривает обход центральной части города существующей железнодорожной линией между станциями Дидубе и Навтлуги длиной порядка 30 км (рис. 5).

На её трассе предусмотрено сооружение пяти тоннелей общей протяженностью 3520 м.

В результате прокладки обходной линии для развития города будет высвобождено 83,4 га земли, из них 73,2 га предусматривается использовать для урбанизации города.

Инженерно-геологические условия строительства

Тбилиси и его окрестности в геологическом отношении сложены скальными осадочными, флишевыми и вулканогенными породами палеогенового и неогенного возраста (около 70 млн лет). На значительной площади эти коренные породы перекрыты мощными рыхлыми отложениями четвертичного возраста (около одного млн. лет).

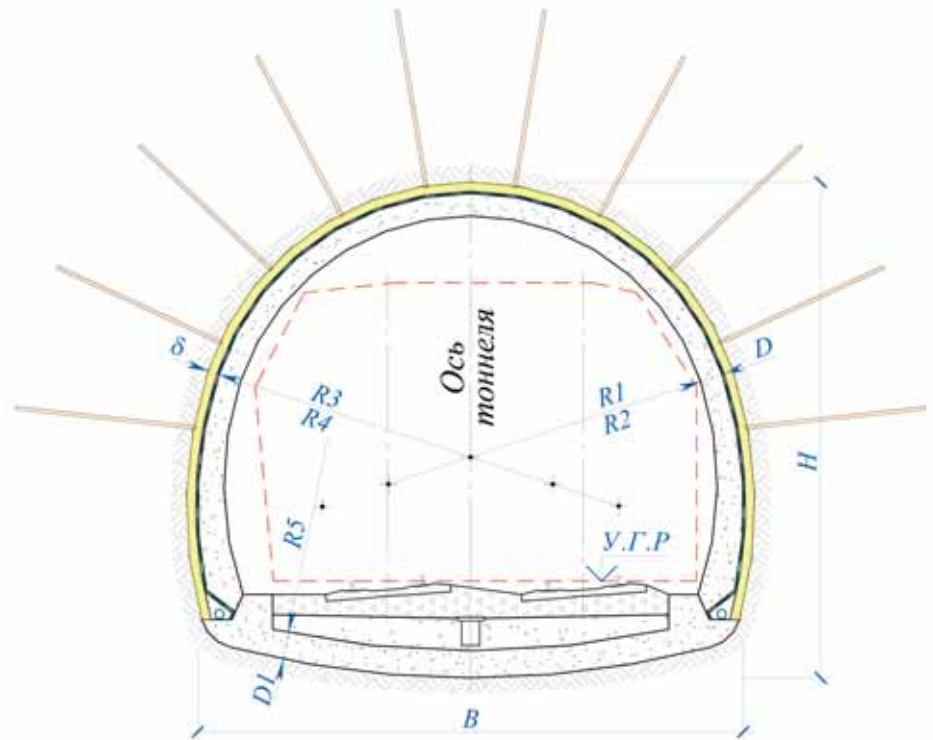


Рис. 6. Типовая конструкция обделки тоннеля

Большая часть трассы железнодорожной линии сложена чередующимися между собой пластами твердых глин, песчаников и аргиллитов верхне и среднеэоценового возраста. Чередование пластов имеет различный характер – от маломощных слоев в равном количестве обеих литологических разновидностей до сплошного развития песчаников и глинистых аргиллитов.

Геологическое строение трассы тоннеля, возраст и генезис пород определяют его сейсмичность. По сейсмическому районированию Грузии район железнодорожного обхода г. Тбилиси принадлежит к восьмибальной зоне.

Гидрогеологические условия тесно связаны с геологическим строением и климатом. Исследуемый район характеризуется огромным количеством выпадающих осадков, играющих одну из основных ролей в процессе накопления подземных вод. Проявление их в большом количестве зафиксировано буровыми скважинами в делювиальных образованиях на разных глубинах.

На протяжении трасс всех тоннелей ожидается приток воды в виде капеза и прерывистых струй по трещинам и тектоническим зонам. На некоторых участках $Q_{заб}$ достигает $15 \text{ м}^3/\text{ч}$.

При интенсивном выпадении атмосферных осадков подземные воды оказывают на породы склона гидростатическое и гидродинамическое давление, а также приводят к уменьшению прочности пород вследствие их переувлажнения.

Вдоль прослоек аргиллитов и песчаников трещины напластования образуют своеобразный канал для интенсивного просачивания атмосферных осадков в глубокие толщи коренных пород.

Ввиду близости к дневной поверхности (максимальная глубина от поверхности земли 100–110 м) горные породы в зоне заложения тоннеля и выше дегазированы и проявление взрывоопасных газов маловероятно.

Гидрогеологическая изученность трассы свидетельствует о том, что рыхлые отложения четвертичного возраста содержат воду поровой циркуляции, а скальные породы более древнего возраста водоносны по трещинам и содержат в верхней части (верхний эоцен) безнапорные холодные воды, а в нижней части (средний эоцен) – напорные, термальные.

Воды рыхлых отложений (делювиальных и аллювиально-пролювиальных) имеют прерывистое распространение и изменчивый дебит. Также изменчив коэффициент фильтрации содержащих их грунтов в виду разного гранулометрического состава. По этой причине воды имеют местами некоторый напор. По многочисленным лабораторным и полевым опытам коэффициент фильтрации колеблется от 40 до 60 см/сут. Питание этих вод происходит за счет атмосферных осадков.

Проектные решения

Строительство тоннелей предусмотрено Новоавстрийским методом. Проходка производится по частям с разбивкой попереч-

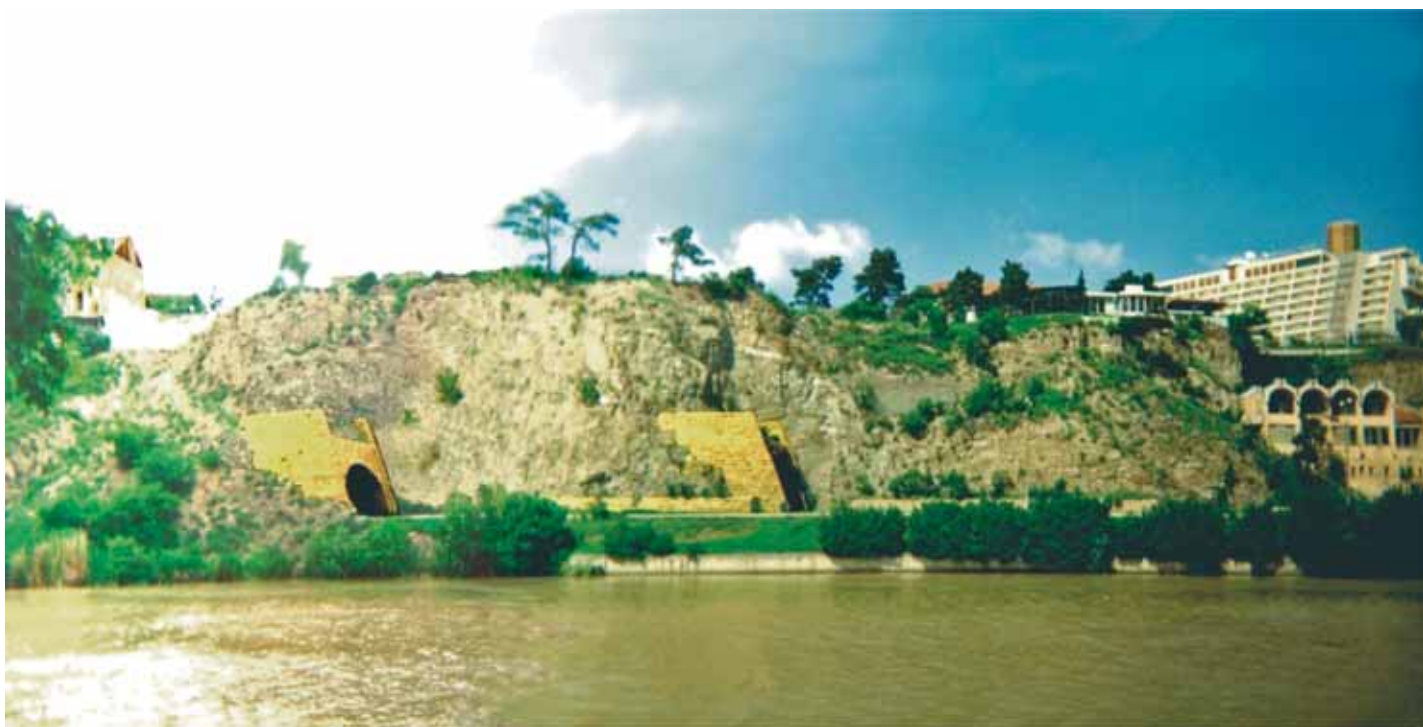


Рис. 7. Метехский автодорожный тоннель

ного сечения на несколько ступеней. Учитывая близость трассы к Тбилисскому национальному парку и Тбилисскому морю, при выборе способа разработки породы преследовалась цель максимально избежать образования технологических трещин.

Учитывая вышесказанное, первая ступень (калоттная) разрабатывается комбайном WIRT-Paurat заходками по 1 м, последующие – буровзрывным способом (метод предварительного щелеобразования). Для погрузки используется породопогрузочная машина ПНБ. Вывоз грунта предусмотрен автосамосвалами МОАЗ-7405-9586 либо погрузочно-доставочными машинами с разгрузкой в большегрузные вагоны, расположенные на уровне лотка тоннеля.

В основном породный массив составляют аргиллиты с прослоями песчаников до 30 %. Поскольку они подвержены быстрому разрушению под воздействием влаги, необходимо скорейшее возведение первичной обделки непосредственно после раскрытия выработки.

В зависимости от инженерно-геологических условий трассы в качестве первичной обделки предусмотрены:

- анкера в сочетании с металлической сеткой и набрызг-бетон толщиной 200 мм, наносимый при помощи установки Sika-PM-500, причем слой толщиной 70 мм наносится непосредственно после отработки очередной заходки. В целях снижения материальных затрат и сокращения времени на возведение крепи предполагается внедрение фибро-набрызг-бетона. От обычного бетона он отличается тем, что в готовую смесь добавляется сечка стальной проволоки диаметром 1 мм и длиной 30–40 мм из расчета 15–20 кг/м³ или нанотрубки. Опыт применения фибро-набрызг-бетона за рубежом свидетель-

ствует о том, что он позволяет отказаться от армокаркасов и арматурной сетки, которая, как известно, используется в технологии обычного торкретирования;

- арочная крепь из двутавра № 20 или армоарок из пространственных каркасов с расчетным сочетанием арматуры с нанесением набрызг-бетона.

Кроме того в неустойчивых породах предусмотрено применение анкеров типа Swellex длиной 5–7 м.

Численный анализ напряженно-деформированного состояния системы первичная «крепь-массив» с учетом технологии сооружения тоннеля с применением программы «Plaxis 3D Tunnel» позволил установить вертикальные смещения и распределение главных напряжений по оси шельги свода незакрепленной выработки, а также напряжения по оси шельги свода первичной крепи на длине 30 м. В результате этих расчетов была установлена также допустимая величина незакрепленного участка.

Проектом предусмотрена обязательная обработка параметров первичной обделки на опытном участке.

Вторичная обделка тоннеля – замкнутая конструкция из монолитного железобетона (рис. 6). В зависимости от меняющихся инженерно-геологических условий приняты несколько типов.

В то время как первичной тоннельной обделке уделяется очень большое внимание при проектировании, включая целый ряд существующих моделей для расчета, вторичная обделка зачастую планируется по предельно упрощенной схеме. Нами разработана новая цифровая модель для её расчета, которая основана на оценке двух параметров – деформации и прочности. Модель учитывает постепенную деграда-

цию и деформацию первичной обделки на сдвиг и на растяжение. Модель была использована при проектировании вторичной обделки тоннеля.


Между первичной и вторичной обделками предусмотрен гидроизоляционный и пленочный слой из геосинтетиков. В качестве материала выбрана геомембрана.

Тоннель будет оснащен системой АСУТП.

Метехский городской автодорожный тоннель

В г. Тбилиси в Метехском горном массиве сооружены два тоннеля длиной около 2 км каждый с односторонним движением (рис. 7).

Назначение их – продолжение левобережной набережной от пл. Европы до Ортачала, разгрузка проспекта Кетеван-Мученицы (бывшая Шаумяна) и создание условий для безопасного и удобного движения транспорта. Входные участки тоннеля длиной порядка 100 м (со стороны пл. Европы, так называемой Рике) пройдены открытым способом с применением железобетонных конструкций. Тоннель рассчитан для дорог I категории (в перспективе 750 автомобилей в час). Обделка основных участков выполнена из монолитного бетона. Портальные участки длиной порядка 20 м сооружены из монолитного железобетона. Следует отметить, что после строительства этого тоннеля по левосторонней набережной реки Куры предусматривалось сквозное непрерывное движение до конца города в юго-восточном направлении. Однако, к сожалению, этот замысел не был осуществлен.

Ассоциация дорог, мостов и тоннелей Грузии придает большое значение комплексному освоению подземного пространства крупных городов и считает целесообразным разработать эту концепцию для Грузии. 

CONDAT STAB

укрепление грунтов и водонепроницаемость

CONDAT

LUBRIFIANTS

Компания **CONDAT**, имеющая 15-летний опыт в области тоннелестроения и работ, связанных с укреплением грунтов, всегда играла активную роль в разработке специализированных продуктов для этой отрасли. Компанией разработан полный спектр продукции, соответствующей различным типам грунтов и применяемого оборудования, а также отвечающей требованиям экологии и безопасности.

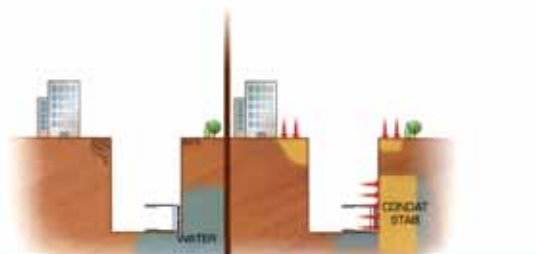
Продукция **CONDAT Stab** была разработана для решения задач укрепления грунта и водонепроницаемости при строительстве подземных сооружений и других видов подземных работ.

Компания **CONDAT** предлагает ускорители схватывания для растворов на силикатной основе, используемых для укрепления грунта путем нагнетания. Благодаря их высокой проникающей способности можно достичь максимального заполнения пустот и трещин в грунте, а следовательно, и максимальной водонепроницаемости. Нагнетание раствора в проницаемый грунт позволяет:

- повысить его механическую прочность;
- уменьшить проницаемость.

Области применения CONDAT Stab

Укрепление стен стартовых котлованов при запуске тоннелепроходческих комплексов



Ремонт существующих подземных коммуникаций в случае их повреждения



Ремонт и укрепление фундаментов



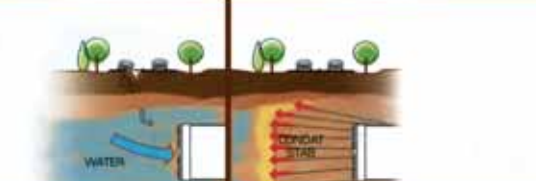
Водонепроницаемость и герметизация подземных сооружений



Укрепление насыпей



Работа тоннелепроходческого комплекса в предельно тяжелых условиях



Официальный представитель фирмы Condat Lubrifiants в России

ООО «ТА Инжиниринг Инт.»

107078, Москва, ул. Новорязанская, 16, оф. 20

тел.: (495) 724-7481

факс: (499) 265-7951

ПРИМЕНЕНИЕ ЧАСТОТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМАХ МЕТРОПОЛИТЕНОВ

Э. М. Жданов, руководитель службы электротехнического обеспечения проектов и производства ЗАО «Лада-Флект», г. Тольятти

На совещании руководителей и специалистов служб электроснабжения метрополитенов, проектных организаций и ряда промышленных предприятий, проходившем под эгидой Международной Ассоциации «Метро» 16 и 17 июня 2010 г. в г. Запорожье, многие темы обсуждения касались вопросов Федерального закона РФ от 23.11.2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и повышения надежности работы систем электроснабжения метрополитена в целом. При этом отмечалось, что в качестве одной из мер рассматривается применение на метрополитенах частотно-регулируемых приводов (ЧРП).

Настоящая статья подготовлена по предложению участников совещания и ставит своей целью помочь метрополитенам избежать ряда ошибок при внедрении ЧРП для управления технологическим оборудованием, в первую очередь, электродвигателями.

В современных инженерных системах подавляющее число применяемых электродвигателей – это асинхронные с короткозамкнутым ротором. Они просты, надежны и долговечны в силу отсутствия трущихся частей щеточно-коллекторного узла. Далее речь пойдет о трехфазных асинхронных электродвигателях. Конструктивно асинхронный электродвигатель имеет статор и ротор. В статоре находятся три одинаковых обмотки, расположенных в пространстве под углом 120 градусов относительно друг друга для создания кругового вращающегося магнитного поля. Эти обмотки должны питаться токами, сдвинутыми по фазе на 120 электрических градусов. Ротор – это «беличья клетка», представляющая в плоскостях несколько рамок, где наводится статором электрический ток. Скорость вращения ротора w всегда отстает от скорости вращения поля статора w_0 и характеризуется коэффициентом скольжения S :

$$S = \frac{w_0 - w}{w_0}$$

В промышленных двигателях $S \approx 2-3\%$. Зависимость момента, развиваемого асинхронным электродвигателем, от коэффициента скольжения представлена на рис. 1, где $S_{крит.}$ – критический коэффициент скольжения определяет наибольший момент и пропорционален сопротивлению ротора $R_{рот.}$; $M_{крит.}$ – максимальный момент, который может развить двигатель, он пропорционален магнитному потоку U^2/Φ . Здесь следует отметить, что при пуске звезда-треугольник критический момент больше в треугольнике, так как к обмотке приложено большее напряжение $M \equiv U^2/\Phi$.

На рис. 2 красным цветом изображена кривая тока. Отсюда видно, что в момент пуска прямым способом при остановленном асинхронном электродвигателе протекает так называемый ток короткого замыкания, который составляет $I_{кз} = (7...10)I_{ном.}$ Этот пусковой ток вызывает резкий нагрев обмоток электродвигателя, что, в свою очередь, вылилось в параметр асинхронного электродвигателя как режим работы согласно ГОСТ 183-74, который на шильдике обозначается от S1 до S8 и регламентирует продолжительность работы и остывания. Заводами изготовителями эти проме-

жутки времени могут быть изменены с обязательным указанием в паспорте изделия. Так же на это указывает ПТЭЭП п. 2.5.12. Электродвигатели с короткозамкнутыми роторами разрешается пускать из холодного состояния два раза подряд, из горячего – один раз, если заводской инструкцией не допускается большего количества пусков. Последующие пуски возможны после охлаждения электродвигателя в течение времени, определяемого заводской инструкцией для данного типа электродвигателя. Повторные его включения, в случае отключения их основными защитами, разрешаются после обследования и проведения контрольных измерений сопротивления изоляции.

Для электродвигателей ответственных механизмов, не имеющих резерва, одно повторное включение после действия основных защит допускается по результатам внешнего осмотра двигателя. Повторное включение электродвигателей в случае действия резервных защит до выяснения причины отключения невозможно.

Следует так же заметить, что круговое магнитное поле w_0 зависит от частоты сети и определяется формулой:

Рис. 1. Зависимость момента, развиваемого асинхронным электродвигателем, от коэффициента скольжения

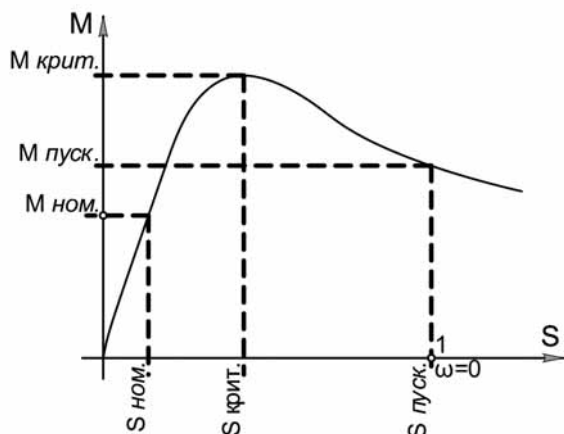
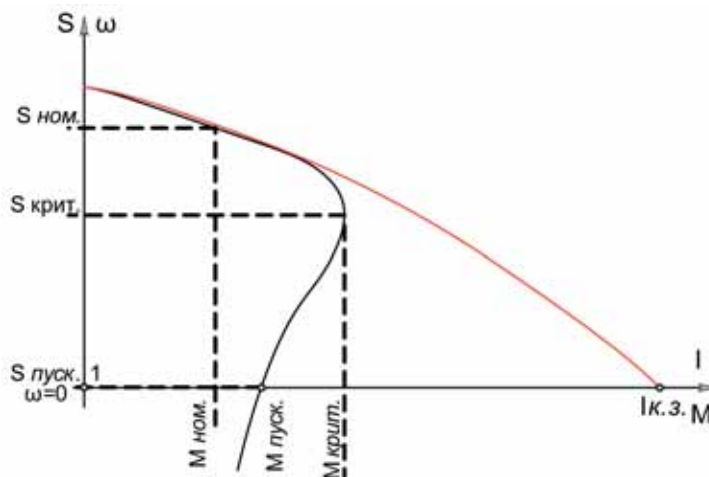


Рис. 2. Кривая тока (выделена красным цветом)



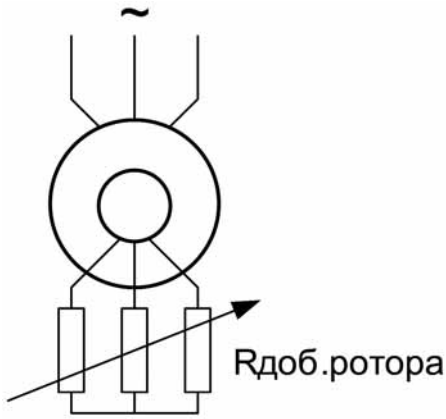


Рис. 3. Упрощенная схема асинхронного электродвигателя с фазным ротором

$$\omega_0 = \frac{2\pi f}{P} \cdot \left[\frac{\text{рад}}{\text{с}} \right]$$

или

$$n_0 = \frac{60 f}{P} \cdot \left[\frac{\text{об}}{\text{мин}} \right],$$

где P – число пар полюсов электродвигателя.

В инженерных системах требуется зачастую воздействовать на скорость асинхронного электродвигателя, например:

- для точного поддержания необходимого расхода и/или давления различных насосов, а также воздуха различных вентиляторных установок;
- для плавного запуска и поддержания заданной стабильной скорости лифтов, транспортеров и эскалаторов;
- для обеспечения скорости обработки технологических установок на производствах.

Исходя из формулы $\omega = \omega_0 (1 - S)$, воздействовать можно на скорость магнитного поля ω_0 либо на коэффициент скольжения S .

Рассмотрим оба варианта.

1. *Реостатное регулирование скорости* (воздействие на коэффициент скольжения ($S_{\text{крит.}} \equiv R_{\text{рот.}}$)), применимо только для асинхронного электродвигателя с фазным ротором и осуществляется с помощью изменения сопротивления в цепи ротора.

Упрощенная схема такого электродвигателя изображена на рис. 3.

Графики зависимости момента при разных сопротивлениях цепи ротора показаны на рис. 4.

Из них наглядно видно, что введение в цепь ротора дополнительного сопротивления позволяет:

- регулировать скорость вращения под нагрузкой;
- увеличивать пусковой момент;
- ограничивать пусковой ток.

Существенным недостатком такого регулирования является выделение тепла на электродвигателе и сопротивлении, которое пропорционально мощности скольжения P_s .

Такие электродвигатели используются в основном на кранах, лифтах и эскалаторах.

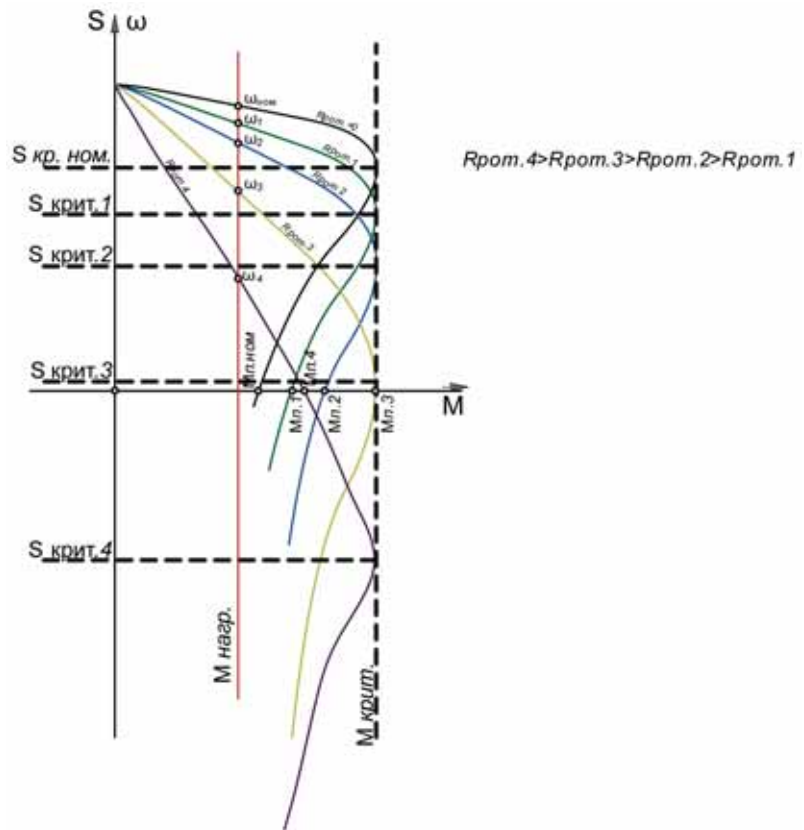


Рис. 4. Графики зависимости момента при разных сопротивлениях цепи ротора

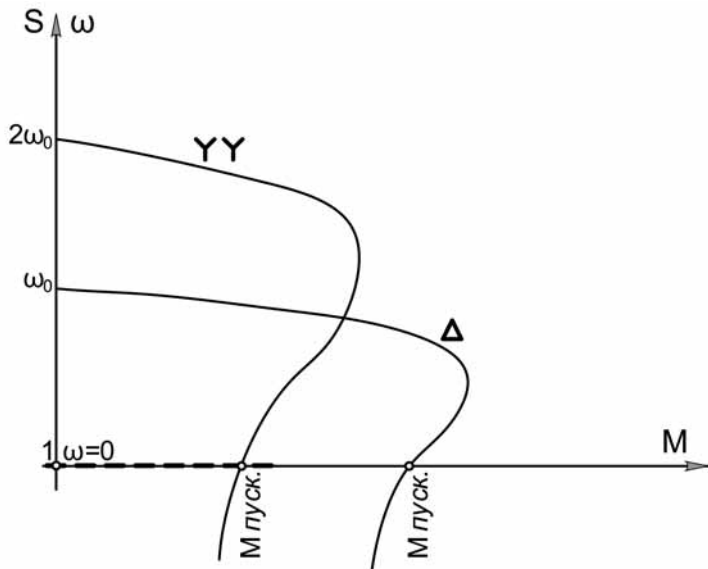
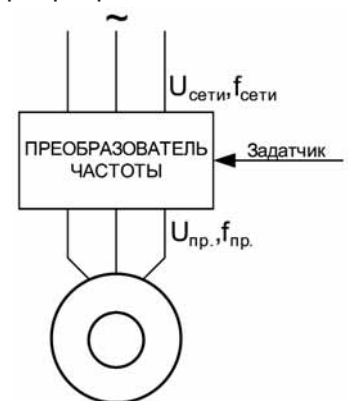


Рис. 5. График частного случая

В метрополитенах эскалаторы имеют довольно большую длину и, как следствие, очень большую мощность электродвигателей при значительном энергопотреблении. Решение вопроса энергосбережения здесь является одной из ключевых задач.

Бытует мнение, что асинхронными электродвигателями возможно управлять путем изменения подаваемого напряжения. При его уменьшении сначала частота вращения практически не изменяется, но при определенном напряжении она резко падает до нуля (полная остановка). Это связано с тем, что для обеспечения момента, согласно вышеуказанным кривым, асинхронный двигатель должен развивать необходимую мощность

Рис. 6. Схема включения асинхронного двигателя через преобразователь



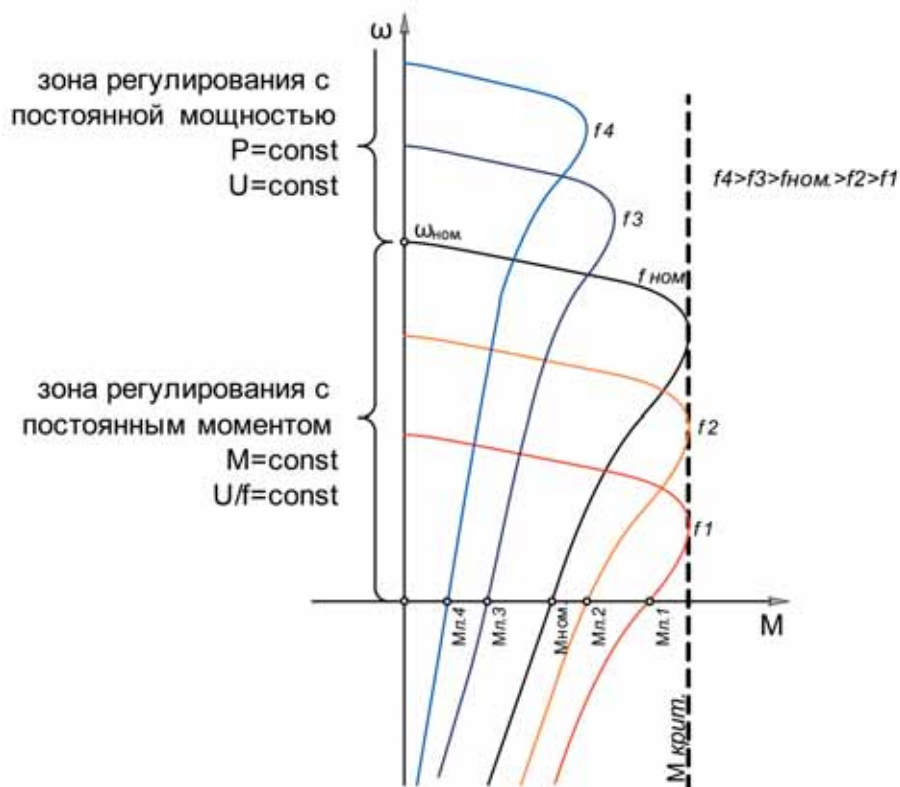


Рис. 7. Графики зависимости момента при различных частотах питающей сети

$P = \sqrt{3}UI \cos \varphi$, т. е. при снижении напряжения будет расти ток, далее будет происходить магнитное насыщение железа и быстрое падение момента при резком возрастании тока. Такое регулирование возможно, если двигатель имеет высокое сопротивление ротора, что применимо в маломощных машинах, имеющих вентиляторную характеристику нагрузки, т. е. снижение момента при уменьшении числа оборотов.

2. Частотное регулирование скорости:

$$\omega_o = \frac{2\pi f}{P} \cdot \left[\frac{pad}{s} \right]$$

или

$$n_o = \frac{60f}{P} \cdot \left[\frac{об}{мин} \right]$$

Из формул видно, что регулировать скорость можно изменением числа пар полюсов, либо путем изменения частоты подводимого напряжения.

Изменение скорости путем изменения числа пар полюсов применимо для асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором, причем его статорные обмотки должны состоять хотя бы из двух катушек, переключение которых с последовательного соединения на параллельное изменяет чис-

ло пар полюсов. Реально переключение идет с треугольника на двойную звезду или со звезды на двойную звезду. График частного случая представлен на рис. 5.

Здесь видно, что есть возможность менять и пусковой момент и скорость. Недостатками этого вида регулирования являются ступенчатое увеличение скорости, т. е. высокие пусковые и коммутационные токи.

Изменение скорости путем изменения частоты подводимого напряжения целесообразно только при наличии её преобразователя, который может быть выполнен на транзисторах, тиристорах или в виде электромеханического преобразователя (синхронного генератора). Схема включения асинхронного двигателя через преобразователь изображена на рис. 6.

Графики зависимости момента при различных частотах питающей сети (рис. 7) свидетельствуют о наилучшем способе регулирования момента и скорости.

Из вышесказанного видно, что применение частотного преобразователя для управления асинхронным двигателем наиболее предпочтительно в силу ряда причин:

- возможности плавного пуска асинхронного двигателя с близким к критическому моментом;
- отсутствия пусковых и коммутационных токов;
- возможности неоднократного пуска-остановки двигателя;
- снижения существенных энергетических потерь на тепло;
- возможности увеличения скорости выше номинальной.

Современные частотные преобразователи структурно состоят из следующих элементов (рис. 8):

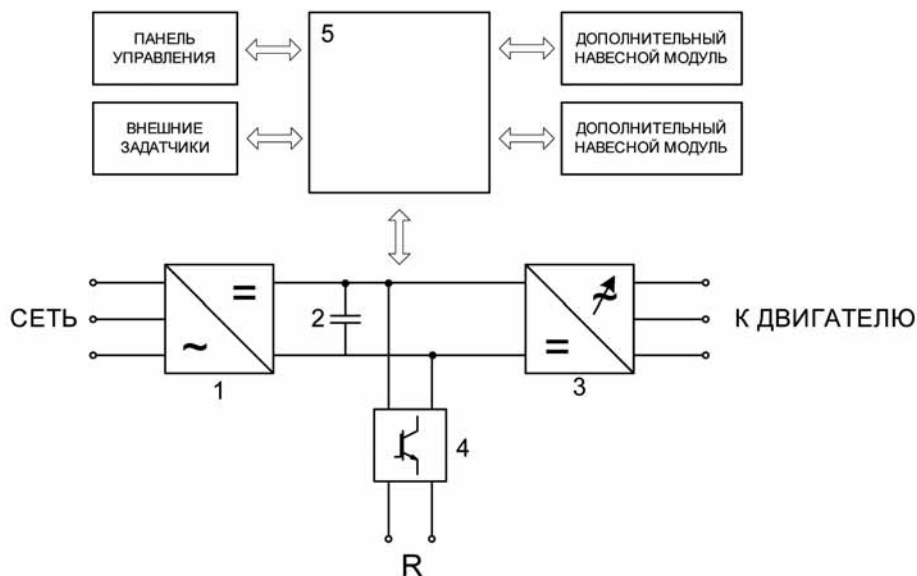
- выпрямителя, который преобразует трехфазное напряжение переменного тока в напряжение постоянного тока;
- блока конденсаторов – стабилизирует напряжение в промежуточной цепи постоянного тока;
- инвертора на биполярных транзисторах – преобразует напряжение постоянного тока в напряжение переменного и обратно. Управление двигателем осуществляется путем коммутации силовых транзисторов;
- тормозного прерывателя. Он необходим для гашения энергии на резисторе в режимах торможения при отсутствии выпрямителя с рекуперацией энергии в сеть (в основном опция);
- узла управления двигателем и ввода/вывода.

Узел выпрямителя может быть выполнен на диодах или транзисторах. Транзисторные выпрямители способны работать в режиме отдачи энергии в сеть, если двигатель находится в генераторном режиме $\omega_o < \omega$ (например, при торможении или свободном выбеге).

В современных частотных преобразователях используется несколько математических подходов к управлению двигателем, например:

- *скалярное управление* – строится на принципе постоянства отношения выходно-

Рис. 8. Элементы современных частотных преобразователей



го напряжения преобразователя к его выходной частоте. То есть при изменении частоты амплитуда напряжения изменяется таким образом, что отношение максимального момента двигателя к текущему моменту нагрузки остается неизменным. Это отношение называется перегрузочной способностью двигателя. Важным достоинством скалярного метода является возможность одновременного управления группой электродвигателей. (Для метрополитенов наибольший эффект может быть достигнут по управлению насосными станциями и местными вентиляциями пассажирских станций);

- *векторное управление* – позволяет существенно повысить точность поддержания выходной частоты, точность регулирования по скорости, а также поддержания момента. Отличительной особенностью векторного регулирования является возможность управлять моментом на валу электродвигателя при его работе на частотах близких к нулю. (Этот метод в настоящее время принят для управления асинхронным приводом вагонов подвижного состава метрополитена и актуален для тоннельной вентиляции);

- *метод прямого управления крутящим моментом* – позволяет точно поддерживать заданную скорость без элементов обратной связи и удерживать ротор двигателя на нулевой скорости. (Это наиболее актуально для управления эскалаторным оборудованием).

Преимущества применения частотного преобразователя заключаются в том, что он обеспечивает:

- стабильные параметры питания электродвигателя при нестабильной питающей сети;
- все технические требования обеспечения качества питающей сети ($\cos\phi \approx 1$, полное отсутствие реактивной составляющей);
- экономию электроэнергии $\approx 15-20\%$ (окупаемый вариант);
- наибольшую долговечность оборудования, т. к. пусковые токи не превышают 10% от номинального тока; при пусках двигатель не разогревается; при эксплуатации есть возможность исключить резонансные частоты установок; имеет тонкие настройки защиты электродвигателя и своевременно отключает его;
- связь по практически любому промышленному протоколу обмена информацией с периферией верхнего уровня;
- наименьшие временные показатели для обнаружения неисправности.

Кроме того, он позволяет решать все возникающие проблемы при вводе в эксплуатацию и непосредственно при эксплуатации:

- настройка технологического параметра;
- исключение резонансных колебаний механизмов;
- соблюдение технологических режимов при опасных концентрациях вредных веществ;
- отсутствие необходимости соблюдать жесткие требования режимов работы двигателя S.

Частотный преобразователь оборудован современной комплекующей базой; имеет интуитивно доступный человеко-машин-

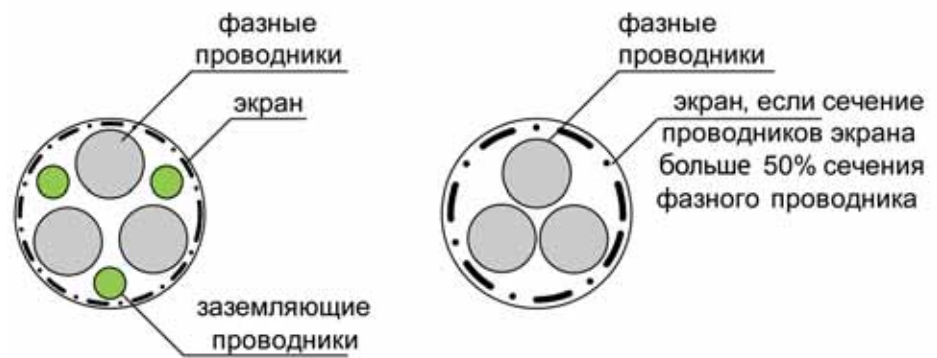


Рис. 9. Двигатели мощностью свыше 30 кВт

ный интерфейс, позволяющий использовать линейный персонал среднего уровня квалификации; позволяет снизить затраты на подводимый кабель на 65% (отсутствуют пусковые токи и компенсируются просадки напряжения на питающем кабеле), на конденсаторные блоки сглаживания реактивной мощности в энергетических установках, на проведение работ по замеру качества энергии при различных режимах работы вентиляторов и настройке соответствующих реакторных блоков при комплексном подходе к электрическим сетям.

За счет чего происходит экономия? Мотор всегда потребляет активную мощность, которая преобразуется в его механическую работу. Для намагничивания системы двигателя требуется и реактивная мощность, не выполняющая никакой функции. Экономия происходит за счет реактивной энергии, которая выбрасывается безвозвратно в сеть при отсутствии частотного преобразователя. Эта энергия накапливается на конденсаторах промежуточного контура и используется по прямому назначению. Таким образом, для электрических сетей частотный преобразователь является нагрузкой с $\cos\phi \approx 1$.

Для успешного применения частотных преобразователей при комплексном подходе к электрическим сетям метрополитена в целом и исключения взаимовлияния ЧРП надо знать несколько технических аспектов, которые могут негативно повлиять на сети и сами двигатели.

1. Выходное напряжение частотного преобразователя (независимо от выходной частоты) содержит импульсы с очень короткими фронтами и амплитудой, приблизительно в $1,35$ раза превышающей эквивалентное напряжение сети ($U_{\text{экв.}} \approx 2U_{\text{питания}}$). Это относится ко всем приводам, в которых используются современные преобразователи на биполярных транзисторах (IGBT), а если привод оснащен IGBT источником, то в $1,41$ раза. Например: $380 \times 2 \times 1,35 = 1026$ Вольт.

Следовательно, необходимо убедиться, что изоляция двигателя выдержит это напряжение, либо применить фильтр dU/dt (дроссель на выходе).

2. В зависимости от параметров ослабления и отражения, амплитуда импульсов на клеммах двигателя может почти удваиваться. Это, в свою очередь, может создавать допол-

нительную нагрузку на изоляцию двигателя и его кабель. Поэтому рекомендуется двигатели свыше 30 кВт запитывать с помощью симметричного кабеля (рис. 9) или применить фильтр dU/dt .

3. При высоких токах нагрузки, при высокой частоте коммутации, могут создаваться в подшипниках двигателя импульсные токи, которые постепенно разрушают обоймы и вращающиеся элементы подшипников. Фильтры dU/dt снижают токи в подшипниках, но кроме этого необходимо использовать изолированные подшипники на неприводной стороне (где отсутствует нагрузка на валу) и фильтры синфазных помех (синусфильтры).

4. Частотные преобразователи, в силу тех же обстоятельств, являются источником импульсных помех, поэтому необходимы меры защиты питающих сетей в виде ЭМС-фильтров различных классов в зависимости от условий применимости. Для ослабления таких помех в метрополитенах лучше всего использовать двенадцатипульсные схемы выпрямителей (в настоящее время применяются шестипульсные схемы). Восемнадцатипульсные схемы целесообразны в особо ответственных сооружениях (например, ИВЦ, устройства СЦБ и в больницах).

5. Электрические сети инженерных сооружений, зачастую, сами оказывают негативное влияние в виде импульсных помех на частотные преобразователи. В таких случаях регистрируются непонятные на первый взгляд неисправности. Защитой от данных помех служит входной сетевой дроссель.

Все защитные элементы можно применять как по отдельности, так и совместно, в зависимости от установленных требований к электрооборудованию.

Это основные аспекты, которые необходимо знать при вводе в эксплуатацию нового или модернизации существующего оборудования. Следует учесть, что при выборе ЧРП и проектировании защит, следует проводить их проверку на электромагнитную совместимость.

Надеюсь, что данная статья поможет руководителям и специалистам различных служб метрополитенов, проектных, строительных и пуско-наладочных организаций в решении вопросов повышения безопасности метрополитенов и их экономичности.



МЕТРОПОЛИТЕНЫ МИРА.

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В. А. Гарбер, д-р техн. наук, филиал ОАО ЦНИИС «НИЦ «Тоннели и метрополитены»



Станция «Кларк Ки» Сингапурского метрополитена

Одной из основных проблем развития современных городов является создание эффективной сети транспортных коммуникаций, обладающей возможностью оперативного обслуживания мощных пассажиропотоков между промышленными зонами, жилыми районами и культурными центрами.

Важнейшую роль в развитой системе пассажирских коммуникаций играют общественные виды транспорта. В условиях плотной городской застройки наиболее современным и рациональным решением транспортной проблемы представляется сооружение развитой сети метрополитена, прокладываемой в тоннелях, на поверхности земли или на эстакадах.

Главные преимущества метрополитена как внеуличного вида транспорта – высокая (до 100 км/ч) скорость и регулярность движения маршрутных поездов (с интервалами до 1,5–2 мин), определяющие большую провозную способность (до 50–60 тыс. человек в час в одном направлении). Это позволяет при соответствующем развитии транспортной сети города и организации перевозок обеспечить нахождение в пути на работу и обратно в пределах 15 % рабочего времени, удовлетворяя тем самым одному из основополагающих современных критериев эффективности городского транспорта.

С момента открытия в Лондоне в 1863 г. первой линии метрополитена длиной 3,6 км действующая сеть их к настоящему времени увеличилась до 6 тыс. км в более чем в 100 городах мира, более чем в 30 странах с общей про-

тяженностью линий 4,7 тыс. км и 4,3 тыс. станциями. В метрополитене 1 км линий принято считать в двухпутном исчислении, т. е. в обоих направлениях движения; таким образом, фактическая длина тоннелей вдвое больше и составляет 9,4 тыс. км. Ежегодно в мире завершается строительство порядка 160 км линий метрополитена со 175 станциями, а сумма среднегодовых расходов на их сооружение и обустройство составляет около 17 млрд долл. США.

Наиболее крупные метрополитены построены в Лондоне и Нью-Йорке (по 400 км), Париже (300 км), Москве (264 км). На территории бывшего СССР эксплуатируется 15 метрополитенов, из них: в России – шесть, Украине – три, Белоруссии, Грузии, Армении, Азербайджане и Узбекистане – по одному. Ведутся проектные работы и начато стро-

ительство метрополитенов еще в пяти городах России.

Наибольший объем работ запланирован в Токио (Япония), где уже к настоящему времени имеется проект увеличения протяженности сети на 150 км. Ведется прокладка метрополитенов в Сингапуре, Мадраसे, Гаване, Анкаре, Тегеране и других городах, проектируется в Алжире, Багдаде, Дамаске, Триполи, Боготе, Лиме.

Характерно при этом, что до недавнего времени строительство метрополитена считалось оправданным в крупных агломерациях с численностью населения не менее 1 млн человек. Однако в последние 15 лет новые технологии обеспечили возможность быстро и без ущерба для окружающей среды прокладывать линии метро, сочетающие комфорт, безопасность и ско-

рость передвижения пассажиров (при наличии современного подвижного состава и высокого уровня автоматизации управления и диспетчерской службы), и обусловили строительство метрополитенов в отдельных административно-культурных и промышленно-торговых центрах Европы (Франкфурт-на-Майне, Нюрнберг, Ньюкасл, Ливерпуль, Лилль, Роттердам, Стокгольм, Хельсинки, Осло и Амстердам) и Северной Америки (Кливленд, Вашингтон, Балтимор, Бостон, Буффало) со значительно меньшим числом жителей.

Процесс сооружения метрополитенов и тоннелей в силу специфики подземного строительства и требований эксплуатации представляет собой одну из наиболее технически сложных и трудоемких областей современного строительного производства. В этом процессе можно выделить два основных этапа:

- *первый*, наиболее трудоемкий и дорогостоящий, включает проходку выработок и возведение постоянной несущей конструкции-обделки; на этом этапе решается задача обеспечения надежности и долговечности сооружения;

- *второй*, призванный обеспечить условия для устойчивой и комфортабельной эксплуатации сооружения, предполагает устройство путей, архитектурно-отделочные работы и оснащение выработок постоянными технологическими устройствами (электротехническими, сантехническими, связи и автоматикой).

В комплекс подземного транспортного сооружения в общем виде входят:

- при проходке тоннеля – основной тоннель, вспомогательные выработки (разведочные и транспортно-дренажные штольни, сбойки, руддворы и т. п.) и вертикальные шахтные стволы;

- при сооружении линий метрополитена – станционные, перегонные и эскалаторные тоннели, шахтные стволы, камеры различного назначения (водоотливной установки, вентиляционные, санузлы, медупункты, камеры съездов, службы пути, ДСП, тягово-понижительные подстанции), кабельные ходки, наземные вестибюли станций.

Конструкции постоянных эксплуатационных устройств и подвижного состава также требуют своего решения на уровне мировых достижений. В их развитии определяющим направлением в мире является создание экономичных комфортабельных и безопасных систем с оптимальными малогабаритными характеристиками и структурой тягового подвижного состава, повышенные требования к безопасности движения, которые реализуются в странах Европы, США и Японии за счет внедрения автоведения, автоматического управления и диагностики оборудования, а на ряде новых метрополитенов (Лилль, Ванкувер и др.) – путем полной автоматизации всех систем эксплуатации на базе ЭВМ и микропроцессоров.

Приведем некоторые основные показатели крупнейших метрополитенов мира.



Схема Лондонского метрополитена

По годовому объему перевозок первое место среди зарубежных метрополитенов занимает Токийский – более 2100 млн человек ежегодно, Парижский – свыше 1400 млн, Нью-Йоркский – более 1100 млн, метрополитен Мехико – порядка 1050 млн пассажиров в год.

изготавливаются из сверхпрочной коррозионностойкой стали или алюминиевых сплавов. Главная задача, которая решается при конструировании вагонов, это снижение расходов электроэнергии и повышение комфортабельности. Усиление условий пожарной безопасности осуществляется по двум на-

Определяющим направлением в мире является создание экономичных комфортабельных и безопасных систем с оптимальными малогабаритными характеристиками и структурой тягового подвижного состава, повышенные требования к безопасности движения.

Техническая скорость на зарубежных метрополитенах сравнительно невысока. В метро Филадельфии она составляет 60 км/ч, Вашингтона – 56, Сан-Франциско – 53, на экспрессной линии Парижа – 48, в Хельсинки – 43 км/ч.

Решающим условием, влияющим на доходность зарубежных метрополитенов, является комфортабельность перевозок, культура обслуживания пассажиров. Для этого станции оборудуются новейшей системой информации, которая основывается на применении символов, индексов, пиктограмм, световых табло. Широкое распространение получают билетные автоматы, принимающие бумажные деньги и дающие сдачу. В условиях постоянно растущих цен на проезд в метро эти автоматы весьма перспективны. Широко также внедряются на станциях движущиеся тротуары, преимущество которых является сокращение расходов на сооружение просторных пешеходных переходов, так как горизонтальные эскалаторы требуют меньших площадей. Устанавливаются и системы телевизионного контроля вестибюлей, платформ, эскалаторов.

Значительно изменился за последнее время и подвижной состав. Вагоны, как правило, имеют принудительную вентиляцию. Кузова

правлениям: во-первых, за счет расширения применения негорючих и огнестойких материалов на подвижном составе и при оборудовании станций, во-вторых, путем оснащения подвижного состава средствами защиты от токов высокой частоты, которые могут привести к возгоранию вагона. Этим же целям служит оборудование станций и поездов автоматическими, централизованными системами противопожарной сигнализации, установка специальных датчиков, температурных детекторов и систем автоматического огнетушения.

Лондонский метрополитен – первая в мире подземная железная дорога.

Метрополитен работает с 5 часов утра до часа ночи. Техническое обслуживание производится за четыре ночных часа. В часы пик интервал между поездами достигает 100–120 с. Для посадки пассажиров поезд стоит на станциях 20–25 с.

Токосъем осуществляется, как правило, с третьего контактного рельса, установленного сбоку вдоль путей. В середине рельсового пути уложен еще один контактный рельс для обратного тока. Контактные рельсы токосъема и обратного тока устанавливаются на фарфоровых изоляторах, что в значительной степени препятствует возникновению



Схема метрополитена Нью-Йорка

блуждающих токов, вызывающих коррозию металла и снижающих надежность работы устройств СЦБ и связи.

Путевые рельсы уложены на деревянных шпалах, одетых в бетонные рубашки.

Для доставки пассажиров к поездам и обратно используются лифты и эскалаторы.

Метрополитен Нью-Йорка. Нью-Йорк один из крупнейших городов мира, финансовая, торговая и транспортная столица США. В городе сосредоточена значительная часть обрабатывающих, машиностроительных, электротехнических предприятий.

В его составе 27 линий протяженностью 369,8 км и 461 станция, принадлежащая компании «НИКТА». Значительный объем перевозок осуществляется по участкам компании «ПАТХ» протяженностью 22,4 км с 13-ю станциями, которые построены в более поздний период.

Метрополитен обслуживает общую площадь, равную 770 км². Густота его сети – 0,5 км/км². Первый тоннельный перегон сооружен в 1904 г. Большинство линий двухпутные, но есть немало трехпутных и

даже четырехпутных участков. На линии Лонг-Айленд тоннель выполнен в два этажа, один из которых используется для поездов метро, другой – как железнодорожный. Перроны расположены сбоку от путей. На четырехпутных линиях перроны – островные, к ним ведут подземные переходы. На глубокие станции можно спуститься с помощью эскалаторов или лифтов. Основной способ обеспечения безопасности движения поездов – путевая автоматическая блокировка, начато внедрение систем автоведения.

Метрополитен Торонто. Население канадского города Торонто составляет более 2,1 млн человек. Первый канадский метрополитен был сдан в эксплуатацию именно в Торонто в 1954 г. Сейчас две его двухпутные линии имеют протяженность 56,9 км с 61 станцией.

Особенностями транспортной сети города, являющегося крупнейшим промышленным городом страны, являются:

- перпендикулярное расположение линий, пересекающихся в центре города;

- тесное взаимодействие метрополитена с наземным транспортом, маршруты которого замыкаются на станциях метро, являющихся, в свою очередь, пересадочными.

Линии, в основном, проходят в открытых и закрытых выемках, и лишь небольшая их часть в тоннелях. Максимальная пропускная способность – 30 пар поездов в час, в состав которых входит от четырех до восьми вагонов.

Все станции метро оборудованы эскалаторами. Контроль входа на станции осуществляется автоматическими контрольными пунктами, работающими от билетов с магнитной закодированной пленкой. В вестибюлях установлены денежные автоматы и автоматы для приобретения проездных билетов.

В течение всего времени работы метрополитена входы на станции находятся под постоянным наблюдением телевизионных камер.

При входах на станции установлены громкоговорители для передачи информации пассажирам, находящимся в вестибюле.

Под станцией «Киил» расположены поворотные петли трамвайных путей и автобусных линий. Другой её особенностью являются движущиеся тротуары, по которым пассажиры доставляются на платформу.

Движущийся тротуар оборудован лентой конвейера шириной 1220 мм, длиной 30 м, скорость приблизительно 27,5 м/мин, провозная способность 7200 пассажиров в час.

В целом, метрополитен Торонто представляет собой достаточно совершенное сооружение. Однако подвижной состав, по мнению специалистов, неоправданно усложнен из-за применения резиновых шин, поскольку даваемый ими эффект по снижению уровня шума по сравнению с традиционными решениями невелик.

Метрополитен Мехико (Мексика).

Население мексиканской столицы превышает 10 млн человек и постоянно растет. Плотность составляет 18 тыс. жителей на 1 км. Главным городским видом транспорта является метрополитен, сеть которого в настоящее время имеет протяженность около 112 км со 105 станциями, 10 из них – пересадочные. По количеству перевозимых пассажиров он находится в числе десяти крупнейших метрополитенов мира, им ежегодно пользуются более 900 млн пассажиров. В сутки он перевозит от 2,8 до 3,1 млн человек.

Перегоны оборудованы автоблокировкой. Управление осуществляется из центрального поста. В одном из помещений поста установлены аппаратура и световое табло для управления первыми шестью линиями. Диспетчер может, используя связь с машинистами, регулировать интервалы движения, обеспечивать работу энергетического оборудования, контролировать работу автоблокировки.

Управление работой остальных трех линий осуществляется из второго диспетчерского зала.

Токийский метрополитен. Столица Японии Токио – самый крупный город мира. Вместе с Иокогамой и пригородами население города составляет около 30 млн человек. Метрополитен Токио перевозит

большое количество пассажиров, которые предпочитают собственному транспорту общественный, поскольку он доставляет их на работу или с работы значительно быстрее. По годовому объему перевозок Токийский метрополитен уступает только Московскому – ежегодно обслуживает более 2,1 млрд пассажиров.

Около 85 % линий метрополитена проходят в тоннелях и лишь 15% на эстакадах или по поверхности. Это объясняется, прежде всего, дороговизной земли, стоимость которой из года в год возрастает и сейчас превышает 8 млн иен (около 25 тыс. руб.) за квадратный метр.

На большинстве линий действует автоматическая блокировка с трехзначной сигнализацией и автостопами, а подвижной состав оборудован системами ограничения скорости. Вождение поездов осуществляется непосредственно машинистом, только одна линия оборудована системой автоматического ведения поездов.

На Японских метрополитенах эксплуатируется подвижной состав, отвечающий современным техническим требованиям. Кузов выполнен из нержавеющей стали или алюминиевых сплавов, торможение – рекуперативное. Длина состава – от пяти до десяти вагонов в зависимости от пассажиропотока. Минимальный интервал между поездами – 110 с, вместимость вагона – 140–160 пассажиров.

Парижский метрополитен. На Парижском метрополитене впервые в мире стал использоваться подвижной состав на пневмошинах. Сейчас такие вагоны эксплуатируются на четырех линиях. Подобные вагоны, построенные французскими фирмами, курсируют также в Мехико, Монреале, Сантьяго и на одной из линий в Милане.

На многих участках Парижского метрополитена работает система автоматического ведения поездов, которая обеспечивает автоматическое, безопасное движение составов по участку. Автоведение обеспечивает также регулирование скорости в зависимости от заданной схемы движения и ситуации на участке и высокую точность остановки на станции. В поездах также устанавливаются устройства ручного контролируемого управления, которое позволяет машинисту периодически отключать автоведение и самому вести поезд. Система автоведения позволяет в случае возникновения в ней неисправностей обеспечить автоматическую остановку поезда и переход на ручное управление.

Метрополитен Мадрида. Движение поездов на первой линии Мадридского метрополитена было открыто в 1919 г. С тех пор построено и введено в эксплуатацию еще девять линий. В настоящее время протяженность линий (все с левосторонним движением) составляет 105 км со 145 станциями. Средняя длина перегона примерно 800 м.

Длина станций рассчитана на 4- и 5-вагонные поезда. На некоторых, менее загру-

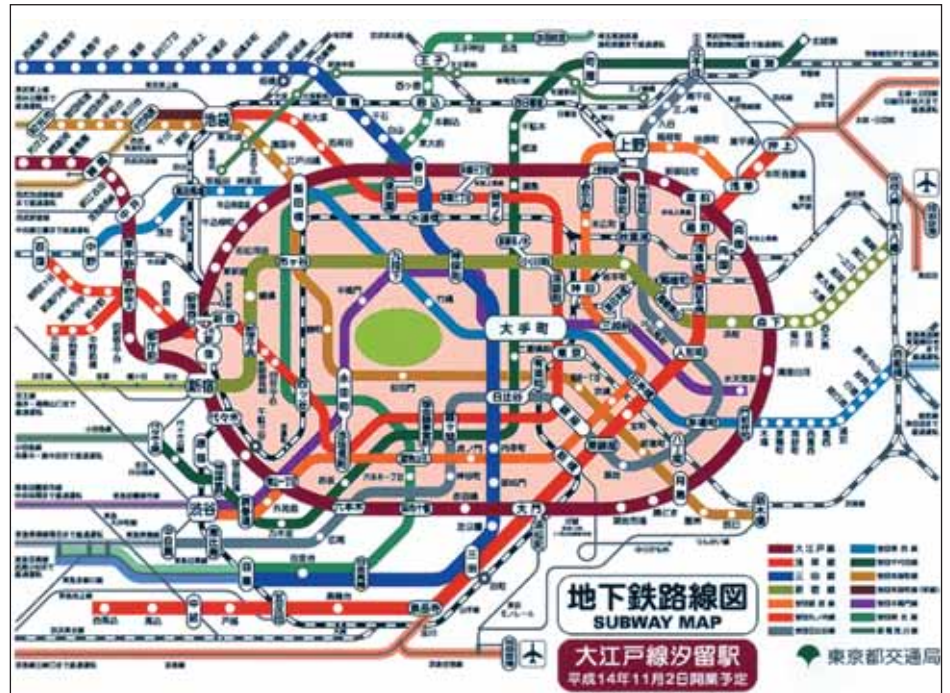


Схема Токийского метрополитена



Схема Парижского метрополитена

женных линиях, эксплуатируются составы, состоящие из трех вагонов.

Ежедневно метрополитен Мадрида перевозит 1,2 млн пассажиров при населении города около 3 млн человек

В последние годы на ряде линий внедрено автоведение и система автоматического регулирования скорости. При автоведении ма-

шинисты только открывают и закрывают двери, а также отправляют поезд, нажимая на кнопку «пуск», остальную работу по ведению поезда осуществляет автоматика.

Система автоматического регулирования скорости не позволяет машинисту превысить скорость (в этом случае произойдет электроторможение), а также обеспечивает

остановку поезда у запрещающего сигнала. При неисправном устройстве сигнализации машинист может нажать на специальную кнопку на пульте управления и вручную вести поезд со скоростью не более 20 км/ч. На линиях, оборудованных автоведением и системой автоматического регулирования скорости, ведение поезда осуществляется одним машинистом, на неавтоматизированных участках – машинистом и его помощником.

Все поезда оборудованы поездной радиосвязью машиниста с диспетчером. Передача радиосигналов осуществляется по волноводу, проложенному на протяжении всего участка.

Метрополитен Мюнхена. Метрополитен столицы Баварии, насчитывающей 1,8 млн жителей, состоит из трех основных и нескольких ответвляющихся линий радиального направления, которые в целях рациональных пересадочных возможностей многократно пересекаются друг с другом.

Строительство метрополитена было значительно ускорено в связи с подготовкой к проведению Олимпийских игр (1972 г.). Среднесуточное число пассажиров составляет 600 тыс. человек. Рекордная перевозка была отмечена во время Олимпиады – 30 тыс. пассажиров в час в одном направлении.

Путь имеет колею 1435 мм, деревянные или бетонные шпалы, уложенные на щебеночном балласте толщиной 22 см. На некоторых участках для снижения шума под щебеночной подушкой имеются эластичные прокладки с резиновым наполнителем.

Изоляторы контактных рельсов изготовлены из полистирола, усиленного стекловолокном.

Сигнальная система, благодаря непрерывному контролю скорости движения и автоматическому вождению поездов, обеспечивает надежное движение поездов с интервалами в 90 с.

Линия оборудована автоматическими устройствами по переводу стрелок, которые выполняются установленными в системе управления ЭВМ.

Диспетчер, контролирующий движение, видит на цветном мониторе, также связанном с ЭВМ, положение поездов на схеме дорожной сети, их маршрут, длину поезда, положение стрелки и т. д.

Участки оборудованы двусторонней автоблокировкой с автостопами, что гарантирует бесперебойную работу при неисправности системы автоматического вождения поездов.

Одним из путей снижения стоимости строительства метрополитена, его капиталоемкости, трудоемкости и материалоемкости является сокращение размеров подвижного состава, тоннелей и модернизация.

Отсюда возникло понятие «мини-метрополитен», которое определяется как малогабаритный автоматизированный внеуличный скоростной вид городского пассажирского транспорта.

В настоящее время малогабаритные с той или иной степенью автоматизации метрополитены эксплуатируются, строятся и проектируются в 31 городе 14 стран мира: Франция (семь городов), Япония (пять городов), США (четыре города), Канада, Швейцария, Италия и Испания (по два города), Колумбия, Тайвань, Великобритания, Дания, Словакия, Мексика, Малайзия (по одному городу).

По имеющимся данным их суммарная протяженность линий, находящихся в эксплуатации, не превышает 160 км и составляет не более 3 % от общей протяженности существующих в мире метрополитенов.

Одним из путей снижения стоимости строительства метрополитена, его капиталоемкости, трудоемкости и материалоемкости является сокращение размеров подвижного состава, тоннелей и модернизация.

Анализ мирового опыта проектирования, строительства и эксплуатации систем мини-метро выявил следующие характерные особенности таких систем.

1. Меньшее, по отношению к обычному метрополитену, поперечное сечение перегонных тоннелей:

- в Великобритании внутренний диаметр однопутных тоннелей 3,6–3,8 м;

- в Японии – однопутных тоннелей 4,3 м;
- во Франции – двухпутного тоннеля 6,8 м.

2. Меньшие габариты подвижного состава:

- система «VAL» (Франция) – ширина вагона 2,06 м, высота 3,25 м; система «Sky Train» (Канада) – соответственно 2,5 м и 3,125 м;

- система «Метеор» (Франция) – ширина вагона 2,448 м, высота 3,47 м;

- система 12 (Япония) – ширина вагона 2,5 м, высота 3,15 м;

- система «Бреда» (Италия) – ширина вагона 2,65 м, высота 3,255 м.

3. Применение вместо роторных – линейных индукционных двигателей.

4. Количество вагонов в составе не более шести.

5. Средняя эксплуатационная скорость, включая время на остановки, не менее 30 км/ч.

6. Пассажиропотоки не более 15 тыс. пассажиров в час.

7. Провозная способность до 30 тыс. пассажиров в час.

8. Минимальный радиус кривых в плане для главных путей 150 м.

9. Максимальный продольный уклон трассы 60 %.

10. Среднее расстояние между станциями 500 м.

11. Проложение обособленных путей без пересечений в одном уровне.

12. Высокая степень автоматизации управления движением, вплоть до полностью автоматической системы без машиниста.

13. Меньшая относительно обычного метрополитена:

- стоимость строительства работ – примерно 50 % от стоимости прокладки обычного метрополитена;

- полная стоимость строительства и экс-

плуатации сокращается примерно на 20 %.

14. Повышенная безопасность пассажиров на станциях: закрытая платформа, на которой имеются прозрачные постоянно закрытые двери. Двери открываются только тогда, когда поезд за ними останавливается. Их открытие на станции и в поезде происходит синхронно.

15. Применение на ряде мини-метро подвижного состава на пневмошинах.

В последние 15 лет существенно возрос объем возведения новых объектов городской инфраструктуры в технических и охранных зонах действующих объектов метрополитена (особенно в Москве).

В связи с этим возникла проблема обеспечения эксплуатационной надежности участков действующих линий метрополитена, которые подвергаются

воздействию вновь сооружаемых городских объектов. Степень влияния на техническое состояние конструкций зависит от их взаимного расположения в плане и профиле.

В свою очередь, действующий метрополитен может оказывать на вновь строящиеся городские объекты негативное влияние, выражающееся в вибрационном и шумовом воздействии от движущихся метropоездов.

Многолетний опыт эксплуатации отечественных метрополитенов доказал, что одной из наиболее значимых причин снижения эксплуатационной надежности сооружений метрополитена является разнообразное воздействие агрессивной среды, источником которого могут служить грунтовый массив, грунтовые воды и тоннельная атмосфера.

Результатом негативного воздействия агрессивной среды являются:

- потеря несущей способности основных тоннельных конструкций;

- выход из строя рельсов, рельсовых скреплений, стальных и чугунных трубопроводов;

- аварии в кабельных сетях (силовых, сигнально-блокировочных кабелях связи);

- ухудшение здоровья эксплуатационного персонала и пассажиров метрополитена.

Сооружения, конструкции и устройства метрополитена могут одновременно находиться под влиянием нескольких видов агрессивного воздействия. Защита от них следует предусматривать при проектировании линии метро на основании результатов предварительной оценки опасности агрессивного воздействия.

Выбранные защитные мероприятия должны быть обоснованы технико-экономическим расчетом.

Проблема обеспечения эксплуатационной надежности действующих тоннелей метрополитена должна решаться на трех уровнях:

- изучение возможных причин снижения эксплуатационной надежности;

- определение путей повышения эксплуатационной надежности тоннелей метрополитена, находящихся в зоне влияния агрессивной среды или возводимых в текущий период объектов городской инфраструктуры;

- профилактика обеспечения эксплуатационной надежности тоннелей при перспективном планировании возведения объектов городской инфраструктуры в зоне расположения этих тоннелей.

Практика последнего десятилетия эксплуатации тоннельных сооружений Московского метрополитена выработала следующую, наиболее целесообразную, этапность определения фактической надежности тоннельных конструкций:

- установление теоретических запасов прочности конструкции;
- натурное обследование технического состояния тоннельных конструкций и заобделочного пространства;
- определение фактических запасов прочности конструкции расчетным путем на основе результатов натурального их обследования, а также породного массива.

Установить теоретические запасы прочности можно на основе исходных параметров, полученных из исполнительной техникой документации, включающей геометрические размеры конструкций, физико-механические характеристики материала, инженерно-геологические показатели вмещающего породного массива и гидрогеологические показатели, полученные в результате изысканий на стадии рабочего проектирования;

- определение фактического напряженно-деформированного состояния тоннельной конструкции осуществляется путем статического её расчета с использованием в качестве расчетных параметров, полученных при натуральных обследованиях характеристик формы и размеров обделки (эллиптичность, уступы между блоками обделки и кольцами, раскрытие стыков), ее технического состояния (нарушения материала, коррозия, трещины и т. п.), фактических характеристик податливости породы (коэффициенты упругого отпора) и показателей обводненности обделки;
- расчет фактических коэффициентов запаса по прочности тоннельной конструкции осуществляется с помощью значений изгибающих моментов и нормальных усилий, полученных на предыдущем этапе вычислительного процесса;
- сравнение фактических и теоретических запасов прочности конструкции позволяет выработать мероприятия по обеспечению эксплуатационной надежности рассматриваемого тоннеля.

Основными показателями безопасности эксплуатируемых тоннелей действующего метрополитена являются:

- прочность конструкции;
- отсутствие её деформаций;
- надежность и долговечность гидроизоляции сооружений;
- надежность работы систем СЦБ, связи и автоматизации, а также систем шахтного водоотлива и тоннельной вентиляции.

При этом особое внимание следует обратить на следующие факторы:

- степень возможной негабаритности тоннелей

главных путей метрополитена в результате деформаций конструкции;

- изменение профиля и плана путей в результате пространственных перемещений участков тоннелей под воздействием сооружения новых городских объектов.

При возведении новых объектов городской инфраструктуры, расположенных в зоне прохождения эксплуатируемых линий метро, возможно возникновение аварийных ситуаций, негативно влияющих на эксплуатационную надежность сооружений метрополитена.

В связи с этим необходимо вести мониторинг технического состояния эксплуатируемых объектов метро в период возведения городских объектов, расположенных в зоне его влияния, с принятием оперативных решений по предотвращению нештатных (аварийных и предаварийных) ситуаций в процессе строительства.

Мониторинг осуществляется с целью своевременного выявления в процессе строительства подземного объекта изменения напряженно-деформированного состояния тоннельных конструкций метрополитена, структурных их изменений (трещины, сколы и т. п.), нарушений водонепроницаемости тоннеля, изменений профиля пути метро. Результаты мониторинга являются основанием для принятия соответствующими службами метрополитена мер по недопущению сбоев в работе эксплуатируемых линий, связанных со строительством нового подземного объекта и по обеспечению их эксплуатационной надежности.

В целях обеспечения эксплуатационной безопасности (надежности) объектов действующего метрополитена в 2006 г. московским правительством были утверждены «Правила использования территорий технических и охранных зон метрополитена в городе Москве».

В этом документе регламентированы следующие основные понятия:

- зона землепользования;
- техническая зона первой категории – определяется по техническим параметрам взаимного влияния городской застройки и сооружений метрополитена;
- второй категории – устанавливается по экологическим параметрам;
- техническая зона третьей категории – выявляется по природно-техногенным факторам.

Понятие «технических зон эксплуатируемых метрополитенов» базируется на концепции технических зон и на классификации объектов метрополитена.

Зона землепользования – часть городской территории, переданная метрополитену в постоянное пользование и занимаемая его сооружениями и устройствами, необходимыми для нормального обеспечения перевозок пассажиров, а также территория, занимаемая объектами вспомогательного производства, социально-культурными и жилыми зданиями метрополитена.

Границы зоны землепользования, как правило, определяются внешними контурами назем-

ных сооружений или постоянным ограждающим забором территорий депо и наземных участков линий и объектов метрополитена.

Техническая зона – часть городской территории с расположенными на ней строениями и подземными коммуникациями, находящаяся в зоне взаимного или одностороннего влияния подземных и наземных сооружений метрополитена и расположенных на этой территории объектов, а также территория, необходимая для организации нормального прохода пассажиров на вход и выход из метро, периодического технического обслуживания, ремонта и реконструкции сооружений и устройств метрополитена с учетом всех факторов.

Экологические факторы – разновидности неблагоприятного воздействия грунтового массива, грунтовых вод и тоннельной атмосферы, от наличия которых зависят параметры технических зон.

Использование городских территорий в пределах технических зон метрополитена производится с учетом следующих правил:

- все работы, связанные с изменением планировки местности, прокладки и перекладки инженерных коммуникаций должны быть согласованы со службой тоннельных сооружений метрополитена;
- землепользователь должен содержать в исправном состоянии все водоотводные устройства и коммуникации;
- службы тоннельных сооружений и электроснабжения метрополитена имеют право контролировать содержание водоотводных устройств и коммуникаций и ставить вопрос перед землепользователем об устранении недостатков;
- землепользователи-застройщики обязаны выполнять все требования метрополитена;
- они должны вести также контроль состояния деревьев и кустарников, своевременно производить их обрезку и, при необходимости, вырубку с учетом, чтобы высота дерева не превышала горизонтального расстояния от места его посадки до ограждающего забора метрополитена;
- службы тоннельных сооружений и электроснабжения метрополитена имеют право контролировать состояние дорог, проходящих в технической зоне метрополитена, и предъявлять требования к дорожно-эксплуатационным службам или к землепользователям по приведению их в порядок;
- строительство подземных сооружений в пределах технических зон без согласования с Госгортехнадзором и метрополитеном запрещается.

Вывод

Интенсивное развитие сети метрополитенов во всем мире, а также возведение наземных и подземных объектов городской инфраструктуры в зонах их расположения требуют повышенного внимания к обеспечению эксплуатационной безопасности действующих метрополитенов в процессе развития городской инфраструктуры.

ТОННЕЛЬНЫЙ АВТОПОЕЗД TSP

TSP – это транспортное средство на резиновых шинах, способное доставить в строящийся тоннель:

- комплект блоков для одного кольца;
- один смесительный бункер объемом 12 м³.



Основные технические данные TSP

Диаметр тоннеля: от 6 до 15 м
Грузоподъемность: от 60 до 160 т
Вес: от 25 т
Ширина: от 1.70 м
Радиус поворота: 50 м
Макс. скорость вверх по уклону 5,5 %: 15 км/ч
Макс. скорость по горизонтальному полу в нагруженном состоянии: 16 км/ч
Макс. скорость в ненагруженном состоянии: 18 км/ч
Двигатель: CAT C9.3 242 кВт при 2100 об/мин.

TSP – это автотранспортное средство, имеющее множественный привод и характеризующееся хорошим сцеплением с дорогой и трансмиссией с максимальным крутящим моментом.

Использование резиновых шин позволяет: уменьшить затраты на топливо, вентиляцию, рельсы и их содержание; сократить срок ввода тоннеля в эксплуатацию; работать совершенно безопасно.

TSP обеспечивает: повышенную безопасность против скольжения; возможность преодолевать участки с большим уклоном; более надежную и управляемую тормозную систему.

Множественный привод, независимая подвеска, система противоскольжения обеспечивают: способность двигаться по сильно загрязненной поверхности (бентонит, грязь, вода); способность двигаться по неровной поверхности (изменение уклона, разница уровней блоков в стыке, ступеньки); способность преодолевать ступеньки высотой около 150 мм; уменьшенную нагрузку на колеса; отличную приспособляемость к условиям в тоннеле и на поверхности.

Коэффициент использования на известных нам строительных объектах: 95 %.



ZI La Saule BP 111
FR-71304 Montceau cedex, France

Tel : +33(0)3 85 57 01 34
Fax : +33(0)3 85 57 88 73
info@metalliance-tsi.com
www.metalliance-tsi.com

Представительство в России:
107078, Москва,
ул. Новорязанская, 16, оф. 20
Тел.: (495) 724-74-81
Факс: (499) 265-79-5
e-mail: metrotunnels@yahoo.com