



Дорога открыта...

Самая современная техника для строительства тоннелей

Мобильность – это ключ к будущему. Строительство тоннелей закрытым способом открывает большие возможности и освобождает дороги от транспортных перегрузок. Фирма «Херренкнехт АГ» располагает для этого самой современной и самой мощной техникой. Наши щиты с гидропригрузом, щиты для работы в скальных породах, модульные проходческие комбайны с открытым забоем, микротоннелепроходческие установки и установки горизонтального направленного бурения обеспечивают нашим клиентам по всему миру настоящий прорыв в будущее в строительной области. Наша техника работает в любых геологических условиях и на всех континентах мира.

Но уникальными в своем роде нас делает не только широкий диапазон нашей продукции и наше ноу-хау в механизированной проходке тоннелей. Как лидеры в этой технологии мы устанавливаем ориентиры, когда речь идет об экономичности, безопасности и защите окружающей среды.

Свет в будущее в конце каждого нового тоннеля !



ТПМК для Лефортовского тоннеля Ø 14,2 м



Щит с грунтопригрузом, Мадрид, Испания, Ø 9,33 м



ТПМК для скальных пород, Готтард, Швейцария Ø 8,83 м



HERRENKNECHT AG
D-77963 SCHWANAU

TEL (+49) 78 24/ 3 02-0
FAX (+49) 78 24/ 34 03

[HTTP://WWW.HERRENKNECHT.DE](http://www.herrenknecht.de)

ЗАО «ХЕРРЕНКНЕХТ ТОННЕЛЬСЕРВИС»
107497, Москва, Россия,
ул. Бирюсинка, д. 4
телефон: (+7) 095 462 38 78
факс: (+7) 095 462 57 44

Учредители журнала

Тоннельная ассоциация России
Московский метрополитен
Московский метрострой
Мосинжстрой

Редакционный совет

Председатель совета
В. А. Брежнев

Заместители председателя:
Д. В. Гаев, С. И. Свирицкий

Члены совета:
В. П. Абрамчук, В. Н. Александров,
В. М. Абрамсон, В. А. Бессолов,
П. Г. Василевский, С. М. Воскресенский,
В. А. Гарюгин, Б. А. Картозия,
Ю. Е. Крук, В. Г. Лернер, С. Ф. Панкина,
В. А. Плохих, Ю. П. Рахманинов,
Н. Н. Смирнов, Г. Я. Штерн

Редакционная коллегия:

О. Т. Арефьев, Н. С. Бульчев,
Д. М. Голицынский, С. Г. Гришко,
Е. А. Демешко, А. И. Долгов,
Е. Г. Дубченко, О. В. Егоров,
С. Г. Елгаев, А. В. Ершов,
В. Н. Жданов, В. Н. Жуков,
А. М. Жуков, Н. Н. Кулагин,
В. В. Котов, В. Е. Меркин,
Ю. А. Кошелев, К. П. Никифоров,
А. Ю. Педчик, П. В. Пуголов,
В. П. Самойлов, А. А. Севастьянов,
Л. К. Тимофеев, Б. И. Федунец,
Ю. А. Филонов, Ш. К. Эфендиев

Главный редактор

С. Н. Власов

Тоннельная ассоциация России

тел.: (095) 208-8032, 208-8172
факс: (095) 207-3276
e-mail: rus_tunnel@mtu-net.ru

Издатель

ООО «ТА Инжиниринг»
Лицензия ИД № 04404
тел.: (095) 929-6482, 929-6574
факс: (095) 929-6548
Отдел рекламы: (095) 929-6673
103051, Москва,
Цветной бульвар, 17, оф. 217
e-mail: tunnels@metrostroy.ru

Генеральный директор

О. С. Власов

Редактор

Г. М. Сандул

Компьютерный дизайн и верстка:

М. Б. Брилинг, А. В. Попов

Фотографы:

А. В. Попов, М. Б. Брилинг

Журнал зарегистрирован
Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов
журнала только с письменного
разрешения издательства
© ООО «ТА Инжиниринг», 2004

№ 5 2004

Панорама	2
В Росстрое	4
Метрополитен в Казани Ю. Е. Крук	
К 50-летию отрасли «Транспортное строительство»	
Научная конференция по проблемам развития транспортной инфраструктуры В. В. Космин	5
Тоннельная ассоциация России – транспортному строительству С. Н. Власов	6
10-летие микротоннелирования в России	8
Монорельсовая дорога	
Монорельс – построен первый участок Т. Г. Шевченко, А. В. Пчелин	10
Эксплуатация и обслуживание подвижного состава Г. М. Сандул	14
Архитектура станций монорельсовой дороги В. С. Волович, Н. И. Шумаков	16
Система электроснабжения В. Я. Пахомов	17
Строительство метрополитенов	
Украина: открылись две новые станции в Харькове Ю. В. Войтюк	20
Тоннели России	
Рачинский тоннель А. В. Яковлев, В. Г. Лозин	24
Точка зрения	
Эскалаторные тоннели метрополитенов В. К. Христич, Ю. В. Киреев	26
Щитовая проходка	
Дэртфордский тоннель	30
Проектные решения	
Технические решения отводящего канализационного тоннеля г.Тольятти П. П. Бессолов	34
Бестраншейные технологии	
Строительство коммуникационного тоннеля с применением буровых установок В. И. Артемов	40
Теория и практика	
Моделирование поведения дорожных водопропускных труб с эксплуатационными повреждениями А. И. Овчинникова	43
Пространственное моделирование при строительстве транспортных тоннелей В. А. Гарбер, А. А. Кашко, Д. В. Панфилов	46
Мониторинг при строительстве Лефортовского тоннеля В. Е. Меркин	49

СОДЕРЖАНИЕ



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ:

Состав монорельсовой
дороги на трансбордере
в депо
(читайте на с. 10)

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ В г. СОЧИ

И. С. Бубман,
 зав. тоннельным секто-
 ром ТА России, к. т. н.

Федеральное дорожное агентство «Росавтодор» Минтранса России совместно с Тоннельной ассоциацией России при активном участии ГУ «Дирекция по строительству и реконструкции автомобильных дорог Черноморского побережья» организовали и провели в период 11–15 октября 2004 г. в г. Сочи вторую научно-практическую конференцию «Проблемы строительно-монтажных работ при сооружении тоннелей».

Как известно, разработана, принята и осуществляется программа развития сети магистральных автомобильных дорог – «Дороги России XXI века».

В настоящее время в Правительстве и Государственной Думе России рассматривается вопрос о привлечении частных инвестиций для строительства платных дорог и соответствующих искусственных сооружений – тоннели, мосты, эстакады.

В соответствии с указанной программой «Дороги России XXI века» ведется строительство автомобильной дороги федерального значения «Обход города Сочи». На ней расположен целый ряд тоннелей, являющихся крупными инженерными сооружениями, строительство которых ведется в сложных горно-геологических условиях. Работы ведут три ведущих организации

этого региона: ЗАО «ЮГСК», ООО «Тоннельдорстрой» и ОАО «Тоннельный отряд № 44».

С 2000 г. эксплуатируется один из лучших автодорожных тоннелей юга России – Мацестинский, длиной 1,3 км, оборудованный новейшими инженерными системами и устройствами, обеспечивающими безопасную и безаварийную эксплуатацию тоннеля. Продолжается строительство Краснопольского, Шаумяновского и других тоннелей.

В работе конференции приняли участие 67 специалистов – строителей, эксплуатационников, проектировщиков, заказчиков, управленцев, работников научно-исследовательских организаций и высшей школы, представляющих 34 заинтересованных организаций из 14 городов России, Беларуси и Польши. Наибольшая по численности делегация, 25 человек, была из Сочи, из Москвы – 20 человек, из Уфы – пять, по три человека из Санкт-Петербурга и Пятигорска, из остальных девяти городов – по одному человеку.

С приветствием к участникам конференции обратились: А. К. Асатуров – директор ГУ «Дирекция по строительству и реконструкции автомобильных дорог Черноморского побережья»; С. Н. Власов – заместитель председателя правления ТАР; А. Ю. Смирнов – начальник отдела Управления строительства и проектирования автомобильных дорог Федерального дорожного агентства «Росавтодор».



Эти же специалисты выступили с основополагающими докладами:

– «Проблемы строительно-монтажных работ при сооружении тоннелей» (А. К. Асатуров, С. А. Узунян);

– «О нормах по бестраншейной прокладке коммуникаций под автомагистралями» (С. Н. Власов);

– «Принципы управления качеством работ при реализации проектов в дорожном строительстве» (А. Ю. Смирнов).

Опыт строителей был освещен в докладах А. Н. Соловьева (Ленметрогипротранс), В. Г. Кондратьева (ЦПЭ-Экотерра), Ю. А. Мордвинова и Ю. А. Данилова (Тоннельдорстрой), В. В. Балыкина (ЮГСК), И. С. Бубмана (ТАР), А. В. Алексеева (ТО-44).

Вопросам проектирования были посвящены доклады В. П. Полищука (Минскметропроект), В. А. Гурского (Сибирский государственный университет путей сообщения), Г. Г. Баландюка (ТАР).

Научному обоснованию и сопровождению строительства тон-

нелей были посвящены доклады А. А. Чернанта (ЦНИИС), Е. Н. Курбацкого (МИИТ), В. Б. Никонорова (ЦНИИС), В. И. Грицыка (Ростовский государственный университет путей сообщения).

Ряд докладов по перспективному вопросу – новые материалы для гидроизоляции тоннелей – представили специалисты и менеджеры фирм-изготовителей и поставщиков этих материалов, в частности, А. Г. Демичев (Шомбург-ЕР Лтд), В. М. Бурихин (ТемпСтройСистема), Е. А. Дума (Техно-Николь), А. Шевчук (Sika, ПНР).

Программой конференции была предусмотрена и четко проведена техническая экскурсия с посещением строящихся и построенных эксплуатируемых тоннелей на автодороге Сочи – Красная Поляна.

Все участники научно-практической конференции выразили признательность и благодарность организаторам – НП «Конгресс Визит Бюро» за четкое проведение всех мероприятий. 

МИЦУБИСИ ПОЛУЧАЕТ ЗАКАЗ НА САМЫЙ БОЛЬШОЙ ТПМК

FCC и ACS Dragados выдали компании MHI-Duro Felguera (Испанское подразделение концерна Мицубиси) заказ стоимостью 40 млн евро на поставку, вероятно, самого большого в мире тоннелепроходческого щита с грунтовым пригрузом забоя, который предполагается использовать для реконструкции кольцевой автомагистрали Мадрида М-30.

ТПМК будет построен на заводе Duro Felguera в Астурии, где ранее были собраны два ТПМК диаметром 10 м для строящегося в настоящее время двухпутельного тоннеля Абдалахис длиной 7 км на скоростной магистрали Кордова – Малага. ТПМК будет использован для проходки юж-

ного ствола на южном обходе, предназначенном для соединения Пасео де Санта Мария де ла Кабеза с дорогой А-3, и проходящей под путепроводом Валлекас.

Полная длина тоннеля 4,227 м, первые 100 м из которых будут частью стартовой камеры. 3,620 м будут пройдены с помощью ТПМК, оставшаяся часть представляет собой участок открытого способа работ и выездную рампу. Диаметр выработки – 15,01 м, внутренний диаметр обделки – 13,45 м. В тоннеле будут размещены три полосы проезжей части шириной по 3,5 м, две краевые полосы шириной по 0,5 м и два тротуара по 0,7 м.

Кроме того, на объекте предусматривается строительство опускным способом стартовой камеры длиной 100 м, шириной 60 м и глубиной 35 м, из которой будет вестись проходка также и северного тоннеля. Рабочий орган щита имеет диаметр 15 м, что эквивалентно высоте шестизэтажного дома. Комплекс длиной 160 м будет иметь вес 4000 т. Это оборудование огромных размеров предназначено для работы на глубине 30 м с расчетной скоростью проходки 0,665 м/мин. Комплекс будет включать укладчик бетонных блоков колец внутренней обделки, которые будут устанавливаться по ходу

продвижения щита. Разработанная порода будет удаляться от щита с помощью шнекового конвейера, далее – ленточным конвейером. Комплекс включает также гидрофрезы, экскаваторы, сваебойное и иное оборудование.

8 апреля 2003 г. Duro Felguera и Mitsubishi Heavy Industries (MHI) подписали соглашение об образовании акционерного общества MHI-Duro Felguera, S. A., компании совместного владения, целью создания которой является изготовление и реализация ТПМК-комплексов. Задача новой компании – создать основу для расширения бизнеса в Европу и Латинскую Америку. 

«ЛОВАТ» ПРЕДСТАВЛЯЕТ ПРОЕКТ

Компания «Ловат, Инк» приняла участие в 18-й ежегодной конференции, проводимой Тоннельной ассоциацией Канады в городе Эдмонтон, Канада.

Конференция Тоннельной ассоциации Канады совместно с Северо-Американским обществом бестраншейных технологий и Канадским обществом инженерного гражданского строительства проходила 26–28 сентября 2004 года в гостиничном центре Fantasyland в городе Эдмонтон – West Edmonton Mall.

Помимо докладов участников и обсуждений проблем отрасли на конференции была проведена серия специально подготовленных для этого презентаций. Проекта расширения линии легкого транспорта в городе Эдмонтон (Edmonton South LRT extension). В этом проекте ис-

пользовался тоннелепроходческий комплекс фирмы «Ловат» диаметром 6,5 м с грунтопригрузом, соединивший тоннелем станцию «Университет Эдмонта», расположенную на глубине 20 м, с поверхностью.

Данный проект был выбран для презентации на конференции не случайно. Дело в том, что тоннелепроходческий комплекс фирмы «Ловат» во время строительства тоннеля вел проходку на глубине 2,5 м под действующим тоннелем коммунальных сооружений, затем – под многоуровневым парковочным комплексом на глубине 6 м в сложном грунте, состоящим полностью из мелкозернистого песка.

Более подробную информацию об этом уникальном проекте читайте в следующем номере журнала.



ATLAS CORPСО ПРИОБРЕТАЕТ BAKER HUGHES MINING TOOLS

Atlas Copco North America Inc. подписала соглашение о покупке Baker Hughes Mining Tools, одной из компаний Hughes Christensen, являющейся предприятием Baker Hughes Incorporated.

Годовой доход Baker Hughes Mining Tools оценивается суммой в 40 млн долл. США, штат компании состоит из 176 человек. Она является ведущим производителем расходных компонентов, используемых в технологиях вращательного бурения и бурения снизу вверх. Приобретенный бизнес станет частью компании Secoroc, специализирующейся в производстве строительного и горнопроходческого оборудования. Приобретение позволит Atlas Copco

Secoroc пополнить существующий ряд выпускаемых фирмой расходных компонентов бурения. Это соответствует стратегии в области строительного и горнопроходческого оборудования, поскольку обеспечивает расширение ассортимента продукции, выставяемой фирмой на рынки оборудования для бурения с поверхности и бурения снизу вверх, и увеличение доходов за счет использования этой продукции.

Приобретение усилит позиции Atlas Copco в области расходных компонентов бурения снизу вверх и позволит компании стать участником рынка расходных компонентов бурения горных выработок с поверхности.



СБОЙКА НА ТАЙВАНЕ АВТОДОРОЖНОГО ТОННЕЛЯ, ПЯТОГО В МИРЕ ПО ПРОТЯЖЕННОСТИ

16 сентября 2004 г. Тайвань праздновал завершение проходки тоннеля, являющегося восьмым такого рода сооружением, построенным с 2000 г. на Тайване, и пятым в мире по протяженности. Президент Чен Шуй-биан и премьер-министр Ю Ший-кун нажали кнопку взрыва последнего блока породы у портала восточного тоннеля.

Тоннель Суешан («Снежная гора») длиной 12,9 км является частью 31-километровой скоростной автомагистрали «Бейи» Тайпей – Илан, проходящей через горы и речные долины северо-восточной части Тайваня. Тоннельный комплекс Суешан включает два главных тоннеля (западный и восточный) и пилотный тоннель. Сбойки пилотного тоннеля произошли в июле 1991 г. и в октябре 2003 г., западного – в июле 1993 г. и 14 марта 2004 г., восточного – в июле 1993 г. и 16 сентября 2004 г.

Работы были начаты 15 июля 1991 г. с помощью тоннелепроходческих механизированных комплексов малого диаметра. В 1993 г., когда начались работы по проходке основных тоннелей, были задействованы два ТПМК большего диаметра, один – на трассе восточного тоннеля, другой – западного, причем оба ТПМК начали про-

ходку с восточных порталов. Стоимость комплексов – около 70,4 млн долл. США. Однако ввиду сложных инженерно-геологических условий, наличия разломов и мощного водопритока, проходка тоннелей сильно затянулась. Рабочим постоянно приходилось бороться с разломами сложной конфигурации и иными трудностями, что постоянно снижало темп проходки. Ввиду наличия многочисленных полостей, а также вследствие проникновения в тоннель воды, образования грязевых потоков и обвалов горной породы, вызываемых высоким напором грунтовых вод, дату завершения объекта, работы на котором начались 13 лет назад, пришлось перенести четыре раза. Во время аварий погибло 11 человек. Для ускорения строительства было принято решение организовать проходку буровзрывным способом из дополнительных забоев от вентиляционного ствола II для всех трех тоннелей и из дополнительного забоя от промежуточного ствола III для западного тоннеля. В декабре 1997 г., ввиду мощного прорыва воды в западный тоннель и его разрушения, пришлось бросить один поврежденный ТПМК. Работы на объекте были приостановлены на год. Для осуществления проходки большей части



Восточный портал в день завершения

западного тоннеля был использован ТПМК меньшего диаметра. Эти работы были завершены в прошлом году.

Таким образом, в работе находился только один ТПМК большого диаметра – тот, что использовался для проходки восточного тоннеля. С помощью этого ТПМК была осуществлена и 12 августа 2004 г. завершена проходка горного участка длиной 6,8 км.

Несколько лет назад консультанты из разных стран прекратили давать советы по поводу того, что делать с неблагоприятным объектом, однако Тайвань продолжал проходку наиболее сложного участка комплекса – тоннеля для движения в восточном направлении. На этом участке было встречено, по крайней мере, шесть разломов, имел место мощный приток грунтовых вод, проходку пришлось вести в очень крепком песчанике. Все это создавало громадные трудности для инженеров. Од-



Внутренний вид тоннеля

нажды за сутки пришлось 13 раз менять буровой инструмент на буровом комбайне.

Тоннели Суешан, Пинглин и Луодонг позволяют сократить время поездки из Тайпея в расположенный в северо-восточном направлении Илан с 2,5 ч до 30 мин. Официальное открытие автомагистрали Тайпей – Илан намечено на конец 2005 года после устройства обделки и установки систем освещения, вентиляции, энергоснабжения и организации движения.

Ввиду сложности объекта, его пришлось строить за большие деньги; стоимость строительства составила 1,8 млрд долл. США.

Самым протяженным автодорожным тоннелем в мире является тоннель Лазрдал в Норвегии (24,5 км), далее следуют 18-километровый тоннель Жонгнаншань в Китае (находится в стадии строительства), Гютардский тоннель в Швейцарии длиной 16,9 км и 14-километровый тоннель Арлберг в Австрии.



МЕТРОПОЛИТЕН В КАЗАНИ - КОМПЛЕКСНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПУСКА

Ю. Е. Крук,

генеральный директор
АНО «Инвестстройметро»

Город Казань – столица Республики Татарстан – один из крупных промышленных, административно-хозяйственных и научно-культурных центров России, важный железнодорожный узел на магистрали Москва – Екатеринбург, водный транспортный узел на р. Волге, автодорожный транспортный узел на кратчайшей связи Москва – Уфа – Челябинск.

С целью улучшения транспортного обслуживания горожан генеральным планом развития г. Казани было принято решение о необходимости разработки технико-экономического обоснования на строительство метрополитена. Программа его развития предусматривает сооружение трех линий общей протяженностью 46 км.

Согласно Указу Президента Российской Федерации от 01.09.1999 г. № 1141 «О праздновании 1000-летия основания г. Казани» Постановлением Правительства Российской Федерации от 28.01.2000 г. № 79 утвержден состав Государственной комиссии под председательством Президента Российской Федерации В. В. Путина.

С 2001 по март 2004 г. проведено пять заседаний Государственной комиссии. Во всех их решениях было отмечено «считать приоритетным ввод в эксплуатацию пускового комплекса метрополитена» к празднованию 1000-летия основания города Казани, как социально значимого городского транспортного объекта, решающего жизнеобеспечение сотен тысяч жителей города.

В поручениях Президента Российской Федерации В. В. Путина от 24.03.2002 г. № Пр-523 и 18.11.2002 г. № Пр-2028 четко обозначено: «принять решения, обеспечивающие строительство и пуск первого участка первой линии метрополитена в г. Казани в 2005 году, и выделить средства на основе технологически обоснованной потребности на 2003–2005 гг. в сумме 12,53 млрд р».

Во исполнение указанных поручений В. В. Путина и в целях гарантированного обеспечения ввода в эксплуатацию участка метрополитена к указанному сроку с рациональной концентрацией финансовых и материальных ресурсов, Комиссией бывшего Госстроя России по определению технологически обоснованной потребности в средствах на строительство метрополитена, был рекомендован к утверждению пусковой комплекс первой линии метрополитена от ст. «Кремлевская» до ст. «Турки» длиной 8,67 км (в двухпутном исчислении) с пятью станциями.

Начиная с 2001 г. Комиссия бывшего Госстроя России при формировании обоснованной потребности капитальных вложений на 2002–2005 гг. определяла их необходимые объемы с корректировкой по годам с учетом фактического финансирования, со своевременным представлением материалов (бюджетная заявка) в Минфин и Минэкономразвития России, а также в Кабинет министров Республики Татарстан.

Отчетливо понимая, что утвержденный пусковой комплекс требует значительных финансовых и материальных средств и необходимых технически оснащенных мощностей специализированных профессиональных строительных (метрострой) организаций, а также проектных институтов, администрацией города Казани и АНО «Инвестстройметро» (техническое сопровождение) была разработана Концепция «Казанский метрополитен – начало XXI века», которая одобрена Рабочей контрольной группой бывшего Госстроя России.

Принимая во внимание **ограниченность сроков строительства пускового комплекса, главная задача Концепции** состояла в том, чтобы организационно и технически найти решения максимального увеличения скоростей проходки перегонных тоннелей метрополитена с необходимой потребностью количества современных механизированных тоннелепроходческих комплексов и определения типа и материала конструкции станционных комплексов, максимально-



Заседание Рабочей контрольной группы 8 сентября 2004 г.

го сокращения сроков строительства. В Концепции также было уделено внимание техническому оснащению метрополитена, монтаж оборудования которого тоже требует значительного времени.

С учетом зарубежного и отечественного опыта был определен главный принцип – изготовление блочно-ресурсного оборудования.

Концепция предусматривает внедрение в строительство и техническое оснащение метрополитена современных технологий, материалов, оборудования и средств автоматизации, отвечающих требованиям и достижениям отечественной и зарубежной практики.

В составе Концепции разработана и утверждена новая система автоматизации пускового комплекса метрополитена. Эта система, впервые в отечественной практике, создана для пускового комплекса Казанского метрополитена. Она призвана решить вопросы комплексного оснащения устройствами автоматики, сигнализации и связи, включая подвижной состав нового поколения.

Одновременно разработана система управления метрополитеном с новой структурой эксплуатационного персонала, которая позволяет сократить эксплуатационные расходы до 10 %.

Во исполнение поручений Президента Российской Федерации В. В. Путина в части безусловного обеспечения ввода в эксплуатацию пускового комплекса Казанского метро в 2005 г., кроме выше сказанного, в 2003–2004 гг. осуществлены следующие мероприятия:

- создана Рабочая контрольная группа, которая четырежды

с выездом на место проводила комплексный контроль хода строительства всех объектов пускового комплекса;

- по требованию Рабочей группы Управлением по строительству метрополитена администрации города Казани совместно с КУП «Казметрострой» и институтом «Казгражданпроект» при техническом руководстве АНО «Инвестстройметро» разработаны «Комплексные мероприятия, обеспечивающие ввод пускового комплекса в эксплуатацию в 2005 г.»;

- 27 января и 8 сентября 2004 г. были проведены в бывшем Госстрое России и в Федеральном агентстве по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству специальные совещания «О ходе строительства и обеспечении ввода в эксплуатацию в 2005 г. пускового комплекса метрополитена в г. Казани».

Как в протокольных решениях Рабочей контрольной группы, так и на указанных совещаниях принимались соответствующие решения по безусловному обеспечению ввода в эксплуатацию в 2005 г. пускового комплекса метрополитена и неоднократно направлялись письма Президенту Российской Федерации, Президенту Республики Татарстан, Председателю Правительства Российской Федерации, министру финансов России, премьер-министру Кабинета министров Республики Татарстан.

Это дало положительные результаты, особенно по обеспечению дополнительного финансирования как по доле федерального бюджета, так и по доле бюджета Республики Татарстан. 

НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ПРОБЛЕМАМ ТРАНСПОРТА

В. В. Космин,
ОАО «Корпорация
«Трансстрой»

В рамках празднования полувекового юбилея образования Министерства транспортного строительства СССР утвержденный Правительством Российской Федерации Организационный комитет по подготовке и проведению юбилейных мероприятий, посвященных 50-летию отрасли «Транспортное строительство», организовал научно-практическую конференцию «Развитие транспортной инфраструктуры России в современных условиях». Тематика докладов и сообщений, представленных на конференции, охватывала итоги развития отрасли за полувековой период, в том числе: участие транспортных строителей в реализации государственных задач по подъему и развитию экономики страны; формирование транспортных коридоров на территории страны; проблемы проектирования, строительства и эксплуатации объектов железнодорожного, автомобильного, водного и воздушного транспорта; современные технологии строительства транспортных объектов; современный производственный и научно-технический потенциал организаций транспортного строительства.

Открывая конференцию, заместитель председателя юбилейной комиссии, доктор экономических наук, действительный член Российской академии транспорта и Российской академии архитектуры и строительных наук, Герой Социалистического Труда, первый вице-президент Корпорации «Трансстрой» Е. В. Басин подчеркнул, что проблемы создания и совершенствования транспортной инфраструктуры на современном этапе привлекают внимание на всех уровнях государственного управления. Ей уделяется первоочередное значение в задачах, поставленных перед экономикой и транспортом Президентом Российской Федерации В. В. Путиным, в связи с предстоящим удвоением валового внутреннего продукта страны.

На конференции выступили: директор Департамента государственной политики в области железнодорожного транспорта Ми-

нистерства транспорта Российской Федерации С. Д. Жусупов, генеральный директор ОАО «ЦНИИС» академик РАТ А. П. Сычева, руководитель Федерального агентства железнодорожного транспорта М. П. Акулов, генеральный директор ОАО «Севзапморгидрострой» (Санкт-Петербург) академик РАТ Ю. Н. Фомин, ректор СГУПС (Новосибирск), д-р техн. наук, проф. К. Л. Комаров, вице-президент РАТ, директор Института проблем транспорта РАН (Санкт-Петербург), д-р техн. наук, проф. О. В. Белый, генеральный директор ФГУП «Союздорнии» (Московская обл.), академик РАТ, проф. В. М. Юмашев, заместитель Председателя СОПС при РАН и Минэкономразвития РФ чл.-корр. РИА В. Н. Разбегин, генеральный директор ОАО «Иптротрансмот», академик РАТ Г. П. Корнухов, проректор МАДИ (ТУ), д-р техн. наук, проф. П. И. Поспелова, директор Института пути, строительства и сооружений МИИТа, д-р техн. наук, проф. В. П. Мальцев, заместитель председателя Совета АО «BMGS», Рига (Латвия), д-р техн. наук Н. И. Бурин, академик РАТ, первый заместитель председателя правления Тоннельной ассоциации России (Москва) С. Н. Власов, д-р техн. наук, проф. В. И. Грицык (РГУПС, Ростов-на-Дону).

В рамках юбилейных торжеств состоялась встреча руководителей Корпорации с руководителями организаций транспортного строительства России и зарубежными гостями. Президент Корпорации «Трансстрой» В. А. Брежнев вручил большой группе руководителей, многие годы проработавших в отрасли, юбилейные знаки отличия «За заслуги в транспортном строительстве». Поздравляя удостоенных почетного отраслевого знака, В. А. Брежнев отметил, что это те, кто всегда делал погоду в транспортном строительстве, кто стоял у истоков создания Министерства транспортного строительства СССР, кто сумел в труднейших условиях экономической перестройки сохранить потенциал отрасли, проявил стойкость и мудрость при проведении акционирования организаций транспортного строительства, подчеркнул преданность награжденных делу транспортного строительства,



Президиум конференции



В. А. Брежнев вручает В. П. Абрамчуку юбилейный знак отличия «За заслуги в транспортном строительстве»



Участники конференции, среди которых много зарубежных гостей

его идеям и традициям. В. А. Брежнев, отмечая, что у транспортных строителей счастливая специальность, благодарное поле деятельности, подчеркнул, что их труд всегда будет приносить пользу людям, стране, ее экономике, выразил уверенность, что 100-летие отрасли транспортного строительства, несомненно, состоится, и задача ветеранов – подготовить смену, тех, кто будет умножать их успехи в деле создания транспортной инфраструктуры России.

Во время встречи были вручены медали имени В. Г. Шухова за создание Лефортовского городского транспортного тоннеля в Москве. Вручая почетные медали, заместитель председателя Союза научных инженерных обществ (СНАО) России

В. М. Ситцев отметил высокий инженерный уровень специалистов транспортного строительства, которым уже вручено три премии имени В. Г. Шухова (из общего числа 19), в том числе две – за отечественные объекты (реконструкция МКАД и Лефортово). Медали были вручены первому вице-президенту Корпорации «Трансстрой», академику РАТ В. Л. Шварцману, Жан Луи Валетту (ВИНСИ, Франция) и Понтеру Рихтеру (Херренкнехт, Германия).

В период проведения юбилейных торжеств был организован «круглый стол» совместно с представителями зарубежных фирм, на котором обсуждался вопрос дальнейшего взаимодействия с российскими специалистами в области транспортного строительства.

ТОННЕЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ РОССИИ – ТРАНСПОРТНОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ

С. Н. Власов,

первый заместитель
председателя правления ТА России

Развитие народного хозяйства страны в послевоенный период вызывало настоятельную необходимость расширения строительства транспортной инфраструктуры страны: железных и автомобильных дорог, морских и речных портов, возведение на дорогах мостов и тоннелей, сооружение в городах метрополитенов. Разобщенность строительства этих объектов по разным ведомствам не способствовала активной их реализации. Поэтому в целях более интенсивного сооружения транспортных объектов, улучшения организации работ, выработки единой технической политики в августе 1954 г. было принято правительственное Постановление об организации Министерства транспортного строительства.

Сосредоточение в одной системе проектных, строительных, научно-конструкторских организаций по направлениям деятельности подотраслей транспортного строительства во многом способствовало концентрации усилий по возведению транспортных сооружений на высоком техническом уровне. Говоря современным рыночным языком, это был своеобразный холдинг, управляющий всем процессом возведения объектов: от идеи до сдачи в эксплуатацию. Создателями и организаторами этой системы, обеспечивавшими ее успешное развитие и продвижение, были Е. Ф. Кожевников, И. Д. Соснов. Особенно плодотворно это сказалось на такой технически сложной подотрасли, как метростроение.

Организованное ранее в составе бывшего НКПС Главное управление по строительству тоннелей и метрополитенов со своими подразделениями вошло в состав нового Министерства. Метростроение в нашей стране создавалось проектировщиками, строителями, научными работниками, объединенными в организациях Министерства.

К началу 1954 г. в стране был только один метрополитен – в Москве с протяженностью линий около 60 км, а к началу 1992 г. метрополитен в бывшем Советском Союзе уже эксплуатировался в 13-ти городах, а общая сеть составляла почти 600 км.

В результате сложились основополагающие принципы создания метрополитенов, которые позволили строить и эксплуатировать лучшее метро в мире по своей технической оснащенности, архитектурно-художественному оформлению и технологиям строительства.

За этот же период в сложных горных условиях построены десятки километров железнодорожных, автодорожных городских и пешеходных тоннелей. Это, прежде всего, про-

ложенные тоннели на железной дороге Абакан – Тайшет общей длиной более 12 км.

Крупнейшим шагом в создании новых технологий строительства стало сооружение 11-ти тоннелей на Байкало-Амурской магистрали и среди них самого протяженного на сети железных дорог – Северомуйского длиной 15,3 км, построенного в сложнейших инженерно-геологических условиях.

На автомобильных дорогах через Кавказский хребет между Северной и Южной Осетией проложен Рокский автодорожный тоннель длиной 4,4 км, а на обходной дороге вокруг Сочи введен в эксплуатацию Мацестинский тоннель – 2,5 км. В Москве на 3-м транспортном кольце построены три больших тоннельных пересечения, среди них – крупнейший в Европе городской автодорожный тоннель – Лефортовский.

Постоянное внимание вопросам развития науки и технологий, разработке и реализации программы «Мировой уровень» позволили создать эффективные тоннельные обделки, новые конструкции станций метрополитена, механизированные тоннелепроходческие комплексы, что обеспечило в Ленинграде проходку тоннелей с мировым достижением скорости 1250 пог. м в месяц; созданы специальные способы работ по преодолению сложных геологических условий.

В 1990 г. Министерство транспортного строительства было инициатором и главным учредителем Тоннельной ассоциации России, что дало возможность объединять на общественных началах тоннелестроительные организации, вырабатывать основные направления по возведению подземных сооружений.

Идея создания такой общественной организации зрела давно и исходила из того положения, что в стране разными ведомствами ежегодно выполнялись большие объемы работ по строительству подземных сооружений различного направления.

В городах – это тоннели метрополитенов и коммунальные, подземные гаражи, транспортные пересечения и подземные пешеходные переходы. На транспорте – это железнодорожные и автодорожные тоннели, продуктопроводы. На гидротехнических и водохозяйственных объектах – это деривационные и тоннели водосбросов, машинные залы подземных гидроэлектростанций, камеры различного назначения.

У истоков создания Ассоциации стояли Владимир Аркадьевич Брежнев и Олег Николаевич Макаров, которые много сделали для ее становления, продвижения и совершенствования работы. В. А. Брежнев и в настоящее время является председателем правления Ассоциации.

Хорошо известен зарубежный опыт, который говорит о том, что общественным науч-

но-техническим организациям разных направлений отдается предпочтение при разработке различных нормативно-рекомендательных документов, составления заключений и экспертиз по проектам, оценке и рассмотрению аварийных и нестандартных ситуаций на производстве.

Тоннельная ассоциация оказывает содействие разными формами и методами ускорению научно-технического прогресса, повышению эффективности и качества проектирования, строительства и эксплуатации подземных сооружений. Реализация этого направления деятельности была сосредоточена на следующих важных направлениях:

- организация и проведение научно-технических конференций и семинаров по различным техническим вопросам;
- разработка различных нормативных документов;
- проведение вневедомственных заключений и экспертиз по проектам;
- информационное обеспечение членов Ассоциации;
- сотрудничество с Международной Тоннельной ассоциацией и другими зарубежными Ассоциациями и фирмами.

Работа строилась так, чтобы, реализуя основные цели Ассоциации по важным проблемам тоннелестроения, оказывать содействие организациям транспортного строительства, привлекать к ним возможно больше специалистов – членов Ассоциации.

Так, еще в 1990 г., в первый год деятельности Ассоциации, в Подмоскowie на строительстве уникального подземного комплекса АН СССР, которое осуществляло Министерство транспортного строительства, было проведено совещание по вопросам механизированной проходки тоннелей. В дальнейшем такие совещания и встречи стали традицией.

В 1996 г. на проведенном Международном семинаре по подводным транспортным тоннелям впервые были подняты вопросы о строительстве подводных тоннелей под Татарским и Беринговыми проливами. По его результатам Корпорация «Трансстрой» и Тоннельная ассоциация России выступили с инициативой в Правительстве РФ о необходимости возобновления работ по сооружению тоннеля под Татарским проливом.

В Санкт-Петербурге в 1998 г. была проведена одна из первых Международных конференций в России по освоению подземного пространства.

Ряд совещаний был посвящен сооружению тоннелей на автодорожной магистрали вдоль Черноморского побережья обходной дороги вокруг г. Сочи и новой автомобильной дороги на Красную Поляну.

В планах работ – рассмотрение строительства тоннелей на новой магистрали Туапсе –



Международная тоннельная конференция в Москве, октябрь 2002 г.



Международная выставка «Подземный город», март 2004 г.

Адлер, а также возможность прокладки тоннеля под Керченским проливом, городских подводных тоннелей в Санкт-Петербурге.

Другой формой участия Ассоциации в решении технических вопросов является организация под руководством Научно-технического Экспертного Совета консультаций, составление заключений, экспертиз по промышленной безопасности для объектов транспортного строительства. Большая работа в этом направлении была проделана на строительстве тоннелей в Лефортове в Москве, тоннелей в зоне «Размыв» Санкт-Петербургского метрополитена, по ряду тоннелей, сооружаемых Южной горно-строительной компанией в Краснодарском крае, и других объектах.

На реконструируемых железнодорожных тоннелях линии Абакан – Тайшет и на Дальнем Востоке также проводятся экспертизы тоннелей совместно с Новосибирским отделением на базе Новосибирского университета путей сообщения.

Был выполнен ряд нормативных документов и среди них – участие в разработке СНиП и СП по проектированию и строительству метрополитенов, Рекомендаций по устройству опережающих сводов из труб при проходке тоннелей. В 2002–2003 гг. разработаны «Московские городские строительные нормы по бестраншейной прокладке коммуникаций», которые утверждены в августе 2004 г. № 530-ПП. Они зарегистрированы Госстроем как территориальные нормы ТСН 40-303-2003 г. Москвы, и, с разрешения правительства Москвы, могут применяться в разных регионах России.

В 2002 г. Тоннельная ассоциация России разработала Правила по технике безопасности на возведении подземных сооружений, утвержденных Госгортехнадзором России. Это – все новые нормативные документы, на основании которых будут строить тоннели и коммуникации в ближайшие 15–20 лет.

Большое внимание в работе Тоннельной ассоциации России уделяется вопросам проектирования и строительства транспортных тоннелей, новым технологиям и опыту их применения, информация о которых поступает через журнал Ассоциации «Метро и тоннели». Секция информации Ассоциации совместно с СКТБ Тоннельметро-строения в рамках производственно-техничес-

кого отчета о прокладке Байкало-Амурской магистрали, который делал Минтрансстрой, разработала и издала книгу «Тоннели БАМа», раскрывающую опыт строительства этих уникальных тоннелей.

В настоящее время аналогичная работа ведется по отчету о сооружении тоннелей 3-го транспортного кольца Москвы, которое осуществляла Корпорация «Трансстрой».

Тоннельная ассоциация России и далее готова, в рамках своей деятельности, оказывать различные инженеринговые услуги транспортному строительству, активно содействовать ускорению научно-технического прогресса в тоннельной отрасли.

Потребность в таком содействии все время возрастает, т. к. на железных и автомобильных дорогах расширяется тоннельное строительство, продолжается сооружение метрополитенов, в городах активно ведется освоение подземного пространства, прокладываются сотни километров инженерных коммуникаций, возводятся подземные гаражи и склады, а на сооружаемых транспортных трубопроводных системах пересечение водных и горных преград осуществляется через тоннели.

В своей работе мы опираемся на научно-технический потенциал организаций и предприятий в разных регионах России – членов Ассоциации и всегда готовы участвовать в решении сложных вопросов транспортного тоннельного строительства.



Вручение дипломов почетным членам ТА России, В. М. Абрамону (вверху), Г. В. Макаревичу (внизу)



Д-р М. Хренкхет на осмотре экспозиции по строительству лефортовского тоннеля в Москве

«ХЕРРЕНКНЕХТ ТОННЁЛЬСЕРВИС» 10 ЛЕТ УСПЕШНОЙ РАБОТЫ



15 октября 2004 г. в одном из лучших итальянских ресторанов Москвы «Капри» фирма «Херренкнехт тоннельсервис» отметила 10-летие своей деятельности на российском рынке.

Эта дата считается у подземных строителей днем начала развития бестраншейной технологии в России.

На торжественном банкете присутствовал первый заместитель руководителя Департамента градостроительной политики г. Москвы А.Н. Левченко, что говорит о большой заинтересованности руководства Москвы в развитии и внедрении современных методов подземного строительства, в том числе и микротоннелирования. Среди приглашенных так же присутствовали Г.И. Муравин (ООО «Организатор»), В.Г. Лернер (ОАО «Мосинжстрой»), руководители и представители строительных и проектных организаций: Метрострой СПб, Каналстройпроект, Управление канализации Мосводоканала, СУПР, Трансстройтоннель-99, Геотон, ТА России, РОБТ и др.



М. Л. Пейсоченко,
генеральный директор
«Херренкнехт тоннельсервис»

Прошло 10 лет с того момента, как впервые в Москву был привезен микрошит AVN 400 фирмы «Херренкнехт АГ». Сегодня только на Московских строительных пло-

бурги и несколько крупнейших промышленных центров могут позволить себе отказаться от мешающих жизни города традиционных методов строительства.

Фирма «Херренкнехт АГ» стремится адаптироваться к условиям российского рынка, предлагая различные варианты сотрудничества. Сложности с финансированием являются основной причиной для отказа от применения микротоннелепроходческих комплексов. В связи с этим ЗАО «Херренкнехт тоннельсервис» – дочернее предприятие головной компании «Herrenknecht AG», проводя техническую и коммерческую политику компании, предлагает различные условия приобретения техники: аренда, аренда с выкупом, лизинг, рассрочка платежей. Мы стараемся совершенствовать нашу сервисную базу, связанную с поставкой запасных частей и предоставлением услуг операторов. Надеемся, что в ближайшее время в России будет открыто производство отдельных частей тоннелепроходческого оборудования фирмы «Херренкнехт АГ», что позволит изменить нашу ценовую политику. Значи-



Вернер Сум,
вице-президент «Херренкнехт АГ»

Первые микротоннелепроходческие установки фирмы «Херренкнехт АГ» для возведения объектов с использованием технологии «экрана из труб» были введены в эксплуатацию в Москве уже в начале 1996 г. Этот метод хорошо зарекомендовал себя при сооружении автодорожных тоннелей больших диаметров при пересечении железнодорожных путей на небольшие расстояния и с незначительным перекрытием.

Преимущества применения технологии микротоннелирования признали и в таких городах России, как Санкт-Петербург, Омск, Сургут, Пермь и Нижний Новгород.

В настоящее время идет постоянное увеличение диаметра тоннелепроходческих машин фирмы «Херренкнехт АГ», заказываемых для России. Так, с помощью машины для бурения шахт VSM 7700 в Санкт-Петербурге будут построены шахты внутренним диаметром от 5,5 до 7,7 м. Поставка этой машины планируется на январь 2005 г. Проект в Санкт-Петербурге является очередным доказательством доверия к нашей технике и нашим инновациям.

В ближайшее время в России будет открыто производство отдельных частей тоннелепроходческого оборудования фирмы «Херренкнехт АГ», что позволит изменить нашу ценовую политику

щадках работает 19 микротоннелепроходческих комплексов и 9 бурошнековых установок нашей фирмы. В других городах России – еще 16 микрошитов. Это очень хорошие результаты, если принять во внимание, как сложно осуществлялось внедрение микротоннелирования в России.

Сегодня никто из строительных компаний и проектных институтов не будет оспаривать очевидные преимущества бестраншейных технологий. Наконец произошел перелом сознания, и люди научились думать о себе, об окружающем мире. Обидно сознавать, что пока лишь только Москва, Санкт-Петер-

тельную часть капитала компания «Херренкнехт АГ» вкладывает в разработку новых технологий производства, что способствует улучшению предлагаемого нашим заказчикам оборудования.

Я хочу поздравить всех наших партнеров – правительство Москвы, строительные компании, проектные институты, общественные организации с 10-летним юбилеем начала освоения микротоннелирования в России. Хочу поблагодарить всех за сотрудничество и огромную поддержку, оказываемую нам в продвижении технологии микротоннелирования, пожелать успехов и удачи!





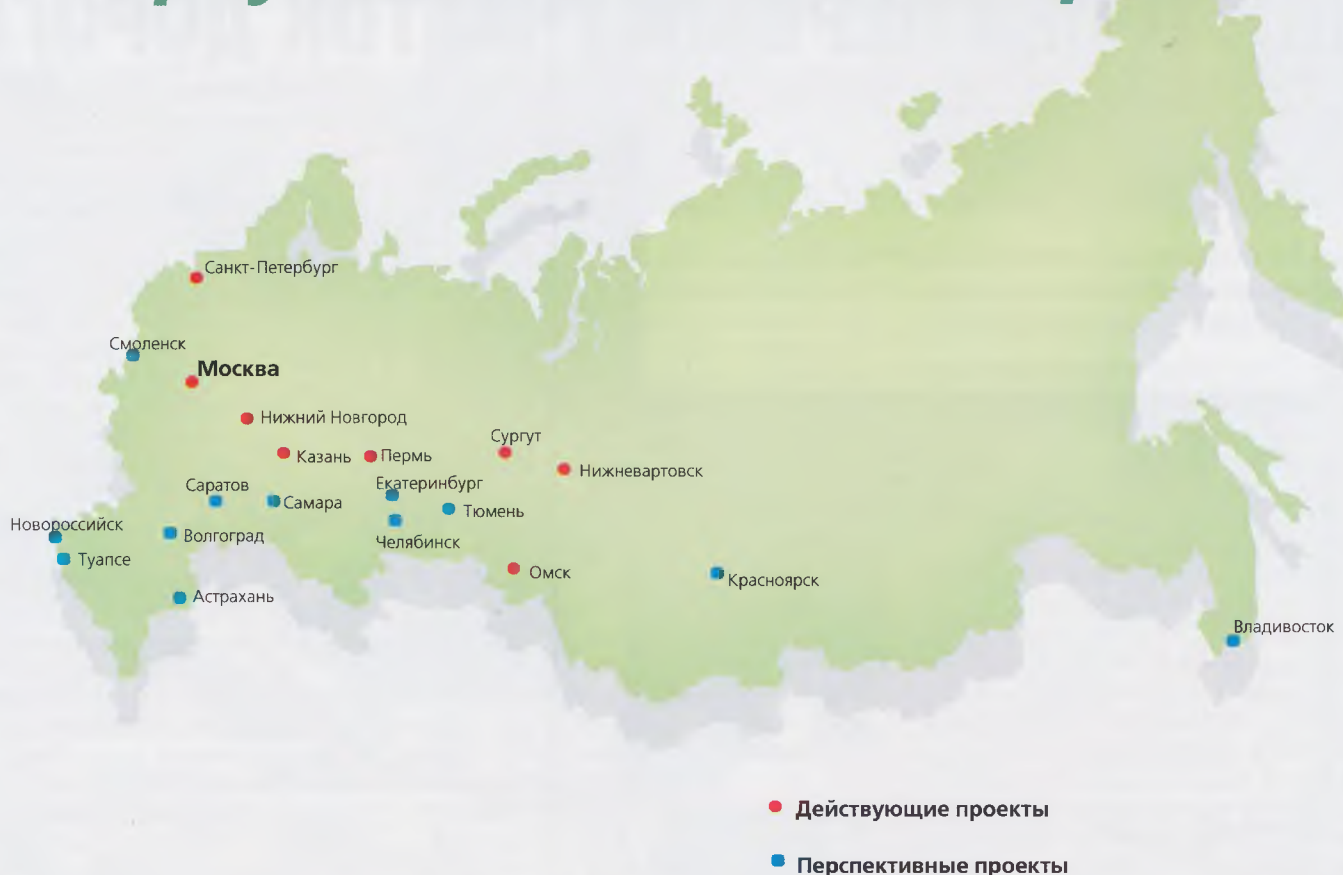
А. Н. Левченко,
первый заместитель
руководителя Департамента
градостроительной политики,
развития и реконструкции
г. Москвы

В октябре 2004 г. исполнилось 10 лет с того времени, когда впервые в Москве и России была осуществлена бестраншейная прокладка канализационного коллектора с применением технологии микротоннелирования. У истоков этого важного события стояли ГУП «Мосводоканал», Тоннельная ассоциация России, Мосинжстрой и его организации. Германская фирма «Херренкнехт АГ» предоставила на правах аренды ТПМК AVN 400.

Бестраншейная прокладка коммуникаций должна стать достоянием не только некоторых столичных городов, но и всех республиканских и областных центров России. Поэтому в ближайшее время должна быть проведена работа по организации производства отечественных микротоннелпроходческих комплексов: изысканы и выделены средства для разработки конструкторской документации, определено инициативное предприятие, которое могло бы изготавливать оборудование для этих целей. Видимо, это должно делаться с участием Агентства по строительству РФ, Тоннельной ассоциации России, НП «РОБТ» и других заинтересованных организаций, а также зарубежных фирм, которые могут инвестировать денежные средства на эти цели. **МТ**



Присутствие ХТСР на Российском рынке

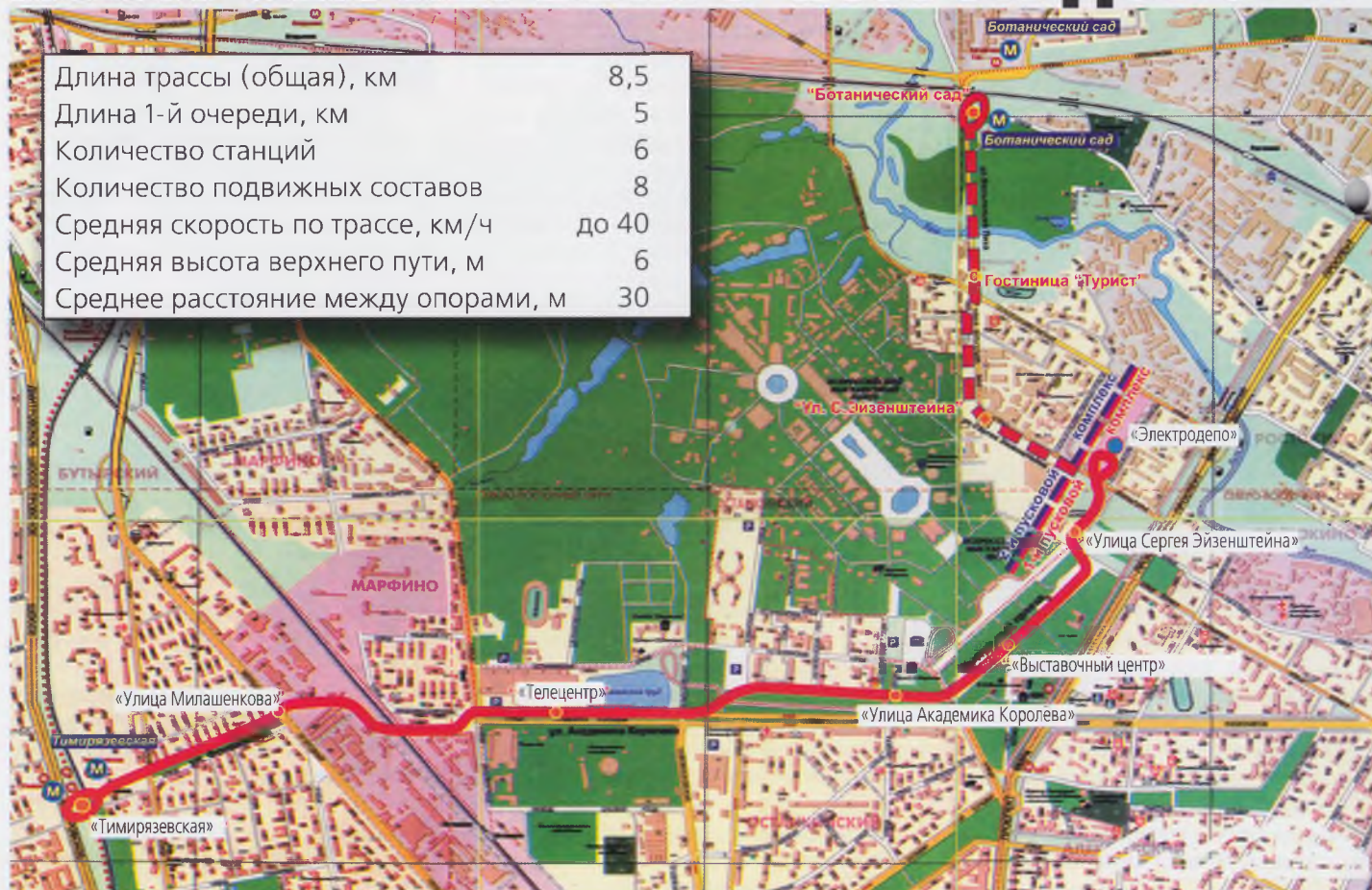




МОНОРЕЛЬС

ПОСТРОЕН ПЕРВЫЙ УЧАСТОК ДОРОГИ

Длина трассы (общая), км	8,5
Длина 1-й очереди, км	5
Количество станций	6
Количество подвижных составов	8
Средняя скорость по трассе, км/ч	до 40
Средняя высота верхнего пути, м	6
Среднее расстояние между опорами, м	30



Т. Г. Шевченко,
инженер
А. В. Пчелин,
ГИП комплекса,
ОАО «Проекттрансстрой»

Завершена прокладка первого участка монорельсовой транспортной дороги длиной свыше 5 км с шестью станциями и депо.

Проект Московской монорельсовой транспортной системы общей протяженностью около 8 км разработан институтом «Проекттрансстрой».

Краткая характеристика района проложения трассы

Трасса первого участка монорельсовой системы проходит по сложившейся городской застройке территории Северо-Восточного административного округа Москвы, богатой историко-культурными памятниками, где затруднено сооружение новых направлений трочно-дорожной сети для движения других видов общественного транспорта.

Сооружение линии монорельсовой дороги улучшит транспортное обслуживание жилых районов Свиблово, Ростокино, Алексеевский, Останкинский, Марфино, свяжет их с объектами многофункционального градостроительного комплекса, в том числе с Всероссийским выставочным центром и Главным ботаническим садом РАН, которые обладают значительными ресурсами по культурно-бытовому обслуживанию большого количества москвичей и гостей столицы.

Монорельсовая транспортная система, не ухудшая экологию, органично включится в городское пространство, в общегородскую транспортную сеть за счет удобных пересадочных узлов, увязанных с существующими остановочными пунктами других видов общественного транспорта. Не имея помех со стороны наземных транспортных потоков, монорельсовая система, минуя «пробки» на магистральных улицах города, значительно сэкономит время пассажиров в пути, обеспечит максимальное удобство, комфорт и безопасность поездок.

Линия 1-го пускового комплекса начинается от станции метро «Тимирязевская». Далее она проходит по ул. Фонвизина, ул. Академика Королева, Продольному проезду и заканчивается на территории электродепо на ул. Сергея Эйзенштейна. Здесь предусмотрена кольцевая организация движения электроподвижного состава. Разворотные кольца находятся за станцией «Тимирязевская» и на территории электродепо.

Местоположение станции «Тимирязевская» и разворотного кольца принято в увязке с архитектурной концепцией развития данной территории, как современного многопрофильного торгового центра. Ее планово-высотное положение даст возможность перспективы дальнейшего развития линии монорельсы с разборкой разворотного круга без переустройства подходов к станции.

В целях максимального сохранения «зеленых» зон вдоль ул. Академика Королева на

В сентябре 1999 г. создан новый институт «Проекттрансстрой», предназначенный для оперативного решения проектно-изыскательских задач в области транспортного строительства.

В структуре института предусмотрены производственные подразделения по проектированию автомобильных и железных дорог, новых видов транспорта, путепроводов, эстакад, мостов, подпорных стен, водопропускных труб, тоннелей и путепроводов тоннельного типа, зданий и сооружений, выполнению топографо-геодезических, инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий.

Проектирование ведется исключительно на электронных цифровых моделях местности с использованием высокопроизводительных и эффективных компьютерных программ. В распоряжении специалистов имеется большое количество оргтехники.



участке от примыкания Новомосковской улицы до Продольного проезда проектом принято решение о совмещении транспортных коридоров: проектируемого ММТС и существующего для трамвайного движения. При этом ось ММТС проложена над осью трамвайных путей.

Гидрогеологические условия

Характерной особенностью геологического разреза на одном участке является наличие под насыпными и мореными грунтами флювиогляциальных отложений окскоднепровского межледникового, представленных, в основном, пылеватыми водонасыщенными песками, реже – мелкими и средней крупности, с маломощными прослоями суглинков. Пески плотного сложения и являются хорошим основанием для свайных фундаментов. Подстилаются флювиогляциальные отложения суглинками и глинами верхнеюрского возраста большой (более 10 м) мощности.

На другом участке – наличие в верхней части разреза под насыпными грунтами аллювиальных верхнечетвертичных отложений р. Яузы, представленных преимуще-

ственно песками разной крупности средней плотности, реже – суглинками мягкого и тугопластичной консистенции.

Продольный профиль трассы

Условия расположения трассы оказались очень сложными. На всем ее протяжении находятся многочисленные водопроводы, газопроводы, коллекторы, кабельное хозяйство, высоковольтные, низковольтные и телефонные сети. Поэтому места устройства опор выбирали таким способом, чтобы не затронуть эти подземные коммуникации.

В связи с этим ось эстакады смещена параллельно первоначальному положению в сторону проезжей части ул. Академика Королева на 15 м и проложена по местному проезду вдоль улицы за разделительной полосой (газон), отделяющей его от основной проезжей части улицы. При этом полностью сохраняется парковочная площадка, расположенная вдоль фасада здания телецентра.

При выборе местоположения опор эстакады основным руководящим фактором явилось исключение переустройства коммуникаций телецентра.

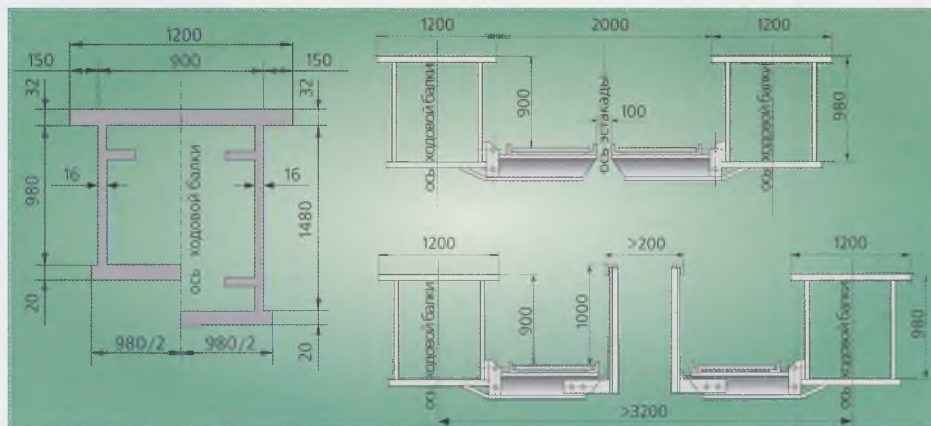


Рис. 1. Линейная часть монорельсовой системы

Линейная часть монорельсовой системы представляет собой эстакадную конструкцию средней высотой 7,0–7,5 м с металлическими пролетными строениями на монолитных железобетонных опорах (рис. 1). Две ходовые балки, являющиеся одновременно пролетными строениями, опираются на единую опору, за исключением участков станций островного типа и подходов к ним, а также кольцевых разворотов. Минимальное расстояние между осями ходовых балок, составляющее 3,2 м, учитывает ширину вагона электроподвижного состава, его габарит приближения и зазор безопасности 0,5 м между контурами габарита приближения составов противоположных направлений (как на прямолинейных, так и на криволинейных участках).

На участках, где предусмотрено параллельное положение ходовых балок (монорельсов) с опиранием на общую опору, продольный профиль запроектирован по осевой линии эстакады, подразумевая одинаковые высотные отметки монорельсов обоих направлений; для участков, где каждый монорельс опирается на свою опору (участки станций с островными платформами, подходы к ним и въезд-выезд из депо) – для каждого монорельса отдельно; в границах участков размещения станций – с нулевым уклоном.

Названия станций даны в соответствии с их территориальным местоположением:

- «Тимирязевская» – конечная, расположена на территории существующей ярмарки у одноименной станции метро;
- «Улица Милашенкова» – непосредственно за пересечением трассой ММТС ул. Милашенкова;
- «Телецентр» – на ул. Академика Королева, напротив здания телевизионного центра;
- «Улица Академика Королева» – расположена над трамвайными путями в районе примыкания к ул. Академика Королева улиц Аргуновская и Новомосковская;
- «Выставочный центр» – на Продольном проезде перед аллеей, ведущей к центральному входу на ВВЦ;
- «Улица Сергея Эйзенштейна» – на Продольном проезде между скульптурой «Рабочий и колхозница» и «Монреальским» выставочным павильоном.

Эстакада

Эстакада пересекает существующие железнодорожные пути Октябрьской железной дороги, крупные автомагистрали, малые строения, автостоянки и озелененные парковые уголки.

При выборе элементов конструкций эстакады проектировщики, в первую очередь, ориентировались на сложившийся архитектурный ландшафт места прохождения трассы.

Габарит пролетных строений эстакады монорельсовой дороги принят не менее 7500 мм

от существующего уровня головок рельсов трамвайного пути. В связи с этим проход контактных подвесок выполнен без разанкеровок несущих тросов с установкой отбойников на крайних балках. Для крепления конструкций контактной сети в балках эстакады предусмотрены специальные отверстия. Металлические части эстакады, конструкции узлов крепления контактной сети объединяются и заземляются на тяговый рельс через диодно-искровой промежуток. Нейтральные элементы соединяются между собой гибким проводом марки МГ-70 и заземляются на рельс наглухо.

На эстакаде над контактными подвесками и высоковольтными линиями установлены щиты ограждения.

Учитывая экспериментальный статус данного объекта, при расчетах конструкций рассматривались все возможные случаи сочетания нагрузок, действующих на строительные конструкции. Схемы сочетаний разработаны совместно специалистами ОАО «Московские монорельсовые дороги», ЦНИИС и ОАО «Проекттрансстрой».

На стадии «эскизный проект» были рассмотрены различные варианты конструкций опор из металла, железобетона и комбинированных, сталежелезобетонных. В ходе совместной работы специалистов Москомархитектуры и Московской государственной вневедомственной экспертизы, ОАО «Московские монорельсовые дороги», ЦНИИСа и ОАО «Проекттрансстрой» был принят вариант исполнения опор из железобетона.

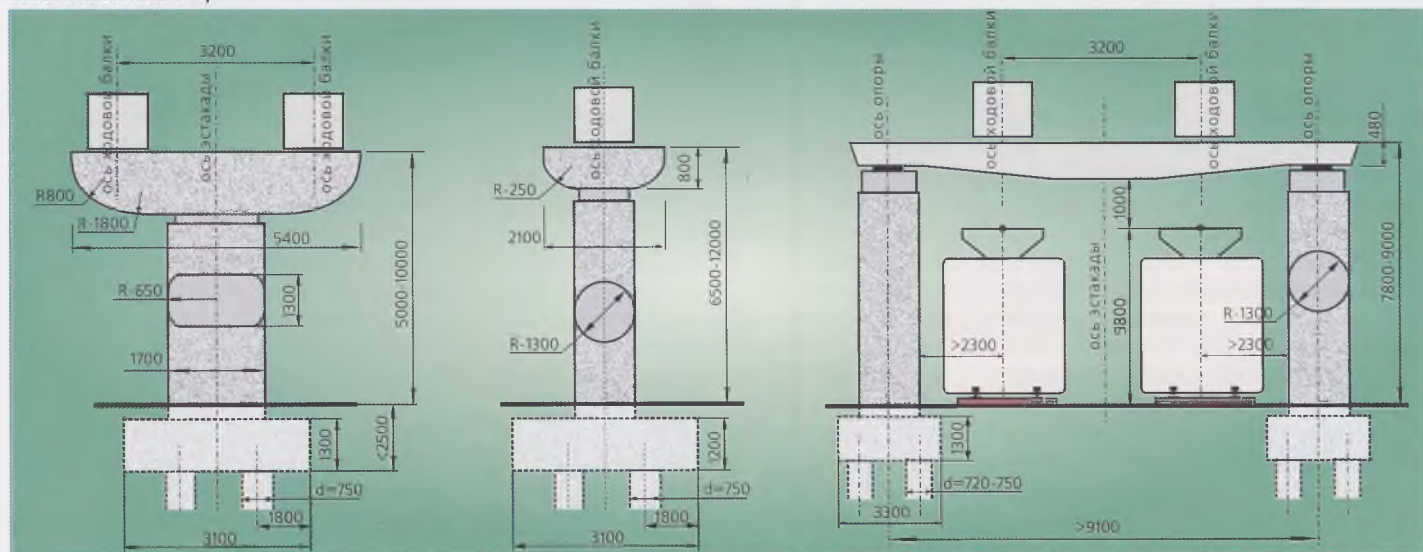
Опоры

Опоры рассчитаны под постоянные нагрузки (вес конструкции опор и пролетного строения) и временные (вес электроподвижного состава с пассажирами и без них, нагрузки от торможения и ускорения, центробежное ускорение, ветровые нагрузки).

В зависимости от условий проложения трассы и конструкций станций, в проекте принято 4 типа опор. Основной из них – монолитная опора под две ходовые балки (рис. 2). Она представляет собой:

- свайное основание на буронабивных или шнековых сваях диаметром 0,75 и 0,72 м

Рис. 2. Основной тип опор



соответственно, длиной от 15 до 25 м на монолитном ростверке с габаритными размерами $4,9 \times 3,1 \times 1,3$ м;

- тело опоры – шириной 1,7 м, толщиной 1,3 м и высотой от 5 до 10 м с едва обозначенной обечайкой в зоне сопряжения с ригелем;
- ригель опоры – монолитный, сложной архитектурной формы с габаритными размерами $5,4 \times 1,5 \times 1,2$ м с участком для объединения его с телом опоры и подферменниками.

Для уточнения глубины и количества свай в фундаментах на стадии строительства проводились испытания рабочих свай вертикальными статическими нагрузками на нескольких участках. Результаты оказались положительными и даже выше расчетных. Показатели и по буронабивным сваям и шнековым были одинаковыми.

Для удержания пролетного строения от опрокидывания и предотвращения «отлипания» опорных частей из-за воздействия ветровой нагрузки и центробежной силы в конструкции ригелей опор имеются анкерные устройства.

Для обеспечения безопасности движения автотранспорта, удобства пешеходного движения и исключения наезда автомашин на опоры эстакады ММТС выполнен ряд мероприятий по ограждению опор, основными из которых являются: установка металлического барьерного ограждения с повышенной энергоемкостью, устройство ограждающих островков, перенос бортового камня пешеходных тротуаров и др.

Электродепо по парковке и обслуживанию подвижного состава

Площадка, отведенная под строительство комплекса зданий и сооружений электродепо, расположена на территории трамвайного депо им. Баумана со стороны 1-го Сельскохозяйственного проезда в Северо-Восточном административном округе Москвы. Она представляет собой прямоугольник длиной 330 м и шириной 69 м (рис. 3).

Перед корпусом электродепо расположено разворотное кольцо, обеспечивающее движение на магистральной линии по кольцевой схеме.

Два роторных стрелочных перевода устроены для выхода подвижного состава из депо на магистральную линию.

Технологические пути огибают с двух сторон корпус депо и примыкают к въездным и выездным воротам парковочного поворотного устройства и обеспечивают спуск состава с отметки магистральной линии (+6,50) до отметки балки парковочного поворотного устройства (+1,20), за которым расположено мотодепо с короткими балочными тупиками, предназначенными для размещения основного подвижного состава и оборудования для обслуживания пути.

На период эксплуатации монорельсовой дороги предусмотрено обращение десяти составов, состоящих из шести малогабаритных вагонов. Общая вместимость поездов – 280 человек. Расчетная средняя скорость движения – 60 км/ч.

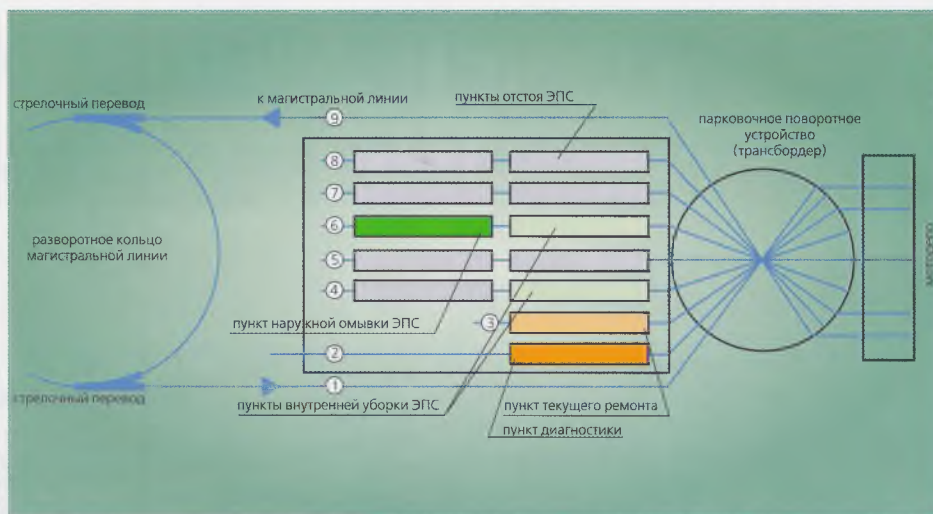


Рис. 3. Схема электродепо



Рис. 4. В депо: слева – пункт текущего ремонта, справа – диагностики



Рис. 5. На перегоне между станциями «Улица Милашенкова» – «Телецентр»

МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА МОНОРЕЛЬСОВОЙ ДОРОГИ

Г. М. Сандул

В 1999 г. при участии правительства Москвы было создано ОАО «Московские монорельсовые дороги» («ММД»), и утверждена программа «Московский монорельсовый транспорт», предусматривающая создание в Москве сети монорельсовых дорог.

ОАО «ММД» имеет свои инженерно-конструкторскую, производственную и испытательную базы, а также развитую кооперацию предприятий.

В соответствии с Постановлением правительства Москвы от 22.05.2001 № 463-ПП в сжатые сроки было выполнено проектирование и строительство уникального, не имеющего аналогов в России, комплекса, состоящего из 5-километровой трассы, шести станций и депо для обслуживания и парковки монорельсовых поездов.

Для монорельсовой транспортной системы отечественными производителями во главе с ОАО «ММД» разработан и изготовлен подвижной состав. В процессе его создания кооперацией предприятий выполнен большой объем НИОКР с целью внедрения новых технологий и технических решений в создаваемую технику.

Впервые в практике отечественного пассажирского транспорта использован тяговый привод на базе линейного электродвигателя. Это обеспечивает возможность эксплуатации поездов в суровых климатических условиях Московского региона, снижение шума



Поезд ММД въезжает на трансбордер

и повышение комфортности пассажиров. Все конструктивные решения направлены на максимальную безопасность, простоту и удобство в эксплуатации.

Общее число пассажиров в составе – до 284 человек. Максимальная скорость движения 50 км/ч, а средняя по маршруту с учетом остановок, разгонов и торможений – 36 км/ч.

Для управления электропоездами предусмотрена система управления с четырьмя режимами: автоматическим, полуавтоматическим, ручным и сервисным (в депо).

Монтаж электроподвижного состава на ходовую балку, а также настройка и наладка всех систем производились специалистами ОАО «ММД» и смежных организаций в депо.

Депо с отстойными и подъемными путями оборудовано поворотно-парковочным устройством – трансбордером, снабженным высокоточными датчиками стыковки для приемки и парковки составов.

Все процессы функционирования монорельсовой транспортной системы осуществляются с помощью системы диспетчерского управления.

Моющая установка для подвижного состава



Мобильный пульт дистанционного управления





Во время испытаний на станции «Улица Сергея Эйзенштейна»: С. П. Гольцов, зам. генерального директора по испытаниям ОАО «ММД»; Д. В. Климов, зам. начальника управления по строительству объектов городского заказа ОАО «Корпорация «Транстрой»; А. Н. Повольнов, зам. главного инженера по строительству ОАО «ММД»

Для этих целей в системе впервые применен мобильный пульт дистанционного управления, который позволяет диспетчеру осуществлять подачу команд управления по приему, выводу и маневрированию составов, находясь в любой точке депо.

На цветном цифровом табло пульта отражаются все процессы, происходящие в процессе маневрирования, положение электроподвижного состава в депо, показания трансбордера, светофоров и световых указателей.

Система диспетчерского управления реализована с элементами интеллекта: за несколько минут до планового (по графику) выхода состава на линию она напоминает диспетчеру предстоящем выезде, автоматически собирает маршрут движения, предлагает на экране табло подтвердить команду управления.

На табло отображается полная мнемосхема объектов управления депо с расположением электроподвижного состава в режиме реального времени; автоматически ведется журнал событий. В него заносятся все действия, команды, которые производит оперативный персонал при маневрировании в депо.

Группа разработчиков этой системы получила положительное решение на выдачу патента РФ на изобретение.

Полностью механизирован и процесс мойки подвижного состава. Моющая установка представляет собой передвижную раму с одной горизонтальной и двумя вертикальными щетками. По команде системы управления установка обходит профиль состава, не повреждая его внешних покрытий. На возвратном ее пути производится сушка вагонов сжатым воздухом. Вода после мойки поступает в специальные канавки, а затем — в резервуары, где производится ее очистка и происходит рециркуляция воды для повторного ее применения.



Диспетчерский пульт управления депо



Пути для отстоя составов

Перед сдачей в эксплуатацию Московской монорельсовой транспортной системы проведен длительный цикл испытаний, как подвижных составов, так и всех систем для их обслуживания.

Ходовые испытания поездов начались 1 сентября 2003 г. На конец октября нынешнего года пробег одного состава достиг свыше 10 тыс. км.

Руководил всеми испытаниями заместитель генерального директора ОАО «ММД» Гольцов Сергей Петрович.

В начальный период монорельсовая система будет эксплуатироваться в экскурсионном режиме.

После завершения строительства всей линии и оборудования всех станций Московская монорельсовая транспортная система будет функционировать в эксплуатационном регулярном режиме перевозки пассажиров.



Состав выезжает с трансбордера на линию

АРХИТЕКТУРА СТАНЦИЙ МОНОРЕЛЬСОВОЙ ДОРОГИ

В. С. Волович,
архитектор
Н. И. Шумаков,
главный архитектор
ОАО «Метротранс»

Первоочередной участок I очереди Московской монорельсовой транспортной системы связывает Серпуховско-Тимирязевскую и Калужско-Рижскую линии Московского метрополитена и идет от станции «Тимирязевская» до «ВДНХ». Участок включает в себя шесть остановочных пунктов: «Тимирязевская», «Улица Милашенкова», «Телецентр», «Улица Академика Королева», «Выставочный центр», «Улица Сергея Эйзенштейна». После последней станции на территории существующего трамвайного депо располагается депо для отстоя составов монорельсовой дороги.

Образная, типологическая составляющая объекта отвечает таким понятиям, как «новый вид транспорта», «скорость», «легкость», «индивидуальность», «запоминаемость».

Внешний облик станций напоминает традиционные для Москвы железнодорожные сооружения конца XIX – начала XX веков, ставшие сегодня классикой архитектуры. Яркий, запоминающийся образ соответствует новому для Москвы виду транспорта и является символом монорельсовой дороги столицы.

Объемно-планировочное решение всех станционных комплексов предусматривает двухуровневую структуру. На первом уровне на отметке земли располагаются кассовый зал, помещения службы сбора доходов и все необходимые служебные и технологические помещения. Здесь же размещается тяговая понижающая подстанция. На втором уровне на отметке пути монорельса находится посадочная пассажирская платформа.

На всех станциях нижний и верхний уровни соединены эскалаторной галереей со светопрозрачными стенами, в которой размещаются две или три ленты эскалатора. Стекланные стены галерей образуют на кровлях вестибюлей световые фонари. В торцах платформ всех станций предусмотрены лифтолестничные блоки, включающие эвакуационные лестницы и лифты для маломобильных групп населения.

Рис. 1. Проект станций монорельсовой дороги



Рис. 2. Станция «Улица Академика Королева»

В зоне станции «Улица Академика Королева» трасса проходит над трамвайными путями, что оказало влияние на формирование ее структуры. Здесь на отметке земли размещается только вход на эскалаторную галерею, по которой пассажир попадает на станцию, расположенную выше трамвайных путей. Уровни кассового зала и пассажирской платформы связаны между собой пешеходной лестницей.

Размещение станции над трамвайными путями определило для нее боковой вариант устройства пассажирских платформ, для других – островной.

Ширина островных платформ варьируется от 9 до 15 м в зависимости от возможностей трассы, на станции «Улица Академика Королева» – по 4 м. Длина платформ соответствует длине подвижного состава и составляет 40 м.

Конструктивно станции решены таким образом, что изменение ширины платформ не отражается на базовых элементах сооружения, таких как несущий каркас, покрытия и перекрытия пассажирской платформы, эскалаторные галереи, основные технологические и планировочные узлы. Такое решение позволяет использовать одну архитектурную систему на базе конструктивного модуля для всех станций линии, и в различных градо-

строительных ситуациях создавать станционные объемы, отвечающие определенным требованиям городской среды.

Сооружения нижнего уровня (вестибюли и тягово-понижающие подстанции) возведены из железобетона. Стены ТПП облицованы металлическими кассетами.

Наружные стены вестибюлей, стены и колонны кассовых залов выполнены в штукатурке, что, хотя и несколько ухудшает эксплуатационные качества сооружения в сравнении с мрамором и гранитом, зато дает возможность снизить стоимость строительства. С этой же целью покрытия эскалаторных галерей и световых фонарей вестибюлей выполнены непрозрачными.

Навес над пассажирской платформой изготовлен из легких металлических конструкций. Боковые ограждения платформ устанавливаются только на станции «Улица Академика Королева», что возможно благодаря боковому варианту расположения платформ. На остальных станциях установлено декоративное ограждение с внешней стороны ходовой балки (конструкции, по которой движется состав) для психологического комфорта пассажиров.

Полы кассовых залов выложены полированным гранитом, а платформ, расположенных в неотапливаемой зоне, – из термообработанного гранита, имеющего шероховатую поверхность во избежание скольжения пассажиров.

Для освещения всех пассажирских зон станции применен линейный модульный светильник, представляющий собой светящуюся трубу диаметром 20 см, разработанный и произведенный фирмой «Гелис-Лайт».

Снаружи станционных сооружений установлено оборудование для ночного декоративного освещения комплекса.

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МОСКОВСКОЙ МОНОРЕЛЬСОВОЙ ДОРОГИ



В. Я. Пахомов,
инженер Электротехнической
лаборатории
Московского метрополитена

Заканчиваются строительно-монтажные и наладочные работы на Московской монорельсовой дороге. Эксплуатационный персонал дороги готовится принять пассажиров.

Впервые в России Государственным предприятием «Московский институт теплотехники», ОАО «Московские монорельсовые дороги» и Корпорацией «Трансстрой» построена городская монорельсовая дорога с применением системы линейного асинхронного двигателя.

Статоры двигателя (индукторы) установлены на подвижном составе, а развернутый ротор (вторичный элемент) уложен на балке монорельсовой дороги. Электромагнитное взаимодействие индукторов и вторичного элемента приводит в движение подвижной состав на пневматических колесах.

Рис. 2. Микропроцессорная защита АЗМ-2

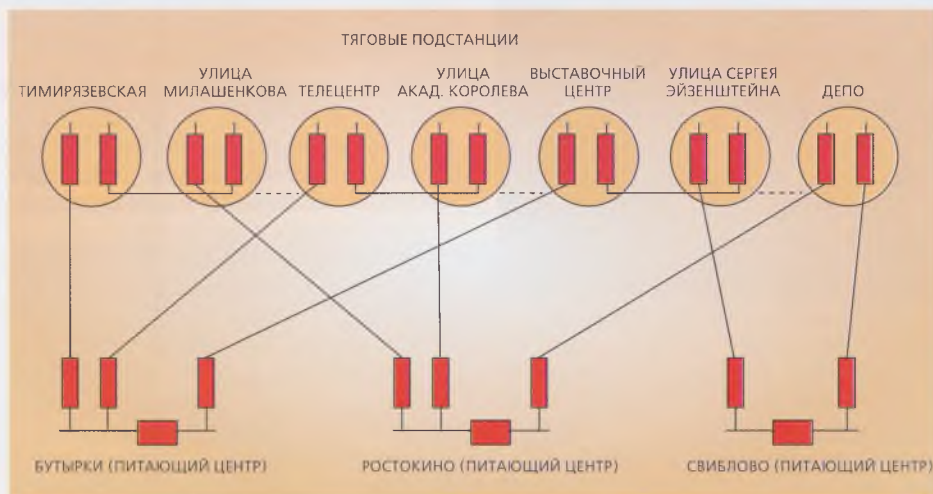


Рис. 1. Схема электроснабжения монорельсовой дороги

Двигатели поезда питаются переменным током от установленных на подвижном составе преобразователей, получающих питание постоянного тока 600 В от контактной сети. Скорость движения и тяговое усилие регулируется уровнем напряжения и частоты переменного тока на выходе управляемого преобразователя. Движение поезда и торможение может осуществляться в автоматическом режиме без участия машиниста.

Важным элементом монорельсовой дороги является электроснабжение. Для обеспечения его надежности первой категории (монорельс в системе метрополитена) тягово-понижительные подстанции должны получать питание напряжением 10 кВ от трех независимых источников электроснабжения города.

В настоящее время монорельсовая дорога питается от трех центров: Бутырки, Ростокино и Свиблово (рис. 1). В этом случае питание тягово-понижительных подстанций осуществляется от двух источников, что приводит к снижению надежности питания со сто-

рон 10 кВ. Чтобы повысить надежность питания до первой категории необходимо проложить дополнительно три кабельные перемычки между тяговыми подстанциями (на рис. 1 обозначены пунктиром).

В ячейках КРУ-10кВ производства фирмы «Электроштит» (г. Москва) установлены вакуумные выключатели Минусинского электро-технического завода, а на фидерах постоянного тока – быстродействующие выключатели БАТ-43 завода Уралэлектротяжмаш. КРУ-600-К (+) и РУОШ-600(-) изготовлены фирмой «Альстом» СЭМЗ (г. Екатеринбург), щиты собственных нужд 380 В ШО91-2243 изготовлены фирмой «Электросервис» (г. Москва), а шкафы собственных нужд ШСН – фирмой НПП «Энергия» (г. Москва). На вводах 10 кВ, питающих фидерах выпрямителей и секционных выключателях, предусмотрена микропроцессорная защита «Сириус» фирмы «Радиус-Автоматика» (г. Зеленоград).

При срабатывании этой защиты устройство запоминает для последующего анализа:

- причины отключения;
- вид повреждения;
- время и дату момента отключения;
- ток и длительность аварийной ситуации;
- ток обратной последовательности;
- состояние тумблеров оперативного управления на момент отключения;
- векторные диаграммы напряжений и токов в линии в момент аварии.

Быстродействующие выключатели БАТ-43 дополнительно укомплектованы микропроцессорной защитой АЗМ-2, разработанной НПО «Автоматика» (г. Екатеринбург)



Рис. 3. Кремниевый выпрямитель В-ТПЕД

Российского авиационно-космического агентства совместно со специалистами Московского метрополитена (рис. 2).

АЗМ-2 обеспечивает следующие функции защиты:

- по максимальному току;
- по приращению тока за заданное время с учетом величины тока;
- амперсекундная (тепловая) по среднему значению тока на интервале времени (защита при удаленных коротких замыканиях, когда аварийный ток не превышает возможные рабочие токи);
- по критической скорости нарастания тока при близких к з.

Кроме того, аппаратура обеспечивает:

- расчет текущего времени и ведение календаря;
- сохранение в энергонезависимой памяти шести последних процессов аварийных отключений с записью токов и напряжений на интервале 500 мс (400 мс до аварии и 100 мс после) и на интервале 50 с (40 с до аварии и 10 с после) с указанием даты и времени аварии.

Исходя из тяговых расчетов с учетом массогабаритных и электродинамических характеристик электроподвижного состава (пусковой ток одного поезда составляет 1600 А, собственных нужд – 204 А) на тяговых подстанциях были установлены по два выпрямительных агрегата с мостовой схемой выпрямления, с выходной активной мощностью 1200 кВт и выходным выпрямленным током 2000 А с напряжением 600 В.

Для каждого выпрямителя был установлен трансформатор с изоляцией «НОМЕКС» и типовой мощностью 1600 кВА.

Выпрямители серии В-ТПЕД производства НПП «Энергия» (г. Москва) относятся к изделиям нового поколения, где использованы новейшие достижения отечественных и западных технологий. Стабильность парамет-

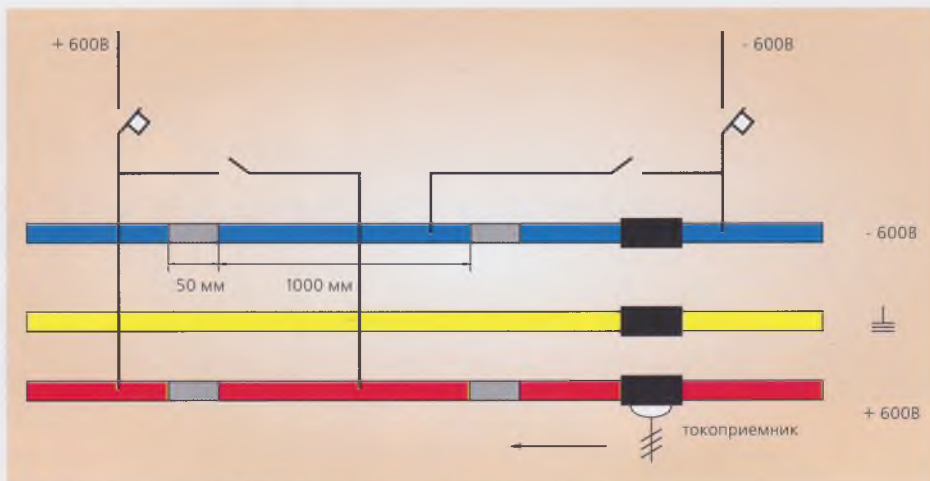


Рис. 4. Схема изолирующего промежутка у питающего фидера тяговой подстанции

ров силовых полупроводниковых приборов 25 класса на протяжении всего времени эксплуатации обеспечивает высокую перегрузочную способность выпрямителя.

Выпрямитель В-ТПЕД (рис. 3) оборудуется встроенной системой диагностики (СДУВ) для контроля состояния каждого диода по четырем ступеням – нормальная работа, ухудшение параметров, пробой и обрыв, а также для контроля и сигнализации о недопустимой температуре внутри шкафа выпрямителя.

Специальная компьютерная программа осуществляет непосредственную связь с системой управления выпрямителем В-ТПЕД. Она способна диагностировать выпрямитель, находящийся в работе или в режиме наладки и испытаний. Эта программа осуществляет подробный анализ работы выпрямителя и отдельных его узлов, в том числе построение графика температуры в заданный период времени, гистограммы количества срабатываний защит, запись состояния диодов выпрямителя. На экране компьютера в реальном масштабе времени отображается распределение обратных напряжений на силовых диодах. С помощью лицевой панели выпрямителя и органов его управления можно производить управление выпрямителем дистанционно. Кроме того, программа позволяет открыть на экране компьютера документацию выпрямителя, в том числе схемы и параметры диодов, а также прогнозировать состояние выпрямителя в различных режимах.

Для коммерческого учета электрической энергии на тяговых подстанциях дороги установлены современные счетчики электрической энергии «Альфа» компании «Эльстер-Метроника» (г. Москва). Закуплено оборудование и ведутся работы по созданию автоматизированной системы контроля и учета электрической энергии (АСКУЭ) с выходом на Федеральный оптовый рынок электроэнергии и мощности (ФОРЭМ). Фрагмент АСКУЭ испытан на тяговой подстанции Т-4 Московского метрополитена.

Особенностью тяговой подстанции монорельсовой дороги является отсутствие аккумуляторной батареи. Надежность в обеспечении выпрямленного напряжения оперативных цепей достигается тем, что структурно шкаф собственных нужд (ШСН) име-

ет возможность подключения к трем вводам: двум от трансформаторов собственных нужд КРУ-10кВ подстанции и городскому низковольтному вводу с АВР. На каждой тяговой подстанции имеется сенсорный пульт управления РУ-600В.

Контактная сеть монорельсовой дороги состоит из трех троллейных изолированных шин, подвешенных на изоляторах. Шины могут перемещаться в зажимах изолятора при температурных изменениях. Внешняя (красная) подключена к плюсу 600 В, внутренняя (синяя) – к минусу, средняя (желтая) – служит для заземления всех частей подвижного состава.

Секционирование контактной сети осуществляется с помощью двойных изолирующих вставок, которые позволяют осуществить бездуговой проход токоприемников, а при работе на контактной сети со снятием напряжения исключают его подачу при случайном соприкосновении токоприемника с изолирующей вставкой. Схема изолирующего промежутка показана на рис. 4.

Рис. 5. Кроссовый шкаф



Для централизованного дистанционного управления системой электроснабжения монорельсовой дороги создан Программно-технологический комплекс автоматизированной системы диспетчерского управления энергоснабжения (ПТК-АСДУЭ), который входит в состав автоматизированной системы диспетчерского управления монорельсовой транспортной системы (СДУ-МТС).

Структура АСДУЭ представляет собой двухуровневую иерархическую функционально и территориально распределенную информационно-управляющую человеко-машинную систему, предназначенную для долговременной круглосуточной эксплуатации системы электроснабжения в реальном масштабе времени.

По вертикали структура включает два уровня:

- верхний (ВУ) реализует функции оперативно-диспетчерского управления и общесистемные функции (архивирование, документирование, протоколирование, диагностика работы, ведение баз данных, загрузка ПО, сопряжение с внешними АСУ);
- нижний (НУ) реализует функции сбора сигналов от датчиков, предварительной математической обработки данных, контроля технологических параметров, автоматического управления.

По горизонтали НУ делится на семь функционально-технологических зон (по числу тяговых подстанций), которые формируются как локальные системы автоматического управления тяговыми подстанциями – ЛСАУ-ТП1-ЛСВУ-ТП7.

Каждая локальная система состоит из контроллерной станции (функциональный шкаф) и кроссового шкафа.

Оба уровня объединены в единую систему с помощью локальной вычислительной сети ЛВС «СИИО и ОТС».

Внутри данной ЛВС создается виртуальная подсеть, где по основной магистрали оптоволоконной связи типа «АТМ ОСЗ-ОС» (обеспечивающей гарантированную доставку сообщений от источника к приемнику) по протоколу NETBEUI снизу вверх передается информация со значениями технологических параметров и состояния оборудования тяговых подстанций.

Информационная структура АСДУ-Э создана по магистрально-модульному принципу, позволяющему расширить и модернизировать систему без кардинальных изменений, быстро заменять отказавшие блоки в течение 3–5 минут, не нарушая других связей в системе.

В состав ВУ входит:

- АРМ-Э, состоящий из трех операторских рабочих станций с дисплеями, лазерного принтера формата А4 и компьютерного стола для оператора – 1 комплект;
- «плюс» на основе операторской станции (без дисплея) с набором интерфейсных плат – 1 комплект;
- комплект сетевого активного и пассивного оборудования ЛВС «ETHERNET 10/10 BASE-T/TX» для оперативно-диспетчерского контура управления, состоящего



Рис. 6. Общий вид энергодиспетчерской



Рис. 7. Токозъемник электроподвижного состава

из сетевого шкафа, сетевых адаптеров для оперативных работ станции, сетевых кабелей – 1 комплект;

- информационное табло – 2 комплекта.

В состав НУ входит:

- контроллерная система;
- функциональный шкаф;
- кроссовый шкаф (рис. 5).

Общий вид диспетчерской показан на рис. 6. Установленное на тяговых подстанциях высоконадежное оборудование отечественного производства и эффективная система управления этим оборудованием позволяют полностью отказаться от дежурного персонала, как говорят, закрыть тяговые подстанции «на замок», предусмотрев только профилактические ремонты и испытания по реальному ресурсу наработки на отказ.

В построенной контактной сети троллейные шины могут перемещаться в зажимах изоляторов при температурных изменениях. Они слабо закреплены, что способствует выдергиванию шин из зажимов при повреждении контактной сети. Большое количество температурных стыков (через каждые 24 м) требует тщательной инструментальной регулировки, а противоугонные устройства не обеспечивают стабильных зазоров между плетями контактных шин.

Таким образом, контактная сеть является наиболее уязвимым местом в части бесперебойности электроснабжения, поэтому необходимо провести ряд технических усовершенствований по повышению надежности ее работы и автоматизированному контролю технических параметров.

Новая станция Харьковского метрополитена «23 Августа»



УКРАИНА:

21 августа 2004 г. принял первых пассажиров второй участок третьей линии Харьковского метрополитена протяженностью 2,51 км с двумя станциями – «Ботанический сад» и «23 Августа».

ВТОРОЙ УЧАСТОК ТРЕТЬЕЙ ОЧЕРЕДИ ХАРЬКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА В ДЕЙСТВИИ

Ю. В. Войтюк,
председатель правления
ОАО «Харьковметрострой»

Третья очередь метрополитена длиной 13,5 км с 11-ю станциями и двумя пересадочными узлами на 1-ю и 2-ю линии начата строительством в 1985 г. Её ввод предусматривался четырьмя этапами, из которых 1-й участок, наиболее протяженный, длиной 5,3 км с 5-ю станциями и двумя пересадочными узлами и соединительной веткой, предусматривался вводом в 1992 г. Он сооружался в крайне сложных гидрогеологических условиях. При этом объекты строительства длиной более 50 % выполнялись с применением специальных методов работ, включая кессонную проходку, замораживание, различные виды водопонижения и химическое закрепление. По указанным причинам

и в связи с распадом Советского Союза, что привело к ограничению финансирования, этот участок был введен только в 1995 г. Третья очередь соединила 1-ю очередь (с её промышленными объектами, железнодорожными и автомобильными вокзалами, административными, культурными и научными центрами) с Салтовским жилмассивом, замкнув классический треугольник. Её второй участок призван соединить центральную часть города с жилым массивом Павлово Поле.

В отличие от первого он сооружался в более благоприятных гидрогеологических условиях. Тоннели второго участка на всём протяжении проходили на незначительной глубине под напряженной автомагистралью – проспектом Ленина, пересекая Саржин Яр, разделяющий исторически сложившуюся старую часть города с её новыми развивающимися жилыми массивами, включа-

ющими Павлово Поле и Алексеевский, насчитывающими более 350 тыс. жителей.

Учитывая неглубокое заложение тоннелей, слабоустойчивые вышележащие породы, а также ограниченное развитие дорожной сети в этом районе, не позволяющее перевести движение с проспекта Ленина на менее загруженные улицы, пришлось одновременно выполнять проходческие работы, не останавливая движения транспорта, что крайне осложняло горные работы, которые велись с применением немеханизированных щитов. Они требовали высокой специализации проходческих бригад и разработки специальных мероприятий, обеспечивающих безопасность подземных работ и безаварийной работы транспорта.

С учетом вынужденного сокращения численности метростроителей, работы велись в одну смену с обязательным завершением

в ней проходческого цикла по сооружению тоннеля с соответствующим постоянным его креплением и жестким временным усилением открытого пространства забоя.

После сдачи первого пускового участка началось строительство оставшихся 4-х станций: «Ботанический сад», «23 Августа», «Интернациональная» и «Проспект Победы». Это позволяло в сравнительно короткий срок довести линию метрополитена до центра Алексеевского жилого массива. Однако бурное развитие строительных работ вскоре замедлилось из-за ограниченности в области централизованного финансирования.

В целях концентрации средств и сохранения численности метростроителей было решено продолжить сооружение только двух станций – «Ботанический сад» и «23 Августа» и примыкающих к ним перегонов. Остальные строительные площадки вместе с механизмами по проходке тоннелей были законсервированы. Для мобилизации коллектива метростроителей в этих условиях была проведена структурная перестройка в организации. Было ликвидировано одно строительномонтажное подразделение, а завод ЖБК, автобаза, контора материально-технического снабжения, участок строительных машин, ремонтные мастерские с компрессорной объединили в одно подразделение УСТИВР (Управление специализированных, технологических и вспомогательных работ) с сохранением за ним всех функций, ранее выполняемых объединенными подразделениями. В значительной степени были сокращены обслуживающие звенья. В общей сложности численность работников метростроя сократилась до 500 человек. Однако и при этом положении существование организации оставалось сложным.

Только с приходом в область нового руководства администрации положение с финансированием метростроя существенно улучшилось. Руководством области были намечены новые рубежи – обеспечить в 2004 г., к 350-летию города, ввод в эксплуатацию 2-го участка 3-й линии протяженностью 2,51 км с двумя станциями, из которых:

- перегонных тоннелей с оборотными тупиками открытого способа работ – 275 пог. м;
- станционных тоннелей открытого способа работ – 481 пог. м;
- перегонных тоннелей закрытого способа работ – 1754 пог. м.

Общий моральный подъём в коллективе на фоне существенного улучшения финансирования строительства помог успешно справиться с поставленной задачей.

В сравнительно короткий срок была возобновлена работа учебного пункта, принято и обучено более 500 человек молодых рабочих.

Уже к началу 2002 г. было пройдено более 1250 пог. м подземных выработок и начата подготовка к устройству постоянного пути метрополитена. До 2003 г. было разработано более 180 тыс. м³ грунта на станциях, уложено 14 тыс. м³ сборного железобетона и ряд других работ, позволяющих выйти на установленные рубежи пускового графика.

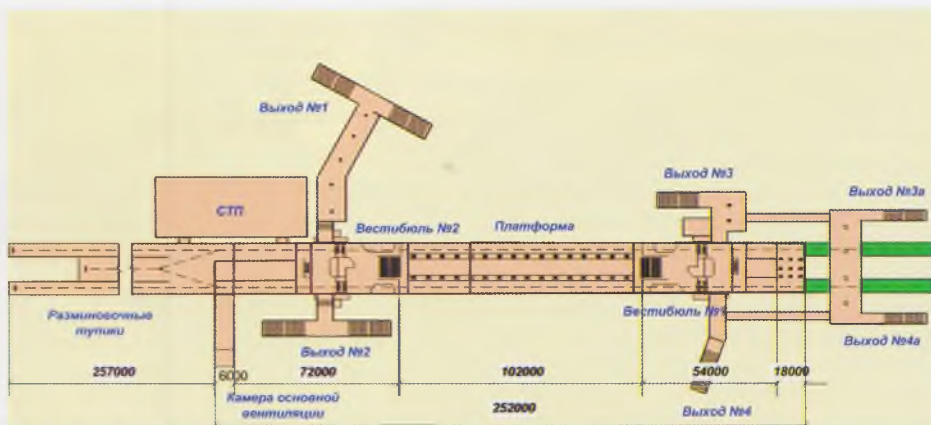


Рис. 1. План ст. «23 Августа» с пешеходными выходами и тупиками

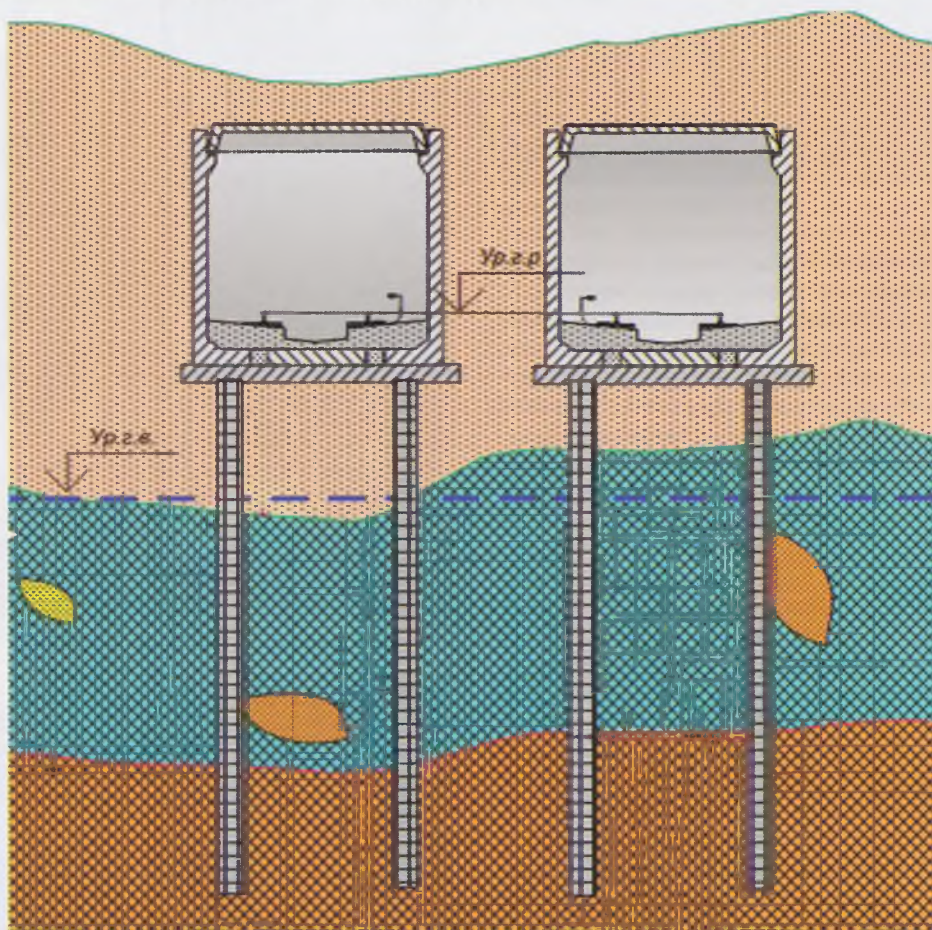


Рис. 2. Разрез (тупики ст. «23 Августа») с буронабивными сваями

Необходимо остановиться на некоторых особенностях строительства этого участка.

Станция «23 Августа» возводилась открытым способом в благоприятных условиях, в относительно устойчивых грунтах, представленных суглинками и песчаными отложениями, что позволило на значительном участке сооружать её в открытом котловане без свайного ограждения (рис. 1). Однако её тупиковая часть располагалась в овражной части города, постоянно обводняющейся как подземными источниками, так и ливневыми стоками. Предусмотренный проектом в качестве основания станции монолитный железобетонный лоток не обеспечил надёжность сборных конструкций от просадок после их проектного пригруза. В дальнейшем были приняты более надёжные решения – устройство под железобетонным ос-

нованием буронабивных свай (рис. 2), а на уже пройденном участке – усиление основания путём устройства «микросвай», обеспечивающих усиление лотковой части. Проведённые испытания показали их надёжность.

В более сложных условиях сооружалась станция «Ботанический сад», расположенная в районе Саржина Яра в теле отсыпанной дамбы под устройство одной из центральных автомагистралей, соединяющей центральную часть города с новыми микрорайонами – Павлово Поле и Алексеевский. В дамбу размещались инженерные коммуникации, вынос которых был связан с определенными сложностями для города, требующими значительных затрат.

В этих условиях длительное время решался вопрос о конструктивах метрополитена в этом районе.

Руководство города настаивало на прокладке линии метрополитена по мосту, используемому одновременно как архитектурное строение, объединяющее обе части парковой зоны Саржина Яра, с последующим использованием этого фактора для пропуска канализационных и промышленных стоков под будущей станцией были проложены два коллектора диаметром 2,6 м длиной по 170 пог. м, а для сохранения транспортной магистрали в этом районе дамба была несколько расширена.

Для сохранения кабельной линии связи с 25-ю единицами кабелей различного назначения трасса метрополитена была несколько смещена. Для приёма щитового комплекса в станцию после сооружения тоннеля, для защиты котлована от обрушения, а, также учитывая наличие рядом с ним коммуникаций на участке 20 пог. м, применили буронабивные сваи с «пазами», специально разработанными для устройства затяжки обнаженных участков грунтового массива.

На этой станции, учитывая рельеф местности проспекта в районе оврага, проектом предусматривался эскалаторный подъём.

Для строительства станции планировалось использование двух козловых кранов, расположенных в 2-х уровнях с учетом рельефа местности проспекта. Учитывая отставание станции в строительстве, совместно с проектировщиками было изменено размещение тягово-понижительной подстанции, расположив ее рядом с возводимой станцией с использованием одной ее стены как единой, и для платформы и для подстанции. Это существенно сократило объёмы работ без дополнительного отвода площадки для её строительства и дополнительного устройства свайной защиты котлована (рис. 3).

В целях разнообразия архитектурного облика пускового участка на обеих станциях были применены плиты перекрытия платформы в новых конструкциях с последующим усилением их монолитным железобетоном, что повысило их жесткость в условиях неглубокого заложения. В этих же целях, учитывая опыт Харьковметростроя, при облицовке стен платформ обеих станций применены металлоэмалевые элементы. Длительная их эксплуатация на 3-х очередях, включая станции «Завод имени Малышева», «Имени Маршала Жукова», «Имени Академика Барабашова», «Имени архитектора Бекетова», «Метростроителей», «Госпром», доказала их положительные качества по долговечности, удобстве в эксплуатации, разнообразии цветовой гаммы, ускорении темпов проведения работ и относительном удешевлении стоимости. На новых станциях архитекторы разнообразили цветовую гамму металлоэмалевых элементов стен, сохранив еди-

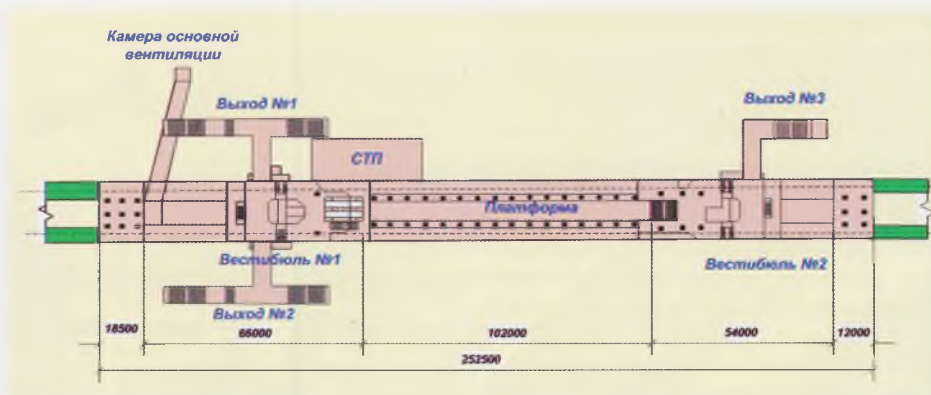


Рис. 3. План ст. «Ботанический сад» с пешеходными выходами



Рис. 4. Путевая стена «23 Августа» с художественными вставками



Рис. 5. Оформление ст. «Ботанический сад» выполнено в соответствии с местом, где она расположена

ную тональность в увязке с их наименованием. Так, на станции «23 Августа», названной в честь Дня освобождения города от фашистских захватчиков, преобладает светло-розовый тон, подчеркивающий

торжественность данного события. Это в определенной степени подчеркивается и художественными вставками на стенах, олицетворяющими праздничную иллюминацию в честь победы в Великой Отечест-

венной войне (рис. 4). На колоннах, выполненных из мрамора, имеются технологические вставки, перекликающиеся с общим фоном стен и платформы.

Станция «Ботанический сад», расположенная в парковой зоне Саржина Яра, выполнена в зелено-голубых тонах с разнообразием оттенков, а художественные вставки на стенах отражают элементы природы, соответствующие месту, где она расположена (рис. 5). Отделка колонн платформенного участка станции – комбинированная. Присутствие различных отделочных материалов: гранита, мрамора, «ириски» на основе стекла и керамики, а также декоративных элементов из металла сделали колонны оригинальными (рис. 6).

Ввод 2-го участка 3-й линии метрополитена совпал с Днем освобождения Харькова от фашистских захватчиков и с юбилеем города – его 350-летием.

Одновременно была произведена реконструкция проспекта Ленина на всем участке действующей линии. Расширение проспекта, его выравнивание в заглубленном районе станции над оврагом, реконструкция инженерных сетей по всей трассе наложило определенный отпечаток на всё строительство станций и их выходов, во многом осложнив его технологию, так как надо было вести одновременно и прокладку метро и реконструкцию проспекта.

С пуском двух новых станций харьковчане и гости города имеют возможность пользоваться 28-ю станциями с тремя пересадочны-



Рис. 6. Путевая стена ст. «Ботанический сад» с художественными вставками

ми узлами. Две новые станции дали увеличение пассажиропотоков до 80 тыс. пасс/сут, при суточной перевозке всего метрополитеном 830 тыс. пассажиров.

Общая стоимость строительства пускового участка составляет 39,3 млн долларов, причём 2/3 суммы освоено в период с 2001 по август 2004 г.

Финансирование в основном осуществлялось за счёт областного бюджета (более 2/3

капвложений), около 1/3 профинансировано из государственного бюджета, город произвёл оплату всех работ по переустройству инженерных коммуникаций.

В настоящее время ведётся возведение станций на Алексеевском жилмассиве, являющимся продолжением третьей очереди Харьковского метрополитена: ст. «Интернациональная» (пуск 2006 г.) и ст. «Проспект Победы» совместно с депо (2009 г.).



Схема действующих и перспективных линий Харьковского метрополитена





РАЧИНСКИЙ ТОННЕЛЬ

А. В. Яковлев, В. Г. Лозин,
ПИИ «Бамтоннельпроект»

Генеральным подрядчиком строительства является ОАО «Бамтоннельстрой».

Рачинский тоннель протяженностью 917,8 м построен в 1914 г. под два пути. Он расположен на прямой.

В связи с неудовлетворительным состоянием действующего тоннеля и большой грузонапряженностью участка железной дороги в 1984 г. было принято решение о строительстве нового однопутного тоннеля параллельно существующему. В 1990 г. этот проект был реализован. После окончания строительства нового тоннеля появилась возможность отремонтировать старый. При разработке ТЭО капитального ремонта рассматривалось два варианта: 1-й – ремонт тоннеля в «окна», 2-й – с остановкой движения по нечетному пути и переключением движения на новый тоннель.

В результате был утвержден 2-й вариант, но реализация этого решения стала возможной лишь в XXI веке.

Состояние обделки нечетного тоннеля за время эксплуатации неуклонно ухудшалось. На момент разработки проекта капитального ремонта она находилась в аварийном состоянии и была покрыта сетью разнонаправленных трещин; торкретбетон на каменной кладке обделки отслаивался и обрушался на путь, разрушалась и сама каменная кладка. По тоннелю в холодное время года возникали многочисленные наледь. Балластный слой ВСП тоннеля находился в неудовлетворительном состоянии.

В 2002 г. Управлением экспертизы проектов и смет МПС РФ рассмотрен и утвержден проект капитального ремонта старого Ра-

Открыто регулярное движение поездов по отремонтированному Рачинскому тоннелю на Дальневосточной железной дороге.

Проект капитального ремонта Рачинского (нечетного) тоннеля на участке Архара–Бира Дальневосточной железной дороги разработан по заданию МПС РФ проектно-изыскательским институтом «Бамтоннельпроект» с привлечением субподрядной организации института ОАО «Дальгипротранс». Капитальный ремонт тоннеля начат в 2002 г.

чинского тоннеля, который предусматривал его переустройство под один путь.

В инженерно-геологических условиях заложения Рачинского тоннеля, когда глинистые грунты во многих местах лежат на обделке, невозможно провести качественный тампонаж и сцементировать вышележащие грунты. Кроме того, неизбежно возникновение крупных вывалов при переборке свода существующей обделки.

Поэтому проектом капитального ремонта предусмотрена доработка лотка с возведением внутри существующей каменной обделки монолитной железобетонной с устройством нового верхнего строения пути, водоотводных лотков с созданием практически нового долговечного сооружения, отвечающего требованиям всех норм и правил по эксплуатации тоннелей. Данное решение потребовало понижения УГР в процессе капитального ремонта, причем необходимо было учитывать высотные отметки свода существующего тоннеля. А так как свод не параллелен УГР, то проектирование продольного профиля на участке тоннеля велось с учетом обеспечения габарита в пониженных точках свода. При этом

ставилась задача минимизировать объем разработки породы в лотке и соответственно толщину бетона новой обделки в своде.

В результате, несмотря на то, что ремонтируемый тоннель односкатный, новый тоннель запроектирован двухскатным с уклонами: $i = 5,5\%$ к восточному portalу и $i = 1,0\%$ к западному. Понижение УГР в тоннеле и выемках составляет до 700 мм. Плановое положение пути сохраняется.

Учитывая аварийное состояние восточного portalа, принято решение об удлинении тоннеля, выносе portalа на 5 м и сооружении нового.

Длина тоннеля после капитального ремонта составит 923,5 м.

Для обеспечения нормального процесса строительного производства в забоях и на поверхности потребовалась частичная реконструкция временного жилого поселка и строительных площадок, созданных при сооружении нового тоннеля.

Из-за аварийного состояния обделки ремонтируемого тоннеля, разработка породы в лотке его обратного свода с применением буровзрывных работ была невозможна. Со-

оружение тоннеля осуществляется с двух порталов в следующем порядке:

- после демонтажа рельсошпальной решетки производится заполнение пустот за существующей обделкой. С отставанием не менее 15 м от зоны работ по заполнению пустот, заходками по 1 м разрабатывается балласт, обратный свод и порода в основании тоннеля на проектную глубину. Разработка балласта и породы производится отбойными молотками, обратного свода – гидромолотом;

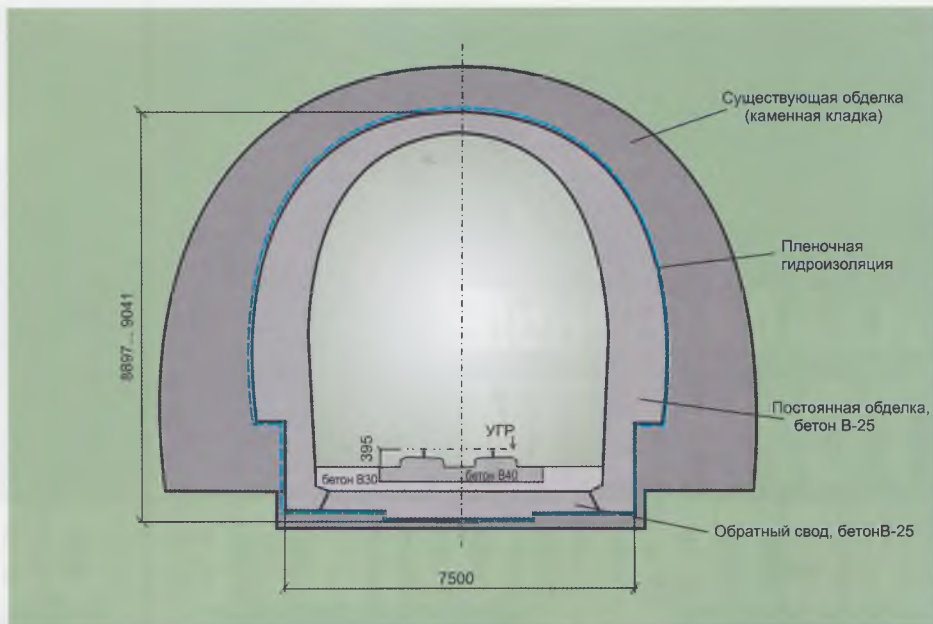
- вывозится порода и устраивается временное крепление бортов тоннеля: бурятся скважины глубиной 8 м, с шагом 1 м при помощи бурового станка НКР 100м. В них устанавливаются анкеры диаметром 36 мм длиной 8 м с последующей прокачкой цементного раствора при помощи насоса РН-1. Буровой установкой СБУ-2м бурятся шпury длиной 3,1 м под нагельное крепление. Железобетонные анкеры нагеля из арматуры АII диаметром 25 мм, длиной 3,1 м с шагом 400 мм устанавливаются в два ряда в шахматном порядке. На арматуру навешивается металлическая сетка 100 × 100 × 5 мм и наносится набрызг-бетон В25 толщиной 50 мм.

С отставанием от забоя 70–100 м бетонировать полосы под постоянную обделку, по которым укладываются рельсы для движения опалубки. С монтажной тележки перед опалубкой «Сага-Когио» производится монтаж гидроизоляции в радиальном направлении. Перехлест гидроизоляции при стыковке во всех направлениях – 15 см.

Бетонирование свода и стены постоянной обделки ведется блоками по 7,5 м. Для постоянной обделки тоннеля применяется бетон В25, F300, W6. При ее бетонировании устраиваются деформационные швы.

Доставка и укладка бетонной смеси производится пневмобетонукладчиками «Фусо».

Бетонирование обделки людских ниш



Поперечное сечение тоннеля

и путевых камер, а также устройство деформационных швов ведется совместно с обделкой тоннеля с применением инвентарных металлических опалубок.

После набора бетоном постоянной обделки не менее 75 % марочной прочности за нее производится контрольное нагнетание. Для этих целей при бетонировании обделки в нее закладываются трубки диаметром 32 мм. Для сохранения целостности гидроизоляции бурение шпуров во время контрольного нагнетания не допускается.

Работы по сооружению обратного свода производятся параллельно с бетонированием обделки тоннеля с применением передвижных мостков.

В реконструируемом тоннеле предусматривается конструкция пути на железобетонных рамах МГР-Т4 (по чертежам института «Гипротранспуть») в монолитном железобе-

тонном заполнении В40 с толщиной слоя под шпалой не менее 30 см.

На бетонное основание (монолитный бетон В25) устанавливают регулируемые по высоте опоры из расчета 8 штук под одну раму. Опоры обеспечивают плавную регулировку положения и точную установку рам на проектные отметки. Рамы прижимаются к основанию и нижележащему бетону железобетонными анкерами для обеспечения совместной работы под поездами верхнего строения пути и основания.

На основании технического совещания в мае 2004 г. было принято решение о строительстве дренажной штольни между тоннелями. Проходку ее предполагается вести тоннелепроходческим комплексом «LOVAT RME 139 SE». Наличие штольни позволит значительно понизить гидростатическое давление на обделку тоннелей.



Восточный портал с подпорной стенкой





ЭСКАЛАТОРНЫЕ ТОННЕЛИ МЕТРОПОЛИТЕНОВ: РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

В данном выпуске мы публикуем мнение специалистов в чрезвычайно актуальной для наших метрополитенов области – эскалаторостроении, предложенное в продолжение ранее затронутой темы «Предельные возможности метрополитена как транспортной системы» (№ 3/2002), где были выделены «узкие места» метрополитенов – эскалаторные тоннели.

Авторы статьи уверены, что сегодня эти «узкие места» сохраняются и образуются на новых станциях только из-за отставания нашего эскалаторостроения от мирового технического уровня на десятилетия, из-за сохраняющейся монополии на производство тоннельных эскалаторов метрополитенов, неспособности и нежелания монополистов что-либо менять в этой области.

В. К. Христич,
генеральный директор
ООО «Конструктор», главный
конструктор, Санкт-Петербург
Ю. В. Киреев,
главный специалист, к. т. н.

Мир № 3/2002: «Провозная способность электроподвижного состава (основного транспорта метро) значительно превышает провозную способность эскалаторов – вспомогательного (встроенного) транспорта метро. Поэтому возле входа на эскалаторы в часы «пик» часто возникают «пузыри». Это – своеобразные «пробки», это «узкие места» любого, даже самого современного, метрополитена. Они затрудняют посадку на эскалаторы и заметно увеличивают время, затрачиваемое пассажирами на спуск к вагонам и подъем в город из глубины подземных станций. В это время у пассажира особенно остро проявляется и нарастает транспортная усталость от поездки. Как в «пробках» перегреваются машины, так люди (особенно с вещами) перегорают в «пузырях».

Образование этих «узких мест» исторически обусловлено глубоким заложением станций и жестким режимом экономии госсредств в сталинское время.

В момент открытия Московского метрополитена в 1935 г. абсолютно нового для нашей страны транспортного канала, специалисты разных уровней искренне полагали, что провозная способность эскалаторов равна их теоретической производительности, когда каждая ступень шириной 1 м несет двух пассажиров общей массой около 160 кг. При скорости 0,75 м/с эта величина составляет 13500 пасс/ч, а при скорости 0,95 м/с пропорционально возрастает до 17100 пасс/ч.

Увы, исходный прогноз не оправдался и, скоро стало ясно, что на самом деле на этих скоростях эскалатор способен перевезти в час не более 8910 и 9615 пассажиров соответственно. То есть, его фактическая производительность более чем в 1,5 раза ниже теоретической и мало зависит от скорости.

На состоявшейся 12.05.2000 г. интернет-пресс-конференции начальника Московского метрополитена Д. Гаева на прямой вопрос: «...как и когда будет решена проблема с «пробками» на эскалаторах? Например, на «Новослободской» можно просто умереть», – следует ответ: «Да, на «Новослободской» тяжело, там эскалатор находится в ремонте. Сейчас мы довели скорость производства этих работ до двух месяцев, т. е. в два раза сократили сроки. Но эскала-

торы надо ремонтировать, к сожалению, и станция «Новослободская» – это станция, еще построенная с тремя эскалаторами. Сейчас мы строим с четырьмя эскалаторами, учитывая эту проблему. Я думаю, проблема «Новослободской» оперативно решится после окончания ремонта эскалаторов, а по делу, надо строить вторые выходы».

Понятное стремление увеличить число выходов, как и прежде, спотыкается в дороговизну этого мероприятия и плотность застройки центральных районов городов.

С нашей точки зрения, вектор альтернативной перспективы должен быть направлен на установку в существующих и строящихся тоннелях дополнительных эскалаторов. **Современный уровень эскалаторостроения уже сегодня позволяет** установить в тоннелях диаметром 7,5 и 10,5 м четыре эскалатора вместо трех и пять – вместо четырех (и **увеличить фактическую пропускную способность тоннеля** в одном направлении с 18 до 27 тыс. пасс/ч – **в 1,5 раза** или с 27 до 36 тыс. пасс/ч – **на треть** соответственно), обеспечить нормальное функционирование большинства станций метрополитенов, не нарушать привычный график работы даже при неизбежных ремонтах эскалаторов.

Вопрос особенно актуален сегодня, когда половина из общего количества эскалаторов

Московского (562 шт.) и Петербургского (214 шт.) метрополитенов выработали свой ресурс и требуют замены. Следующий шанс увеличить пропускную способность эскалаторных тоннелей представится через 50 лет – срок службы эскалаторов.

Что мы понимаем под современными эскалаторами, которых в родном Отечестве пока нет? Конечно, не те машины, которые установлены недавно на станции «Парк Победы» в Москве и устанавливают сегодня на ст. «Комендантский проспект» в Санкт-Петербурге. Их массогабаритные характеристики, К. П. Д., пробег до капитального ремонта, система управления мало отличаются от предшественников образца 1935 г. (тип Н), 1950 (тип ЭМ), 1955 (тип ЛТ), 1968 (тип ЭТ). К сожалению, за прошедшие 70 лет общий прогресс техники мало коснулся отечественного эскалаторостроения. В результате, образно говоря, и сегодня нас возят на послевоенной «Победе».

И вот почему.

Все отечественные эскалаторы выполнены по традиционной схеме с приводом на верхнем поворотном участке трамсы движения лестничного полотна. Ее применение в 1935 г. было оправдано относительной простотой и низкими технологическими возможностями производства, но многолетняя практика эксплуатации этих машин выявила ряд существенных недостатков, которые с высоты технических достижений XXI века выглядят вопиющими.

Ступень эскалатора – тележка на четырех колесах (бегунках), при ширине лестничного полотна 1 м предназначена для транспортировки двух человек и, если рядом окажутся два стокилограммовых пассажира, каждый из четырех бегунков воспримет около 50 кг полезной нагрузки. Но одна пара бегунков (вспомогательные) имеют диаметр 80 мм, вторая (основные) – 180 мм, их масса отличается в 8 раз – 0,447 и 3,46 кг соответственно (рис. 1). И только за счет этого общая масса лестничного полотна эскалатора ЭТ-2(М) высотой подъема 65 м (536 ступеней) увеличена на 3230 кг, а его стоимость на 350 тыс. рублей!

А ведь по всей трамсе движения ступеней бегунки нагружены примерно одинаково. Исключение – верхние криволинейные участки (ВКУ). Здесь тяговая цепь из прямой линии преобразуется в ломаную (рис. 2), догружая связанные с ней основные бегунки силой

$$P_{\text{ц}} = S T / (R + r),$$

где S – натяжение цепи;

T – шаг ступеней (400 мм);

R и r – радиус ВКУ и радиус бегунка.

При высоте подъема 65 м усилие в одной тяговой цепи эскалатора ЭТ-2(М) составляет $S_p = 16622$ кг на рабочей ветви и $S_x = 5395$ кг на холостой ветви трассы. Не трудно подсчитать, что даже при огромных радиусах этих участков – 12 и 9 м усилие на основной бегунок достигает здесь около 600 и 300 кг соответственно. Силы $P_{\text{ц}}$, приложенные к полусям бегунков (рис. 3), безжалостно ломают ступень при каждом ее прохождении ВКУ (причем, на рабочей ветви – в одну сторону, на холостой – в другую). Для их восприятия применяют усиленный каркас, превращая ступень в конструкцию массой 45 кг (непосредственно же пассажирскую нагрузку способны нести алюминиевые или даже пластмассовые ступени массой 10–16 кг). Обратите внимание – нагружение происходит на двух участках длиной 6283 и 4712 мм (менее 5 % общей длины трамсы движения ступеней – 214,4 м).

Самыми слабыми элементами, определяющими ресурс эскалатора до капитального ремонта, являются тяговые цепи с трением скольжения «сталь по стали». Как известно, одним из основных факторов износа является удельное давление на поверхностях трения. Но именно в зоне наибольших натяжений тяговой цепи (диаграмма на рис. 4а), охватывающей ВКУ и приводную звездочку, и происходит взаимный поворот звеньев. Трение под нагрузкой до 16622 кг заставляет увеличивать площадь шарниров цепи – их диаметр в эскалаторах ЭТ-2(М) равен 50 мм, ширина – 96 мм.

Даже смазать такой шарнир – проблема. Дорогостоящие смазочные каналы в деталях цепи на практике оказались малоэффективны, автоматы смазки – неработоспособны. Смазка цепей поливом превращает их в пожароопасный объект. Трагический пример – пожар на эскалаторе станции «Kings Cross» в Лондоне, унесший жизнь 31 пассажира, возникший от искры (при трении неисправного бегунка о реборду), воспламенившей «смазанные» тяговые цепи с налипшими на поверхностях пылью и мелким мусором – подобие пороха.

Но и при наличии смазки момент трения в шарнире стремится повернуть круглые детали цепи относительно пластин, что грозит катастрофическим износом сопряга-



Рис. 1. Ступень эскалатора ЭТ-2(М)

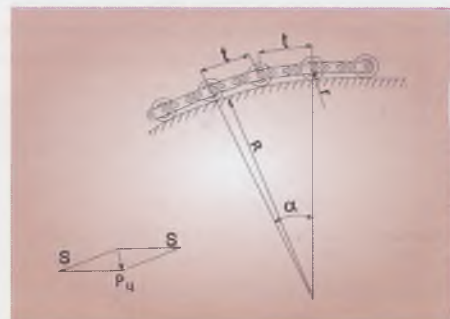


Рис. 2. Образование паразитной силы $P_{\text{ц}}$ от перегиба тяговой цепи на ВКУ



Рис. 3. Деформация ступени под действием усилий от натяжения цепи

емых поверхностей, ведь здесь площадь контакта на порядок меньше, чем в шарнире. Спасают дорогостоящие высокоточные пресовые посадки. Их применение, однако, предполагает наличие пластин определенной толщины, иначе невозможно удержать момент трения. А это опять дополнительные миллиметры и килограммы. В результате вес 1 м тяговой цепи эскалатора ЭТ-2(М) равен 36 кг, а 1 м лестничного полотна – 185 кг (для сравнения, среднечасовая пассажирская нагрузка в часы «пик» – 224 кг/м), расположенные с обеих сторон ступени громоздкие основные бегунки и тяговые цепи увеличивают ширину лестничного полотна на 35 %

Рис. 4. Диаграмма натяжений тяговой цепи: а – традиционная схема; б – эскалатор ЭТХ

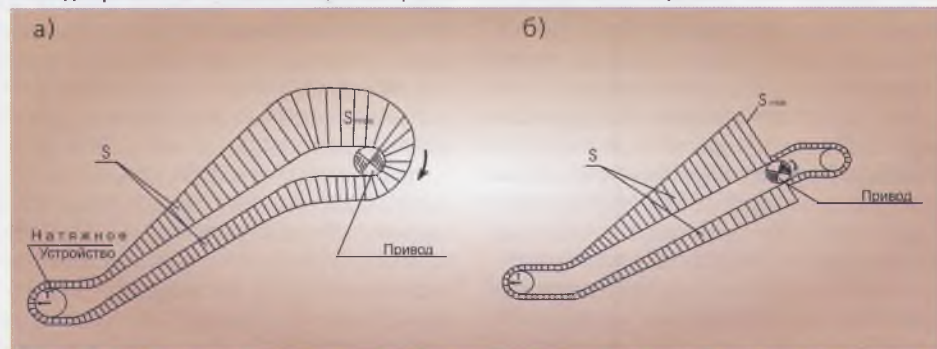


Рис. 5. Ступень эскалатора с основными бегунками и полусами тяговых цепей



по сравнению с шириной настила (рис. 5). Именно поэтому в тоннеле вместо четырех эскалаторов помещаются только три.

Смазка цепей поливом способствует проникновению пыли и грязи, включая абразивные частицы, на поверхности трения, ускоряя их износ. По этой причине зазор между соседними ступенями постоянно возрастает и, если его величина достигает 10 мм, тяговые цепи в соответствии с требованиями Правил устройства и безопасной эксплуатации эскалаторов подлежат замене. Зазор в каждом шарнире при этом равен около 2 мм.

Цепное зацепление, используемое в традиционной схеме привода лестничного полотна, даже теоретически имеет существенный недостаток: тяговые звездочки главного вала – не что иное, как многогранник (рис. 6а). Скорость звена цепи при набегании на зуб звездочки переменная, в результате в цепи генерируются продольные колебания, характерным проявлением которых является «шимми» – волнообразование на дорожках качения бегунков ступеней. Несоответствие направления движения рабочего профиля зуба звездочки и ролика тяговой цепи при ее заходе на звездочку вызывает удар и поперечное отклонение шарнира цепи вместе с основным бегунком ступени. Возврат лестничного полотна к заданной траектории движения сопровождается еще одним ударом – основных бегунков ступеней о направляющую. На практике – это стук у входных площадок.

Снизить ущерб от указанных явлений можно увеличением количества зубьев звездочки (и соответственно уменьшением угла захода ролика цепи на зуб) за счет либо уменьшения шага цепи, либо увеличения делительного диаметра звездочки.

Однако из-за ограничений по прочности деталей шаг цепи на «высоких» машинах невозможно сделать меньше 200 мм. Остается второй путь – увеличение диаметра звездочек. При 35 зубьях приводная звездочка эскалаторов ЛТ-1, ЛТ-2, ЛТ-3 имеет делительный диаметр 2,2 м. Попытка уменьшить диаметр звездочки до 1,532 м (24 зуба) на эскалаторах ЭТ-2 и ЭТ-3 привела к усилению динамических процессов, повышению шума и вибраций. По данным обследований, эскалаторы ЭТ после 20-ти лет эксплуатации находятся в таком же состоянии, что и эскалаторы ЛТ, отработавшие 40 лет.

При увеличении диаметра приводных звездочек неизбежно растет крутящий момент на главном валу, справиться с которым можно только с помощью приводов-мастодонтов – редукторы объемом несколько кубометров, двигатели массой около 2 т и тормозные муфты до 1 т. Главный вал эскалатора с точки зрения современной инженерной мысли спроектирован самым худшим образом. Он одновременно испытывает изгиб под действием лестничного полотна с пассажирами и несимметричный крутящий момент привода, отсюда его масса больше 7 т. В результате, вес приводной зоны «Е» эскалатора ЭТ-2М составляет 23,9 т.

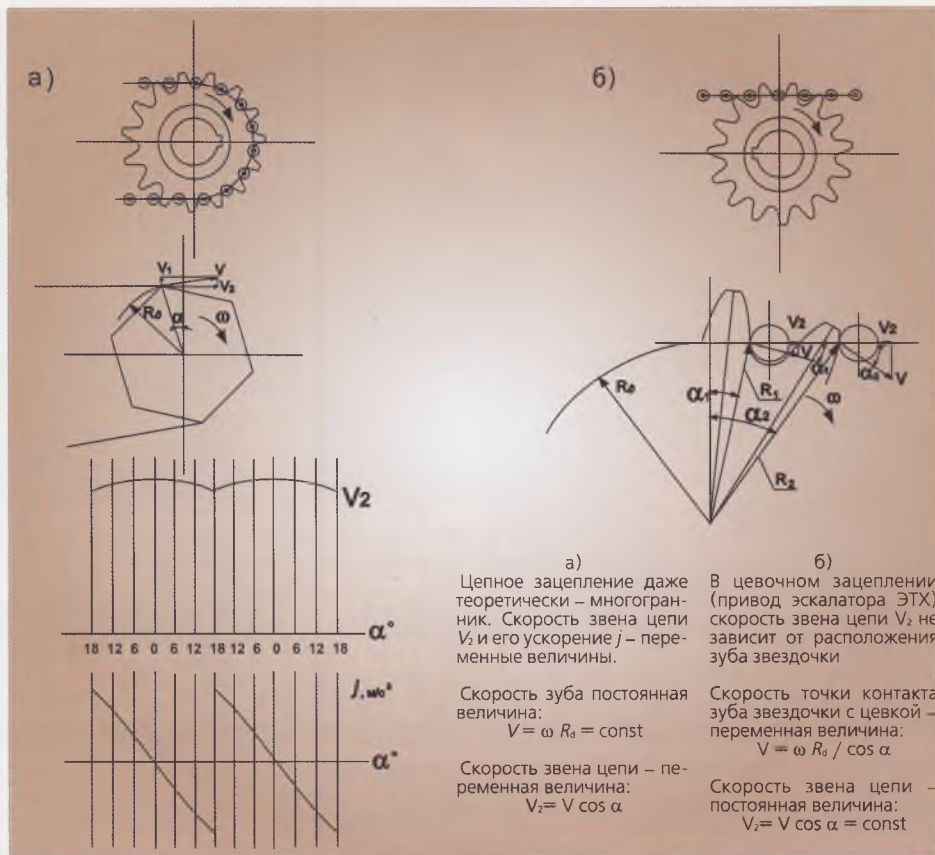


Рис. 6. Зацепление: а – цепное; б – цевочное



Рис. 7. Для установки привода эскалатора ЭТ-2(М) нужны сложные фундаменты и обширные машинные помещения

Два таких привода невозможно разместить рядом (рис. 7), средние эскалаторы приходится делать с удлиненными на 4,8 м горизонтальными участками, а это (помимо никому не нужных дополнительных металлоконструкций, ступеней (24 шт. стоимостью около 9,7 тыс. руб. каждая) и тяговых цепей (19,2 м – 9,3 тыс. руб./м)) еще и дополнительные площади в машинных помещениях, сложные фундаменты. Конструкции с трудом проходят в монтажные проемы, а иногда их вообще приходится разрезать (!) на части (например, стандартные приводные зоны на станции «Театральная»). Для установки даже отдельных элементов привода нужны специальные подъемные механизмы.

Неслучайны **впечатления Роберта Кеппорала (Robert S. Caporale), главного редактора журнала «Elevator World»**, которому довелось наблюдать замену трех наших старых эскалаторов на четыре компактные машины фирмы Orenstein&Koppel в Будапеште: «Русские эскалаторы спроектированы будто для того, чтобы быть целым городским основанием и продаваться на вес».

Плюс к перечисленному: громоздкие колдочные рабочие тормоза, аварийные тормоза с постоянно прижатыми поверхностями трения, затормаживаемые собачкой (сила удара 40,8 т), асбестосодержащие материалы в тормозных парах, металлоконструкция с множеством расколов и косынок, способствующих скоплению грязи, пыли, смазки, образованию многочисленных очагов коррозии, устаревшая система управления и дизайн – все это настолько очевидно для западных специалистов, что на конкурсе «Проект года», проведенном в 1999 г. журналом «Elevator World», самыми высокими современными эскалаторами названы эскалаторы ThyssenKrupp высотой подъема 43,6 м, что в 1,5 раза меньше, чем выпускаемые с 1955 г. наши эскалаторы ЛТ-2, а затем ЭТ-2(М).

«Новые» эскалаторы Е75Т, пришедшие на смену ЭТ-2М, отличаются от последних усиленными тяговыми цепями, количеством тормозов и зубьев приводной звездочки. Эти эскалаторы будут устанавливать на старых станциях метрополитенов вместо самых первых – типа Н, ЭМ. В тоннелях их будет



Рис. 8. Диаметр приводных цевочных звездочек эскалатора ЭТХ – 564 мм, тяговое усилие наращивается параллельной установкой нескольких главных валов по аналогии с задним мостом большегрузных автомобилей



Рис. 9. Основные бегунки и тяговые цепи-рейки эскалатора ЭТХ перенесены в габарит настила ступени



Рис. 10. Металлоконструкция эскалатора ЭТХ (с зеркальными щитами балюстрады) на регулируемых винтовых опорах с виброподушками изолирована от бетона и не подвержена коррозии

ровно столько же, как и прежде, а, значит, и положение с пассажиронапряженностью здесь не изменится.

ООО «Конструктор» (Санкт-Петербург) разработало конструкцию эскалатора ЭТХ-3/75 нового поколения. Не вдаваясь в технические подробности, отметим характерные особенности этих эскалаторов, важные с точки зрения строителей тоннелей:

- во всем диапазоне высот подъема от 3 до 75 м эскалатор имеет уменьшенные габариты: ширину 1250 мм (по установочным размерам поручня) и радиусные участки 2,8 м (величину радиуса диктуют исключительно требования «Правил устройства и безопасной эксплуатации эскалаторов» к геометрии лестничного полотна);

- уменьшенный диаметр приводной звездочки (564 мм) позволяет значительно сократить габариты привода и эскалатора в целом;

- не требуются машины с удлиненными горизонтальными участками;

- не нужны сложные фундаменты и обширные машинные помещения;

- монтаж одного эскалатора при серийном производстве может быть сокращен с традиционных 2–3 месяцев до 2–3 дней.

Сокращение размеров эскалатора достигнуто за счет переноса привода и тяговых цепей в габариты настила лестничного полотна (рис. 8, 9).

Отсутствие сложных фундаментов обеспечено применением принципиально новой металлоконструкции на «скользящих опорах», позволяющих к тому же легко компенсировать усадки и боковые уводы тоннеля (рис. 10).

Сроки монтажа могут быть сокращены благодаря блочной конструкции эскалатора с разборными тяговыми цепями. Каждая секция длиной 6 м с установленным на заводе лестничным полотном и балюстрадой, может доставляться на станцию (аналогично поэтажному эскалатору) и в готовом виде опускаться в наклон. Останется только зафиксировать ее на собственной опоре, выставить секции друг относительно друга при помощи винтовых опор, стыковать цепи, надеть поручни, подключить электрику и...поехали!

Экономия при строительстве новых станций за счет сокращения объема строительных и монтажных работ равна стоимости

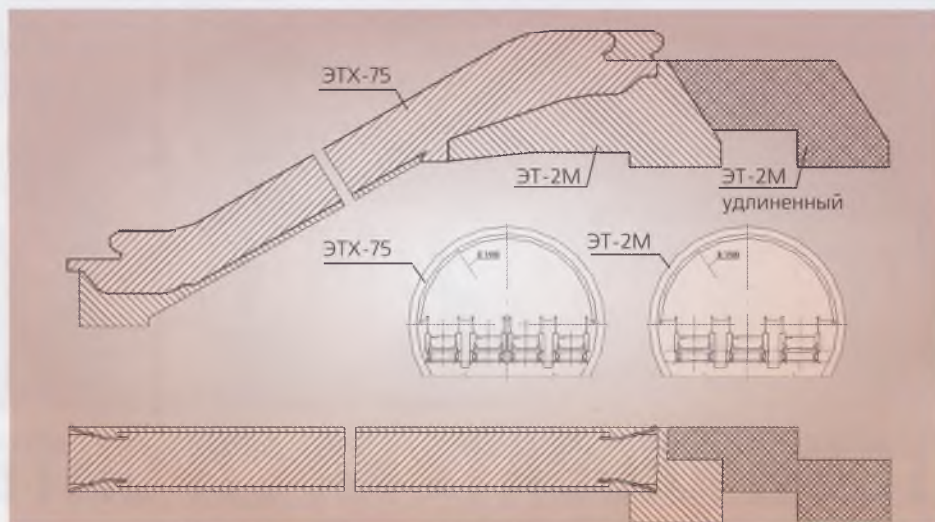


Рис. 11. Сравнение габаритов эскалаторов нового (ЭТХ-3/75) и старого (ЭТ-2М) поколения

одного эскалатора. Т. е. при вложении одних и тех же средств новые станции уже изначально могут иметь резервный эскалатор, а на старых – их помещается на один больше (рис. 11).

Немаловажны и эксплуатационные преимущества: расчетный ресурс эскалатора до капитального ремонта увеличен втрое; тяговые цепи-рейки с шагом, равным шагу ступеней, не подвержены износу и вытяжке; единственный шарнир между звеньями оснащен закрытым подшипниковым узлом со смазкой на весь срок службы; ступени, их бегунки и шарниры цепи разгружены от паразитных сил $P_{\text{ц}}$ на ВКУ (рис. 3 и 4б), имеют минимальный вес, габариты и стоимость; цевочный привод обеспечивает исключительную плавность движения лестничного полотна (рис. 6б).

«Рассмотрев строительное задание и пояснительную записку на эскалаторы ЭТХ-3/75, Ленметрогипротранс считает, что возможно использование данных эскалаторов как для замены устаревших эскалаторов при реконструкции наклонных ходов, так и для вновь проектируемых станций» (из письма «Ленметрогипротранс» № 922–141 от 10.06.2003).

Ряд крупных отечественных предприятий (например, «Кировский завод») заинтересованы в освоении производства таких машин. Метрополитены же по традиции продолжа-

ют вкладывать деньги в монопольное производство старых эскалаторов. 150 тыс. км (около семи лет) – срок их службы до капитального ремонта. Для простых граждан это значит только одно – через семь лет после открытия новых станций или реконструкции старых каждый эскалатор будет остановлен для ремонта на 2–3 месяца с неизбежным ограничением пассажиропотока. Толчея на входе станций, оправдываемая сегодня изношенностью эскалаторов, превратится в постоянное явление.

«Основной целью любых наших действий является повышение качества жизни людей», – главная идея Программы Президента России В. В. Путина на 2004–2008 гг., провозглашенная 12 февраля 2004 г. Транспортная проблема – один из важнейших аспектов качества жизни. В мегаполисах она во многом определяется четкой работой метрополитена и осложняется сегодня недостаточной пропускной способностью эскалаторных тоннелей. Для «включения» **резерва в 33–50 %** нужно, всего лишь, направить отечественное эскалаторостроение на путь технического прогресса.

Среди наших высокопоставленных чиновников, безусловно, есть прогрессивные грамотные люди, способные придать этой теме нужное ускорение. А если нет, так и будем, теперь уже в XXI веке, выбрасывать деньги на ветер и толкаться в «пузырях» и «пробках» у громоздких эскалаторов.



ДЭРТФОРДСКИЙ ТОННЕЛЬ

ТПМК «ЛОВАТ» НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ КАБЕЛЬНОГО КОЛЛЕКТОРА ПОД ТЕМЗОЙ

У National Grid, дочерней компании National Grid Transco, находящейся в стопроцентном владении последней, есть три перехода силовых коммуникаций через реку Темзу восточнее Лондона: воздушный, тоннельный (построен в конце 60-х годов прошлого столетия), кабельный коллектор, уложенный под проезжей частью автодорожного тоннеля, пересекающего р. Темзу у Дэртфорда.

Кабели на 275 кВт в западном тоннеле Дэртфордского перехода р. Темзы, передающие энергию от Литтлбрукской электростанции к Барклингской подстанции, подлежат замене.

В 2000 г. фирме Mott MacDonald было поручено выполнить технико-экономическое обоснование пересечения р. Темзы с разработкой различных вариантов. С учетом воздействия на окружающую среду, экономических показателей и степени риска, наиболее эффективной была признана схема перехода с помощью проходки тоннеля. Были изучены варианты трассы тоннеля, в результате чего предпочтение было отдано тоннелю длиной 2 км. Одновременно рассматривались варианты компоновки кабеля; предпочтение было отдано двум комплектам из трех связанных в поперечном направлении кабелей в полиэтиленовой оболочке типа XLPE. Вариант тоннельного перехода допускал увеличение функциональной мощности кабелей с 275 до 400 кВт.

Трасса тоннеля

В марте 2001 г. корпорация Babcie получила подряд на подготовку предварительного проекта. С июня по август 2001 г. фирма Soil Mechanics Ltd. провела изыскательские работы, в том числе дополнительные изыскания в связи с изменением местоположения стартового ствола. Инженерно-геологические условия вдоль трассы перехода характеризуются наличием насыпных грунтов, аллювиальных песков, мягких оторфованных аллювиальных глин и речного гравия, ниже которых залегают отложения верхнемелового периода. Стратиграфические исследования подтвердили, что мел относится к почковатым отложениям Льюисского мелового яруса.

При окончательном трассировании длина тоннеля определилась в 2,4 км. Наибольшее заложение тоннеля – 35 м от дневной поверхности, толщина слоя грунта между тоннелем и дном реки – от 15 до 20 м.

Тендер

Тендерная документация на общестроительные и тоннельные работы была подготовлена Babcie на основе новой редакции сметных норм I Chem E Green Book. Работы включали строительство двух стволов, щитовую проходку тоннеля, выполнение работ внутри тоннеля, включая опорные устройства для кабелей, и работы на поверх-

ности в зоне двух стволов. В конце 2001 г. тендерная документация на проектные и строительные работы была разослана в пять подрядных организаций, в начале 2002 г. были получены предложения.

National Grid осуществила их предварительный анализ и составила сокращенный перечень участников тендера, включив в него две организации, которым предложила представить более подробные технико-экономические данные. Предпочтение было отдано предложению компании Amec, однако тендерную процедуру пришлось продлить почти на год до завершения переговоров по отводу земли под стройплощадку в Тарроке. Контракт был подписан в январе 2003 г.

Контракт на укладку кабелей и монтаж распределительных устройств был подписан с ABB. Babbie была уполномочена National Grid проверить проект и действовать в качестве представителя National Grid на объекте. Разработку проекта стволов тоннеля Amec ведет с января 2003 г. параллельно со строительством, которое было начато в марте 2003 г.

Ствол в Литтлбруке

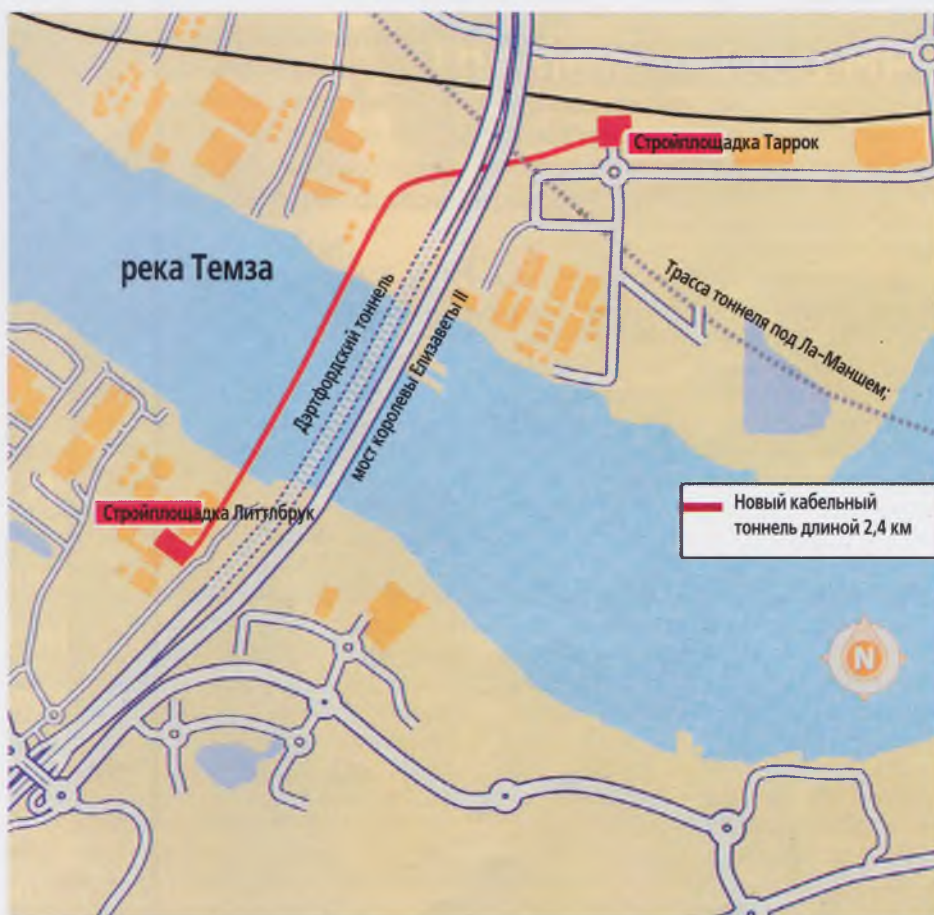
Первым предстояло построить ствол диаметром 9 м в Литтлбруке. Его соорудили как опускной колодец в водонасыщенных грунтах, но на глубине около 25 м был встречен мел. Вода из ствола была откачана, и погружение продолжилось путем разрушения породы. Темп погружения ствола в аллювиальных грунтах составлял 2 м/сут., в мелу – 1 м/сут. Для того чтобы ускорить погружение, в аллювиальных грунтах использовали дополнительный пригруз.

Проектировщики Amec совместно с CV Babbie, изготовителем обделки, выступили с прогрессивным проектным решением обделки ствола. В сборных блоках толщиной 300 мм и шириной 1 м предусмотрены выпячивающиеся наружу болты, к которым обеспечен легкий и безопасный доступ. Для увеличения массы колодца поверх сборной обделки полосами по 2 м была устроена монолитная железобетонная рубашка толщиной 225 мм; таким способом была выполнена обделка толщиной 525 мм.

Режущая кромка колодца выступала за его внешний диаметр на 50 мм, это пространство впоследствии заполнялось раствором. Приемный ствол в Тарроке имел такие же размеры, однако, ввиду того, что это место находится в черте города, работать было разрешено только в одну смену. В обоих стволах на передней стенке предусмотрено углубление с двумя надутыми емкостями из геотекстиля, изготовленными немецкой фирмой Bullflex, которые изолируют ствол и ТПМК в момент врезки и просечки.

Тоннелепроходческий механизированный комплекс

ТПМК фирмы «Ловат», использованный для проходки тоннеля, был приобретен Amec для объекта Флайд в Ланкашире (Ве-



Ситуационный план в районе строительства тоннеля

ликобритания) около десяти лет назад. Внешний диаметр этого ТПМК был увеличен с 3,35 до 3,50 м, внутренние элементы щита были полностью обновлены. Масса комплекса – 80 т. ТПМК и технологическая часть имеют суммарную длину 165 м. Конструкция планшайбы ТПМК рассчитана на проходку в прочных мелах и в почковатых кремнистых отложениях верхнемелового периода. На планшайбе вместо резцов предусмотрен скребковый инструмент и нагружаемый сзади расширяющий инструмент.

Тоннельная обделка

Кабельный тоннель имеет внутренний диаметр 3 м. Обделка, спроектированная и изготовленная фирмой CV Buchan, дочерним предприятием Amec, имеет в кольце шесть трапециевидных блоков толщиной 175 мм и шириной 1,2 м со скосом в 23 мм. В продольных швах кольца предусмотрено по два криволинейных болта, на стыке колец – по четыре штыря типа Buclok. Блоки, выполненные из бетона прочностью 60 Н/мм², армированы металлическими стержнями периодического профиля с добавкой 1 кг/м³ полипропиленового волокна для повышения огнестойкости. Прокладки типа EPDM изготовлены VIP Heinke и поставлены Tunneling Accessories Ltd. Эти пропитанные битумом войлочные уплотнения клеивались на заводе в продольные стыки, а в кольцевые швы клеивались деревянные прокладки, используемые во время монтажа блоков.

В связи с большим гидростатическим давлением за обделкой, в начале работ были проблемы с выносом раствора из небольшого углубления на обратной стороне прокладки. Они разрешились путем нагнетания в это углубление силиконового состава перед опусканием блока в тоннель.

Строительство

ТПМК «Ловат» был опущен в ствол Литтлбрук 8 июля 2003 г. Проходка началась 15 июля, при этом, в течение первой недели, работа шла в одну смену, поскольку разработка породы велась под свайным фундаментом расположенных на поверхности резервуаров, в которых хранилось нефтяное топливо для электростанции. Затем режим проходки был изменен: две 12-часовые смены в будние дни, кроме пятницы, две 8-часовые смены в пятницу. Такой режим, принятый в Amec, соблюдается тоннельным персоналом компании и рабочими в течение последних лет.

При глубине ствола 40 м один грейферный кран не успевал с подъемом породы от шести скипов и опусканием в ствол двух комплектов по три блока за время оборота поезда. У ствола было установлено два крана, каждый из которых имел систему световой сигнализации, дающей другому крановщику знак о возможности перемещения стрелы к совместно обслуживаемому отверстию.

На первых 130 м выработки использовались два рельсовых пути и один сдвоенный перевод. Еще один перевод находился поза-

ди ТПМК. Когда щит достиг кривой под берегом со стороны Эссекса, находящейся на расстоянии около 1800 м от начала выработки, перевод у ТПМК был ликвидирован, и подъезд к щиту стал осуществляться по одному пути. Проходка оставшейся части тоннеля выполнялась с использованием четырех поездов. Каждый поезд включал электровоз, тележку для пассажиров, две платформы для блоков, бак с раствором и четыре скипа для разработанной породы.

Раствор для заполнения пространства за обделкой готовился на поверхности. Цемент перемешивался с водой и замедлителями схватывания и по трубопроводу поступал в емкость на дне ствола. Бак на поезде пополнялся из этой емкости. Непосредственно перед инъектированием раствора за обделку, в него добавлялся ускоритель схватывания.

Прослойки почковатого кремнезема встречались в забое неравномерно с расстоянием порядка 0,6 м и занимали около 15 % его площади. Гидростатическое давление на забой колебалось от 4 до 5 бар, в зависимости от приливных колебаний уровня, что значительно превышает расчетную величину в 3,5 бара. Первый раз вход в призабойную камеру был осуществлен, когда ТПМК находился под южным берегом реки; его целью была проверка готовности рабочего инструмента безотказно функционировать под руслом реки.

В середине декабря на расстоянии около 600 м до приемного ствола скорость продвижения ТПМК резко упала, несмотря на то, что подаваемый крутящий момент не изменялся. Было решено остановить комплекс и провести осмотр забоя. Передняя часть щита имела значительные местные повреждения, все режущие элементы планшайбы диаметром 300 мм у ее периферии были полностью срезаны, что вызвало ее повреждение. Причиной неполадок явился выход из строя одного из зубцов расширителя, что вызвало и остальные повреждения.

Ремонт производился во время рождественских праздников, и 5 января 2004 г., в день открытия стройплощадки, ТПМК был готов к продолжению работ. Во время проходки было произведено два выхода к рабочему органу для обычной замены режущих элементов.

В середине января комплекс вошел в более мягкие мела ослабленной структуры со сплошным, не послойным, включением кремния, и это замедлило ход работ. На последней неделе проходки качество мела улучшилось, и 4 февраля 2004 г. ТПМК осуществил просечку приемного ствола в Тарроке. Средний темп проходки тоннеля, включая праздники, составил 90 м в неделю.

Разработанная в тоннеле порода вывозилась самосвалами и использовалась для благоустройства заброшенного карьера у местечка Тильбюри. Строители заявили, что тоннель пройден успешно, и можно планировать завершение объекта и сдачу кабелей весной 2005 г., в соответствии с программой. 

ТОННЕЛИ ПОД ТЕМЗОЙ В РАЙОНЕ ДЭРТФОРДА

В меловых отложениях долины р. Темзы в районе Дэртфорда и Грэйвсенда за последние 50 лет построено несколько тоннельных объектов. С середины 50-х до середины 70-х годов прошлого столетия были построены два автодорожных тоннеля у Дэртфорда, кабельный тоннель под Темзой между Грэйвсендом и Тильбюри и гидротехнические тоннели (подводящий и отводящий) электростанции в Литтлбруке. За последние два года появился участок Тоннеля под Ла-Маншем и кабельный тоннель у Дэртфорда. За эти 50 лет в методах строительства и вопросах технического прогресса произошли заметные изменения.

Первый Дэртфордский автодорожный тоннель

Первый Дэртфордский автодорожный тоннель строился в два этапа: первый – в 30-х гг. прошлого столетия вплоть до начала войны, второй – в конце 50-х гг. Тоннель имеет длину 1430 м от портала до портала плюс приблизительно 160 м тоннеля, выполненных открытым способом; построены также вентиляционные здания. Внутренний диаметр этого тоннеля, пройденного щитовым способом с применением чугунной обделки, равен 8,6 м. Его подводящая часть была пройдена из двух стволов, расположенных на расстоянии 907 м друг от друга близко к кромкам берегов реки. С 1936 по 1938 г. в зоне шельги расширенного тоннеля кессонным способом был пройден пилотный тоннель диаметром 3,7 м. Было сделано расширение для камеры под два щита, установленных перед началом войны. Из пилотного тоннеля была произведена цементация зоны мелового массива вокруг свода расширенного тоннеля. Расширенный тоннель под руслом реки, имевший длину 907 м, был пройден из двух стволов щитовыми комплексами фирмы «Грэйтхэд» кессонным методом под давлением до 2 атм. Работы по расширению со стороны Кента были начаты в мае 1957 г., со стороны Эссекса – в октябре 1957 г. Сбойка тоннелей произошла в апреле 1957 г., средний темп проходки составил 22 м/мес. Средняя скорость каждого из щитов в неделю составляла, как правило, 6–9 м. Кентский участок от ствола до участка открытых работ был пройден с помощью пилотного тоннеля и третьего щита, а более короткий эссекский участок – путем устройства трех пилотных тоннелей в пределах сечения без использования щита. В щитовых проходческих работах, выполнявшихся сменами по 8 часов, участвовало около 1200 рабочих.

Второй Дэртфордский автодорожный тоннель

Второй Дэртфордский автодорожный тоннель был построен в середине 70-х гг. прошлого столетия. Большая протяженность участков открытых работ с обеих сторон сократила длину тоннеля до 880 м. В данном случае пилотный тоннель диаметром 3,65 м выполнялся в зоне обратного свода уширенного тоннеля, при этом цементировался весь забой. Расширенный тоннель внутренним диаметром 9,54 м был пройден с двух сторон двумя щитами «Грэйтхэд» кессонным методом под давлением до 2 атм. Строительство тоннеля, имевшего чугунную обделку на начальных участках и железобетонную блочную в центральной части, было начато с кентской стороны в октябре 1974 г., с эссекской – в июле 1975 г. Щиты

встретились в январе 1975 г., средний темп проходки составил 20 м/мес.

Кабельный тоннель под Темзой

Кабельный тоннель под Темзой был построен в конце 60-х гг. прошлого века. Было решено, что тоннель не должен выполняться кессонным методом, для чего его следует проложить на большей глубине в более благоприятных меловых отложениях. Ось тоннеля располагалась на абсолютных отметках от –40 до –44 м. Обделка – кольцевая из сборных железобетонных блоков на болтах. Для проходки тоннеля диаметром 3,05 м был использован ТПМК с открытым забоем, через который выполнялось опережающее разведочное бурение и цементация массива. Были встречены два крупных разлома, из которых щит извлекали путем разборки нескольких уже установленных колец обделки, после чего перед меловым забоем устраивали перемычку. Затем через эту перемычку производилась цементация трещин. Тоннель длиной 1560 м был пройден за 47 недель при средней скорости проходки 33 м в неделю. Максимальный темп проходки – 23 м в сутки и 90 м в неделю.

Электростанция в Литтлбруке

Подводящий и отводящий тоннели электростанции в Литтлбруке были построены в благоприятных мелах на абсолютных отметках, в основном, –48 м. Два тоннеля внутренним диаметром 4,27 м и длиной около 285 м были построены при нормальном атмосферном давлении.

Тоннели недавнего времени

Два года назад под Темзой в меловых отложениях с помощью ТПМК с закрытым забоем высокими темпами, с использованием методов, не существовавших в 50-х и 70-х гг., были построены три тоннеля: два – как часть Железнодорожного тоннельного коридора под Ла-Маншем, третий – тоннель для кабелей сети National Grid.

Железнодорожный тоннельный коридор под Ла-Маншем

Два тоннеля под Темзой как часть Железнодорожного тоннельного коридора под Ла-Маншем были построены недавно один за другим. Два тоннеля с обделкой из сборных железобетонных колец, имеющие внутренний диаметр 7,17 м и длину 2,5 км, были построены с помощью закрытого ТПМК фирмы «Херренкнехт АГ» со шламывым пригрузом забоя. Первый тоннель был построен за семь, второй – за пять месяцев. При семидневной рабочей неделе темп проходки составил 75 м в неделю для первого тоннеля и 104 м – для второго. 



LOVAT Inc.

НОВОСТИ ОТ LOVAT

ЕЩЕ ОДНА ПОБЕДА «ЛОВАТ»: МЕТРО МИЛАНА

10 сентября 2004 г. тоннелепроходческий комплекс «Ловат», модель RME257SE серии 17900 успешно завершил проходку 1036 м в г. Милане.

Семь последних колец были установлены в течение 12 часов, и рекордная скорость проходки была развита именно в этот, заключительный день – 14 колец за 24 часа! В данный момент ТПМК «Ловат» развернут и готовится пройти оставшиеся 1064 м тоннеля.



Наши поздравления г. Милану и Torno Internazionale Spa с этой победой!

«LA GIRALDA» – ДОБРО ПОЖАЛОВАТЬ В СЕВИЛЬЮ!

Тоннелепроходческий комплекс (ТПМК) «Ловат», модель RME238SE серии 21300, получивший имя «La Giralda», прибыл на днях в солнечную Севилью, Испания.

Лишь в начале года был подписан контракт между U.T.E. Metro de Sevilla и фирмой «Ловат», и вот уже ТПМК готов приступить к работе.

Данный 6,05-метровый ТПМК был сконструирован для строительства двух тоннелей метро, так называемых «двойняшек», в г. Севилье.

ТПМК «Ловат» RME238SE должен будет пройти порядка 4600 м в условиях мягких грунтов под уровнем подземных вод. ТПМК будет использовать обделку, состоящую из блоков длиной 1,4 м с внутренним диаметром 5,3 м и внешним – 5,8 м.



В ДОБРЫЙ ПУТЬ, «LA GIRALDA»!



LOVAT Inc.

Ловат Инк. представлен в России

«Интерторг Инк.»: 123056, Москва, Грузинский пер., 3, оф. 63

тел.: (095) 250-0367, 254-2008, 254-6924, 254-3162

факс: (095) 253-9771

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ОТВОДЯЩЕГО КАНАЛИЗАЦИОННОГО ТОННЕЛЯ г. ТОЛЬЯТТИ

П. П. Бессолов,

Тоннельная ассоциация России

О роли тоннелей в системах канализации крупных городов

Во второй половине XX века в нашей стране осуществлялась крупномасштабная государственная программа массового строительства систем канализации городов.

Применение тоннелей, проходимых проходческими щитами диаметром от 2 до 5,5 м, позволило качественно повысить уровень эффективности названных систем.

Наиболее значимым показателем технико-экономической целесообразности подземных технологий прокладки коллекторов являлось достижение резкого снижения эксплуатационных затрат на перекачку канализационных стоков, которое обуславливалось объединением многочисленных бассейнов канализования городов. Созданные с помощью тоннелей линии протяженных магистральных самотечных канализационных коллекторов глубокого заложения позволили иметь в городе всего лишь 1–2 главные насосные станции. При этом исключались полностью многократные перекачки стоков, которые, как правило, имеют место там, где тоннели не используются.

Вышеназванные тоннельные коллекторы, кроме того, обеспечивают большую перспективную нагрузку, повышают надежность функционирования важнейшей из систем жизнеобеспечения городов, а также резко повышают уровень экологической безопасности при строительстве и эксплуатации объектов. Зародившееся в Москве в предвоенный период направление по щитовой проходке коллекторов в 50–70-е гг. было распространено на многие десятки крупных городов страны (Волгоград, Саратов, Самара, Нижний Новгород, Омск, Новосибирск и т. д.).

Наиболее крупный комплекс подземных сооружений канализации функционирует в Санкт-Петербурге. Суммарная протяженность тоннелей (с диаметром щитов от 1,8 до 5,5 м) составляет около 200 км. Тоннели проходят на глубинах от 12 до 100 м от поверхности земли. Для отдельных кварталов, зданий весь путь водоотведения непосредственно до площадок очистных станций, располагаемых друг от друга на многие десятки километров, проходит по тоннелям.

Парадоксально то, что инициативу применения тоннелей в системах водоотведения городов и промышленных предприятий по всей территории нашей страны (кроме Москвы и Ленинграда) всегда проявляли не головные институты, проектирующие канализацию городов, а тоннельщики. Их действия носили положительный, долговременный и системный характер.

Положительный результат предложения обеспечивается за счет богатого разнообразного отечественного опыта проектирования аналогичных канализационных подземных комплексов и строительства тоннеля с помощью новейших технологий мирового уровня на базе высокопроизводительной импортной горнопроходческой и другой специальной техники.

Нормативная база бывшего Госстроя СССР по основополагающим аспектам, особенно в части себестоимости затрат на транспортировку стоков по городским сетям, не имела необходимого подхода по рассмотрению всегда имеющихся вариантов.

Именно по канонам «классической», названной выше нормативной базы, создана система отведения стоков с площадок очистных сооружений г. Тольятти, которая функционирует с момента пуска в эксплуатацию автозавода и города.

В течение всего этого периода очищенные канализационные стоки с расходом до 10 м³/с перекачиваются на расстояние 9 км на водораздел берегового склона р. Волги (перепад высот до 75 м). По приблизительным оценочным расчетам выявлено, что годовые эксплуатационные затраты в этом случае только по статье «Электроэнергия» эквивалентны стоимости 2 км тоннеля диаметром 4 м, с помощью которого эти стоки могли бы самотеком поступать «под горой» в приемную камеру глубоководного выпуска.

В настоящее время разработана проектная документация на I очередь тоннеля длиной 1,2 км (на стадии ТЭО) под береговым склоном р. Волги. С одной стороны это положительное решение, которое когда-то все-таки приведет к прекращению ненужных затрат электроэнергии на перекачку. С другой стороны, принятые проектом конструктивно-технологические решения не имеют достаточного обоснования и приведут к неоправданному затратам, которые на сегодня возможно и необходимо исключить.

Анализу этих обстоятельств и выработке путей повышения качественных показателей проекта посвящается настоящая статья.

Краткая характеристика существующей системы водоотвода, основная идея проектного решения по ее реконструкции

Очистка хозяйственно-фекальных и промышленных стоков г. Тольятти осуществляется на площадках двух очистных сооружений, расположенных в непосредственной близости друг от друга. Одни из них обеспечивают очистку стоков АО «АвтоВАЗ», другие – ОАО «Тольяттиазот». Городские стоки поступают на оба комплекса очистных сооружений (рис. 1).

Водоотвод очищенных сточных вод с площадки очистных сооружений АО

«АвтоВАЗ» ведется по трем стальным напорным трубопроводам диаметром 1200 мм, а площадки ОАО «Тольяттиазот» – по трем аналогичным трубопроводам диаметром 1400 мм. Обе линии напорных трубопроводов проходят параллельно друг к другу и в непосредственной близости

Длина трассы напорных линий от насосных станций до дюзера под судоходным каналом составляет 10,6 км. Она располагается примерно на длине 9 км, начиная с площадок очистных сооружений (отметка поверхности 68,3 м), в пределах берегового склона р. Волги, пересекая господствующую перевальную отметку 147 м. На данном участке подача стоков по трубам может вестись только с помощью насосов, которые должны преодолеть геометрическую высоту 78–80 м. После преодоления перевального участка трасса трубопроводов проходит по откосу склона, обращенному к р. Волге, на длине 1,2–1,4 км. Транспортирование стоков по трубам происходит также в напорном режиме до камеры дюзера. Высотный перепад рельефа поверхности на данном участке трассы водоотвода составляет 105–110 м.

На протяжении примерно 0,8 км напорные трубопроводы проходят под территорией поселка Федоровка, примыкающей непосредственно к береговой линии судоходного канала.

Проект системы водоотвода, эксплуатируемый сегодня, разработан институтом «Ростовский ВодоканалПроект». На протяжении десятилетий, прошедших с момента пуска системы, институтом выполнялись проекты перекладки отдельных участков линий, необходимость строительства которых вызывалась низкой надежностью трубопроводов, работающих в условиях тяжелого гидравлического режима, в том числе в районе поселка Федоровка. С целью повышения эксплуатационной надежности системы в целом, а также снижения затрат на перекачку сточных вод институтами «Ростовский ВодоканалПроект» и «Тульский Промстройпроект» (субподрядчик по горно-строительной части) в 1993 г. был разработан на стадии «П» проект самотечного канализационного тоннеля диаметром 4 м (щит ПЩ–4,0) длиной 4,7 км, концевой участок которого примыкал к береговой линии р. Волги.

В последующий период предполагалось проложить II очередь тоннеля, головной

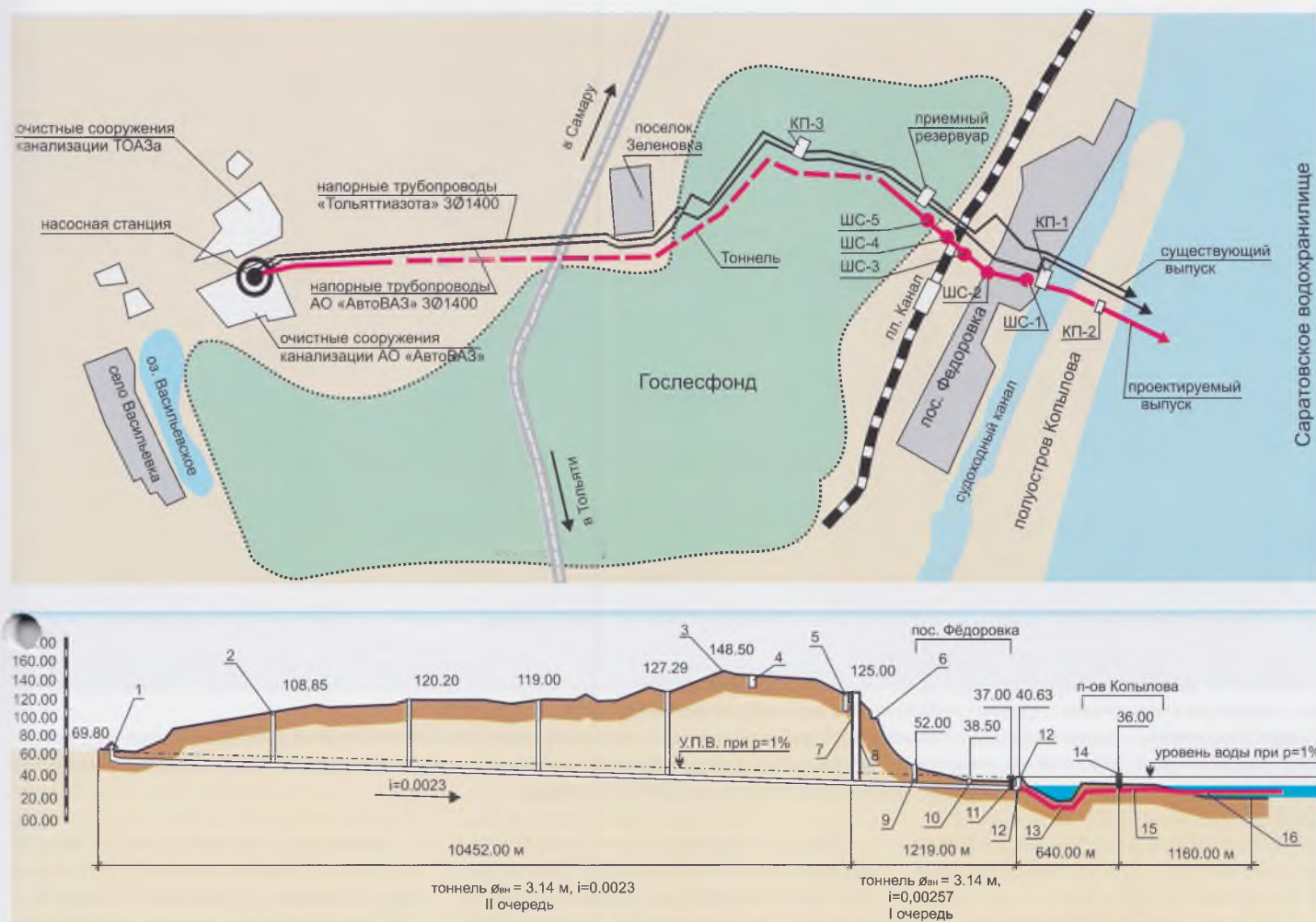


Рис. 1. Ситуационная схема плано-высотного положения системы водоотвода сточных вод с очистных сооружений г. Тольятти:

1 - канализация; 2 - технологические шахты для строительства II очереди тоннеля; 3 - господствующая точка водораздела; 4 - камера КП-3; 5 - приемный резервуар; 6 - железная дорога Тольятти - Самара; 7 - шахта ШС-5; 8 - шахта ШС-4; 9 - шахта ШС-3; 10 - шахта ШС-2; 11 - шахта ШС-1; 12 - камера джукера КП-1; 13 - джукер под судоходным каналом; 14 - камера КП-2; 15 - трубопровод по полуострову Копылова; 16 - глубоководный выпуск

участок которого примыкал бы непосредственно к площадкам очистных сооружений, исключая тем самым необходимость использования канализационных насосных станций и расходования громадных эксплуатационных затрат на перекачку. Названный проект не получил дальнейшего развития, несмотря на его общую технико-экономическую целесообразность.

В настоящее время находится на стадии экспертизы ТЭО «Реконструкция системы отведения очищенных сточных вод г. Тольятти. Строительство коллекторного тоннеля в поселке Федоровка (вариант 6А)».

Согласно данному ТЭО тоннель длиной 1,2 км располагается на конечном участке системы водоотвода под склоном водораздела р. Волги, в т. ч. под территорией пос. Федоровка, примыкая к камере джукера КП-1 на берегу судоходного канала. Сооружение тоннеля будет вестись главным образом по пескам с прослойками глинистых грунтов.

При таком проектном решении сточные воды будут, как и прежде, перекачиваться на водораздельные отметки насосными станциями (рис. 1). Первая очередь тоннеля, проходку которого необходимо вести щитом диаметром 4 м, будет служить для подключения сточных вод из камеры КП-3, их последующего сброса (на глубину 91,5 м) через ги-

дравлическое отделение шахты ШС-5 на отметки заложения тоннеля, дальнейшего транспортирования до шахты ШС-1 и системы водоотводящих трубопроводов к глубоководному выпуску в акваторию Саратовского водохранилища. В зависимости от уровня горизонта вод в нем, эксплуатацию тоннеля планируется вести как в безнапорном, так и напорном гидравлических режимах.

Высотное положение головного участка I очереди тоннеля позволяет в будущий период построить его до площадок очистных сооружений с самотечным транспортированием вод по всей длине системы водоотвода до выпуска в водохранилище включительно. Начало прокладки тоннеля, имеющего большое экономическое значение для города и названных ранее предприятий, событие весьма значительное, в том числе и для коммунальных тоннелестроителей.

В то же время вызывает сомнение подход авторов проекта к данной проблеме, по которому организуется на господствующей отметке шахтный временный дорогостоящий водосброс, с параметрами, не имевшими аналогов в практике нашей страны, и, вероятно, Европы.

Нам представляется необходимым выработать более целесообразное решение этой задачи, а также внести изменения и дополнения в соответствующие части проекта, ко-

торые основываются на передовом мировом опыте, позволяя увеличить уровень эксплуатационной надежности системы и эффективности капложений в ее реконструкцию.

Выбор и обоснование рационального решения нельзя осуществить без системного (приближенного) рассмотрения проекта по его основным частям. Основные выводы такого анализа приведены ниже.

Примерная величина экономии затрат по статье «электроэнергия» за счет пуска в эксплуатацию самотечного тоннеля от площадок очистных сооружений до камеры джукера

Существующая схема водоотвода по напорным трубопроводам с экономической точки зрения является неприемлемой, главным образом, из-за больших эксплуатационных, прежде всего, энергетических затрат на перекачку сточных вод, которые при наличии тоннеля могли бы отсутствовать полностью. По приближенным (заниженным) расчетам установлено, что ежегодная экономия эксплуатационных затрат по статье «электроэнергия» составляет 200–259 млн р. (цены настоящего времени).

Величина этой годовой экономии достаточна для строительства 1,8–2,3 км канализационного тоннеля, конструктивные тре-

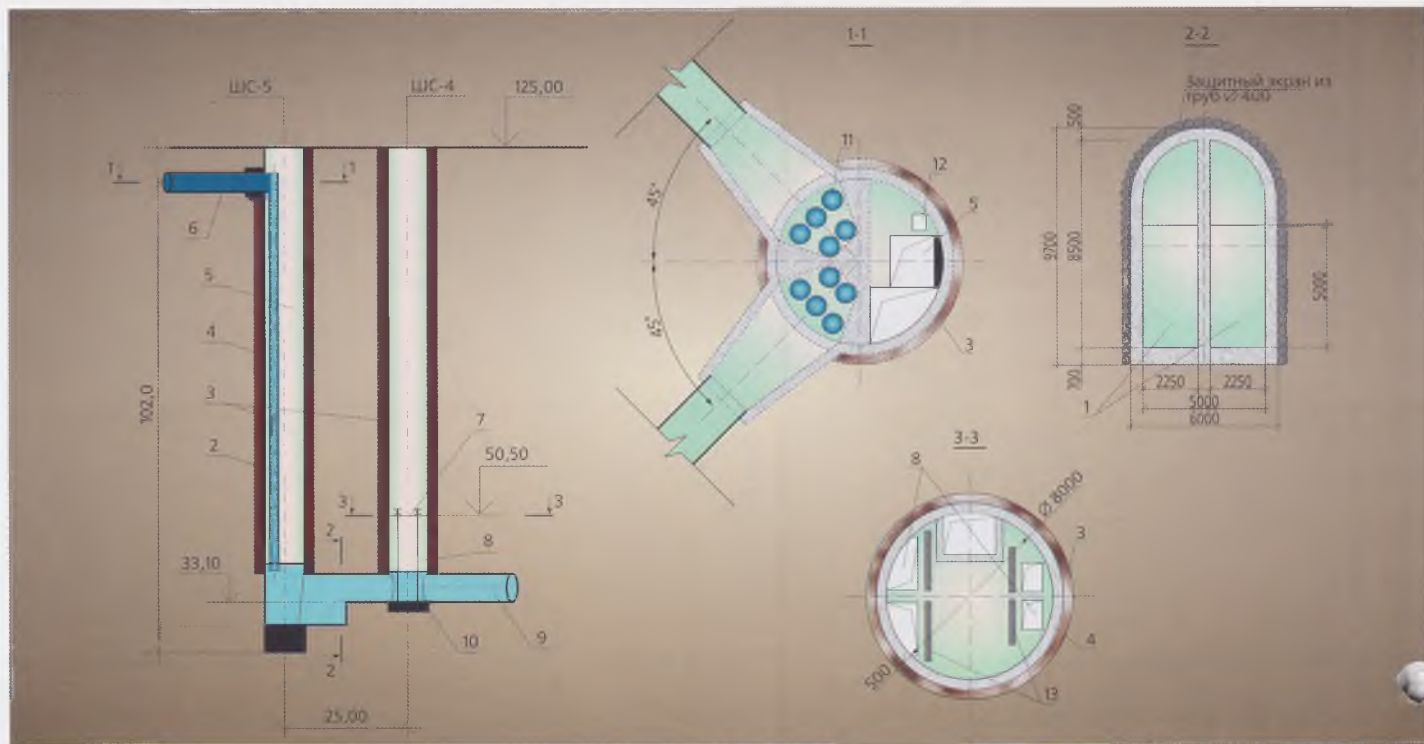


Рис. 2. Временный узел подземных сооружений по сбросу сточных вод на отметку заложения тоннеля:

1 – водобойная камера; 2 – гидравлическое отделение шахты ШС-5 (трубчатый перепад); 3 – слой грунта, закрепленный методом струйной цементации; 4 – крепь шахт из монолитного железобетона; 5 – лифтовое отделение шахты; 6 – подводные трубопроводы от приемного резервуара; 7 – площадка обслуживания затворов; 8 – уравнильный резервуар; 9 – тоннель, I очереди; 10 – щитовые затворы; 11 – чугунная труба $\varnothing 1000$ мм; 12 – лестничное отделение

бования к которому будут более высокими по сравнению со сложившейся отечественной практикой.

Экономия, помимо электроэнергии, также будет достигаться за счет исключения других видов эксплуатационных затрат (зарплата, амортизационные отчисления по отдельным объектам, постоянные восстановительные ремонты на аварийных участках трубопроводов и т. д.).

При пуске тоннеля на всю его проектную длину окупаемость затрат является совершенно реальной, что позволяет без риска использовать для стройки кредиты в необходимом объеме, создающие наиболее благоприятные условия при выборе сроков строительства и ряда других показателей проекта.

Технические решения проекта

Сточные воды с площадки очистных сооружений по напорным трубопроводам перекачиваются примерно на расстояние 9 км через перевальные отметки Волжского склона в камеру КП-3, в которой происходит гашение остаточного напора. От КП-3 по стальным трубопроводам сточные воды в самотечном режиме передаются в приемную камеру, а затем в шахту ШС-5, являющейся одним из основных элементов узла подземных сооружений по сбросу сточных вод на отметки лотка I очереди тоннеля. Основные элементы узла приведены на рис. 2. Названный узел подземных сооружений состоит из двух глубоких крупногабаритных шахт ШС-5 и ШС-4 диаметром в проходке 9 м (диаметром в свету 8 м), соединительной камеры (водобойного колодца) между ШС-4 и ШС-5 с арочной формой поперечного сечения с габаритами в проходке: пролет – 6 м, высота – 9,7 м.

Сброс сточных вод ведется через гидравлическое отделение шахты ШС-5 по многотрубчатому перепаду, состоящему из 10-ти чугунных труб диаметром 1 м. Перепад рассчитан на сброс сточных вод объемом ≈ 10 м³/с на глубину 93,5 м. Глубина шахты ШС-5 в проходке составляет около 100 м, а шахты ШС-4 – 93 м.

Шахта ШС-4 предназначена для обслуживания узла подземных сооружений, в т. ч. обеспечения вертикального транспорта эксплуатационного персонала, установки двух затворов перекрытия отсеков тоннеля, а также размещения на отметке 49,0 м герметичного перекрытия, служащего для недопущения подъема сточных вод по шахте при напорном режиме работы тоннеля.

Соединительная камера между шахтами служит для гашения энергии сточных вод, падающих по многотрубчатому перепаду.

Другие шахты – ШС-3 (глубина 23 м), ШС-2 (7,6 м), ШС-1 (11 м) в эксплуатационный период предназначены для обслуживания тоннеля.

Вызывает большое сомнение, основанное на отечественной практике проектирования перепадных узлов, надежность функционирования такого крупного перепада (ШС-5 ÷ ШС-4), аналогов которого в нашей стране нет, исходя из его определяющих параметров: расхода и высоты перепада. Работающие сегодня в аналогичных канализационных тоннелях бывшего СССР перепады не превышают по расходам 1–2 м³/с, а глубинам – 25–30 м.

Относительно близкие параметры перепадов имеются в составе канализации Санкт-Петербурга. Однако их эксплуатация ограничивается незначительным опытом, имеются отличия и по ряду других признаков.

Проектирование подобного сложного узла сооружений не может вестись без серьезных предварительных модельных исследований.

Но целесообразно ли строительство такого трудного и капиталоемкого узла сооружений, если период его эксплуатации является временным. После сооружения II очереди тоннеля его функциональное назначение исчерпывается.

Кроме того, на момент подключения II очереди тоннеля эксплуатация перепада невозможна, т. к. в этот период следует производить комплекс работ по переустройству водобойного колодца, приспособивая только для транзитного транспортирования сточных вод II очереди. В этой связи обязательным условием будет являться перекачка и транспортирование сточных вод по водораздельному склону р. Волга по схеме, которая используется сегодня.

Не может не вызвать вопроса также и технологическое проектное решение, по которому тоннель круглой формы поперечного сечения с внутренним диаметром 3140 мм (наружным – 3940 мм) разделяется по вертикальной оси с помощью сплошной железобетонной перегородки на два независимых отсека по всей его длине (рис. 3).

Такое решение приводит к тому, что тоннель, имеющий в проходке площадь поперечного сечения 12,19 м², на период эксплуатации будет обладать суммарной площадью поперечного сечения обоих отсеков равной величине 6,99 м², что также косвенно подтверждает низкую эффективность обделки. Это может привести к недостаточной пропускной способности тоннеля на расход сточных вод целого крупного города (10 м³/с), даже по нашим нормативным подходам.

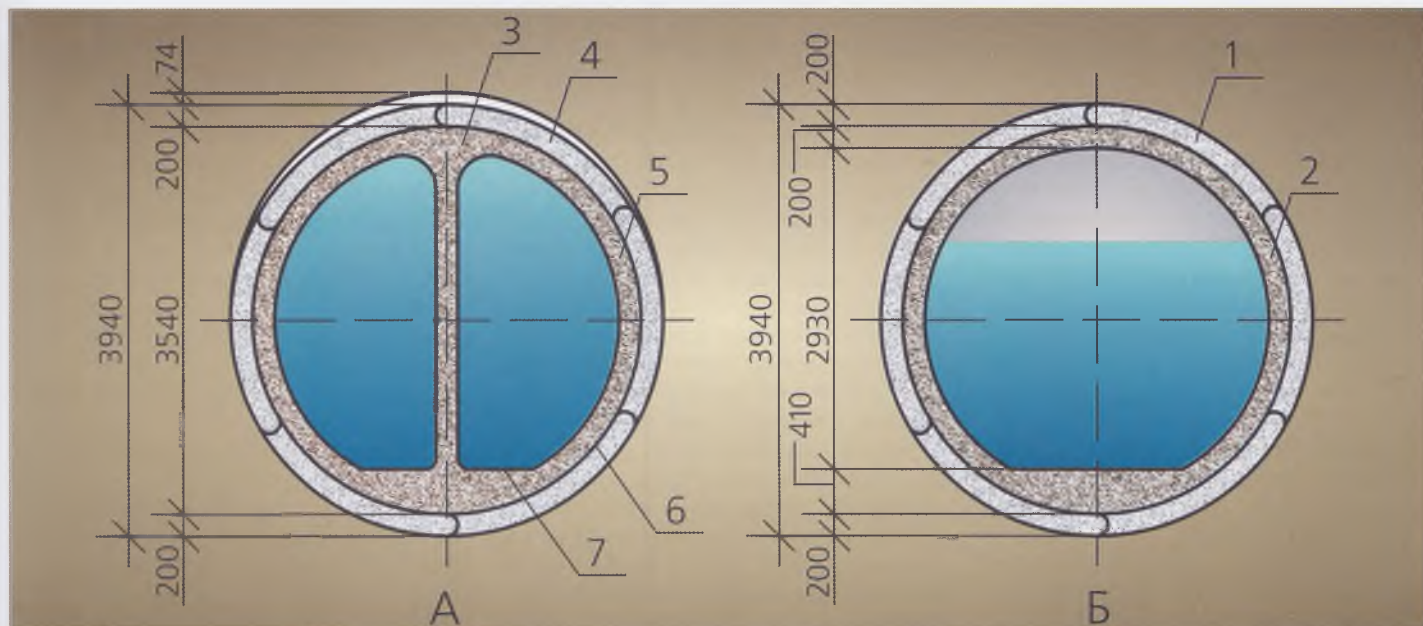


Рис. 3. Поперечное сечение и конструктивная обделка канализационного тоннеля (А - проектное сечение (при напорном режиме); Б - предлагаемое сечение (при самотечном режиме)):

1 - высокоточные сборные железобетонные блоки; 2 - монолитная железобетонная рубашка; 3 - монолитная железобетонная перегородка; 4 - сборные железобетонные блоки традиционного типа; 5 - монолитная железобетонная рубашка; 6 - промежуточное гидроизоляционное покрытие; 7 - обмазочное антикоррозионное покрытие

Мировая практика выработала более высокие критерии к таким объектам. Прежде всего, за расчетный срок принимается период, равный 100-летию. Размер наполнения тоннеля (h/d) не может приниматься предельным на уровне 0,85. Величина свободного пространства между уровнем вод в тоннеле и сводом должна обладать запасом по пропускной способности, иметь условия для осмотра и обслуживания тоннеля с помощью различных технических средств, а также обеспечивать потребные параметры для его вентиляции.

Использование затворов для поочередного отключения отсеков крайне сомнительно и в связи с тем, что такое мероприятие не позволит качественно выполнять даже осмотр интервалов трассы из-за дефицита времени, в течение которого сточные воды можно пропускать по одному из отсеков тоннеля, с учетом продолжительности комплекса подготовительных и заключительных работ, которые необходимо выполнять непосредственно в тоннеле в опасных для персонала условиях.

Необходимость эксплуатации тоннеля в условиях самотечного, напорного и переходного гидравлического режимов, обуславливаемых отметками зеркала вод в Саратовском водохранилище, еще в большей степени вызывает актуальную необходимость пересмотра технологических решений тоннеля, направленных на повышение его надежности в целом и работоспособности в том числе.

Особые требования к отдельным конструкциям подземных сооружений

Внутренние строительные конструкции шахт ШС-5, ШС-4, а также их крепи, наравне с горным давлением будут воспринимать значительные знакопеременные нагрузки, вызванные движением сточных вод по трубам перепада, напорным и переходным режимам движения вод по тоннелю.

Знакопеременные нагрузки на конструкцию тоннеля, нижнюю часть шахт будут возникать при закрывании и открывании затворов, переходе с одного режима движения вод на другой.

Проектируемый гидравлический режим создает благоприятные условия для возникновения явления кавитации в нижней части шахты ШС-5, водобойного колодца и ряда других узлов. Тяжелые условия эксплуатации тоннеля, которые будут иметь место и вне зависимости от решений перепадного узла ШС-5 ÷ ШС-4, требуемый высокий уровень его надежности ставит вопрос о необходимости качественного повышения надежности тоннельной обделки.

Сейчас основные подходы ее определяющих конструктивных решений базируются на традиционных взглядах и конструктивных решениях с несущественной их модернизацией. Нам представляется, что этого недостаточно. Конструкция сборных железобетонных блоков, принимаемая в проекте, создана на рубеже 50–60-х гг. в качестве крепи горных выработок шахт при их проходке щитами. Она обладает многими существенными недостатками. К ним относятся: большие величины допусков при изготовлении, высокая эллиптичность при монтаже и, самое главное, низкая водонепроницаемость. Такие существенные недостатки нельзя ликвидировать с помощью введения в их конструкцию дополнительных закладных деталей для последующего соединения блоков друг с другом с помощью стальных накладок на сварке. Для данного объекта, характеризующегося требованиями высокого уровня по надежности и тяжелыми эксплуатационными нагрузками, необходимо использовать высокоточные железобетонные блоки обделки нового поколения – с гидроизоляционными резиновыми прокладками по швам между блоками (продольные и поперечные). Такие конструкции сегодня являются реаль-

ными, они опробованы на многих объектах метростроения и отдельных тоннелях коммунального назначения нашей страны.

В качестве дополнительного мероприятия, на наш взгляд, следует разработать более эффективную конструкцию, обеспечивающую совместную работу сборных железобетонных блоков и монолитной железобетонной рубашки с возможным увеличением ее толщины до 250 мм.

Нагрузки и воздействия на обделку тоннеля и шахт по опыту гидротехнического строительства целесообразно определить на основе специальных исследований, включая модельные, детальные гидравлические расчеты по всем этапам, а давление подземных вод – путем режимных наблюдений за колебаниями их уровня и прогнозных расчетов.

Объемно-планировочные решения шахт и их сопряжения с тоннелями должны быть приспособлены для всех задач эксплуатационного периода, включая осуществление капитального ремонта обделки тоннеля с выбором конкретных технических средств, имеющихся в использовании в настоящий период.

Технологии и организация работ

Проходка тоннеля согласно ТЭО предусматривается щитом ПЩЭ-4,0 с шахты ШС-1 с темпами 60–70 м/мес. Демонтаж щита предполагается произвести в шахте ШС-4. Примерно 0,8 км (из общей длины I очереди и 1,2 км) сооружение тоннеля будет вестись под улицами поселка Федоровка на глубине 7–11 м от поверхности земли в песках средней плотности сложения. Отдельные коммуникации, пересекаемые трассой тоннеля, до начала горно-проходческих работ подлежат защите. Период проходки составляет 20,8 мес. Общая продолжительность строительства – более

40 мес. Прокладка отдельных интервалов трассы тоннеля, располагающегося на глубинах от 7 до 92 м от поверхности земли, возможно, будет осуществляться под защитой глубинного водопонижения. Вероятность этих специальных работ обуславливается уровнями воды в Саратовском водохранилище. Ведение водопонижения на участке ШС-3 ÷ ШС-4 потребует бурения скважин глубиной более 100 м. Эффективность водопонижения на концевом отрезке интервала проходки представляется низкой из-за расположения в забое тоннеля обводненных глин, способных создать эффект «зависания» подземных вод.

Проведение вертикальных шахт ведется параллельно с проходкой тоннеля. Продолжительность строительства двух сближенных глубоких шахт ШС-5 и ШС-4 с соединительной камерой между ними по проекту будет составлять около 40 мес.

Вышеназванные шахты, располагаемые на расстоянии 25 м друг от друга, находятся в массиве мягких, а на большей части их глубины, сыпучих неустойчивых грунтов (пески, супеси, суглинки).

Проведение таких шахт представляет собой реализацию крайне дорогостоящей и сложной задачи из-за необходимости предварительной стабилизации грунтов массива, исключения взаимовлияния процессов проходки шахты ШС-4 с уже пройденной ШС-5 с целью недопущения геомеханических деформаций грунтового массива и земной поверхности с временными зданиями и сооружениями (копры, подъемные машины и т. д.).

Устройство соединительной камеры между шахтами (водобойного колодца) в данных геологических условиях является весьма трудоемким многофазным комплексом работ. При этом требуется разборка в зоне сопряжения части крепи обеих шахт, что может привести к снижению их несущей способности и провоцированию условий для деформаций массива. Гидрогеологические условия строительства камеры по целой группе факторов являются неблагоприятными.

По сочетанию инженерно-геологических условий, принятых конструктивных решений и технологий производства работ, включая специальные методы, данный узел считается объектом с весьма тяжелыми условиями труда и высокой степенью риска для тоннельщиков, обуславливая необходимость поиска иного решения.

Пути снижения эксплуатационных затрат, повышения надежности системы водоотвода и эффективности капвложений

Вышеизложенная информация в достаточно наглядной форме дает представление о том, что совершенствование проектных решений системы водоотвода целесообразно вести по следующим направлениям.

1. Исключения узла подземных сооружений по сбросу сточных вод в составе шахт ШС-5, ШС-4 и соединительной камеры между ними.

Эксплуатационная надежность названного временного узла вызывает обоснованные со-

мнения. Капвложения на его строительство составляют до 50–60 % от общей стоимости тоннеля длиной 1,2 км. Подобный удельный вес не имеет аналогов за всю 50-летнюю практику отечественного коммунального тоннелестроения (обычно 6–20 %).

Принятие предлагаемого решения позволит резко снизить трудоемкость строительства и исключить необходимость осуществления проходки шахт в весьма тяжелых условиях с использованием нескольких специальных способов одновременно.

2. Транспортирование сточных вод (на период строительства I очереди тоннеля) по Волжскому склону от местоположения камеры КП-3 целесообразно продолжить по системе существующих стальных трубопроводов, произведя на них комплекс восстановительных работ с использованием новых высокотехнологичных технологий.

По завершению детальной их диагностики с использованием роботов будет определена очередность восстановительного ремонта по отдельным трубопроводам, их участкам. На основе материалов по диагностике также будут выбраны технологии ремонтов, исключающие разрывы трубопроводов, с ведением восстановительных работ только внутри их методом санации. Применение санации с помощью «чулка» не приводит (практически) к уменьшению поперечного сечения труб. Так, например, сегодня на одном из объектов канализации Москвы ведется усиление стального напорного канализационного трубопровода с толщиной внутренней оболочки 16 мм (диаметр 1420 мм, давление 8–10 кгс/см²).

По окончании строительства концевых сооружений, входящих в состав системы, от камеры КП-1 – дюкер через судоходный канал, трубопровод по острову Прибылова, глубоководный выпуск в Саратовское водохранилище, а также интервала тоннеля от ШС-1 до ШС-3 сточные воды через шахту ШС-3 могут быть направлены в тоннель. Продолжение его строительства будет осуществляться через шахту ШС-3 БИС, располагаемой рядом с ШС-3.

3. Уровень надежности обделки тоннеля повышается путем применения современных высокоточных железобетонных блоков, способных обеспечить водонепроницаемость конструкций при воздействии гидростатического давления подземных вод массива и сточных вод, транспортируемых по тоннелю.

Для обеспечения необходимой пропускной способности тоннеля исключается возведение сплошной разделительной перегородки.

Ремонтопригодность системы следует выработать за счет использования других элементов, позволяющих реально осуществлять ведение процессов ремонта тоннеля, в ходе которого действительно возможно повышать качественные показатели объекта, в т. ч. несущей способности обделки.

4. Эффективность капвложений, надежность строительства и функ-

ционирования тоннеля, а также его экологическая безопасность качественно возрастает за счет замены устаревшего проходческого щита, обладающего целым рядом существенных недостатков, на современный механизированный щитовой комплекс с закрытой головной частью.

Практика применения этих комплексов (фирм «Ловат», «Херренкнехт», «Вирт» и др.) в метростроении и ряде объектов коммунального строительства в нашей стране подтверждает их выгодность и целесообразность использования, особенно для протяженных тоннелей.

Ведение проходки с помощью названного комплекса исключает осадку коммуникаций и возникновение каких-либо повреждений покрытий улиц поселка Федоровка. Не потребуются в этом случае ведения водопонижения со скважинами глубиной более 100 м. С шахты ШС-3 БИС возможно осуществить проходку интервала трассы протяженностью 2–2,5 км с такими темпами 150–200 м, а не 60–70 м со щитом ПЩЭ-4,0. Стоимость работ с подобным механизированным комплексом будет примерно равной с аналогичным показателем старой технологии, принимая во внимание исключение водопонижения, экономию общешахтных и накладных расходов, плановых накоплений и ряда других затрат.

Внедрение этой технологии резко приближает реальность прокладки тоннеля от очистных сооружений до камеры дюкера. Разумеется, при этом требуется изменение традиционного подхода всех участников строительного цикла и, прежде всего, руководства г. Тольятти.

Диаметр шахт, необходимых для строительства, сократится до 6–7 м, и они могут располагаться через 2–2,5 км. Шахты и смотровые колодцы, предусмотренные для эксплуатации, будут иметь значительно меньший диаметр. Их проходка может быть выполнена, например, бурением.

Применение вышеприведенных предложений дает возможность в 2–3 раза сократить сроки строительства I очереди тоннеля, снизить его стоимость и качественно повысить уровень эксплуатационной надежности и экологической безопасности объекта.

5. Сооружение I очереди отводящего тоннеля не должно вестись без определенной проработки варианта проекта, предусматривающего прокладку тоннеля по всей его длине. Разумеется, в этом случае должны работать одновременно 2–3 щитовых комплекса, которые в сочетании с другими техническими средствами позволят завершить всю стройку в течение 4–4,5 лет.

Строительство и пуск в эксплуатацию всего отводящего тоннеля (I и последующих очередей) будет являться ярким и масштабным примером для многих городов России по внедрению ресурсосберегающей технологии транспортирования канализационных сточных вод.

ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЙ УЧЕБНИК

С. Н. Власов

Вышло в свет третье издание учебника «Шахтное и подземное строительство» коллектива авторов Б. А. Каргозии, Б. И. Федунца, М. Н. Шуплика, Ю. Н. Малышева и др. (Издательство ММГУ, 2003 г.).

Знакомство с учебником показывает, что третье издание является дальнейшим развитием фундаментального курса, связанного с одной из глобальных отраслей человеческой деятельности, обеспечивающей решение проблемы освоения подземного пространства недр земли.

Учебник состоит из 2-х томов. В первом томе в доходчивой форме приведены основные понятия и определения из области подземного строительства, грамотно дана классификация подземных объектов в зависимости от их значения, а также в достаточном объеме приведены современные подходы к методологии проектирования подземных объектов.

Большой объем посвящен вопросам технологии строительства и углубки вертикальных стволов как в обычных, так и в сложных гидрогеологических условиях. Следует отметить, что приведенные способы отражают современный опыт и уровень научно-технического прогресса в данной области.

Заключительная часть первого тома посвящена анализу современных способов и технологий строительства горизонтальных и наклонных подземных выработок.

Следует отметить, что эта часть учебника написана доступным и ясным языком, с большим количеством иллюстраций излагаемого материала.

Во втором томе на высоком методическом уровне приведен материал по технологии возведения подземных сооружений тоннельного типа. Особое внимание уделено описанию и оценке новых способов и технологий строительства тоннелей в различных геомеханических условиях.

Впервые в отечественной учебной литературе по подземному строительству в доходчивой форме изложены вопросы по сооружению тоннелей с применением современных щитов и микрощитовых комплексов, а также основы технологии строительства подземных сооружений для хранения нефтепродуктов и сжиженных газов нетрадиционными способами: выщелачиванием, с применением камуфлетного взрывания и др.

Особую ценность представляет раздел, в котором впервые в учебниках подобного рода с такой подробностью и простотой для понимания освещены вопросы экологической безопасности в процессе строительства подземных объектов в самых различных геологических и гидрогеологических условиях.

Третье издание учебника существенно дополнено новыми сведениями по проблемам строительной геотехнологии и особенно интересными главами по описанию опыта освоения подземного пространства мегапо-

лисов России, а также по использованию геомониторинга и георадаров для повышения надежности подземного строительства.

Следует отметить, что третье издание, как и первые два, существенно и весьма выгодно отличается от аналогичных учебников и учебных пособий, ранее изданных другими авторами. В учебнике, по существу, впервые перед описанием каждого технологического процесса горного производства в сжатой форме излагаются теоретические основы физических процессов, протекающих в массиве горных пород в результате инертного воздействия на них. При этом сложные основы теории излагаются в доступной для студентов форме на базе обобщения современных достижений не только научно-исследовательских работ технологических процессов горно-строительного производства, но и на базе достижений в области фундаментальных наук: механики подземных сооружений, строительной механики, гидромеханики, термодинамики, физики, химии и других наук.

Такая методика подготовки учебника для технологического курса применена впервые и может рассматриваться как новое направление в учебном процессе.

Весьма положительным моментом данного учебника является систематизация большого многообразия излагаемого материала в строгую технологическую последовательность в зависимости от горно-геологических и гидрогеологических условий подземного строительства, пространственного расположения, формы и размеров подземных сооружений, анализа и обоснования выбора технологических способов схем и приемов, а также применения механизированных комплексов, машин и механизмов, организации производства горных работ на базе передового опыта.

Все это обеспечивает высокий уровень подготовки инженерных кадров, отвечающих современным требованиям научно-технического прогресса.

И еще об одной особенности методического подхода к написанию учебника по технологическому курсу.

В работе приводится описание технологических процессов горного производства в привязке не к отдельным конкретным случаям, а материал излагается в обобщенном виде и, тем самым, студентам предоставляется широкое поле деятельности для творческого развития и самостоятельного вклада в технологию процесса. Таким методическим подходом к созданию учебника создается благоприятная среда подготовки горных инженеров-строителей широкого профиля, способных быстро адаптироваться к различным условиям и успешно работать в шахтной и горнорудной отраслях, в возведении городских подземных сооружений, в промышленности, а также в строительстве нередко уникальных подземных гаражей, складов, баз, хранилищ и других подземных объектов.

Оценивая в целом третье издание учебника, следует отметить его высокое качество как с точки зрения содержания, методологии изложения учебного материала, так и с точки зрения оформления. Такой учебник служит, и будет еще долго служить базой для подготовки высококвалифицированных специалистов по освоению подземного пространства. 

ШАХТНОЕ И ПОДЗЕМНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

ВЫСШЕЕ ГОРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

ТОМ 1

ТОМ 2

СТРОИТЕЛЬСТВО КОММУНИКАЦИОННОГО ТОННЕЛЯ ПОД ТРАМВАЙНЫМИ ПУТЯМИ В МОСКВЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ БУРОШНЕКОВОЙ УСТАНОВКИ



В. И. Артемов,
главный технолог
ОАО «ГПР-1», к. т. н.

До начала строительства коммуникационного тоннеля под 1-м Боткинским проездом, где должны быть проложены два теплопровода диаметром 400 мм, водопровод диаметром 300 мм и различные силовые и телефонные кабели, обсуждалась возможность ведения работ без прекращения движения трамваев и автотранспорта. Заказчик принял решение в пользу технологии проходки тоннеля закрытым способом с применением экрана из труб.

Когда возник вопрос о его сооружении при строительстве коллектора для инженерных коммуникаций под дорогой и двумя трамвайными путями, стало ясно, что это, пожалуй, реальная возможность показать работоспособность оборудования немецкой компании «SCHMIDT, KRANZ & CO GMBH» – установки РВА-200.

Работа предстояла сложная. Без остановки движения трамваев и автотранспорта с выездом на Ленинградский проспект и въездом с Ленинградского проспекта на 1-й Боткинский проезд на глубине 1,65 м от земной поверхности требовалось выполнить горизонтальный экран из стальных труб диаметром 325 × 12 мм под дорогой, которая ранее неоднократно ремонтировалась, и проходили различные, теперь заброшенные коммуникации (рис. 1).

Всего необходимо продавить 23 трубы длиной 21,5 м. После положительных результатов использования бурошнековой установки РВА-200 по продавливанию стальных футляров диаметром от 600 до 1400 мм эта технология нашла применение при ус-

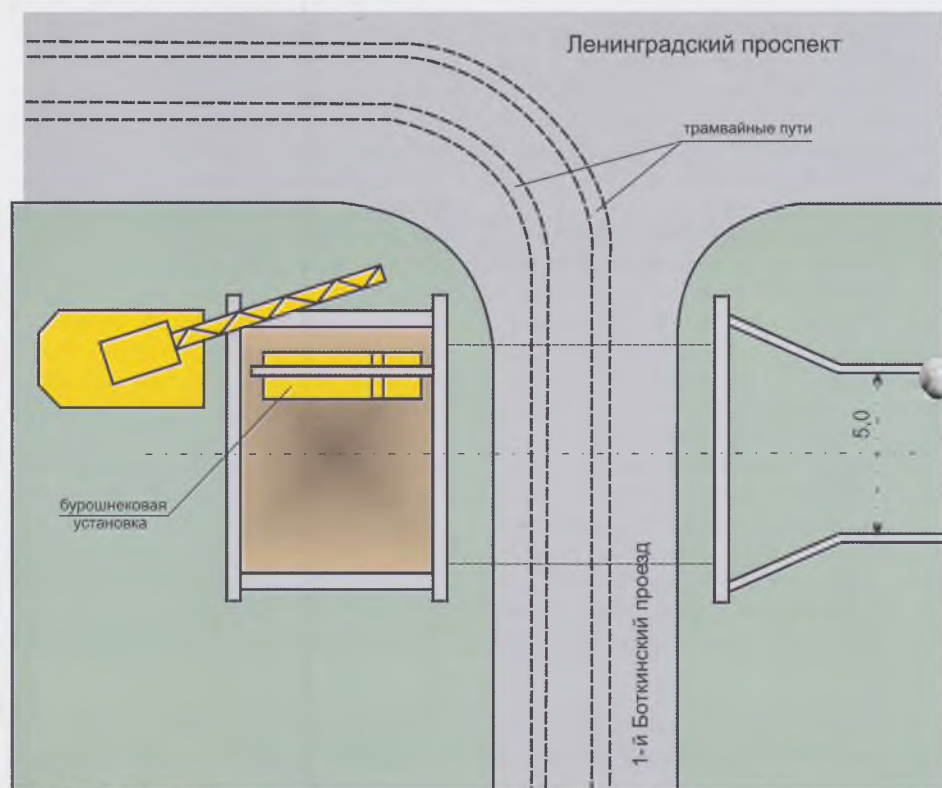


Рис. 1. Схема расположения тоннеля

ройстве опережающих экранов из труб при строительстве тоннелей. Особая заслуга в реализации этого проекта принадлежит специалистам ОАО «ГПР-1», которые успешно справились с внедрением нового нетрадиционного метода и решением вопросов конструкции экрана.

Специалистами Специализированного управления № 19 ОАО «ГПР-1» была проведена грамотная инженерная подготовка для выполнения этой работы. Созданы бригады по обслуживанию бурошнековой установки из квалифицированных работников различных специализированных управлений ОАО «ГПР-1». Изготовлены приспособления для перемещения машины поперек котлована без отклонения от заданных маркшейдером осей, направляющие для продавливания трубы между двумя уже пройденными, специальные леса и тележки и многое другое, что позволило максимально устранить ручной труд и сократить время проведения одного цикла.

Персонал заранее был обучен немецкими специалистами с выдачей удостоверений и сертификатов.

После всех принятых мер, работа была организована в две смены и проводилась без суеты и с отличным качеством. Необходимо отметить, что отклонения в плане и профиле труб длиной 21,5 м не превышало ±3 см. Ка-

чество работ в большой степени зависело от квалификации обслуживающего персонала и сварочных соединений стальных труб.

Во время проходки под дорогой неоднократно встречались непредвиденные препятствия: кирпичный колодец, бетон, камни и т. д. Но, несмотря на это, были получены высокие показатели. Так, например, время, затрачиваемое на один цикл, включающий в себя продавливание трубы длиной 21,5 м со сварными соединениями через каждые 3 м, бурение пилотштанги и перестановку машины на новую ось, занимало 24 ч. Непосредственно проходка без других технологических операций осуществлялась со скоростью от 32 до 100 мм/мин.

Технология работ по возведению опережающего экрана предусматривала устройство стартового и приемного котлованов с забурированием труб диаметром 219 × 12 мм, разработкой грунта экскаватором, установкой опорной рамы из сваренных между собой двутавров № 50, креплением рамами (поясами) из металлических двутавровых балок № 40 с «мальчиками» и подкосами из стальных труб диаметром 219 × 12 мм, затяжкой из досок хвойных пород толщиной $\delta = 50$ мм (рис. 2).

Были произведены обваловки котлованов мятой глиной по периметру на высоту 0,5 м, ограждение стройплощадки металлическим

сетчатым забором на фундаментных блоках ФБС, установка навесных лестниц, ограждение рабочих котлованов стойками из арматуры диаметром 24 мм с шагом 1,5 м и горизонтальными связями из арматуры диаметром 18 мм с шагом 0,4 м.

В стартовом котловане под бурошнековую установку РВА-200 укладывались по отметкам дорожные плиты, на которых поперек котлована монтировались и разваривались два швеллера № 40, как направляющие для передвижения рамы машины.

Затем монтировались автокраном рама установки, сама установка и опорная плита длиной 2,5 м, высотой 2,0 м, представляющая собой пакет из сваренных металлических балок № 20 и стального листа $\delta = 20$ мм и служащая для равномерного распределения усилий от продавливающих гидродомкратов на стену рабочего котлована.

В качестве фиксаторов положения горизонтально забуренных труб использовалась рама крепления котлована и два разваренных швеллера № 40 через 325 мм.

Предварительно маркшейдерской службой осуществлена разметка осей забуриваемых труб. Для сокращения времени возведения экрана была выбрана технология, которая заключалась в продавливании слева направо нечетных (через одну) труб.

Вначале производилось направленное продавливание пилотной штанги с использованием оптико-электронной навигационной системы (ОЭН) и труб РВ-37 диаметром 114,3 мм, длиной 1 м, соединяющихся с помощью резьбовых соединений.

При пилотном бурении строго следили за направлением движения штанг. Проходка осуществлялась до выхода пилот-штанги в приемный котлован. Проверялась точность прокола, демонтировалась направляющая головка пилотных труб и система ОЭН.

Затем буровая установка переоснащалась для продавливания стальных труб. К пилотной штанге через переходник присоединялся расширитель и стальная труба длиной 3 м с продолженными внутри шнеками. После этого начиналось продавливание труб с непрерывным удалением грунта шнеком из забоя в стартовый котлован.

Пилотные штанги по мере выдавливания стальной трубой в приемный котлован отвинчивались и складывались для дальнейшего использования.

Прокол осуществлялся на длину 3 м, после чего на установку помещался следующий отрезок трубы той же длины со шнеками, трубы сваривались, и процесс повторялся до завершения прокола с выходом расширителя в приемную камеру. Затем он срезался для повторного использования, из трубы извлекались шнеки, и установка переставлялась для следующего прокола.

После завершения прокола труб с 1-го номера по 23-й наваривалась специально подготовленная направляющая головка (рис. 3), с помощью которой по двум соседним нечетным трубам справа налево продавливались четные. Прокол производили без предварительного забуривания пилотных штанг.

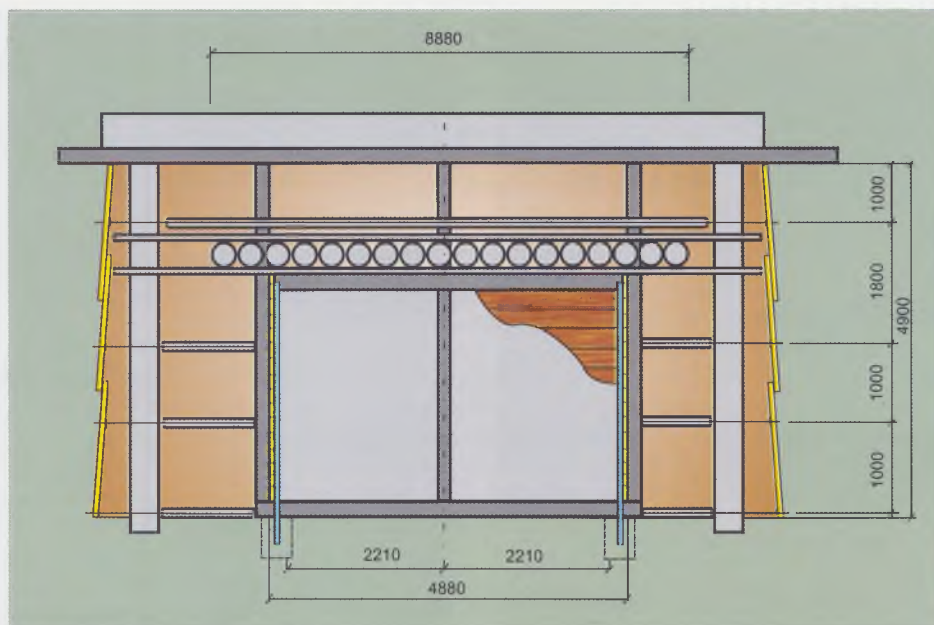


Рис. 2. Крепление стартового и приемного котлована

За счет этого на 1/4 сократили время строительства защитного экрана.

Грунт из стартового котлована выдавался автокраном поддонами размером $1,4 \times 1,4 \times 0,3$ м, которые размещались под установкой во время прокола, и грузился в автосамосвал. Бурошнековая установка в котловане перемещалась тоже при помощи стрелового самоходного крана, находящегося на дневной поверхности.

Резка и сварка труб производились качественно. Для уменьшения поверхностного трения трубы о грунт в затрубное пространство подавался бентонит.

После окончания забуривания труб экран с двух сторон устанавливались заглушки, в них нагнетался бетон марки В7,5, и из приемного котлована в стартовый проходили тоннель для инженерных коммуникаций, сечением в черне $B \times H = 4,88 \times 3,1$ м с последующим устройством монолитного железобетонного коллектора. Предварительно до проектных отметок тоннеля были углублены и закреплены стартовый и приемный котлованы. Грунт разрабатывался малогабаритными экскаваторами и погрузчиками типа «Bobcat», поднимался и грузился в автосамосвалы грейферным экскаватором (рис. 4).

Проходка тоннеля осуществлялась с применением забивной крепи. Полный цикл работ состоял из забивки затяжки в кровле и боках выработки, выемки грунта с перекреплением лобовых досок в забое, установки рамы полного дверного оклада (рис. 5). Технологический цикл проходки тоннеля захватками по 0,5 м включал выполнение следующих операций:

- забивку затяжки в кровле и боках выработки на длину заходки;
- под защитной забитой затяжки снималась верхняя лобовая забойная доска, и вручную вынимался грунт на глубину заходки;
- снятая лобовая доска ставилась на новое место, расклинивалась по концам и раскреплялась в предыдущую раму деревянными брусками 6×6 см;



Рис. 3. Направляющая головка



Рис. 4. Углубление котлована



Рис. 5. Проходка тоннеля

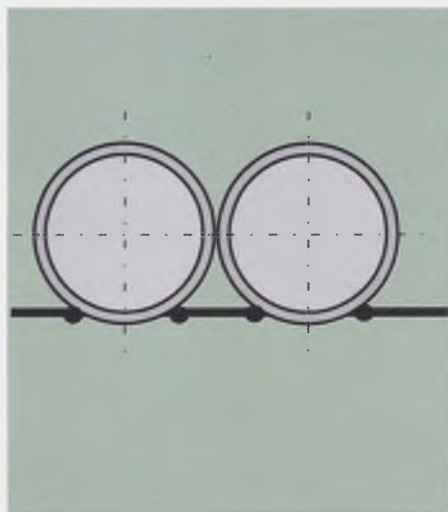


Рис. 6. Конструкция соединения труб экрана

• в таком же порядке производилась разработка грунта и перекрепление всех лобовых досок сверху вниз по всему забою;

• в разработанное пространство укладывался лежень новой рамы, монтировался верхняк, на середину которого устанавливалась стойка, состоящая из двутавров № 23Б1;

• между срединной стойкой и лобовыми досками забивались клинья;

• под верхняк поочередно подводились (предварительно убрав бруски – распорки) постоянные боковые стойки из двутавров № 23Б1;

• между лобовыми досками и стойками рамы забивались клинья;

• элементы дверного оклада сваривались между собой;

• между рамами устанавливались рошпаны из стальных труб 108 × 5 мм.

В дальнейшем порядок проходки и крепления тоннеля вновь повторялся.

В связи с тем, что трубы применялись без замковых соединений, при проходке тоннеля на каждый шаг крепления между трубами экрана по всей ширине выработки приваривались стальные полосы 120 × 5 мм (рис. 6).

Для снижения деформаций контура выработки и земной поверхности сооружение тоннеля велось круглосуточно с максимально возможной скоростью 1 пог. м в сутки, т. е. две захватки по 0,5 м.

Грунт в забое разрабатывался отбойными молотками и ручным инструментом, грузился в опрокидные вагонетки, вручную вывозился в рабочий котлован по путям, расположенным в каждом отделении тоннеля, выдавался на поверхность краном СПК-2000 и грузился в автосамосвалы.

Для доставки элементов крепления и материалов к месту работы использовались тележки и кран СПК-2000.

Параллельно с проходкой тоннеля велись работы по армированию металлоконструкций. Их обетонирование осуществлялось участками по 0,5 м с помощью инвентарной опалубки. Бетон за опалубку подавался бетононасосом. Толщина несущей бетонной обделки вместе с рамами и армокаркасами была равна 290 мм. Марка применяемого бетона – В22,5 с примесью до-

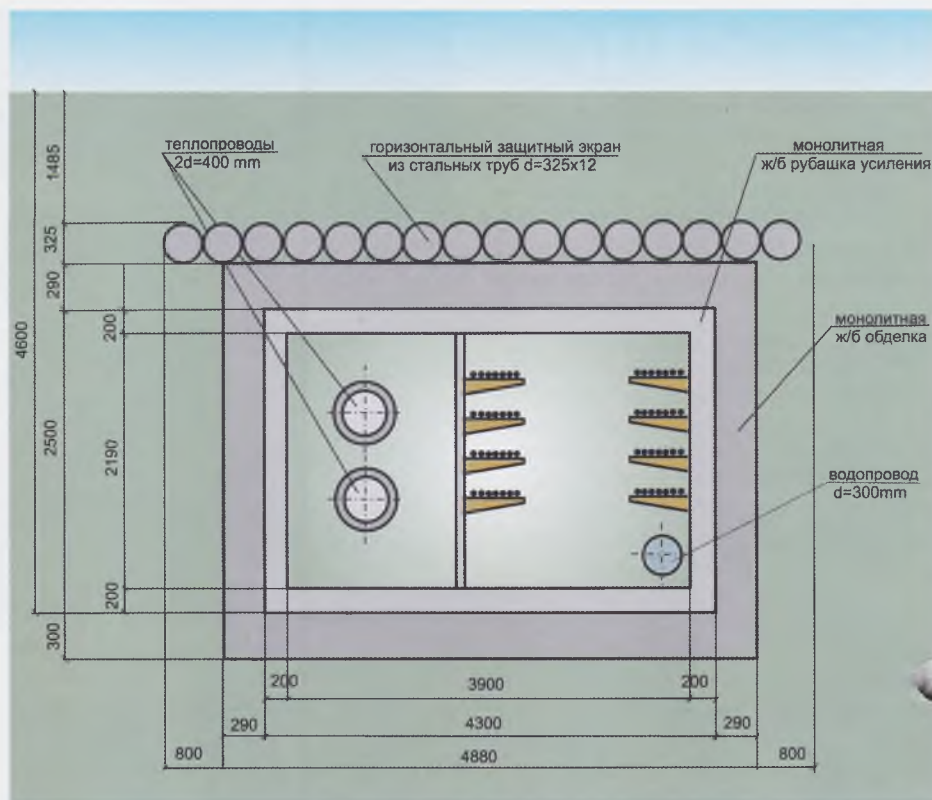


Рис. 7. Поперечное сечение тоннеля, построенного под защитой экрана

бавок, обеспечивающих водонепроницаемый бетон высокого качества.

При строительстве коммуникационного коллектора необходимо было достичь полной герметичности тоннеля от проникновения грунтовых вод. В связи с этим, при строительстве вышеуказанного объекта в качестве гидроизоляции внутренней железобетонной обделки применялась облицовка тоннеля оклеечным материалом типа «изопласт» в 2 слоя с последующим возведением монолитной железобетонной рубашки усиления толщиной 200 мм.

Таким образом, получилось три степени защиты: первая – обделка тоннеля из водонепроницаемого бетона, вторая – оклеечная гидроизоляция из 2-х слоев изопласта, третья – рубашка усиления из водонепроницаемого бетона.

После производства гидроизоляционных работ проводилось армирование и бетонирование железобетонной рубашки усиления с помощью инвентарной опалубки. В рубашке предусматривались закладные для крепления кронштейнов и полок, где должны находиться трубы теплопровода, водовода и кабели.

Тоннель в свету получился размером В × Н = 3,9 × 2,1 м со срединной перегородкой. В первом отделении будут находиться теплопроводы, а во втором – водопровод и кабели различного назначения (рис. 7).

Работы по прокладке коллектора для инженерных коммуникаций под трамвайными путями и проезжей дорогой, включая устройство защитного экрана, были выполнены за 2,5 месяца.

Вышеуказанная сложная технология сооружения тоннеля при строгом соблюдении технологии производства работ оказалась полностью оправданной. Проложенный

коммуникационный коллектор получился абсолютно сухим и соответствует требованиям эксплуатации.

Следует отметить, что проходчики были выбраны из числа наиболее опытных в ведении данного вида работ.

На весь период строительства был установлен мониторинг за состоянием трамвайных путей и дороги, дневной поверхности, элементами крепи котлованов и тоннеля, близлежащих подземных и наземных сооружений и коммуникаций, положением стальных труб экрана. Вблизи стройплощадки постоянно находились аварийные запасы песка, щебня и пакли. Весь персонал проходчиков был готов в случае деформации земной поверхности прекратить все работы, и принять меры по ликвидации повреждений.

Соблюдение технологии производства работ, качественные возведения железобетонной обделки и рубашки и нанесение гидроизоляции позволили удовлетворить все строгие требования мониторинга.

Накопленный на этом объекте опыт дал возможность распространить его при возведении других объектов. С использованием данной технологии предусматривается проложить коллектор при строительстве пешеходного перехода через Садовое кольцо на Кудринской площади. Экран из труб диаметром 325 × 12 мм необходимо проложить на глубине 8,2 м, и под ним проложить коллектор на глубине 13,0 м в сложных горно-геологических условиях – обводненных грунтах. Для соединения труб друг с другом будут использованы специальные замковые устройства.

На данном объекте сейчас ведутся подготовительные работы, после завершения которых будет начато строительство пешеходного перехода и коллектора.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ С ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ПОВРЕЖДЕНИЯМИ

А. И. Овчинникова,

Волгоградский государственный
архитектурно-строительный
университет

Более половины искусственных сооружений на автомобильных дорогах представляют собой круглые или прямоугольные железобетонные водопропускные трубы. Водопропускные трубы под насыпями на автомобильных дорогах в процессе эксплуатации могут подвергаться целому комплексу внешних воздействий (статические и динамические нагрузки, температурные и климатические воздействия, агрессивная эксплуатационная среда), которые создают в них определенные поля напряжений, деформаций, перемещений. С течением времени в трубах возникают и развиваются дефекты и повреждения различного характера, что приводит к изменению характеристик напряженно-деформированного состояния, приближая наступление предельного состояния того или иного вида. «Средний возраст» водопропускных труб увеличивается, они становятся более чувствительными к воздействию агрессивной эксплуатационной среды, изменению действующих на них нагрузок, что приводит к необходимости уделять более пристальное внимание проблемам эксплуатации.

Причины, по которым водопропускные трубы выходят из строя (разрушение), можно разделить на три группы:

- *естественные* – вызывают потерю эксплуатационных свойств труб вследствие постепенного накопления дефектов, повреждений под влиянием старения и усталости материала, воздействия внешней агрессивной среды. Эти причины могут быть достаточно надежно изучены и учтены при прогнозировании эксплуатационного поведения труб;

- *искусственные* – вызванные неразумными или ошибочными действиями специалистов при проектировании, строительстве, эксплуатации, реконструкции водопропускных труб. Эти причины также могут быть изучены, их влияние может быть снижено путем использования рационально организованной системы менеджмента качества на всех этапах

жизненного цикла водопропускного сооружения. За рубежом вопросу учета влияния человеческого фактора на надежность сооружений уделяется много внимания, у нас же эта работа только начинается;

- *непредвиденные* – являющиеся следствием воздействия стихийных сил природы (землетрясения, ураганы, нерасчетные паводки), следствием непредумышленных действий человека (экологические катастрофы, аварии) и умышленных (разрушение водопропускных сооружений в результате военных действий, актов терроризма). Эти причины наименее предсказуемы, но все же можно проиграть возможные сценарии и хотя бы частично предусмотреть их последствия или разработать схему действий в случае их возникновения.

Для того чтобы обеспечить надежную и безопасную эксплуатацию водопропускных труб в течение запланированного срока, предложено организовать прочностной мониторинг труб, под которым понимается контроль и управление состоянием этих конструкций с учетом всех факторов, влияющих на их поведение.

Активный прочностной мониторинг водопропускных труб должен включать решение следующих основных задач:

- 1 – *техническая оценка* эксплуатационного, включая напряженно-деформированное, состояния трубы, а также кинетика его изменения с учетом имеющихся дефектов и повреждений различного вида и происхождения;

- 2 – *анализ и оценка степени соответствия* несущей способности водопропускной трубы внешним воздействиям в рассматриваемый момент диагностики;

- 3 – *разработка альтернативных стратегий* по изменению эксплуатационного состояния водопропускной трубы до проектного или требуемого уровня (ремонт, восстановление, усиление, реконструкция, замена);

- 4 – *выбор и реализация наиболее рациональной стратегии* изменения состояния водопропускной трубы.

1. Для решения первой задачи необходимо иметь расчетные модели, описывающие поведение водопропускной трубы

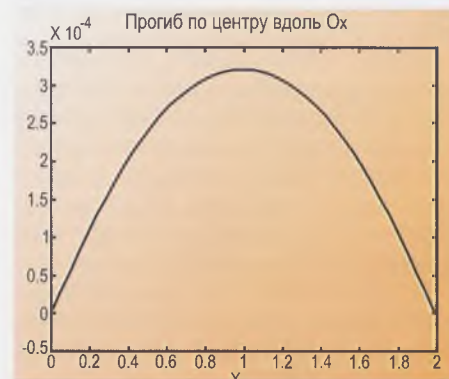
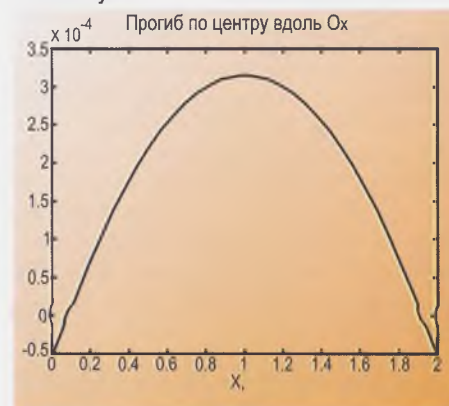


Рис. 1. Прогиб по центру вдоль Ox в момент времени $t = 0$ суток

с учетом имеющихся дефектов и повреждений различного характера, также требуются экспериментальные данные для идентификации этих моделей. Следовательно, нужны методики технической и экспертной диагностики состояния водопропускных труб по прямым и косвенным признакам, методики анализа поведения водопропускных труб с использованием этих моделей.

Процедура построения такой модели весьма важна, но сложна и требует знания и учета многих факторов. Поэтому целесообразна разработка компьютерных экспертных систем с базами знаний, содержащими сведения экспертов, занимавшихся проблемой обследования, диагностики и оценки эксплуатационного состояния водопропускных труб с дефектами и повреждениями различного характера. Однако следует иметь в виду,

Рис. 2. Прогиб по центру вдоль Ox в момент времени $t = 10000$ суток



что знание только напряженно-деформированного состояния водопропускной трубы не дает информации, достаточной для контроля за её эксплуатационным поведением, так как необходимо определить изменившиеся за время эксплуатации трубы внешние воздействия и оценить степень соответствия водопропускного сооружения этим воздействиям в рассматриваемый момент времени. Можно идти либо по пути сопоставления напряженного состояния или поврежденности водопропускной трубы с некоторым предельным их уровнем, либо же сравнивать несущую способность водопропускной трубы с уровнем внешних воздействий.

Следует также учитывать, что первоначально водопропускная труба проектировалась на восприятие какого-то заданного (предполагаемого) комплекса внешних воздействий (в наиболее неблагоприятном их сочетании), но с течением времени, в силу разных причин, величина и характер внешних воздействий изменяются в ту или иную сторону, а, значит, водопропускная труба должна воспринимать не проектные, а изменившиеся внешние воздействия.

2. При создании банка данных по дефектам и повреждениям предлагается использовать их классификацию, согласно которой водопропускные трубы рассматриваются с трех точек зрения: как гидравлическое сооружение, обеспечивающее пропуск воды; как транспортное сооружение, обеспечивающее проезд; как силовая конструкция, воспринимающая нагрузки и передающая их на грунт.

Дефекты водопропускных труб, снижающие их эксплуатационные показатели, классифицируются в соответствии с такой структурой.

Дефекты водопропускных труб как гидравлических сооружений: различные разрушения элементов трубы и насыпи вследствие действия паводковых вод: частичное или полное разрушение лотка или лотковой части; обрушение крыльев оголовков; закупорка отверстия наносами; размыв насыпи; подмыв откосов насыпи; перелив воды через насыпь; недостаточность отверстия трубы

(напорный режим работы); размыв русла; разрушение мощения русла; нарушения из-за воздействия наледей, заиливание лотка и лотковой части, застой воды в трубе или перед ней; некачественное устройство мощения лотка.

Дефекты труб как транспортных сооружений: нарушение устойчивости конструктивных элементов, связанное с изменением положения трубы по сравнению с проектным, приводящее к снижению ее грузоподъемности; неравномерная осадка звеньев (секций), приводящая к дефектам проезжей части; уменьшение ширины проезжей части и снижение пропускной способности дороги над трубой и скорости движения; нарушение работы ограждающих устройств в зоне установки трубы; осадка оголовков; пучение концевых звеньев и оголовков; раскрытие деформационных швов между звеньями (секциями); отрыв оголовка от тела трубы; продольные и поперечные крены оголовков; продольные и поперечные крены звеньев (секций).

Дефекты водопропускных труб как силовых конструкций, обеспечивающих работоспособность в течение расчетного периода: деформации статических схем труб при эксплуатации; трещины в оголовках и звеньях; выщелачивание раствора; сколы с обнажением и без обнажения арматуры; осыпание штукатурного слоя; разрушение железобетона с коррозией арматуры; потеки – просачивание воды через железобетон; раздавливание звеньев; разрушение оголовков; нарушение гидроизоляции; наличие конденсата на поверхности ригеля, сводов средних звеньев; нарушение работы деформационных швов; дефекты фундаментов и оснований.

Все эти дефекты удобно систематизировать в виде каталога, в котором все частные дефекты водопропускных труб представляются в виде описания, содержащего следующие элементы: вид (наименование) дефекта, повреждения; описание или схема повреждения, дефекта, последствия его развития и влияние на состояние водопропускной трубы; причина появления дефекта, повреждения.

3. Для того чтобы оценить, к каким изменениям эксплуатационного состояния водопропускной трубы приведут различные стратегии, необходимо разработать расчетные модели поведения модернизированных конструкций водопропускных труб. Здесь также большую помощь могут оказать банки данных, содержащие информацию о различных видах инженерных решений по модернизации водопропускных сооружений с целью изменения их эксплуатационного состояния, банки данных по моделям поведения модифицированных конструкций водопропускных труб, по методам их анализа.

Остановимся на проблеме ремонта и усиления водопропускных труб. К сожалению, до последнего времени целе-

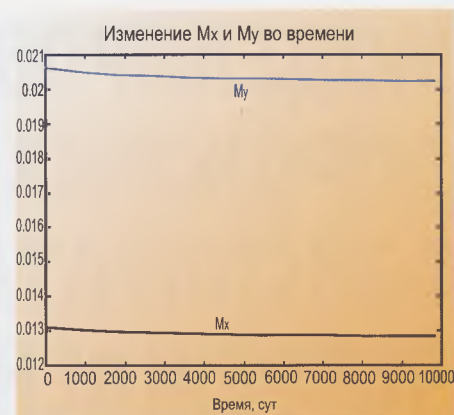
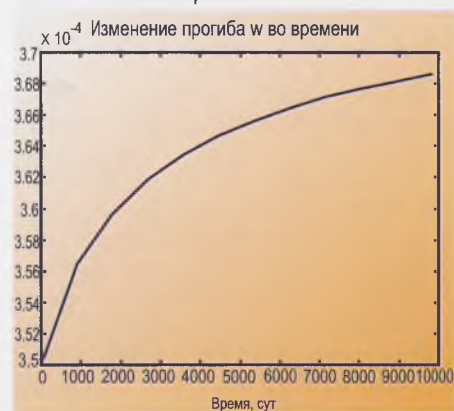


Рис. 4. Изменение моментов M_x и M_y в течение времени

направленных исследований в этой области не проводилось, а все основные приемы ремонта и усиления рождались в процессе анализа эксплуатационного состояния обследуемых водопропускных сооружений. Положение спасало то, что обследованием и разработкой схем ремонта водопропускных труб обычно занимались весьма квалифицированные специалисты, и это приводило к появлению достаточно эффективных решений. Но, если при проектировании новых водопропускных труб должно рассматриваться несколько вариантов, то при разработке схем ремонта этот прием обычно не используется, что приводит или к появлению не всегда надежных инженерных решений или же из-за перестройки – существенному перерасходу материалов. Дело, вероятно, в том, что новые водопропускные трубы обычно изготавливаются и укладываются в насыпь с использованием типовых проектов, разработанных квалифицированными специалистами ведущих проектных организаций и прошедших широкую экспериментальную проверку в натурных условиях. В области же усиления, ремонта, восстановления пока ещё не накоплено достаточного количества надежных схем, а те, что имеются, создавались специалистами, не имеющими достаточных сведений о поведении существующих типовых водопропускных труб. Не останавливаясь подробно на схемах усиления, отметим, что все они основаны либо на повышении прочности материала усиливаемого элемента, либо на увеличении площади и изменении формы поперечного сечения, либо на замене части усиливаемой конструкции, либо на изменении статической схемы усиливаемого элемента, либо, наконец, на том или ином сочетании перечисленных способов. Однако систематических исследований поведения усиливаемых конструкций, как в процессе усиления, так и в процессе дальнейшей эксплуатации, пока проводится весьма мало, да и посвящены они, в основном, конкретным приемам или схемам усиления. Поэтому важным направлением исследований должна стать разработка научно

Рис. 3. Кинетика нарастания прогиба в центре пластины с течением времени



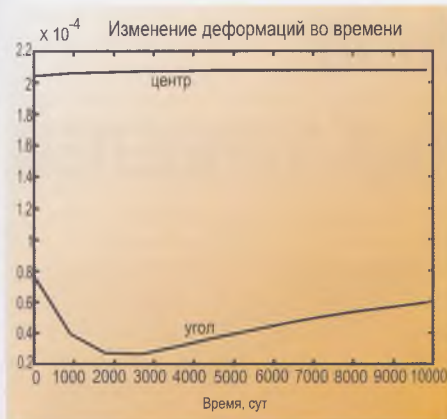


Рис. 5. Изменение деформаций на нижней поверхности во времени

обоснованных приемов выбора способов ремонта, вариантов расчетных схем, общих принципов и методов расчета усиливаемых конструкций с учетом конкретных повреждений, вида и уровня имеющегося напряженного состояния, различия в свойствах и возрасте старого и нового материалов. Кроме того, следует проработать вопросы проектирования конструкций водопропускных труб, обладающих ремонтпригодностью.

4. Рассмотрим задачу построения расчетных схем (моделей) железобетонных водопропускных труб, которые в процессе эксплуатации подвергаются воздействию не только эксплуатационных нагрузок (давления насыпи, подвижной нагрузки) и температуры, но и агрессивных сред (в частности хлоридсодержащих сред). Влияние этих сред приводит к необратимому изменению механических свойств бетона, снижению его защитных свойств по отношению к арматуре, которая начи-

нает корродировать, а в результате уменьшается площадь поперечного сечения арматуры и нарушается ее сцепление с бетоном. Все это оказывает существенное влияние на несущую способность и долговечность труб. Расчет напряженно-деформированного состояния и оценка несущей способности и долговечности элементов водопропускных труб, подверженных воздействию хлоридов, представляет собой весьма трудоемкую задачу.

Обобщенную модель деформирования водопропускной трубы можно представить в виде совокупности следующих моделей: проникания агрессивной среды в объем железобетонных элементов, образующих трубу (стенки, перемычку, лоток); взаимодействия проникшей в сечение элемента среды с бетоном; деформирования материала (бетона и стальной арматуры) с учетом деструктирующего воздействия проникшей среды; коррозионного износа стальной арматуры; взаимодействия продуктов коррозии с окружающим бетоном.

Для решения уравнения изгиба пластинки применялся метод сеток. Весь объем пластинки покрывается трехмерной прямоугольной сеткой узлов в количестве $M+1$ в направлении оси O_x ; $N+1$ в направлении O_y ; $K+1$ в O_z . Для возможности применения симметричных разностных операторов для граничных точек пластинки добавляется еще по одному ряду внешних по отношению к пластинке узлов вдоль направлений O_x и O_y . Некоторое увеличение числа узлов при этом компенсируется уменьшением погрешности расчета в несколько раз.

Расчетная программа реализована на языке среды технических расчетов *Math Works Matlab v. 5.2*, к достоинствам кото-

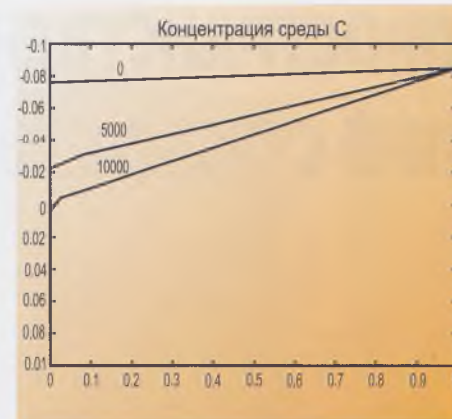


Рис. 6. Проникание фронта хлоридсодержащей среды через верхнюю поверхность пластины

рой следует отнести встроенные средства работы с векторами и матрицами, чрезвычайно облегчающие матричные манипуляции, которыми насыщен расчетный алгоритм; высокопроизводительный решатель СЛАУ; мощные инструменты для вывода графической информации по результатам расчетов.

С использованием разработанного программного комплекса был произведен расчет напряженно-деформированного состояния армированной пластины на упругом основании при совместном действии нагрузки и агрессивной среды. Рассматривался случай, когда нагрузка действует статически, равномерно распределена по верхней поверхности пластинки.

Результаты расчета пластинки, шарнирно опертой по контуру – для случая воздействия агрессивной среды на верхнюю поверхность пластинки. Расчеты производились при величине нагрузки, составляющей 75 % от величины нагрузки, при которой напряжения в опасных сечениях достигают предельных значений в начальный момент времени.

На рис. 1, 2 приведены эпюры прогибов по главным сечениям пластинки в моменты времени $t=0$ и $t=10000$ суток. Рис. 3 показывает кинетику нарастания прогиба в центре пластинки с течением времени под влиянием агрессивной среды, приводящей к деструкции материала пластинки и коррозионному износу армирующих элементов.

На рис. 4 показано изменение моментов M_x и M_y с течением времени. На рис. 5 – кинетика нарастания во времени интенсивности деформаций в центральной и угловой точках на нижней поверхности пластины. Видно, что деформации на нижней поверхности в угловой точке пластины в течение 2500 суток уменьшаются с $7,5 \times 10^{-5}$ до 3×10^{-5} , а затем увеличиваются до значения 6×10^{-5} к моменту времени 10000 суток.

На рис. 6 представлены эпюры концентрации агрессивной среды по толщине пластинки в разные моменты времени. Видно, что к моменту времени $t = 10000$ суток фронт хлоридной коррозии продвинулся больше, чем на половину толщины пластины.

Схема стадийности работы железобетонной пластины с нагрузкой при проникании хлоридсодержащей среды в сечение

Стадия 0	Агрессивная среда отсутствует. Пластина загружается внешней нагрузкой
Стадия 1	Установление граничных условий модели воздействия хлоридсодержащей среды. Принимается, что концентрация хлоридов для поверхности пластины увеличивается от 0 до C_0 за определенный промежуток времени t_{fp}
Стадия 2	Происходит проникание хлоридсодержащей среды в бетон и деградация бетона защитного слоя. Эта стадия продолжается до момента времени, когда концентрация хлоридов в точке арматурного стержня, наиболее близко расположенной к поверхности пластины, достигает критического уровня $C_{кр}$
Стадия 3	Начинается с момента времени t_{nc} до t_n , когда граница размытого фронта достигает нижней поверхности пластины. На этой стадии продолжается процесс деградации бетона, а также начинается и происходит коррозионный износ арматурных стержней, концентрация хлоридсодержащей среды на поверхности которых превышает значение $C_{кр}$
Стадия 4	Хлоридсодержащая среда распределена по объему пластины, продолжают процессы деградации бетона и коррозии арматурных стержней, приводящие к изменению напряженно-деформированного состояния пластины. Завершение стадии после наступления одного из предельных состояний (достижение напряжениями в бетоне и в арматуре предельного уровня, или значительная потеря сечения арматуры вследствие коррозионного износа)

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ

В. А. Гарбер,

д-р техн. наук,

А. А. Кашко,

канд. физ.-мат. наук,

Д. В. Панфилов,

инженер,

НИЦ «Тоннели и метрополитены»
ОАО ЦНИИС, Москва

Одной из важнейших задач при проектировании строительства тоннелей различного назначения является прогнозирование характера развития геомеханических процессов, возникающих при их сооружении. Протекающие процессы характеризуются, главным образом, деформированным состоянием грунтового массива:

- размерами и положением деформационных зон, в частности, мульды сдвига поверхности земли;
- распределением и максимальными значениями деформаций;
- продолжительностью процесса деформаций.

Приведенные характеристики зависят от множества факторов, участвующих в описании как технологии процесса, так и условий сооружения тоннелей. Среди них следует особо выделить следующие:

- грунты;
- положение уровня грунтовых вод (УГВ);

Рис. 2. Мульда оседания поверхности земли после строительства тоннеля и место максимальной осадки U , соответствующее сечению тоннеля на глубине H (обозначено красной точкой):

а – оптимистический прогноз, $U = 8,5$ мм, $H = 25$ м;

б – пессимистический прогноз, $U = 38$ мм, $H = 18$ м

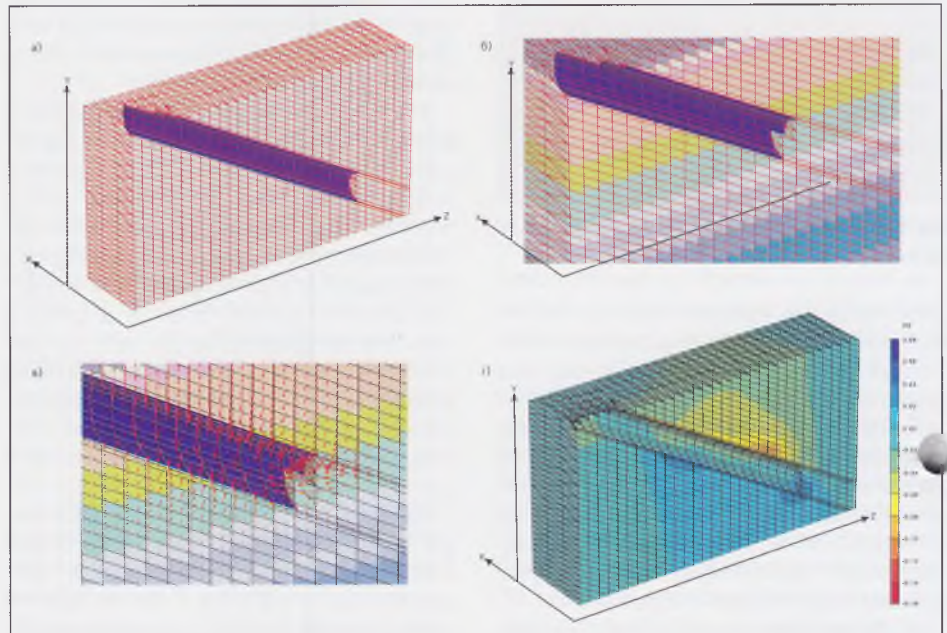
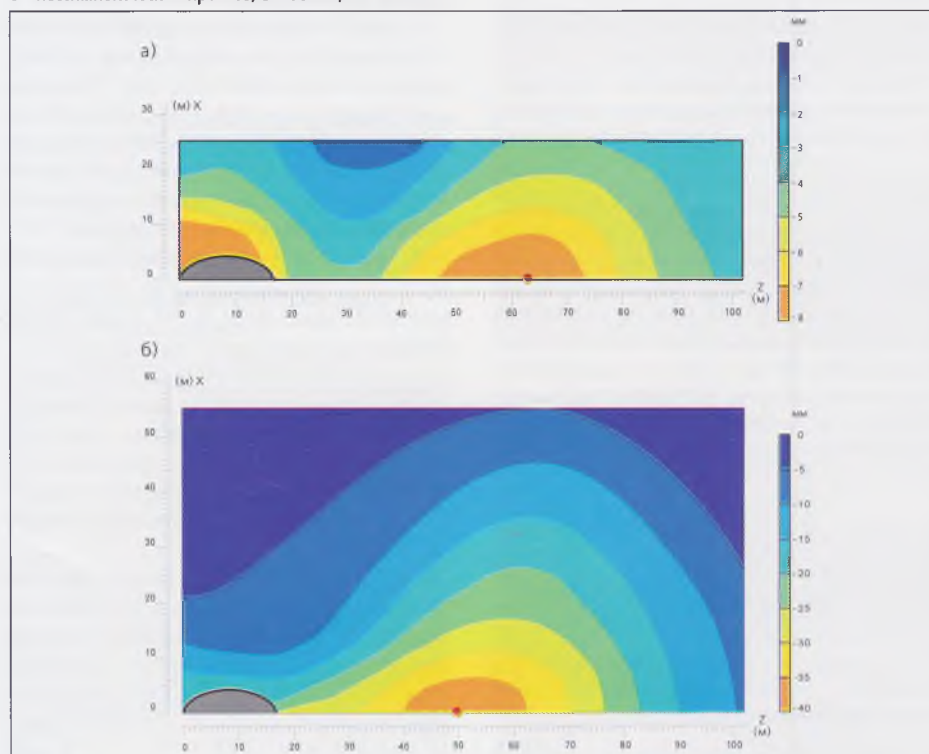


Рис. 1. Трехмерная модель эскалаторного тоннеля:

а – геометрическая схема; б – этап сооружения тоннеля методом нижнего уступа с монтажом верхнего полукольца обделки (забой на глубине 21 м); в – общие перемещения в массиве на момент проходки тоннеля на глубину 21 м; г – вертикальные перемещения в массиве, вызванные проходкой тоннеля на проектную глубину 37 м

- степень заполнения грунтом строительного зазора;
- величину пригрузки на забой щитовых машин с активным пригрузом забоя;

- заморозку грунтов при строительстве эскалаторных тоннелей;
- глубину заложения тоннелей;
- угол наклона тоннелей к горизонтальной плоскости;
- конструкцию и тип обделки тоннелей.

Выяснение роли этих параметров в формировании определенного характера развития геомеханических процессов необходимо для адаптации технологии предстоящей проходки к конкретным условиям – градостроительным, инженерно-геологическим и др.

В свою очередь, при эксплуатации тоннелей, а также станционных комплексов метрополитена, постоянно возникает необходимость в исследовании несущей способности конструкций этих сооружений. Изменение условий работы их обделки, вызванное строительством или другими причинами, является еще одним аспектом прогнозирования в геомеханике.

К современным методам прогнозирования относится метод математического моделирования, заключающийся, главным образом, в проведении численных экспериментов с использованием специализированных программных средств на компьютере.

В настоящее время существует ряд достаточно мощных программных комплексов, позволяющих проводить сложные геотехнические исследования на основе численных экспериментов. Среди них особый интерес для инженеров-геотехников, работающих в области тоннелестроения, представляют специализированные программные ком-

плексы, имеющие необходимые инструменты для моделирования процесса разработки грунта и взаимодействия сооружений с грунтовым массивом. К их числу принадлежат, в частности, программные комплексы «Plaxis» и «Z-Soil», использующие для решения задач метод конечных элементов (МКЭ).

Следует отметить, что до последнего времени практически единственным способом построения прогнозов, основанных на расчетах, оставалось применение двухмерных методик моделирования строительства тоннелей и напряженного состояния конструкций подземных сооружений.

В определенных случаях использование двухмерной постановки задачи вполне оправдано. Но довольно часто плоские модели недостаточно точно и полно отражают ситуацию, а иногда они просто неприменимы.

Так, например, плоская модель практически не позволяет учитывать влияние забоя на формирование мурды сдвига грунтового массива. Учет этого влияния важен, поскольку в

результате деформаций грунтов в забое на поверхности могут образовываться значительные мурды оседания. Использование плоской постановки задачи для моделирования временной крепи, как правило, не имеющей достаточной протяженности хотя бы в одном направлении, может привести к неверным результатам – ее работа отличается существенно трехмерным характером. Результаты, полученные с использованием плоских моделей строительства эскалаторных тоннелей, также не обладают высокой достоверностью.

Указанное несоответствие прогнозов фактическим результатам, в основном, является следствием двухмерной постановки задачи при трехмерности как геометрии рассматриваемой области (эскалаторные тоннели), так и характера некоторых эффектов и процессов, сопровождающих строительство (сводообразование грунта, взаимодействие пригруза с грунтом и водой в забое и др.).

Сделать прогнозы наиболее точными и полными позволит создание эффективных трехмерных методик моделирования, учитывающих не попавшие в поле зрения плоских моделей факторы.

В НИЦ «Тоннели и метрополитены» (НИЦ ТМ) ОАО ЦНИИС авторами разработана пространственная методика применения МКЭ. Она значительно расширяет возможности прогнозирования в области тоннелестроения.

С использованием разработанного подхода построена трехмерная математическая модель сооружения эскалаторного тоннеля второго выхода станции «Маяковская» Московского метрополитена (рис. 1).

Эскалаторный тоннель диаметром 8,5 м имеет обделку из чугунных тубингов и расположен под углом 30° к горизонту (рис. 1а). Строительство осуществляется в замороженных по периметру тоннеля грунтах до расчетной глубины заложения $\sim 37,5$ м.

Численный эксперимент проводится в несколько стадий. Моделируется процесс поэтапного строительства методом нижнего уступа с монтажом верхнего полукольца об-

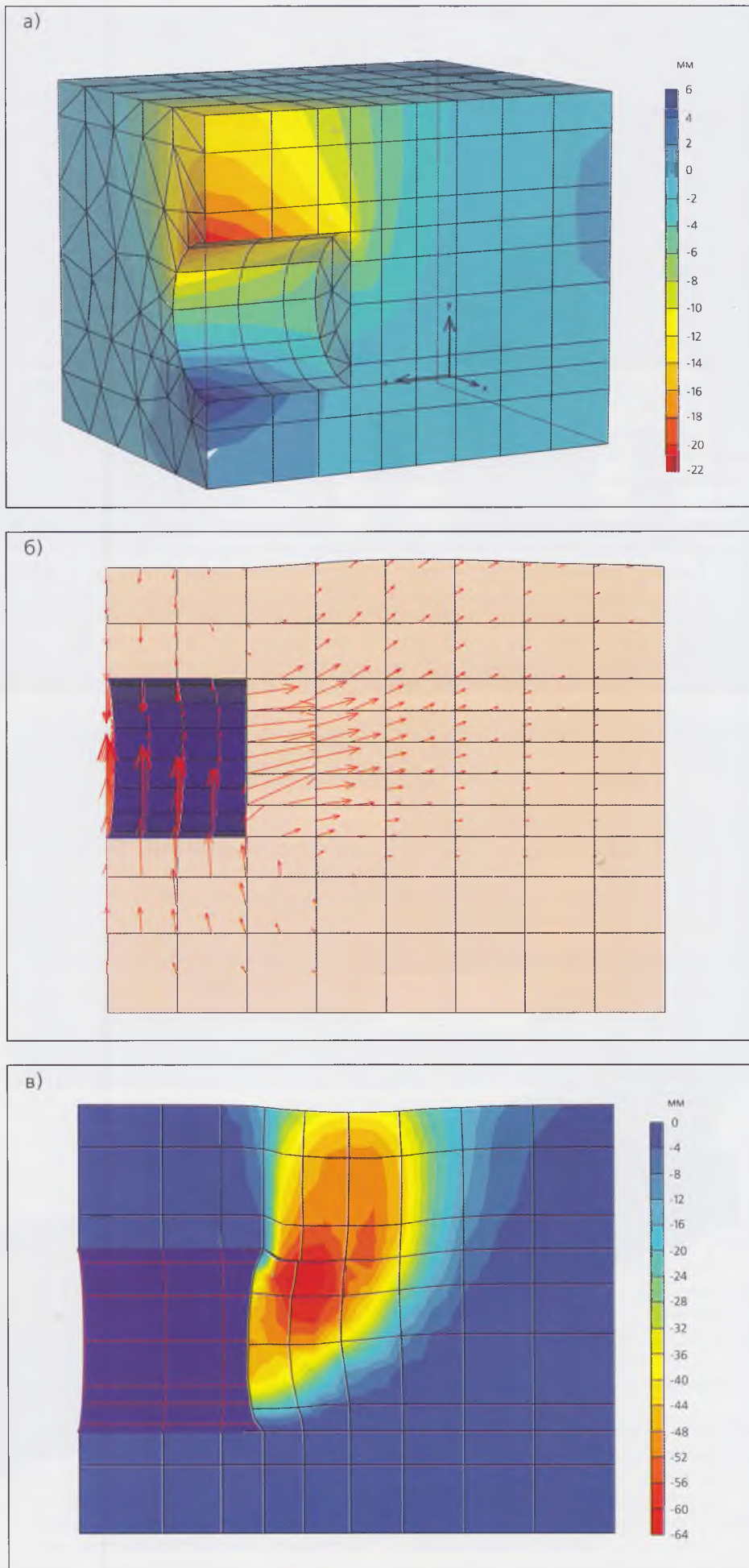


Рис. 3. Деформация грунтового массива в зависимости от различных значений давления пригруза на забой:

а) $P = P_n$; б) $P = P_{max}$; в) $P = P_{min}$

делки (рис. 1б). Обделка на рисунках представлена темно-синим цветом, напластования грунтов – различными цветами.

Выполняемое моделирование позволяет получить данные о деформационном процессе на всех этапах строительства тоннеля (рис. 1в, г). В любом сечении грунтового массива на каждом этапе моделирования можно получить полную информацию о размерах деформационной зоны и распределении в ней деформаций, а также о напряженном состоянии грунтового массива и тоннельной обделки. В частности, расчетные мульды сдвига земной поверхности в плоскостях X–Y и X–Z приведены в табл. и на рис. 2 соответственно.

Разработанная методика представляет возможность проводить сложное исследование процесса строительства тоннелей с использованием щитовых машин с активным пригрузом забоя.

При этом, кроме расчета мульды сдвига поверхности земли, могут быть определены «необходимое» P_n и «достаточное» P_{min} давления пригруза на забой. Под «необходимым» понимается давление P_n , уравновешивающее или незначительно превышающее давление грунтовой воды и грунта в забое, и тем самым стабилизирующее его. В этом случае давление пригруза на забой не оказывает влияния на поверхность земли (рис. 3а). При проходке с давлением, превышающим «необходимое», т. е. с «избыточным» давлением P_{max} впереди забоя может наблюдаться поднятие поверхности земли (рис. 3б). Под «достаточным» подразумевается наименьшее давление P_{min} , способное удерживать забой от обрушения. Использование более низкого давления, чем P_{min} ведет к разрушению забоя. При проходке с P_{min} впереди забоя могут происходить значительные осад-

Параметры	Оптимистический прогноз	Пессимистический прогноз
Максимальные вертикальные осадки, мм	8,5	38
Примерная ширина мульды, м (до изолинии оседания 5 мм)	38	110

ки поверхности земли, особенно при движении в глинах (рис. 3в). На рис. 3 щитовая машина перемещается слева направо, темно-синим цветом показана обделка тоннеля.

Также, при моделировании определяется продолжительность процесса деформаций после прохождения щитовой машины, или, другими словами, расстояние от забоя до места прекращения деформаций.

С использованием представленной методики выполнены пространственные тестовые расчеты строительства Лефортовского транспортного тоннеля в Москве. Полученные результаты хорошо коррелируют с фактическими данными.

За счет проведения оптимизации параметров конечно-элементной расчетной сетки с помощью единой математической модели можно описать около 500 м трассы тоннеля, т. е. практически целиком каждый из четырех основных участков тоннеля (рис. 4).

Оптимизация конечно-элементной сетки для подобного рода моделей имеет большое значение. Неоправданное увеличение числа элементов расчетной сетки может привести к возрастанию времени счета или нехватке оперативной памяти компьютера и остановке вычислений. Количество оперативной памяти и ее пропускная способ-

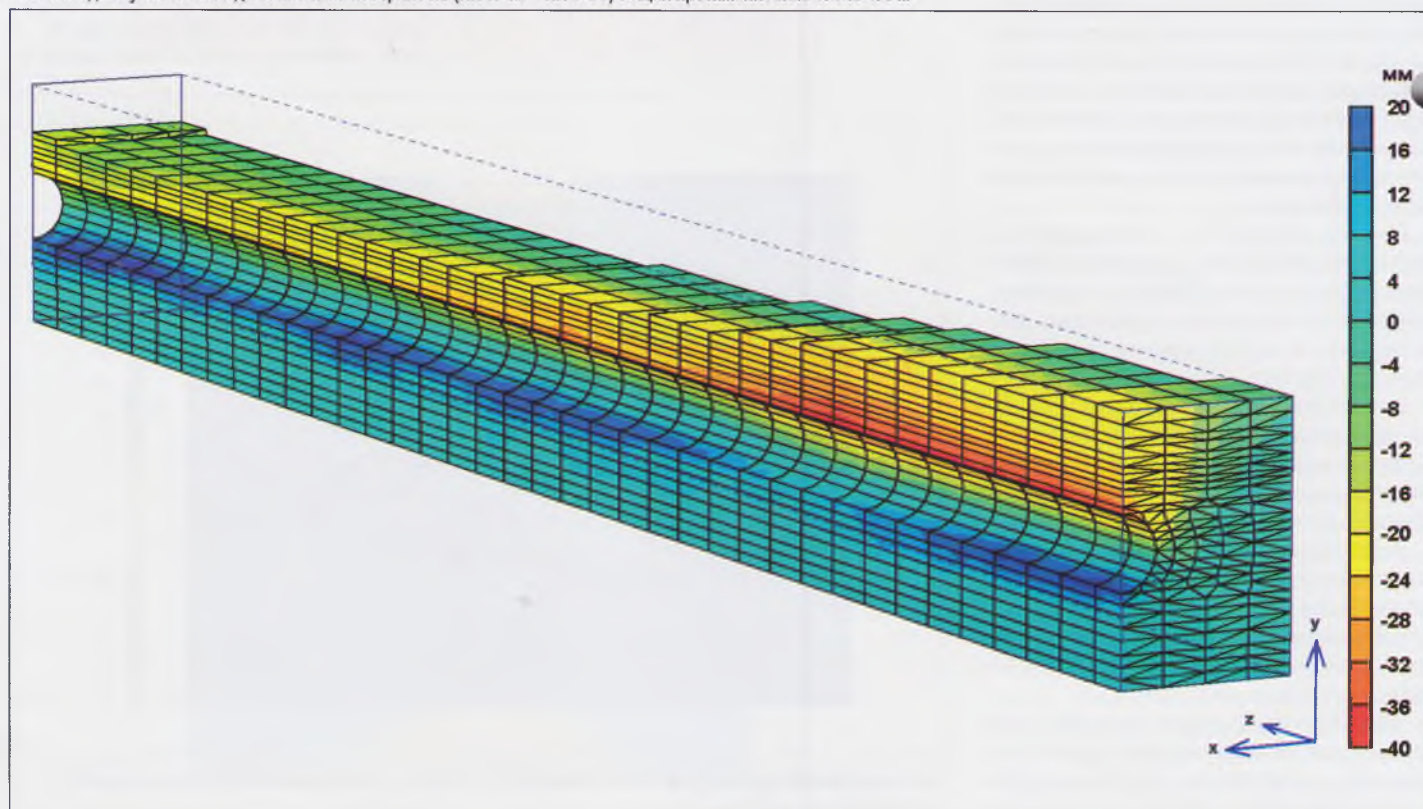
ность играют определяющую роль при проведении вычислений. Расчет приведенной на рис. 4 модели выполняется примерно за 7 ч на компьютере с процессором 3 ГГц и объемом оперативной памяти 2 Гб. В указанное время не входит анализ «необходимого» и «достаточного» давлений пригруза на забой. Анализ давлений значительно увеличивает временные затраты.

Определенные в результате моделирования «необходимые» давления пригруза для участка выхода тоннеля на поверхность имеют значения в шельге свода примерно от 80 до 220 кПа.

Как было отмечено выше, другой аспект прогнозирования в геомеханике связан с эксплуатацией подземных сооружений в условиях городского строительства. Объектом исследования является несущая способность конструкций тоннелей и станционных комплексов метрополитена. Изменение условий работы обделки, вызванное строительством и другими причинами, требует тщательного изучения. Авторами планируется применить разработанную пространственную методику моделирования для прогнозирования напряженно-деформированного состояния конструкций подземных сооружений.

ММ

Рис. 4. Модель участка выхода тоннеля на поверхность (ПК 11+25 – ПК 6+50) общей протяженностью около 475 м



Центральный вход в Лефортовский парк в Москве, под которым прошла гресса Лефортовского тоннеля

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛЕФОРТОВСКОГО ТОННЕЛЯ

В. Е. Меркин,
директор НИЦ
«Тоннели и метрополитены»,
ЦНИИС, Москва

С ооружение Лефортовского тоннеля, сданного в эксплуатацию в декабре 2003 г., осуществлялось при постоянном мониторинге за напряженно-деформированным состоянием (НДС) конструкций, качеством заполнения тампонажным раствором зазора между обделкой и грунтом, изменением режима подземных вод, деформацией зданий и коммуникаций, попадающих в зону влияния строительных работ.

В качестве исходной информации были приняты расчетные усилия в блоках обделки и деформации грунтового массива при проходке, а также определенные по результатам первичного (до начала строительства) обследования зданий и инженерных коммуникаций предельно допускаемые значения их дополнительных плановых и высотных смещений. В частности, по расчету ЦНИИС, осадки поверхности прогнозировались в диапазоне от 15 (при полном заполнении тампонажным раствором зазора между обделкой и контуром выработки) до 40 мм (при частичном заполнении зазора оседающим грунтом) на припортальных участках в неустойчивых грунтах и, соответственно, от 4 до 20 мм при проходке основной части тоннеля в устойчивых грунтах. Предельно допускаемые осадки современных зданий 40–30 мм и крен $(1,6-1,0) \times 10^{-3}$, старой постройки соответственно 2–10 мм и $(0,1-0,7) \times 10^{-3}$, прогибы подземных коммуникаций – 20 мм.



Рис. 1. Оценка контакта «обделка – тампонажный раствор» методом акустической добротности

Сравнивая данные мониторинга с результатами расчета, представилось возможным своевременно принимать необходимые меры (ремонт и усиление конструкций, укрепление грунтов основания и т. п.) по обеспечению эксплуатационной надежности сооружений.

НДС обделки оценивалось с начала вступления ее в работу путем измерения съемными индикаторами местных и общих деформаций по установленным на поверхности блоков стальным «маячкам», обеспечивая определение напряжений в бетоне с точностью 7 кг/см².

Для оценки напряжений в блоках, возникающих от давления щитовых домкратов, часть измерительных баз устанавливалась в продольном направлении тоннеля.

Дополнительными данными, характеризующими поведение обделки под нагрузкой, является раскрытие стыков между блоками, относительные смещения блоков со-

седних колец и появление трещин, сколов и других дефектов.

Ориентиром для оценки качества монтажа обделки в тоннеле и ее соответствия эксплуатационным требованиям служила разработанная система допусков на эллиптичность (± 50 мм при монтаже и ± 115 мм после стабилизации горного давления), на смещение центра колец от проектной оси (± 150 мм), на уступы между блоками в кольце (10 мм) и между кольцами (12 мм).

Мониторинг НДС обделки на начальном этапе проходки позволил установить причины образования трещин и сколов бетона в блоках, основные из которых:

- наличие уступов в кольцевых стыках, превышающих 1,2 мм;
- ведение щита под углом к оси тоннеля при нагнетании тампонажного раствора в верхнюю часть сечения тоннеля;

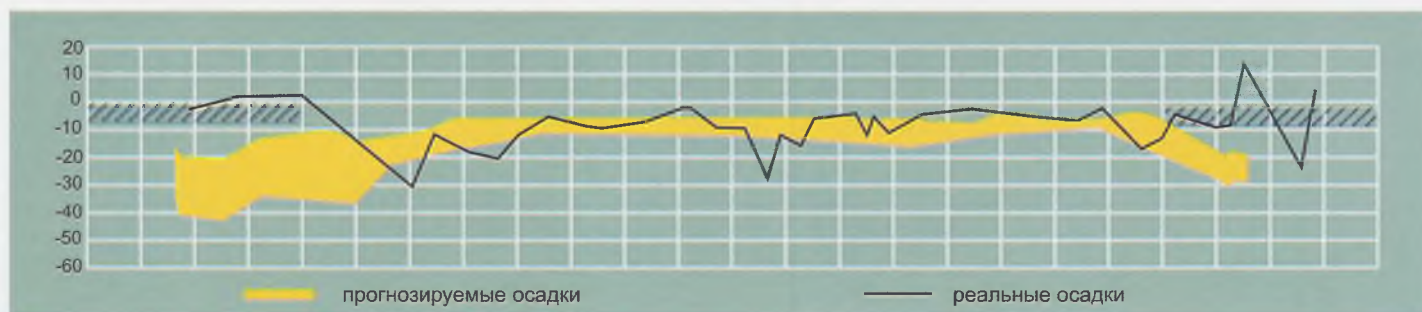


Рис. 2. Осадки поверхности, зданий и коммуникаций (мм) – прогнозируемые и реальные

• повышенные растягивающие напряжения в блоках напротив стыков в соседних кольцах из-за наличия ослаблений углублениями для фиксации эректора в среднем сечении.

Своевременно принятыми мерами удалось избежать образования дефектов в обделке практически на всей длине тоннеля.

Измерениями усилий в обделке и ее общих деформаций были определены период стабилизации горного давления (от 0,5 до 1,5 мес. в зависимости от геологии участка) и отклонения обделки от оси тоннеля, составившие в среднем не более 20 мм. По динамике изменения напряжений в элементах установленной в монтажной камере опорой рамы было установлено, что в данных условиях влияние щита на собранную обделку сказывается на расстоянии 56–60 м. Зафиксировав это состояние, стало возможным демонтировать опорную раму и приступить к монтажу в камере элементов защитного комплекса.

Качество контакта обделки с грунтом оценивалось неразрушающим методом относительной добротности акустических колебаний, основанной на анализе возбуждаемых калиброванным ударом колебаний поверхности обделки. Акустические колебания, записанные на магнитофон в аналоговом виде с помощью сейсмоприемника, обрабатывались цифровой низкочастотной фильтрацией (30–150 Гц) и анализировались по добротности колебания и максимальной амплитуде по трехбалльному относительному критерию A : $A < 6$ – плотный контакт; $6 < A < 10$ – неплотный контакт; $A > 10$ – контакт отсутствует (рис. 1).

По результатам обследования построены карты значений A в своде обделки. Их содержание показало, что в целом состояние контакта обделки с грунтом на кольцах № 330–353 характеризуется как плотное. Ослабленный контакт выявлен на левой боковой поверхности колец № 340–341, на боковых поверхностях и в своде № 343–345. Кольцо с отсутствием контакта обделки с грунтом выявлено только у забоя (№ 353).

Следующая карта, построенная через трое суток, показывает, что после твердения тампонажного раствора плотный контакт обеспечивается по всей поверхности обделки.

Проведенное практически на всей длине тоннеля подобное исследование позволяет оценить качество заполнения заобделочного пространства тампонажным составом как весьма удовлетворительное, что и послужило одной из главных причин мини-

мизации осадок при проходке до величин, не влияющих на состояние подрабатываемых зданий и сооружений.

Предшествующие геодезическому мониторингу расчеты деформаций поверхности основания под коммуникациями выполнялись методами теорий упругости и пластичности в комбинации с методами строительной механики по разработанной в ЦНИИСе программе «РУПС-02».

Реализованное в программе, использующей метод конечных элементов (МКЭ), решение позволяет учесть деформационные и прочностные свойства каждого слоя грунта, технологию строительства и конструкцию обделки. Считается при этом, что осадка грунта при проходке происходит за счет разности размеров разрабатываемой выработки и обделки с учетом заполнения зазора между ними и нагнетаемым раствором. Фактическое заполнение зазора определяется по измеренной осадке поверхности в аналогичных инженерно-геологических условиях проходки.

Апробировав на практике методику и принимая во внимание чрезвычайно высокую стоимость предусмотренных проектом мероприятий по обеспечению сохранности зданий (отселение, компенсационное нагнетание, укрепление грунтов основания и т. п.), ЦНИИС предложил в большинстве случаев ограничиться усиленным режимом геодезического мониторинга и не реже одного раза в три дня осмотром наружных и внутренних помещений зданий с фиксацией по маякам динамики раскрытия трещин, предусмотрев после проходки, при необходимости, послеосадочный ремонт. В обычном режиме наблюдения за деформациями реперов производились ежедневно в зоне 30 м до щита и 30 м перед щитом.

Рекомендации были приняты, прогноз и намеченные меры полностью подтвердили правомерность принятого подхода. Осадки на основной длине тоннеля не превышают 10 мм, а на участках, где проводилось искусственное закрепление грунтов под коммуникациями, осадки оказались практически нулевыми (рис. 2). В полной мере это относится и к сохранности прудов Лефортовского парка, а также набережной и моста через р. Яузу.

Сложнее дело обстояло на участке открытого способа работ. Здесь в непосредственной близости от строительных котлованов располагается ряд зданий, состояние которых оценивалось еще до начала строительства как «неудовлетворительное».

Особое внимание было уделено обеспечению сохранности памятника архитектуры – церкви Покрова и Успения Богоматери и жилого дома, расположенного рядом. Эти здания были взяты под особый режим наблюдений, а производство работ в близлежащем от них котловане велось с применением дополнительных мер безопасности (исключение ударных и вибрационных механизмов, замена анкеров яруса на подкосы, устройство «шапочного» бруса по «стене в грунте» и т. п.).

Съемка высотного и планового положения этих зданий, а также ограждения котлована велась ежедневно, обследование помещений зданий и наблюдения за установленными на трещинах маяками – не менее одного раза в неделю.

Для прекращения деформаций церкви, вызванных рядом причин, основная из которых – выпуск водонасыщенного грунта при бурении скважин под анкеры ограждения, была устроена отсекающая стена из буросуточных свай и выполнено искусственное закрепление грунта под основанием фундаментов.

Принятыми мерами удалось стабилизировать положение указанных аварийных объектов (рис. 3), что дает возможность для проведения в них ремонтно-восстановительных работ.

В комплексе геофизических работ для поиска незадокументированных подземных коммуникаций, мониторинга вмещающего массива и каротажа гидронаблюдательных скважин, использовались методы микромагнитометрии, электро- и сейсморазведки, дипольного электромагнитного профилирования, георадиолокационного профилирования.

Исследования, выполнявшиеся поэтапно, с опережением забоя щита, достаточным для принятия противоаварийных мер, позволили уточнить геологию и выявить характерные особенности строения массива (выклинивание различных грунтов, наличие карстовых мест и понижения рельефа на отдельных участках трассы, незатампонированные скважины), а также проконтролировать качество забутовки ликвидируемого коллектора.

Наблюдения за уровнем подземных вод в скважинах, расположенных по трассе тоннеля в зоне влияния проходческих работ (порядка 50 м), показали следующие.

1. Имеется гидравлическая связь между водоносными горизонтами, и высокая проницаемость перхуровских известняков, по ко-

торым воздух при выходе в кессон распространялся от забоя тоннеля в радиусе от 20 до 170 м; а водовоздушная смесь выходила из затрубного пространства или из самих гидронаблюдательных скважин.

2. В условиях высокой кавернозности и трещиноватости известняков, а также негерметичности бентонитовой мембраны на поверхности забоя, водоносный горизонт в зоне работы щита переходил в режим эрлифтного воздействия на грунт.

3. Для предотвращения аварийных ситуаций, связанных с выходом на дневную поверхность водовоздушной смеси или бентонитового раствора и возможными ее провалами на застроенной территории, следует ликвидировать часть гидронаблюдательных скважин перед щитом по мере его продвижения без ущерба для информации.

4. «Барражный» эффект по трассе тоннеля после проходки отсутствует.

Была зафиксирована практическая неизменность степени минерализации и температуры воды в каждом из горизонтов.

Постоянный анализ параметров проходки позволил также сопоставить определенные расчетным путем по методике ЦНИИС значения давления пригруза забоя с фактическими данными. Результаты сравнения показывают хорошую сходимость соответствующих диаграмм и правомерность использования нашей расчетной модели, учитывающей не только размеры щита, глубину заложения тоннеля и гидростатику, но и характеристики пересекаемых слоев грунта (рис. 4, 5).

Выводы

1. Разработаны и апробированы практической методикой ЦНИИС прогнозирования деформаций горного массива и определения давления пригруза забоя при сооружении тоннелей ТПМК с бентонитовой суспензией.
2. Создана и успешно применена, как элемент технологического процесса строительства, система мониторинга за деформациями горного массива, зданий и сооружений при строительстве тоннелей в условиях плотной городской застройки, основанная на использовании геодезических и геофизических методов.
3. Результаты мониторинга позволяют высоко оценить качество строительства тоннеля на участке закрытого способа работ с позиций охраны окружающей природной и городской среды.
4. Опасные деформации поверхности и наземных сооружений на участках открытого способа работ имели место в основном там, где крепление котлована с ограждением в виде «стены в грунте» осуществлялось анкерами в водонасыщенных песках, устройство которых сопровождалось выпуском воды с грунтом.
5. Учитывая положительные результаты проведенных работ, полученный опыт рекомендуется распространить на все вновь сооружаемые крупные объекты транспортного тоннелестроения.

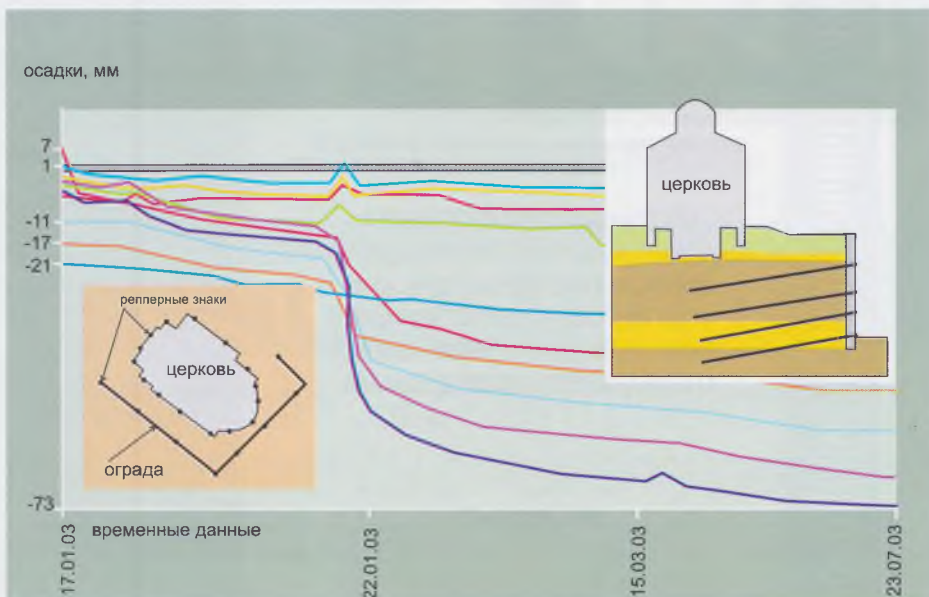


Рис. 3. Высотные перемещения деформационных реперов, закрепленных на здании церкви

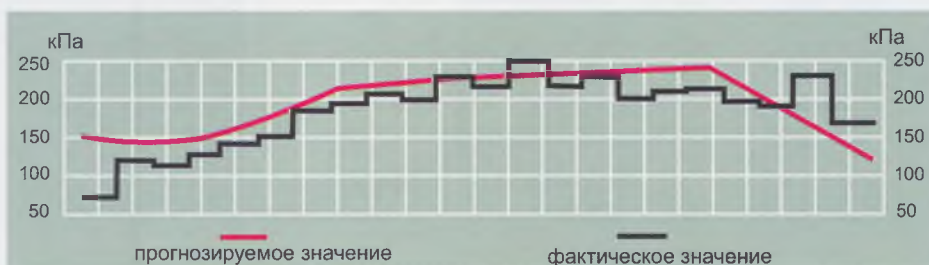


Рис. 4. Давление пригруза при проходке – прогнозы и факт

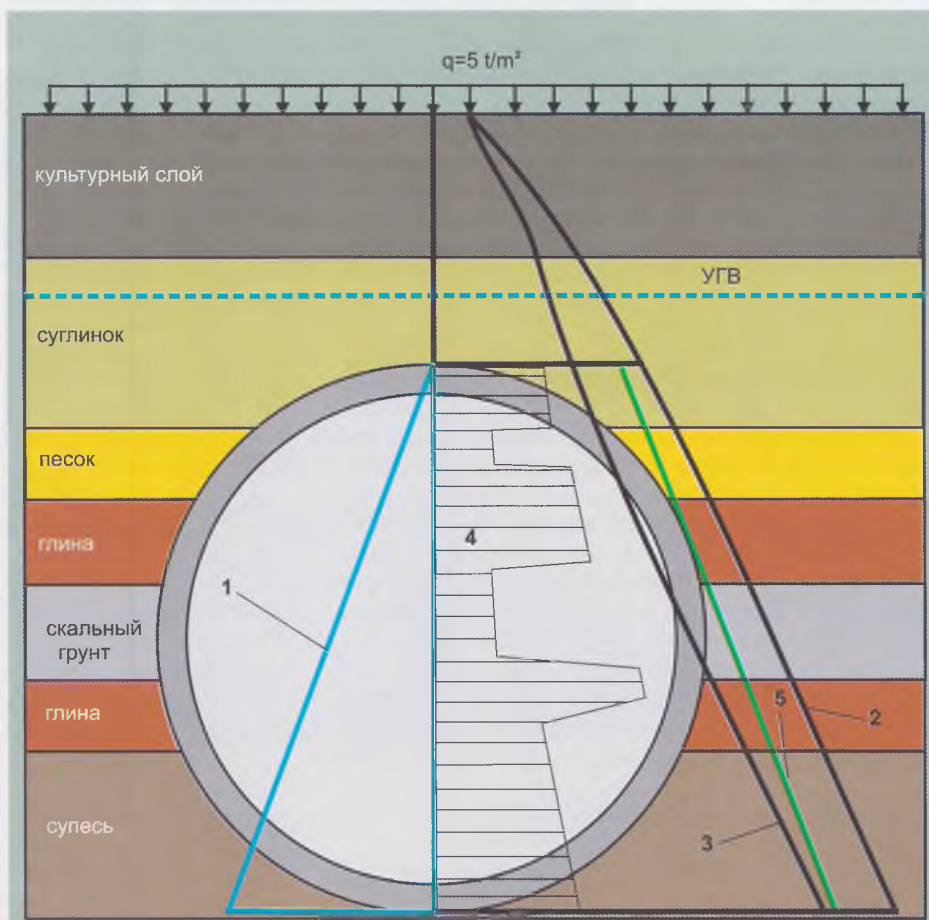


Рис. 5. Пример определения давления пригруза забоя: 1 – давление грунтовых вод; 2 – вертикальное давление от веса полного столба грунтов; 3 – вертикальное давление грунтов по модели «опускающегося столба»; 4 – эпюра горизонтального (бокового) давления грунтов в забое; 5 – расчетное давление пригруза в забое с учетом давления грунтовых вод и объемного веса бентонитовой суспензии



БЕСТРАНШЕЙНАЯ ПРОКЛАДКА КОММУНИКАЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ МИКРОТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ТРУБОПРОВОДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

МГСН 6.01-03

Издание официальное

Москва - 2004

Вышла в свет новая книга

«Московские городские строительные нормы по бестраншейной прокладке коммуникаций и реконструкции трубопроводов с применением специального оборудования» – МГСН 6.01—03 утверждены и введены в действие.

Постановление Правительства Москвы № 530-ПП от 03 августа 2004 г. Госстрой России зарегистрировал их в качестве территориальных строительных норм ТСН 40–303–2003 г. Москвы.

Нормы содержат технологические и конструктивные решения новой прогрессивной технологии бестраншейной прокладки вновь проектируемых, строящихся и реконструируемых подземных коммуникаций.

Регистрация норм Госстроем России как территориальных нормативов г. Москвы разрешает их применение в других регионах России с согласованием правительства Москвы.

Нормы представлены двумя частями.

Первая часть – основные нормативные показатели по проектированию и бестраншейной прокладке коммуникаций, реконструкции и ремонту действующих трубопроводов; приемки трубопроводов в эксплуатацию.

Вторая часть – приложения: детализация отдельных положений норм; справочные данные по оборудованию, материалам, конструкциям; описание отдельных технологических процессов; геодезическо-маркшейдерские работы; противопожарная защита.

Разработанные нормы охватывают весь комплекс вопросов, связанных с бестраншейной прокладкой и ремонтом коммуникаций. Они являются основным документом для этой технологии при проектировании, строительстве и реконструкции.

Стоимость норм – 380 руб., включая НДС.

По вопросам приобретения книги обращайтесь в Тоннельную ассоциацию России по адресу:
107078, Москва, ул. Новорязанская д. 16/11, стр. 1, офис 80
(Писарев Игорь Леонидович).
Тел.: (095) 208–81–72, факс: (095) 207–32–76,
e-mail: rus_tunnel@mtu-net.ru

ПОДЗЕМНЫЙ ГОРОД – 2005

24–27 января 2005 г. в «Экспоцентре» на Красной Пресне (Москва) пройдет Международная выставка «Подземный город – 2005».

В ходе выставки 25–26 января состоится **семинар** и экскурсия «**Гидроизоляция подземных сооружений**», где будут широко представлены фирмы, разрабатывающие и производящие гидроизоляционные материалы, и выполняющие гидроизоляционные работы.

Организаторы семинара: Тоннельная ассоциация России, ОАО «Корпорация «Трансстрой», ЗАО «Триада-Холдинг», Российское общество по механике грунтов, геотехнике и фундаментостроению, выставочная компания «Глобал Экспо» **при поддержке:** Департамента градостроительства г. Москвы и Московского государственного горного университета.

На семинаре предполагается заслушать и обсудить доклады по самым разным проблемам гидроизоляции подземных сооружений.

По итогам семинара будут опубликованы расширенные тезисы докладов. Тезисы докладов должны быть высланы в Тоннельную ассоциацию России до 15.12.2004 г. на русском языке в электронном виде в форматах *.pdf или *.doc. E-mail: rus_tunnel@mtu-net.ru

Регистрационный взнос одного участника конференции – 2000 руб., для членов ТАР и РОМГТиФ – 1500 руб. В указанную сумму включается: оргтехника, тезисы докладов, информационные материалы и экскурсия, кофе-брейк.

Регистрационные взносы перечисляются на счет:

Тоннельная ассоциация России, ИНН 7708024555
р/сч № 40703810000030000224 в ДО «Сокольническое отделение»
ОАО «МИНБ» в г. Москве
Банк получателя: ОАО «МИНБ» г. Москва,
к/сч № 30101810300000000600, БИК 044525600

Во исполнение Распоряжения правительства Москвы от 29.10.2004 № 2160-РП Департамент градостроительства Москвы, Тоннельная ассоциация России и выставочная компания «Глобал Экспо» в рамках выставки «Подземный город – 2005» организуют **Конкурс на лучшее применение прогрессивных технологий при строительстве подземных сооружений**.

Девиз награды Конкурса: «За внедрение передовых технологий при освоении подземного пространства».

Цель Конкурса: повышение темпов и качества строительства различных подземных объектов на основе применения прогрессивных технологий, конструкций и материалов, повышения заинтересованности строительных и проектных организаций в их применении и поощрение за их внедрение.

Председатель конкурсной комиссии (жюри) – первый зам. руководителя Департамента Градостроительной политики, развития и реконструкции г. Москвы А. Н. Левченко.

Заявка и материалы для Конкурса должны быть предоставлены в адрес ТАР до 15.12.2004 г.: 107217, Москва, Садовая-Спаская, 21. Для Тоннельной ассоциации России.

Регистрационный взнос участника Конкурса: для организаций – 12000 руб., для организаций-членов ТАР – 10000 руб.

Регистрационный взнос участника Конкурса должен быть перечислен на счёт:

Тоннельная ассоциация России, ИНН 7708024555, КПП 770801001
р/сч № 40703810500000000279 в АКБ «БНKB» г. Москвы
к/сч № 30101810300000000471, БИК 044585471

Координаторы проекта:

Будничкий Г. И. – тел.: (095) 207 3276;

Писарев И. Л. – (095) 208 8172

WIRTH



ТПМК для всех типов грунтов

**ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ С ГРУНТОПРИГРУЗОМ.
ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ С ГИДРОПРИГРУЗОМ.
У НАС ЕСТЬ ВСЕ!**

Крупнейший в мире тоннелепроходческий комплекс с бентонитовым пригрузом диаметром 14,87 м и массой 100 т успешно завершил проходку тоннеля длиной 7,5 км под голландским массивом Грене Харт за 20 месяцев. Наилучшая скорость проходки – 500 м в месяц.



Штаб-квартира в Эркеленце, Германия
(200 тыс. м²)



Завод НФМ в Ле Крезе, Франция (38 тыс. м²)



Метро в Барселоне. Самый большой ТПМК в мире с двумя способами проходки, как с открытым забоем, так и с грунтопригрузом. Диаметр – 12 м.



Завершение проходки ж/д тоннеля под Ла Маншем длиной 2х4,7 км. Применялись два ТПМК диаметром 8,16 м. Лучшая скорость проходки – 930 м в месяц.



Успешное завершение проекта Вал Виола, Италия. Длина тоннеля 18 км. Применялся телескопический ТПМК диаметром 3,6 м. Среднемесячная скорость проходки – 1000 м.

Wirth Maschinen – und Bohrgerate-Fabrik GmbH

Представительство в России:

тел.: (095) 929-6574, 724-7481, тел/факс: (095) 929-6548, e-mail: ecodrill@zmail.ru

ВОЗМОЖНОСТЬ

прорыва

**МОЩЬ, СКОРОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ
ТОННЕЛЕПРОХОДСКИХ КОМПЛЕКСОВ (ТПМК)
ФИРМЫ «ЛОВАТ» ПОДТВЕРЖДЕНЫ РЕЗУЛЬТАТАМИ
ПРОХОДКИ В САМЫХ СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ**

Тоннелестроители всего мира выбирают Ловат: пять поколений инженерного новаторства, 225 тоннелепроходческих комплексов, 1,000,000 метров пройденных тоннелей, 380 завершенных объектов во всех уголках земного шара.

Через свои офисы в Канаде, Европе, Азии, Австралии, а также через сеть представительских фирм во всем мире Ловат обеспечивает поставку ТПМК с грунтовым и бентонитовым пригрузом для мягких смешанных и скальных пород, обеспечивает монтаж и наладку оборудования, обучение персонала заказчика, сопровождение проходки.

Ловат берет на себя поставку всего вспомогательного оборудования для обеспечения работы ТПМК.

Уже 25 лет Ловат Инк. работает в России через своего представителя фирму «Интерторг, Инк», США.

Ловат Инк. представлен в России

«Интерторг Инк.»: 123056, Москва, Грузинский пер., 3, оф. 63
тел.: (095) 250-0367, 254-2008, 254-6924, 254-3162
факс: (095) 253-9771



LOVAT Inc.

