

ВОЗМОЖНОСТЬ

прорыва

**МОЩЬ, СКОРОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ
ТОННЕЛПРОХОДЧЕСКИХ БУРОВЫХ МАШИН (ТПК)
ФИРМЫ «ЛОВАТ» ПОДТВЕРЖДЕНЫ РЕЗУЛЬТАТАМИ
ПРОХОДКИ В САМЫХ КРЕПКИХ ПОРОДАХ**

Проходка в породах от трещиноватых до массивных, в том числе водоносных, требует ТПК смешанного типа, имеющих:

- план-шайбы с гидравлическим или электрическим приводом, вращающиеся с переменной скоростью в одном или в обоих направлениях;
- одинарные и двойные щиты, щиты с упорами;
- план - шайбы для скальных пород или для грунтов смешанного типа с шарошками и/или резцами, подбираемые для конкретных условий;
- удобные пункты управления встроенного или дистанционного типа.

Будь то известняки в Германии, песчаники в Тунисе, доломиты в Италии или базальт в Австралии - ТПК фирмы «Ловат» конструируются и изготавливаются в соответствии с условиями осуществляемого проекта.

Машины имеют высокую производительность и хорошую приспособляемость к местным условиям. Неудивительно, что все большее количество подрядчиков выбирают для проходки ТПК фирмы «Ловат».

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.



Учредители журнала

Тоннельная ассоциация России
Московский метрополитен
Московский метрострой
Мосинжстрой
Ассоциация Ассодстройметро
Издательский центр «ТИМР»

Редакционный совет

Председатель совета -

В. А. Брежнев

Заместители председателя -

Д. В. Гаев, С. И. Свирский

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. Булычев,
Д.М. Голицынский, Е.А. Демешко,
Е.Г. Дубченко, О.В. Егоров,
С.Г. Елгаев, А.В. Ершов, В.Н. Жданов,
В.Н. Жуков, А.М. Жуков, Ю.А. Кошелев,
Н.Н. Кулагин, А.М. Летуновский,
В.В. Котов, В.Е. Меркин,
В.М. Мостков, В.В. Неретин,
К.П. Никифоров, А.Ю. Педчик,
П.В. Пуголов, В.П. Самойлов,
А.А. Севастьянов, Л.К. Тимофеев,
Б.И. Федунец, Ю.А. Филонов,
В.Х. Фомин, Ш.К. Эфендиев

Главный редактор

С. Н. Власов

Издатель

ЗАО «ТА Инжиниринг»

Лицензия ИД № 04404

тел.: (095) 929-6673

(095) 929-6482

факс: (095) 929-6548

Отдел рекламы: (095) 929-6673

103051, Москва,

Цветной бульвар, 17, оф. 217, 221

e-mail: tunnels@metrostroy.ru

Тоннельная ассоциация России

тел.: (095) 208-8032, 208-8172

факс: (095) 207-3276

e-mail: rus_tunnel@mtu-net.ru

Редактор

Г. М. Сандул

Генеральный директор

О. С. Власов

Компьютерный дизайн и верстка

С. В. Пархоменко, М. Б. Брилинг

Журнал зарегистрирован

Минпечати РФ ПИ № 77-5707

№ 4 2002

Приветствия участникам конференции	4
Большой форум тоннельщиков России и стран СНГ В. А. Брежнев	6
Интервью с представителем фирмы «ВИНСИ» Жан-Луи Валеттом	8
Панорама тоннелестроения Управление по строительству Красноярского метрополитена - лучший Заказчик-застройщик г. Красноярск В. Р. Ефремов	9
Строительство метро в Киеве: новые инженерные решения и технологии С. Н. Лихман	10
Ташметрострой: проблемы, достижения и задачи Ш. Т. Солихужаев	11
Комплексное решение задач организации производства колец обделки тоннелей Казанского метрополитена Р. З. Рахимов, М. М. Рахимов, М. Г. Габидуллин	12
Технологии Укрепление фундаментов здания при проходке метрополитена в Казани А. Г. Малинин	14
Компенсационное нагнетание: технология в реальном времени Жан-Луи Валетт	16
Лефортовский тоннель — половина пути пройдена В. П. Грачев, Г. Н. Горбунов, Г. М. Синицкий, С. Н. Власов	20
Ресурсный метод определения сметной стоимости строительства подземных объектов И. С. Бубман	26
Метрополитены Двадцатая станция Минского метрополитена В. П. Полищук, Э. Н. Жуков	28
Обследование пассажирской загрузки эскалаторных установок Харьковского метрополитена В. В. Ковтун, В. Е. Герасимов, В. С. Виниченко, М. В. Ляхов	32
Алматинский метрополитен - уникальное транспортное сооружение М. Т. Укшебаев	34
Структурно-параметрический аспект оценки качества шумозащитных экранов В. И. Лебедев, С. Н. Власов, В. А. Попов, А. В. Суханов	36
Из истории строительства Развитие механизации отдельных технологических процессов на Мосметрострое В. А. Ходош	38

СОДЕРЖАНИЕ



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ:

ТПМК «Херренкнехт» на строительстве Лефортовского тоннеля

Руководителям, инженерно-техническим работникам строительно-монтажных, проектно- изыскательских, научно-исследовательских и других организаций, связанных со строительством подземных сооружений

Тоннельной ассоциацией России при участии Госгортехнадзора России составлена переработанная и дополненная редакция Правил безопасности при строительстве подземных сооружений (ПБ 03-428-02)

Госгортехнадзор России

НТЦ «Промышленная безопасность»

Серия 03

Нормативные документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр

Выпуск 12

ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

ПБ 03-428-02

2002

В новой редакции Правил учтены организационные, технологические изменения, произошедшие в практике проектирования и строительства подземных сооружений за последние 10 лет, а также опыт зарубежного строительства. В состав Правил введены 7 новых разделов, приведены ссылки на нормативные документы, разработаны новые формы журналов производства работ.

Правила (ПБ 03-428-02) введены в действие 01.07.2002 постановлением Госгортехнадзора России № 2 от 16.01.2002

По вопросам приобретения Правил обращаться в Тоннельную ассоциацию России

Контактные телефоны: (095) 208-80-32, 208-81-72, факс: (095) 207-32-76



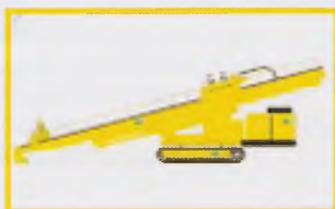
Пульт управления



Рама модульного типа



Рама на колесных транспортерах



Рама на гусеничных транспортерах

Новая техника от «Херренкнехт АГ» установка горизонтального направленного бурения (ГНБ)

Для эффективной, экономичной и экологичной реализации проектов фирма «Херренкнехт АГ» разработала новые макси и мега установки горизонтального направленного бурения (ГНБ), специально адаптированные для проектных требований и спецификаций клиента.

Херренкнехт поставляет рамы **модульного** типа, рамы на **колесных** или **гусеничных** транспортерах с высокой, от 100 до 400 т, силой тяги. Инновационные концепции обеспечивают быструю доставку по всему миру, легкую транспортировку и монтаж, предоставляя оптимальные решения для каждого проекта.

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



УВАЖАЕМЫЕ УЧАСТНИКИ КОНФЕРЕНЦИИ!



Большим удовольствием и честью для Международной тоннельной ассоциации является то, что спустя 4 года Исполнительный совет МТА вновь встречается в России, на этот раз в прекрасном городе Москве, и принимает участие в международной конференции "Тоннельное строительство России и стран СНГ в начале века: опыт и перспективы". Наша радость вновь оказаться в России определяется, по крайней мере, двумя основными причинами.

Во-первых, Россия является активной страной-членом нашей ассоциации, ежегодно принимающей широкое участие в международных тоннельных конгрессах. Хорошо известно, что каждый год российская делегация находится в числе самых многочисленных делегаций из стран мира. Мы высоко ценим тесное сотрудничество, взаимодействие и поддержку, оказываемые Тоннельной ассоциацией России и вашими специалистами в деятельности Рабочих групп МТА, наших конгрессов и других событиях, задачах, проблемах, которые являются общими для нас.

Во-вторых, сложились прочные традиции в бывшем СССР в области подземного строительства метрополитенов, электростанций, железно- и автодорожных, а также коммунальных тоннелей. Эти традиции и опыт, приобретенные в прошлом, несомненно, играют важную роль при выработке решений по подземному строительству в настоящем и будущем. Россия и страны СНГ относятся к странам, в которых имеется большой спрос на подземные работы. Важно отметить, что страны, имеющие традиции и знания в тоннелестроении, даже в периоды экономических трудностей продолжают подземное строительство, потому что их общества уже узнали и усвоили преимущества подземных объектов. Россия и страны СНГ являются хорошим примером для ряда стран, находящихся в аналогичных условиях, и мы с интересом узнаем о ваших трудностях, вашем опыте и ваших успехах.

На основании вышесказанного, я вполне уверен, что международная конференция по тоннелестроению в Москве будет иметь большой успех. Что еще более важно, она предоставит хорошие возможности приобрести новых друзей, обсудить наш опыт с коллегами по тоннелестроению и прийти к выводам, которые будут отвечать нуждам и требованиям наших обществ. Я очень надеюсь, что наши дискуссии в Москве будут плодотворными и приведут всех нас "к лучшему использованию подземного пространства". Этот девиз МТА напоминает нам о том, что все подземные сооружения служат на благо человечеству и окружающей среде. Не имеет значения, насколько богата и развита страна, - всюду имеют место подземные работы с учетом различных потребностей. Подземные сооружения разного назначения, способствующие оживлению центров городов, модернизации и улучшению транспортных систем, сети коммунальных тоннелей, размещению складов, электростанций, гаражей, различных структур общественного пользования - все это направлено на улучшение условий жизни. Этот огромный спрос на подземные работы придает мне много энтузиазма и оптимизма при мысли о будущем нашей тоннельной отрасли и сообщества.

Друзья мои, используем возможности этой международной московской конференции по тоннелестроению в России и странах СНГ, чтобы обсудить потенциал нашей отрасли, растущую потребность в подземных работах, проблемы и трудности, чтобы затем использовать эти данные в разных странах. Давайте обсудим направления, способствующие более тесному взаимодействию, сотрудничеству и объединению среди тоннельных организаций, Международной тоннельной ассоциации и представителей ее стран-членов. Это сотрудничество способствует накоплению и распространению знаний, в особенности здесь, в России и странах СНГ, где накоплен большой опыт и традиции подземного строительства, которые должны служить и в будущем. От имени МТА я приглашаю вас на конференцию. Добро пожаловать в Москву.

Президент Международной
тоннельной ассоциации

Андре Ассис



УВАЖАЕМЫЕ УЧАСТНИКИ КОНФЕРЕНЦИИ!

Для меня всегда является большой радостью вновь оказаться в России, тем более на столь представительном форуме тоннельщиков вашей страны.

Фирма "Ловат" - один из крупнейших производителей техники для подземного строительства. Могу с уверенностью сказать, что более 70 % тоннелепроходческих комплексов, работающих в мире, вышли с конвейеров нашего производства в Канаде и носят нашу торговую марку.

Россия всегда являлась для нас важнейшим рынком. Последние десять лет рост рынка тоннелестроения в России опережает североамериканский, южноамериканский и австралийский. Впервые мы пришли сюда в 1988 году, поставив два ТПМК для строительства ядерного ускорителя в Протвино. И с тех пор наше присутствие только наращивается.

Сегодня машины с маркой "Ловат" ведут проходку Московского метро в Северном Бутово, работают в сложных геологических условиях на строительстве мини-метро в Москве и метрополитена в Казани. Наша машина только что закончила проходку двух тоннелей в важном проекте по строительству газопровода "Голубой поток" в Краснодарском крае. В этом году мы поставили ТПМК для строительства Красноярского метро.

Очень важно, что несмотря на непростые экономические условия, Тоннельная ассоциация России смогла собрать и объединить не только российских тоннельщиков, но и зарубежных. Многих мы знаем, со многими познакомимся. И я надеюсь, что с компанией "Интерторг", которая представляет интересы "Ловат" в России уже на протяжении 25 лет, многие оценят философию нашего бизнеса, когда клиент становится не только клиентом, но и партнером.



Рик Ловат
Президент "Ловат Инк"

*Участникам Международной
научно-технической конференции
"Тоннельное строительство России
и стран СНГ в начале века:
опыт и перспективы"*

УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

Оргкомитет приветствует всех специалистов, участвующих в конференции и желает успешной работы!

Это знаменательное событие, потому что спустя 12 лет метростроевцы, тоннельщики и строители подземных сооружений России и стран Содружества Независимых Государств собрались вместе для обсуждения вопросов проектирования, строительства и эксплуатации подземных сооружений.

Известно, что в Советском Союзе выполнялись большие объемы работ по сооружению метрополитенов, подземных гидроэлектростанций, железнодорожных, автодорожных и коммунальных тоннелей.

Несмотря на сложные экономические условия, строители тоннелей и подземных сооружений продолжают свою работу на всей территории Содружества, используя ранее накопленный опыт и созданный научно-технический потенциал, разрабатывая новые проекты.

В последние годы построены новые участки метрополитенов в Москве, Санкт-Петербурге, Новосибирске, Екатеринбурге, Киеве, Днепрпетровске, Минске, Баку и Ташкенте. В России завершено строительство ряда железнодорожных и автодорожных тоннелей, ведутся работы по освоению подземного пространства. Обсуждаются проекты возобновления работ на Рогунской подземной гидроэлектростанции в Таджикистане и строительства тоннелей через Татарский и Керченский проливы.

Настало время проанализировать достигнутые на основе прежней многолетней совместной работы успехи в тоннельном строительстве и обсудить новые направления в технологии подземных работ.

Наша конференция позволит метростроевцам и тоннельщикам России и стран СНГ обсудить насущные вопросы метро- и тоннелестроения, обменяться опытом работы и наметить пути дальнейшего технического сотрудничества.

Наша конференция знаменательна тем, что в ней участвуют руководители и члены Исполнительного совета Международной тоннельной ассоциации, известные специалисты в области проектирования, строительства и эксплуатации подземных сооружений.

В Москве строятся большие подземные сооружения - крупнейший в Европе и России Лефортовский автодорожный тоннель, протяженностью 3,3 км; крупнейший подземный транспортный узел ММДЦ "Москва-Сити"; пересадочная станция метрополитена "Бульвар Дмитрия Донского".

Все эти сооружения будет интересно посмотреть всем участникам большого собрания тоннельщиков.

Оргкомитет надеется, что Ваше участие в работе конференции и дискуссиях позволит внести вклад в укрепление сотрудничества специалистов в области подземного строительства, а Ваше пребывание на конференции в Москве будет полезным и приятным.

Желаем Вам успеха!

Оргкомитет по проведению конференции



БОЛЬШОЙ ФОРУМ ТОННЕЛЬЩИКОВ РОССИИ И СТРАН СНГ

В. А. Брежнев,

председатель Правления Тоннельной ассоциации России,
президент Корпорации «Трансстрой», Москва

В жизни инженерно-технической общественности России, объединенной в Тоннельной ассоциации, проходит большое событие: проводится Международная научно-техническая конференция "Тоннельное строительство России и стран СНГ в начале века: опыт и перспективы". Эта конференция организована Тоннельной ассоциацией России с участием Международной тоннельной ассоциации, Российским обществом по механике грунтов, геотехнике и фундаментостроению, Научно-технической ассоциацией ученых и специалистов транспортного строительства, АНО "Инвестстройметро", при поддержке Госстроя России, правительства Москвы и Корпорации "Трансстрой".

Целью конференции является анализ и оценка достигнутого опыта по строительству тоннелей и подземных сооружений в России и странах СНГ и возможности его использования. Девиз конференции: "Достигнутый опыт тоннельного строительства на службу в новом столетии".

Идея проведения такой конференции родилась еще летом 2001 г., когда на заседании XXVII Генеральной ассамблеи Международной тоннельной ассоциации в Милане обсуждался вопрос о проведении в России Международной встречи тоннельщиков и строителей подземных сооружений с участием специалистов стран входящих в Содружество Независимых Государств. Это первая такая встреча специалистов, которые много лет работали вместе и построили на территории бывшего Советского Союза метрополитены, железнодорожные и автодорожные тоннели, крупнейшие подземные гидроэнергетические комплексы и большое количество подземных объектов городской инфраструктуры: коммунальных тоннелей, гаражей, складов, торговых предприятий. Поэтому представляется полезным проанализировать достигнутые на основе прежней многолетней совместной работы успехи в тоннельном строительстве и обсудить новые направления в технологии подземных работ.

Конференция позволит метростроевцам и тоннельщикам России и других стран СНГ обсудить насущные вопросы метро- и тоннелестроения, обменяться опытом работы и наметить пути дальнейшего технического сотрудничества.

В конференции участвуют руководители и ве-

дущие специалисты метростроительных и тоннельных проектных и строительных организаций из Украины, Белоруссии, Казахстана, Узбекистана, Азербайджана, Армении и Таджикистана.

К проведению нашей конференции приурочено очередное заседание Исполнительного Совета Международной тоннельной ассоциации. Для этого в Москву приехали и принимают участие в конференции: президент Международной тоннельной ассоциации г-н Андре Ассис из Бразилии, Почетный президент МТА г-н Альфред Хаак из Германии, генеральный секретарь Ассоциации г-н Клод Бергнье из Франции, вице-президент МТА г-н Гарвей Паркер из США, другие члены Совета.

Это вторая такая Международная тоннельная конференция в России, которая проводится под патронажем Международной тоннельной ассоциации.

Первая, как известно, была проведена в Санкт-Петербурге в 1998 г. Таким образом, уже начинается складываться хорошая традиция таких международных встреч по тоннелестроению в России.

В конференции примут участие и выступят с докладами хорошо известные российским специалистам и организациям руководители фирм "Херренкнехт" - г-н Мартин Херренкнехт; "Ловат" - г-н Рик Ловат; "ВИРТ" - г-н Нико Клойтер; "Бетон унд Моньербаум" - г-н Йозеф Арнольд; "ХУТ" - г-н Манфред Хайман, с которыми уже много лет работают российские организации, а также большая группа специалистов из ряда зарубежных стран: Австрии, Бразилии, Германии, Италии, Канады, Китая, США, Франции, Чехословакии, Швеции, Швейцарии, Японии. Это ведущие мировые ученые и практики в области подземных сооружений и создания тоннелестроительной техники.

Мы надеемся, что наши коллеги из зарубежных стран, многие из которых впервые в Москве, установят хорошие контакты с российскими специалистами и приятно проведут время.

Тоннельная ассоциация России - это общественное, профессиональное объединение организаций коллективных членов и отдельных специалистов, работающих в области научных исследований, проектирования, строительства и эксплуатации тоннельных сооружений различного назначения: транспортного, гидротех-

нического, коммунального - действующих в Российской Федерации и государствах СНГ. В 2000 г. Тоннельная ассоциация России отметила 10-летний юбилей.

Целью Ассоциации является содействие различными формами и методами ускорению научно-технического прогресса, повышению эффективности и качеству проектирования, строительства и эксплуатации тоннельных сооружений, а также созданию безопасных и здоровых условий труда.

Организационная структура Тоннельной ассоциации России построена таким образом, что в коллективах, ведущих проектирование и строительство тоннелей и других подземных сооружений, созданы ее Отделения, активно участвующие в работе предприятий. Это помогает получать достоверную информацию о проектируемых и строящихся объектах, изготовляемом тоннельном оборудовании, выполняемых научно-исследовательских работах и тем самым иметь актуальную информацию о состоянии дел на предприятиях, о проблемах подземного строительства во всем его многообразии.

В своей работе мы стараемся исходить из того положения, что центральной фигурой Российской тоннельной ассоциации является ученый и инженер, и что их деятельность через Ассоциацию должна быть направлена на решение технических вопросов и возникающих проблем, крайне важных для организаций и предприятий - коллективных членов Тоннельной ассоциации России, где они работают. Поэтому ключевым звеном в работе Тоннельной ассоциации России является проведение конференций, симпозиумов, технических совещаний, семинаров, встреч по обсуждению различных научных, технических и практических вопросов, обеспечение специалистов необходимой технической информацией. Для этого регулярным и важным средством общения стал журнал "Метро и тоннели" - научно-технический и информационный орган Тоннельной ассоциации России. Мы стремимся, чтобы каждый индивидуальный член Тоннельной ассоциации России, знакомясь с публикациями журнала, чувствовал себя причастным к делам Ассоциации.

Оргкомитет по проведению конференции и его рабочие органы - Секретариат и Исполнительная Дирекция Правления провели большую работу по привлечению к участию российских специалистов с целью показать, что сделано в России в области тоннельного и подземного строительства за последние годы на основе предыдущего опыта в начале нового века.

Здесь следует отметить, что несмотря на все экономические трудности, тоннельное и подземное строительство в России продолжает развиваться. В шести городах - Москве, Санкт-Петербурге, Нижнем Новгороде, Новосибирске, Екатеринбурге и Самаре, где работают метропо-

литены, продолжается их строительство и вводятся новые линии и станции, а в пяти - Казани, Красноярске, Омске, Челябинске и Уфе началось строительство новых метрополитенов.

Метростроение остается важнейшим направлением деятельности Тоннельной ассоциации России, которое ведется в тесном содружестве с АНО "Инвестстройметро" и Объединением эксплуатирующих организаций - Международной Ассоциацией "Метро".

Новые тоннели строятся на железнодорожных и автомобильных путях сообщений в разных регионах страны - Юге России, Сибири, Дальнем Востоке.

Большое подземное строительство ведется в Москве, Санкт-Петербурге, других городах и регионах России.

Поэтому в процессе подготовки конференции были приглашены и участвуют в ее работе научные и инженерно-технические работники, преподаватели высших учебных заведений, руководители тоннелестроительных организаций, проектных институтов, научно-исследовательских центров из Москвы, Санкт-Петербурга, Тулы, Краснодарского края, Волгограда, Нижнего Новгорода, Екатеринбурга, Уфы, Челябинска, Новосибирска, Северо-Байкальска, Красноярска, городов Дальнего Востока.

Из представленных на конференцию более 100 докладов и сообщений российских и зарубежных специалистов Научно-технический совет из-за дефицита времени вынужден был отобрать только 50 для выступлений на пленарном заседании и на сессиях конференции: "Реализованные и новые проекты"; "Новые технологии и механизация работ"; "Прикладная наука и сопровождение строительства подземных сооружений". Доклады и сообщения, не представленные на сессиях, изложены в Трудах конференции.

Во время проведения конференции запланированы еще два больших мероприятия. Это информационно-рекламная выставка о построенных подземных сооружениях и новых технологиях и технические экскурсии на крупнейшие стройки Москвы: Лефортовский городской автодорожный тоннель, деловой центр "Москва-Сити", строящиеся перегонные тоннели Бутовской линии и пересадочную станцию "Бульвар Дмитрия Донского" Серпуховской линии Московского метрополитена.

На этих стройках сосредоточено применение новых машин, конструкций и материалов, ранее не применявшихся в России, разработаны новые объемно-планировочные решения тоннелей, станций и подземных сооружений.

Оргкомитет полагает, что на конференции произойдет широкий обмен мнениями по различным вопросам подземного строительства и намеченные мероприятия вызовут большой интерес у специалистов.

В отличие от Наполеона Бонапарта мы бы хотели надолго остаться в России

- Г-н Валетт, фирма "ВИНСИ" сейчас на слуху в России, благодаря Лефортовскому проекту. Расскажите, пожалуйста, как ваша компания попала на строительство этого тоннеля?

- Надо сказать, что на сегодняшний день мы являемся представителями французской компании "ВИНСИ", к которой перешла сфера деятельности фирмы "Кампенон Бернар". Во Франции "ВИНСИ" - это крупная компания, работающая в четырех основных направлениях: строительство, электроэнергетика, дорожное строительство и инвестиционные проекты концессии. В Москве мы представляем компанию "ВИНСИ Констракшн Гран Проже".

Рекомендовала же нас на строительство Лефортовского тоннеля немецкая фирма "Херренкнехт", с которой мы работаем в тесном сотрудничестве уже 12 лет. Вместе мы строили метрополитен в Каире, для которого заказывали два щита диаметром 9 м. Кстати, этот щит конструктивно похож на тот, что сейчас используется в Лефортове (с гидропригрузом). В окрестностях Парижа ведется строительство тоннеля Сокатоп. Для этого проекта мы совместно со специалистами "Херренкнехт" впервые в мире разработали щит, способный вести проходку как с бентонитовым пригрузом забоя, так и с грунтовым. Поэтому, благодаря такому тесному и многолетнему сотрудничеству, специалисты "Херренкнехт" и рекомендовали нас Генеральному подрядчику.

- В чем заключаются выполняемые вами работы?

- Нами осуществляется техническое сопровождение данного проекта с самого его начала. Первый контракт мы подписали на разработку дополнительного оборудования, следующего за щитом и изготовление нового ротора с учетом местных геологических условий. Чертежи ротора были сделаны фирмой "Херренкнехт" с учетом наших исследований. Так же совместно со специалистами "Херренкнехт" была разработана концепция сепарационной установки: пульпопроводы, давление насосов для бентонита, диаметр всех трубопроводов. Дополнительно мы сделали запрос на использование пресс-фильтров. Таким образом, мы полностью спроектировали сепарационную установку применительно к грунту, встречающемуся на данном объекте. Так же мы разработали обустройство строительной площадки, компрессорной станции и т.д. Мы дали спецификации и рекомендательные чертежи, а российские институты уже провели по ним окончательные проектные разработки. И, как я уже сказал мы совместно с фирмой "Херренкнехт" определили тип локомотивов и вагонов-податчиков, бентонита, спроектировали транспортный узел

- Чем бентонит вы используете здесь?

- Генеральный подрядчик покупает его в Германии.



Интервью с директором проекта «Лефортовский тоннель» от фирмы «ВИНСИ» г-ном Жан-Луи Валеттом (Франция)

- А почему не в России?

- Российский бентонит не подходил по своим качественным характеристикам. Если бы позволяли сроки, возможно, мы нашли бы здесь производителя и наладили бы выпуск бентонита в России.

- Г-н Валетт, половина тоннеля уже пройдена. Чем сейчас занимаются французские специалисты?

- Нами подписан второй контракт для оказания содействия и помощи в проходке тоннеля, а также в подготовке и обучении русского персонала. У нас двадцать восемь специалистов, которые круглосуточно в две смены осуществляют мониторинг строительства, включая и выходные дни. У каждой смены есть начальник, оператор щита, механик, электрик, а также оператор сепарационной установки.

- Французские специалисты и сейчас ведут щит?

- Сейчас уже реже. По условиям контракта мы обеспечиваем подготовку рабочего персонала. Теперь же под нашим наблюдением это делают специалисты "Трансстройтоннеля". Сейчас на глубине "хороший грунт", который может "простить" неудачные движения. Но при проходке под р. Яуза условия будут намного труднее: до поверхности будет оставаться 7-8 м, а при диаметре щита 14,2 м это очень мало. И геология будет намного сложнее.

- Получается, что самый сложный участок тоннеля - под р. Яуза?

- Под Яузой и до выходе щита на поверхность. Нам необходимо обеспечить оптимальное давление пригруза в забое при выходе комплекса в демонтажную камеру в т. А.

- На сегодняшний момент какие осадки дневной поверхности?

- Меньше одного сантиметра, как и заявлено в контракте. В начале строительства осадки достигали 5-6 см, потом мы сократили их до 2 см, а под Алексеевским военным училищем мы прошли с осадками менее 5 мм, благодаря технологии компенсационного нагнетания,

предложенной нами для укрепления фундамента этого здания. Там мы использовали технологию, которая в реальном времени позволяла следить за осадками грунта при проходке тоннеля.

- Вы уже больше года работаете с русскими специалистами. Есть ли какие-либо сложности при работе?

- Мы работаем в тесном взаимодействии с русским рабочим персоналом. Русские если разогнутся, то их сложно остановить, скорость проходки выше контрактной в два раза. Это понятно, им нужно быстрее закончить строительство. Но при этом не надо забывать о том, что многие агрегаты выходят из строя, и если этого вовремя не заметить, то можно надолго остановить проходку. Поэтому мы два раза в неделю выходим в кесон и осматриваем узлы. Недавно щит остановили на неделю, чтобы провести более детальный осмотр того, что необходимо заменить. Ну а потом нагоняли потерянное время. А так проблем нет.

- Г-н Валетт, пожалуйста, несколько слов о Вашей личной трудовой деятельности и опыте работ.

- Двадцать лет назад я работал на нескольких ядерных станциях, потому что тогда это было модно. Затем десять-пятнадцать лет отдал подземному строительству. Я строил метро в Марселе, Лилле, Ренне, участвовал в строительстве скоростной линии Е в Париже. Теперь вот Москва.

- Какими Вы видите перспективы фирмы "ВИНСИ" на Российском рынке?

- Ну, в отличие от Наполеона Бонапарта, мы бы хотели надолго остаться в России. Надо уметь удовлетворять запросы заказчика. Мы обладаем значительными знаниями и опытом, и надеемся, что они пригодятся в России. Хотели бы продолжить наше участие в строительстве тоннелей в Серебряном Бору в Москве. А там посмотрим... Реально мы можем строить как большие шикарные отели, так и подземные сооружения.

Управление по строительству Красноярского метрополитена - лучший Заказчик-застройщик г. Красноярска

В. Р. Ефремов,

зам. начальника «Управления по строительству Красноярского метрополитена»,
к. т. н., доцент

В 1989 г. в составе УКСа Горисполкома Красноярска была создана структура, которая стала прообразом Заказчика линии метрополитена - нынешнего муниципального учреждения "Управление по строительству Красноярского метрополитена".

Сегодняшнее муниципальное учреждение "Управление по строительству Красноярского метрополитена" - это коллектив наиболее подготовленных управленцев и сотрудников, имеющих многолетний опыт сооружения метрополитенов на территории бывшего СССР. Благодаря широкому содействию властей г. Красноярска Управление оснащено всеми необходимыми техническими средствами. На общегородском конкурсе строительных организаций города в июле 2002 г. "Управление по строительству Красноярского метрополитена" признано лучшим Заказчиком-застройщиком г. Красноярска.

Генеральным подрядчиком строительства метрополитена в г. Красноярске является ООО "Красноярскметрострой" - дочернее предприятие "Бамтоннельстрой".

Функции Генеральной проектной организации выполняет недавно организованный проектный институт "Красноярскметропроект". В составе института специалисты, имеющие большой опыт работы, прошедшие школу "Новосибметропроект", "Бамтоннельпроект", красноярских проектных и горно-технических институтов.

Для сооружения линии при полном развороте работ должно быть организовано Управление строительства, состоящее из 3-х строительно-монтажных управлений в составе 10-11 участков. Общая численность строителей при полном развороте работ должна достигнуть 3-4 тыс. человек.

В настоящее время численность работающих в ООО "Красноярскметрострой" - 900 человек.

Строительство Красноярского метрополитена начато в 1995 г.

В связи с недостаточным финансированием в настоящее время принято решение о выделении пускового комплекса длиной 5,04 км с тремя станциями: "Высотная", "Улица Копылова" и "Вокзальная".

Проходку перегонных тоннелей в соответствии с проектом предполагается осуще-



Площадка станции «Высотная», где будет монтироваться ТПМК «Lovat»

ствлять механизированными и частично механизированными проходческими комплексами.

В настоящее время в распоряжении Генподрядной организации имеется тоннелепроходческий комплекс "Lovat" RMP242SE с роторным рабочим органом и системой грунтовой пригрузки забоя. Он доставлен на площадку ст. "Высотная". ТПМК должен быть использован при проходке участков с самыми тяжёлыми гидрогеологическими условиями - обводнённые глинистые грунты и сильно трещиноватые обводненные песчаники, мергели и алевролиты. Проектная скорость проходки для него заложена - 150 м/мес. Для этого проходческого комплекса предусмотрено использование водонепроницаемых чугунных и высокоточных железобетонных обделок. Проектирование высокоточной железобетонной обделки и оснастки для ее изготовления поручено институту "Ленметрогипротранс".

Проходческий комплекс КПЩ-1 (в настоящее время ведет проходку перегона ст. "Вокзальная" - ст. "Улица Копылова"). Проектная скорость проходки для него заложена - 45 м/мес. Для этого проходческого комплекса предусмотрено использование унифицированных железобетонных обделок и укрепительная цементация на отдельных участках проходки.

Производство унифицированных обделок организовано в г. Красноярске на ЗЖБИ фирмы "Культбытстрой".

Генподрядной организацией широко применяется, и не только на объектах метрополитена, технология укрепительной цементации и водоподавления.

Эта технология используется сегодня при

сооружении околоствольных выработок, где проходка ведется горным способом, а также на щитовой проходке коллекторного тоннеля на ст. "Высотная" и будет особенно востребована при сооружении станционных комплексов метрополитена.

Для укрепительной цементации в подземных выработках Генподрядной организацией используется буроинъекционный комплекс "Кокен-Боринг" (Япония), см. рисунок ниже.

О программе развития Красноярского метрополитена читайте в следующем номере.



Строительство метро в Киеве: новые инженерные решения и технологии

С. Н. Лихман,

ОАО «Киевметрострой»,
г. Киев, Украина

Строительство объектов Киевского метрополитена осуществляется в сложных горно-геологических условиях с применением различных способов, включая открытый и закрытый (подземный), механизированный и частично механизированный.

Объекты, по степени трудности их возведения, подразделяются:

- на исключительно сложные (стволы и наклонные эскалаторные тоннели, пересекающие различные грунтовые слои, включая водонасыщенные, станционные тоннели, камеры съездов, СТП, БТП, относящихся к выработкам большого поперечного сечения);

- сложные (перегонные тоннели, сооружаемые в слабых обводненных грунтах);

- средней сложности (перегонные тоннели, проходимые в сравнительно однородных по своим свойствам грунтах).

Разнообразие физико-механических свойств грунтов и сложные инженерно-геологические условия обуславливают необходимость разработки новых инженерных решений и технологий и их оперативного внедрения в производство.

Особое внимание при сооружении метрополитена уделяется разработке технологии сооружения вертикальных выработок большого сечения в грунтах, физико-механические свойства которых постоянно изменяются и имеющих в своем составе водонасыщенные пески или пильвуны. Традиционные технологии замораживания грунтов вокруг проходимых стволов и других выработок на всю глубину требуют больших затрат энергии, материалов и средств.

Для сооружения стволов Киевметростроем были разработаны и внедрены новые технологии проходки комбинированным способом для слоистых грунтов, включающих водонасыщенные пески. Этот способ состоит из трех вариантов проходки стволов согласно геологическим условиям.

В верхней части ствола № 221, 219, 218 были пройдены горным способом с подводкой чугунных тубингов снизу вверх. В средней части проходка производилась путем продавливания колец обделки в тиксотропной рубашке с монтажом железобетонных тубингов сверху вниз при помощи специальной опорной конструкции, смонтированной вокруг ствола в ранее пройденной круговой штольне. При сооружении ствола № 220 был применен оригинальный способ с использованием буронабивных свай для крепления грунтов в верхней части ствола. Сооружение ствола № 217 выполнялось продавливанием железобетонных тубингов диаметром 7,7/7,0 м в тиксотропной рубашке сверху, начиная с оголовника.

На втором этапе осуществлялась проходка средней части ствола продавливанием в тиксотропной рубашке железобетонных тубингов диаметром 6,1 м с их монтажом без круговой штольни.

На третьем этапе был применен традиционный для этих геологических условий горный способ с подводкой железобетонных тубингов снизу вверх.

Анализ существующей практики строительства выработок больших сечений в сложных инженер-



Станция «Печерская» в Киеве

но-геологических условиях показал, что для ускорения темпов строительства и строительно-монтажных работ в районе станции "Дорогожичи" Сырецко-Печерской линии необходимо было применить новую технологию проходки станционных тоннелей в спондиловых глинах сплошным забоем. При этом тоннели диаметром 8,5 и 9,5 м проходят эректором с разработкой грунта послойно отбойными молотками с его погрузкой породопогрузочной машиной ППН-1 в вагонетки ёмкостью 1,5 м³. Для удержания грунтового массива со стороны забоя используются одинарные (первая и четвертая) и спаренные (вторая и третья) двутавровые балки № 45, которые устанавливаются в 4-х уровнях и заведены в породу.

Разработка грунта производится послойно в направлении сверху вниз на одну заходку, равную ширине кольца обделки - 0,75 м, с последующей поочередной передвижкой подкрепляющих забой балок и их раскреплением и установкой затяжки. При этом выемка грунта в ярусе выполняется от центра к периферии с затяжкой и заклиниванием временной крепи во фронтальной части забоя в ярусе.

Новая технология была применена вместо технологии проходки станционных выработок с пилоттоннелем, что позволило осуществить независимое сооружение станционных и перегонных тоннелей и расширить фронт горных работ.

Киевметростроем была разработана и реализована технология проходки выработки большого поперечного сечения (эскалаторный тоннель диаметром 10,1 м) сплошным забоем, заключающаяся в применении шестирисной балочной временной крепи и постоянной железобетонной обделки с резиновым уплотнением. Данная технология была успешно внедрена при строительстве наклонных ходов (эскалаторных тоннелей) станций "Печерская" и "Дорогожичи".

Для крепления выработок различного назначения большого поперечного сечения была разработана обделка в виде железобетонных тубингов со специальными резиновыми уплотнительными элементами. Данная обделка применена для крепления нижнего эскалаторного тоннеля станции "Печерская" длиной 120 м, эскалаторного тоннеля станции

"Дорогожичи" - 124,5 м и проемной части трехсводчатой станции длиной 48 м. Стоимость сооружения эскалаторного тоннеля в сборной железобетонной обделке с резиновым уплотнением стыков снижается в 2,14 раза по сравнению со стоимостью тоннеля с чугунной тубинговой обделкой.

Разработана технология с применением пневмокрепи при проходке горизонтальных выработок перегонных и станционных тоннелей.

При строительстве метрополитенов в Украине ранее использовали чугунные тубинги, а герметизацию стыков между ними осуществляли уплотнителями из свинца. Но такой материал является пластичным и после того, как тоннельная обделка собрана, вследствие динамических нагрузок при движении поездов, стыки соединений чугунных тубингов частично теряют свою герметичность, то есть надежность таких уплотнителей является невысокой. Кроме того, свинец является дефицитным материалом и его использование требует сложной технологии.

В связи с развитием метро- и тоннелестроения в Украине возникла потребность провести научные исследования и предварительные испытания с целью создания резиновых уплотнителей для герметизации стыков тоннельных обделок.

Преимущества использования резины для уплотнителей тоннельной обделки заключаются в следующем:

- за счет упругих свойств резины повышается надежность герметизации стыков;

- затраты на материалы для уплотнения межобделочных стыков уменьшаются;

- при защите резины от старения срок эксплуатации уплотнителей из нее увеличивается и составляет более 70 лет;

- резина имеет небольшой удельный вес;

- монтаж резиновых уплотнителей осуществляется в условиях производства железобетонных блоков, что значительно повышает комфортность и производительность труда, увеличивается степень надежности изделий.

Следовательно, резина может успешно конкурировать со свинцом для изготовления уплотнителей. При этом их конструкция должна быть до-

статочной простотой, чтобы обеспечить высокопроизводительную работу при изготовлении и высоком качестве при монтаже.

В сложных гидрогеологических условиях была внедрена унифицированная сборная ж/б обделка наружным диаметром 6,1 м с резиновыми уплотнениями, которая применена для крепления стволов и околоствольных дворов практически всех объектов Сырецко-Печерской линии Киевского метрополитена.

Резиновые уплотнительные элементы сборной ж/б обделки применены также при строительстве перегонных тоннелей диаметром 5,65 и 6 м, станционных - диаметром 8,5 и 9,5 м, а также эскалаторных - диаметром 9,5 и 10,1 м. В результате при эксплуатации тоннелей обеспечены высокие гидроизоляционные свойства обделки, что позволило заменить во всех случаях дорогостоящую сборную чугунную обделку и обеспечить значительный экономический эффект.

При разработке новых сборных ж/б обделок для их изготовления были сконструированы высокоточные формы с повышенными качествами обработанных внутренних поверхностей.

При строительстве станции "Дружба народов" была внедрена технология перевозки бетона в миксерах к месту укладки, причем не только к на-

земным объектам, но и к подземным. Бетонная смесь из автобетоновозов через специальные скважины подавалась в тоннель в миксеры на путях и бетононасосами подается к месту укладки. А при строительстве станции "Дорогожича" была внедрена технология с применением бетононасосов для бетонирования монолитных участков станции и пристанционных сооружений по схеме: скважина на среднем станционном тоннеле в центре станции - прием бетона в малогабаритный миксер (для приготовления бетона и доставки к бетононасосу) - загрузка в бетононасос и подача по горизонтали до 200 пог. м к месту укладки. Позже применили миксеры на широкой колее для укладки путевого бетона и профилирования железнодорожного полотна, что обеспечило скорость выполнения работ до 900-950 пог. м в месяц.

Для механизации работ по укладке монолитного бетона при строительстве станций и других сооружений метрополитена глубокого заложения в Киевметрострое были изготовлены бетоносмесители емкостью 1,5 м³ на колею 600 мм. Бетон из автобетоносмесителя по трубопроводу загружается в бетоносмеситель, который находится в тоннеле и при помощи электровоза доставляется к месту укладки. Там он перемешивается и перегружается в малогабаритный бетоно-

насос производительностью до 20 м³ /час.

Для уменьшения воздействия вибрации и шума на участках тоннеля метрополитена, проходящих на расстоянии менее 40 м от жилой застройки, разработана виброзащитная конструкция пути. Для его строительства предусмотрены специальные железобетонные лежни, опирающиеся на клинообразные резиновые амортизаторы. Такая конструкция пути успешно эксплуатируется на Сырецко-Печерской линии Киевского метрополитена и дает снижение уровня вибрации тоннельной обделки и окружающих грунтов по сравнению с типовой конструкцией пути до 20 дб.

К перечню высоких технологичных результатов можно отнести применение анкерной крепи с устройством для завинчивания анкеров на укладчики для крепления горизонтальных забоев в неустойчивых грунтах и породах. Кроме того, в настоящее время усовершенствована чеканка швов между блоками обделки с помощью агрегата "Гидротон".

Таким образом, Киевметростроем была проведена большая работа по разработке новых технологий и совершенствованию существующих, а также реализация передовых технических решений для достижения высоких технико-экономических показателей при строительстве метрополитена в городе Киеве.



Ташметрострой: проблемы, достижения и задачи

Ш. Т. Солихужаев,
управляющий трестом
«Ташметрострой», Узбекистан

В ноябре 2000 г. Правительством Узбекистана было принято решение о завершении работ по строительству первого пускового участка 3-й Юнус-Абадской линии Ташкентского метрополитена к 10-й годовщине независимости Республики.

В пусковой комплекс первого участка входило 6 станций: "Минг Урик" (с пересадочным узлом и пересадочным тоннелем на станцию Узбекистанской линии "Ойбек"), "Юнус Ражабий" (также с пересадочным узлом и пересадочным тоннелем на станцию Чиланзарской линии "Амир Тимур хиебони"), "А. Кодирий", "Минор", "Бодомзор", "Хабиб Абдуллаев", и пять перегонных тоннелей с соответствующими притоннельными сооружениями. Общая длина пускового участка составила 7,61 км.

На момент принятия решения о завершении строительства пять станций были закончены монтажом и засыпаны, на станции "Юнус Ражабий" велись монтажные работы на вестибюле № 1, разработка и крепление котлована. Из пяти перегонных тоннелей три были закончены полностью, а по двум остальным оставалось 1 730 пог. м проходки в однопутном исчислении. Из них примерно 1 тыс. пог. м - из водонепроницаемых железобетонных блоков (разработка института "Ташметрострой"), и 730 чугунных колец диаметром 5,5 м.

В связи с финансовыми трудностями по приобретению импортных материалов, развернуть проходческие работы в полном объеме удалось только в феврале 2001 г. Для этого была организована проходка одновременно на 8 забоях с привлечением субподрядных организаций, имеющих право производства горных работ. При этом три забоя работали в тяжелейших инженер-

но-геологических и гидрогеологических условиях, так как трасса метрополитена пролегла через бывшее русло озера. В этих условиях в рекордно короткое для Узбекистана время (за 6 месяцев) было сооружено 1 730 пог. м тоннеля.

Одновременно необходимо было организовать и укладку верхнего строения пути. Опять же, в связи с импортными поставками (шпалы, рельсы, подкладки типа "Метро"), полностью развернуть эти работы удалось лишь в марте 2001 г. и "пик" укладки пришелся на июль - август, так как это было взаимосвязано с проходкой.

Для выполнения этой трудновыполнимой задачи была проведена большая организационно-политическая работа.

Используя опыт строительства первого пускового участка Ташкентского метрополитена, городской Хокимият (Мэрия), организовал практическую помощь строителям. За каждым Хокимиятом (районом) города были закреплены объекты метрополитена, о состоянии которых они отчитывались каждый вечер на планерных совещаниях.

Несмотря на ряд организационных и экономических трудностей, было принято решение выполнить все строительные и архитектурно-отделочные работы в полном объеме, за исключением только одного вестибюля станции "Юнус Ражабий", на котором к моменту пуска был завершен монтаж конструкций, без внутренних помещений и отделочных работ.

При строительстве 3-й Юнус-Абадской линии были внедрены новые технические и технологические решения, а именно:

- впервые в Республике Узбекистан возведена станция "Хабиб Абдуллаев" с боковым расположением посадочных платформ;
- на пересадочных станциях "Минг Урик" и "Юнус Ражабий" было применено новое решение по пересадке пассажиров на станции I и II линий, выполнены платформенные лестничные сходы и тоннельные переходы в разных уровнях;

- для производства архитектурно-отделочных работ и художественного оформления станций метро широко использованы как традиционные материалы: гранит, мрамор, так и металл, стекло и керамика;

- при строительстве перегонных тоннелей впервые применена водонепроницаемая сборная железобетонная обделка;

- внедрено новое объемно-планировочное решение станции "Минор", совмещенной с пешеходным переходом и 4-этажным инженерным корпусом для обслуживающего персонала новой линии;
- в связи с применением новых, необслуживаемых аккумуляторов, изменено архитектурно-планировочное решение аккумуляторных помещений;

- смонтирована новая система отопления - без внешней теплоснабжения.

Преодолев все трудности, как экономического, так и организационного характера, Ташкентские метростроители успешно сдали 1-й пусковой участок Юнус-Абадской линии метрополитена накануне празднования 10-й годовщины независимости Республики Узбекистан.

В настоящее время перед Ташкентскими метростроителями поставлены следующие задачи:

- прокладка второго пускового участка Юнус-Абадской линии с 3-мя станциями, общей протяженностью участка 3,2 км;

- начало строительства (в 2003 г.) Сиргалинской линии метрополитена длиной 9,02 км с размещением на ней 4-х надземных и 2-х подземных станций. Из общей длины 18 км в однопутном исчислении, приблизительно 5 км - закрытого способа работ и 13 км - открытого. Сиргалинская линия соединится с Чиланзарской соединительной веткой с пересадочным узлом. Сооружение Сиргалинской линии с учетом градостроительных условий предполагается вести с многоуровневым пересечением существующих улиц, железнодорожных путей, каналов и т. п.



Комплексное решение задач

организации производства колец обделки тоннелей Казанского метрополитена

Р. З. Рахимов, М. М. Рахимов,
М. Г. Габидуллин,
КУП «Казметрострой»

При создании технологии изготовления новых конических высокопрочных железобетонных блоков обделки колец перегонных тоннелей диаметром 5 600 мм и толщиной всего 250 мм, впервые используемых для метростроения в России, предусматривалась разработка: составов бетонной смеси с выбором исходных материалов для них; режимов ТВО, созревания и твердения; специальных устройств и приспособлений, обеспечивающих соблюдение в промышленных условиях разработанных рекомендаций и режимов; отечественных увлажняющих, грунтово-вочных и шпаклевочных составов для обработки пазов блоков; технических условий для изготовления уплотнительной резины и испытания их долговечности.

Для получения бетонов с высокими показателями по морозостойкости и, особенно, водонепроницаемости предъявляют особые требования к вяжущим, в частности, к цементам: содержание C_3S в пределах 55-60%, C_2A не более 5%, щелочи не более 0,8%, удельная поверхность порядка 280-350 м²/кг. Рекомендуется использовать бездобавочные цементы нормированного состава с индексом "Н". После изучения рынка вяжущих России и анализа свойств выпускаемых цементов, а также учитывая транспортные расходы на их доставку, были предложены и применены в исследованиях портландцементы Вольского и Старо-Оскольского заводов.

Наиболее трудоемким в исследованиях оказалось проектирование ВКБ, связанное с выбором вида портландцемента, определением оптимального В/Ц, соотношением фракций щебня, созданием наиболее плотной структуры бетона при некондиционном мелком заполнителе, выбором оптимума между подвижностью бетонной смеси и сравнительно невысоким расходом вяжущего (менее 490 кг/м³), учетом технологических параметров режимов производства, а также обеспечением заданных проектных характеристик смеси в реальных промышленных условиях для серийной выпускаемой продукции в виде блоков обделки. Особо сложной задачей явился выбор портландцемента с необходимым минералогическим составом клинкера из-за отсутствия в нормативных документах требований к ним и



Блоки высокоточной водонепроницаемой железобетонной обделки

разночтений в отечественной литературе о механизмах влияния данного состава на водонепроницаемость бетона.

Одним из условий получения водонепроницаемого и морозостойкого бетона является создание плотной его структуры с ограничением величины капиллярной пористости цементного камня, достигаемое использованием низкого В/Ц (не более 0,4), оптимальным расходом цемента, введением добавок и т. д. Для обеспечения заданных свойств проектируемого бетона были выбраны два пути: во-первых, с целью снижения В/Ц при сохранении удобоукладываемости, увеличения плотности и, как следствие, непроницаемости бетона, а также интенсификации твердения, вводился ПФМ, в состав которого входил суперпластификатор (СП). Во-вторых, с целью уменьшения внутренних напряжений в бетоне, возникающих в процессе его твердения, а также трещинообразования и проницаемости его структуры, производилась оптимизация режимов тепловлажностной обработки (ТВО) и созревания бетонов.

Были исследованы их свойства с введением СП С-3 в количестве 0,2; 0,4; 0,7; и 1,0% от массы цемента. При этом расход воды уменьшался до 20% от первоначального (без введения в состав бетонной смеси СП С-3), а В/Ц оставалось постоянным, равным 0,38. Согласно СНиП 2.03.01-84 подвижность бетонной смеси была выбрана рав-

ной П2 (О.К. = 5-9 см), которая определялась исходя из наличия виброуплотняющего оборудования. На разработанный состав бетонной смеси планируем получить положительное решение на выдачу патента РФ. Установлено, что оптимальные свойства бетона достигаются при соотношении основных компонентов "С₃A : С-3 : "Акватрон-6", равном соответственно 10 : 1 : 10. (масс. %)

Кроме того, для увеличения мощности линии и бесперебойного обеспечения блоками канадского высокопроизводительного проходческого щита, а также с целью снижения сроков набора бетоном распалубочной прочности, и, как следствие, увеличения оборачиваемости форм, для введения в бетонную смесь были отработаны составы ПФМ с добавкой ускорителя твердения в виде сернокислого натрия (СН). При этом расход добавки СН в составе ПФМ изменялся от 0 до 3% с интервалом 0,5. Введение добавки СН позволило в значительной степени сократить время выдержки изделия в формах и соответственно снизить энергозатраты на паропрогрев изделий.

Отличительной особенностью ТВО является использование, взамен традиционных камер пропаривания, системы парового отопления, расположенной в продольном открытом канале под металлоформами, где температура и влажность поддерживались автоматически. Формы со свежесформованными в них изделиями накрываются па-

ронепроницаемыми индивидуальными покрывалами-колпаками с внутренней теплоизоляцией, которые поддерживают заданную температуру и влажность только в ограниченном ими пространстве.

Промышленная апробация и серийный выпуск изделий доказал, что главное внимание при пропаривании водонепроницаемых и высокоморозостойких бетонов следует обращать на сохранение заданной влажности паровоздушной среды в паровой рубашке, определенную скорость подъема температуры и соблюдение тех мероприятий, которые исключают быстрое охлаждение изделий и их обезвоживание. Использование покрывал-колпаков обеспечивает создание под ними микроклимата с равномерным температурным градиентом по всему объему изделия и исключает утечку тепла и пара, набираемого от паропровода, проходящего под формами, а также тепла от саморазогрева изделия, происходящего в результате гидратации цемента. Установлено, что при незначительных затратах на укрытие, фактически достигается заметное улучшение качества как прогрева, так и готовой продукции. С целью повышения эффективности ТВО, под каждой из двух технологических линий каналы с трубами располагаются строго по оси вдоль формы и они открыты только под ними. Поэтому тепло и пар поступают в пространство под формы, т. е. между ними канал герметично закрыт и в цехе не наблюдается парения. Кроме того, с целью строгого соблюдения заданного режима ТВО, под каждой формой размещены термодатчики с конечными выключателями, подающими сигнал об отклонении температуры от нормы, подачи или отключения тепла на автоматический пульт управления, расположенный в инженерно-техническом пункте и управляемый сменным мастером или инженером. Температуру под покрывалом поднимают плавно до 50° С со скоростью 10° С в час, а снижают со скоростью не более 12° С в час. Общая продолжительность ТВО, определяемая как минимально необходимая для приобретения бетоном распалубочной прочности при использовании ПФМ на основе С-3, составляет 16-18 ч.

Экспериментально доказано, что применение ПФМ с дополнительным введением в его состав СИ приводит к снижению длительности тепловой выдержки изделия до 9 ч. и при этом распалубочная прочность превышает минимально допустимую более чем на 25%. Установлено, что пропаренный по "мягкому" режиму бетон в дальнейшем лучше набирает прочность при нормальных условиях хранения, чем при естественных. Так, пропаренный бетон после трех суток нормального хранения имеет прочность выше, чем для образцов естественного хранения на 15,4%, а после 14 суток превышение составляет 12,3%. Аналогичная картина наблюдается и для всех других исследованных

составов бетона, выдержанных при тех же условиях. На основании полученных результатов было рекомендовано блоки обделки тоннеля после ТВО обязательно выдерживать в нормальных условиях не менее 3 суток, а последующая продолжительность ухода за бетоном должна определяться, исходя из условия обеспечения той степени гидратации цемента, при которой обеспечивается низкая пористость. При этом первые 14 суток бетон должен всегда твердеть с поглощением воды извне, и в течение этого времени должно осуществляться непрерывное увлажнение его поверхности.

Одной из ответственных операций при изготовлении блоков обделки является приклеивание уплотнительных прокладок, предназначенных для герметизации стыков между сборными железобетонными элементами перегонных тоннелей и наклонных ходов, эксплуатируемых в обводненных грунтах при гидростатическом напоре до 0,3 МПа. Герметизирующие уплотнительные прокладки выполнены в виде замкнутых рамок из специального резинового профиля. Рамки надеваются на сегменты, образующие конструкцию обделки тоннеля, и вклеиваются на стыковых поверхностях сегментов. При этом часть профиля выступает из паза. В процессе монтажа выступающей поверхности резиновых уплотнителей входят в контакт, обжимаются, образуя водонепроницаемое соединение. В силу своей природы этот шов сохраняет герметичность в процессе деформирования обделки при расчетных гидростатических напорах. Уплотнение включается в работу с момента замыкания и не требует каких-либо дополнительных трудозатрат после монтажа обделки. Элементы кругового очертания собираются из восьми блоков со связями растяжения в стыках и использованием упругих уплотнительных прокладок для фиксации в поперечном направлении.

После выдержки на посту созревания блоки подвергаются специальной обработке для последующей наклейки резиновых прокладок по контуру изделия. Эта операция включает обработку механическую паза, шлифовку поверхности и наклейку резиновой прокладки. Поэтому одной из важнейших операций при изготовлении высокоточных железобетонных блоков кольца обделки является обработка уплотнительного паза, целостность и непроницаемость которого во многом определяют эксплуатационные характеристики изделия в целом.

Специалистами канадской фирмы "Lovat" для обработки паза блоков предлагались зарубежные герметизирующие компоненты: увлажняющее средство "Нафил ББ-2"; затирочный раствор из "Центрификс F-82", цемента и жидкости "Центрикрил"; эпоксидной грунтовки сложного состава "MC DUR-1288WV-1" и эпоксидная грунтовка "MC DUR-1277WV-2". Цель обра-

ботки поверхности паза железобетонных блоков на первом этапе заключалась во вскрытии наружных пор (более 5 мм), которые могут образоваться при изготовлении изделий, затем плотного заполнения этих пор растворами. На втором этапе уже другими растворами обрабатывались более мелкие поры (менее 5 мм). Учитывая тот факт, что все эти материалы пришлись бы приобретать за валюту, было принято решение разработать отечественные образцы, по качеству не уступающие зарубежным аналогам.

Были созданы новые составы увлажнителей, грунтовок и шпаклевок, в основу которых входил отечественный дешевый минеральный кольматирующий компонент. В промышленных условиях была отработана методика обработки уплотнительного паза для серийно выпускаемых железобетонных блоков. Годовой опыт изготовления блоков с предложенной методикой обработки пазов и проведение сертификационных испытаний герметичности отделанного блока и кольца в сборе показали, что разработанные герметизирующие составы способствуют созданию водонепроницаемого замка в стыках блоков после их монтажа в кольцо.

Согласно нормативным требованиям, каждая из поверхностей блока должна иметь категорию, определяемую по ГОСТ 13015.0-83. Выпуклая (наружная) поверхность имеет категорию А3, боковые А2, а вогнутая (внутренняя) А4. Кроме того, не допустимо использование блоков, имеющих отколы на боковых поверхностях, гранях и, тем более, в районе паза. Во многом это зависит от используемой при производстве изделия смазки для металлических форм. С этой целью были проведены работы по выбору типа смазок, оптимизации их состава и способов приготовления. Полученные результаты позволили в значительной степени снизить количество бракованных изделий и добиться практически стопроцентного соответствия качества поверхности изделия требованиям стандарта.

Исследования показали, что фрагмент блока толщиной 250 мм, изготовленный из спроектированного бетона класса В45 по предложенной технологии производства высокоточных железобетонных элементов кольца обделки, выдержал напор воды 0,36 МПа в течение 16 ч, а марка бетона по водонепроницаемости, определенная по стандарту, соответствует W12.

Обобщение результатов лабораторных и промышленных экспериментов и их внедрение позволили разработать впервые в России технологию выпуска блоков высокоточной сборной обделки толщиной 0,25 м без гидроизоляции поверхности на базе двух заводов ЖБИ КУП "Казметрострой" и ООО "ЖБК-2МС". Изделия из бетона класса В45 имели водонепроницаемость > W10, морозостойкость > F150 и соответствующие требования ТУ 5865-001-00043920-96. 

Укрепление фундаментов здания при проходке метрополитена в Казани

А. Г. Малинин,

генеральный директор

ОАО «ССП-РЕГИОН»,

член Правления

Тоннельной ассоциации России

Трасса первых двух перегонных тоннелей от ст. "Площадь Тукая" до ст. "Суконная слобода" Казанского метрополитена проходит по центральной плотно застроенной части города.

Строительство тоннелей осуществляется в сложных горно-геологических условиях. Вмещающие грунты представлены пылеватými и мелкозернистыми песками в водонасыщенном состоянии. В подобных условиях практически любое сдвигание грунтового массива, сопровождающее подземные работы, могло привести к осадкам зданий, которые расположены в непосредственной близости от трассы тоннеля. Именно по этой причине КУП "Казметрострой" применяет один из самых современных проходческих комплексов - щит фирмы "LOVAT" с грунтовым пригрузом забоя, обеспечивающим минимальное сдвигание земной поверхности.

Хотя трасса тоннелей проложена вдоль центральной улицы на безопасном расстоянии от большинства зданий, при подходе к приемному котловану не удалось обойти здание банка "Татарстан" Сбербанка РФ, играющего значительную роль в финансовой жизни столицы Татарстана. Тоннель должен был пройти в непосредственной близости от фундаментов здания (в плане левая граница тоннеля попадала в пятно здания) с подработкой грунтов в его основании. В данной ситуации Управление строительства метрополитена приняло решение о проведении дополнительных мероприятий по обеспечению безопасного состояния здания. Это обосновывалось тем, что в слабых и обводненных грунтах даже незначительное сдвигание грунтового массива могло привести к ава-

рийным осадкам фундамента и разрушению здания банка.

Для его укрепления было решено использовать идею подведения под фундамент дополнительных свай, устраиваемых по струйной технологии (сваи ССТ). Длина свай была выбрана из условия, чтобы их подошва находилась ниже уровня лотка тоннеля. При таком варианте даже в случае аварийной ситуации - переборе грунта и подработке основания фундаментов - новые фундаменты из свай ССТ должны были принять всю нагрузку от веса здания. Проектирование и выполнение работ по устройству свай ССТ было поручено Специализированному строительному предприятию "РЕГИОН" (г. Пермь), обладающему

необходимым технологическим оборудованием и, главное, практическим опытом производства подобных работ.

Численное моделирование

В связи с тем, что здание построено на фундаментной плите, на этапе проектирования приняли решение опереть на сваи ССТ только границу здания, прилегающую к трассе тоннеля.

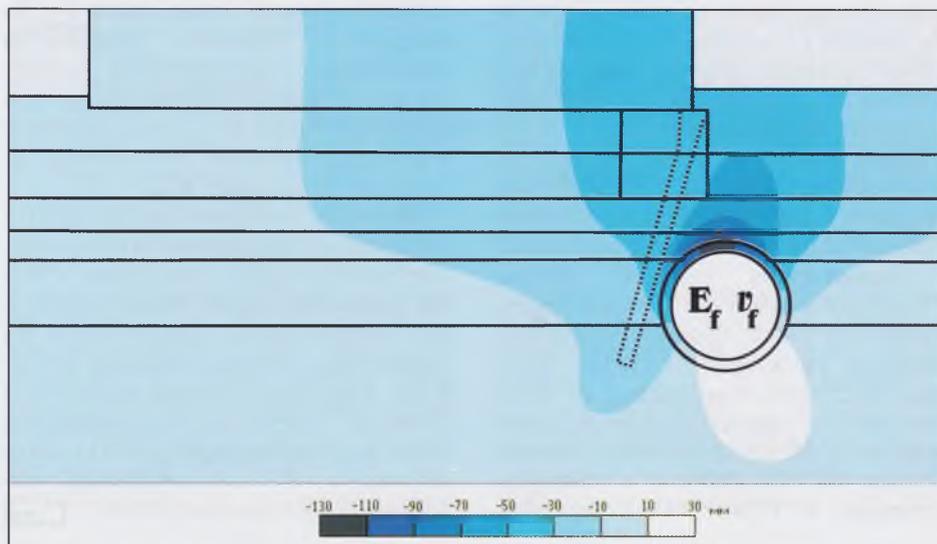
Для обоснования параметров струйной цементации грунтов было выполнено моделирование напряженно-деформированного состояния (НДС) грунтового массива с помощью метода конечных элементов. Дискретизацию расчетной области производили треугольными элементами с линейной аппроксимацией перемещений в области элемента.

Поскольку трасса тоннеля проходила практически параллельно фасадной части здания, а сваи, пересекаясь друг с другом, образовывали сплошную "стену в грунте", задачу решали поэтапно в плоско деформированной постановке (рис. 1) в компонентах "дополнительные напряжения - приращения перемещений".

Общая идея решения задачи заключалась в следующем. Известно, что проходка тоннеля с применением щита всегда приводит к образованию мутьды сдвига земли. Даже применение ультрасовременного проходческого комплекса "LOVAT" не может гарантировать осадку поверхности земли менее 100 мм. Не вдаваясь в подробности причин (перебор грунта, заполнение грунтом технологического зазора между режущей частью щита и обделкой тоннеля и т. д.), осадку поверхности моделировали радиальным перемещением грунта внутрь тоннеля. В такой постановке задача сводилась к определению напряженно-деформированного состояния (НДС) полуплоскости с круговым отверстием, заполненным более слабым, чем грунт, материалом с



Рис. 1. Вертикальные перемещения в грунте, закрепленном инъекционным упрочнением под фундаментом и грунтоцементными сваями



фиктивными механическими характеристиками E_f, ν_f

Алгоритм решения задачи состоял из следующих этапов численного моделирования.

Этап № 1. Подбор параметров модели образования мурды сдвига земли, вызванной проходкой тоннеля.

Шаг 1. Определение напряженно-деформированного состояния НДС₁ слоистой полуплоскости, соответствующей геологическому разрезу и плотностным характеристикам вмещающих грунтов, под действие сил собственного веса.

Шаг 2. Определение НДС₂ аналогичной полуплоскости, с круговой областью (тоннелем), заполненной более слабым материалом с фиктивными деформационными характеристиками E_f, ν_f .

Шаг 3. Определение НДС₃ грунтового массива, при котором реализуется мурда сдвига, как НДС₃ = НДС₂ - НДС₁. При этом достижение осадок поверхности земли в 100 мм над сводом считалось осуществлялось подбором фиктивных характеристик сплошной круговой области E_f, ν_f .

Этап № 2. Определение осадок здания, вызванных проходкой тоннеля.

Шаг 1. Определение НДС₁ весомой полуплоскости с учетом существующего здания.

Шаг 2. Определение НДС₂ весомой полуплоскости с круговой областью, материал которой обладает подобранными на предыдущем этапе фиктивными характеристиками E_f, ν_f и с дополнительным пригрузом поверхности весом здания.

Шаг 3. Определение грунтового массива НДС₃, моделирующего осадку поверхности, как НДС₃ = НДС₂ - НДС₁.

Выполненные расчеты показали, что осадки здания превышали установленные безопасные показатели - относительная разница осадок углов здания, отнесенных к длине боковой стены здания, была выше предельного значения 0,002.

На следующем этапе были произведены аналогичные расчеты, но при условии проведения дополнительных мероприятий - устройстве под фундаментами здания свай ССТ. Результаты численного моделирования показали, что здание перешло в безопасное состояние; $\Delta s / L < 0,002$. Однако одновременно было установлено, что сами сваи длиной 12 м могут испытывать значительные изгибные деформации, приводящие к разрушению материала тела свай (грунтобетона). Поэтому в дальнейшем было принято решение об устройстве дополнительных двух более коротких наклонных свай, в сумме обеспечивающих безопасное состояние укрепленного основания. Распределение вертикальных перемещений в грунтовом массиве в случае укрепления основания сваями ССТ показано на рис. 1.

Проектирование работ

Разработанный проект включал устройство одного основного ряда свай глубиной 12 м, двух рядов дополнительных коротких свай с целью увеличения изгибной прочности свайных кустов, а также предварительное компенсационное нагнетание цементного раствора под подошву фундамента через сеть инъекционных труб с манжетами с целью устранения возможных осадок здания в процессе устройства грунтоцементных свай (рис. 2).

Производство работ

Работы по укреплению фундаментов здания были выполнены Специализированным строительным предприятием РЕГИОН (г. Пермь), обладающим значительным опытом укрепления фундаментов во многих городах России. Кроме того,

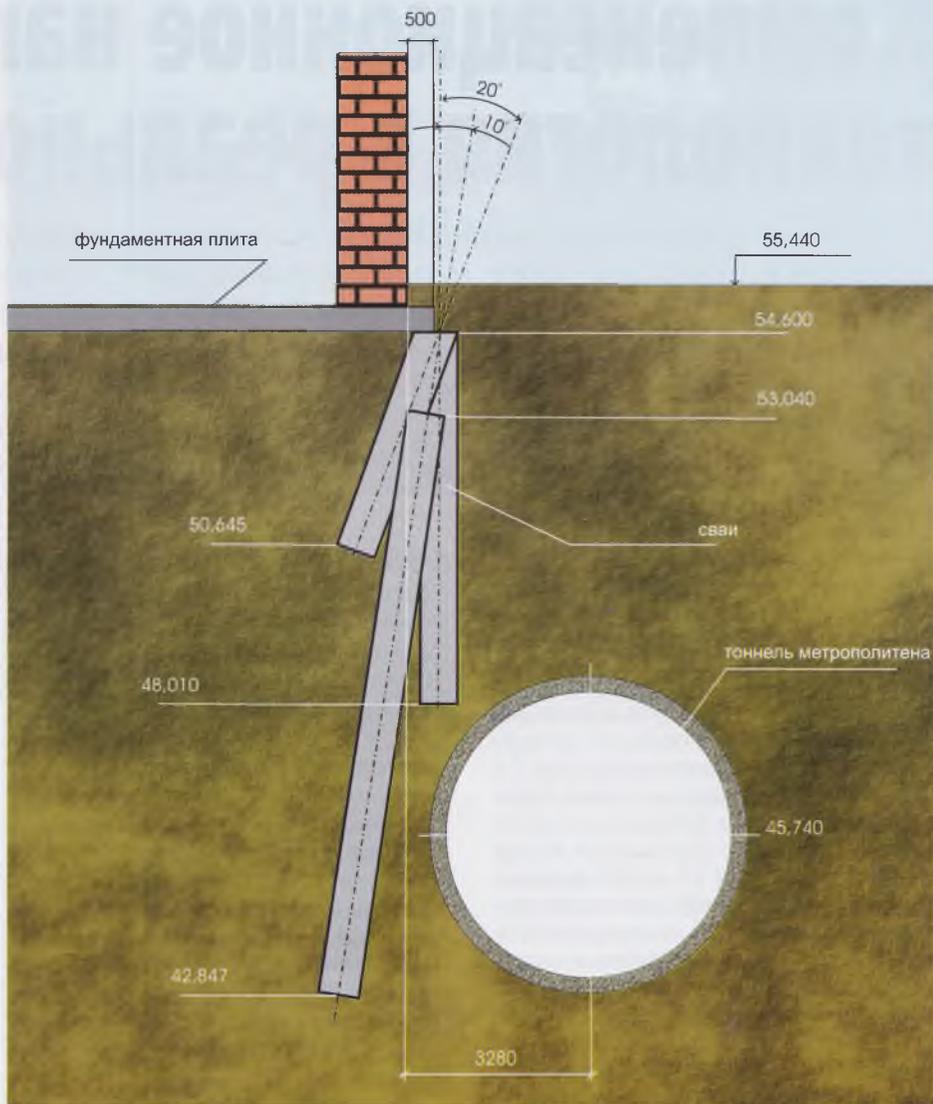


Рис. 2. Проектное решение по укреплению фундамента здания

в последнее время специалисты предприятия усиленно развивали и применяли технологию струйной цементации грунта в различных областях подземного строительства, - например, закрепление слабых грунтов в основании зданий и сооружений, укрепление откосов, устройство свай ССТ для нового строительства и т. д.

На первом этапе работ производили нагнетание цементного состава в грунтовое основание здания для заполнения пор и пустот, образовавшихся при искусственном понижении УТВ вблизи площадки строительства котлована. В результате под фундаментной плитой здания был сформирован искусственный геомассив мощностью до 3 м, который впоследствии обеспечил надежный контакт между сваями и фундаментной плитой здания.

На втором этапе выполняли непосредственно устройство свай ССТ по технологии струйной цементации грунтов. Бурение лидерных скважин производили буровой установкой BERETTA T43 (Италия), нагнетание цементного состава - цементировочным трехплунжерным насосом GEOASTRA5T302 (Италия) под давлением 450-500 атмосфер. Цементный раствор с водоцементным соотношением В : Ц = 0,9 готовили в миксерной станции СКПР5500 производительностью 5,5 м³/час. При этом использовали добавки-пластификаторы и добавки, уменьшающие усадку раствора в процессе твердения скрепляющего состава.

После окончания работ по укреплению фундаментов здания КУП "Казметрострой" был пройден тоннель на участке расположения здания. После окончания проходки был проведен тщательный осмотр всех маяков, установленных ранее на стенах здания. Он показал, что ни на одном из них не появилось даже мельчайшей трещины. Это подтвердило правильность проектного решения - об экономичной и технологичной эффективности струйной цементации грунтов для обеспечения безопасного состояния зданий при проходке тоннелей метрополитенов.

По мнению автора, основанного на анализе доступной технической литературы, применение струйной цементации грунтов для решения данной задачи было выполнено в России впервые.

Благодарности

Автор благодарит Заказчика в лице Управления строительства метрополитена администрации г. Казани (начальник Ярлыченко А. С.) за веру в новые прогрессивные технологии и оперативное решение всех текущих вопросов, профессора ПГТУ Чернопазова С. А. за помощь в организации численных расчетов, директора АП "Казгражданпроект" Кафиагулина М. А. и ГИП Кичанова С. П. за участие в принятии проектных решений, начальника КУП "Казметрострой" Рахимова М. М. за техническую помощь при производстве работ на объекте.



Компенсационное нагнетание: технология в реальном времени

Среди многочисленных сложностей, встречающихся при проходке Лефортовского тоннеля глубокого заложения в Москве (самого большого тоннеля в мире, расположенного в городской черте, длиной 2 200 м и диаметром проходки 14,2 м), заслуживает внимания опыт по предотвращению деформаций поверхности при проходке под зданиями.

Французская фирма «ВИНСИ», осуществляющая техническое сопровождение строительства Лефортовского тоннеля, предложила Корпорации «Транстрой» решение по компенсационному нагнетанию, чтобы ограничить и компенсировать осадки во время проходки под Алексеевским военным училищем в Лефортове.

Жан-Луи Валетт,
фирма «ВИНСИ», Франция

Введение

Трасса Лефортовского тоннеля проходит под историческим зданием Алексеевского военного училища, на глубине приблизительно от 23 до 25 м по отношению к своду. Фундамент здания ленточный из каменной кладки толщиной от 1,5 до 2 м, расположен на глубине 3,5 м на очень жестком слое суглинка толщиной 4-5 м. Этот фундамент, также как и его обустройство в окружающем грунте, был восстановлен в ходе недавних реконструкционных работ. Под жестким суглинком находятся приблизительно 10 м песков, иногда глинистых, затем 2 м слабого доломита, далее 4 м твердой глины, потом - известняки.

При выходе на место расположения военного училища свод тоннеля еще не находится в известняках, в то время как его часть полностью находится в известняках на выходе. Выход в место расположения здания представляется еще более критическим в связи с возможным присутствием в этих известняках глинистых включений, и в связи с небольшой толщиной в этом месте слоев доломита и твердой глины.

Осадки, вызванные проходкой тоннеля, рассчитанные на кратковременный период, прогнозируются максимум от 20 до 53 мм, в зависимости от участков. Чтобы ограничить и компенсировать эти осадки для получения окончательной деформации, ограниченной в договорном порядке 10 мм, был выбран метод компенсационного нагнетания, при этом наличие жесткого слоя суглинка позволяет добиться эффекта домкрата при нагнетании в нижележащие пески.

Для контроля в реальном времени подвижек грунта, вызванных проходкой, и управления нагнетанием для их компенсации необходимо использование наиболее современных достижений в области информационных и электронных технологий при построении инструментального ряда и при нагнетании.

Вследствие предварительных проработок, проведенных, в частности, отделами инжиниринга «СОЛЬЭКСПЕР ИНТЕРНАСЬОНАЛЬ» и «ВИНСИ КОНСТРУКШОН ГРАН ПРОЖЭ», французская фирма «ВИНСИ» решила прибегнуть к технологии французского предприятия «СОЛЕТАНШ БАШИ» в области компенсационного нагнетания.

Компания «СОЛЕТАНШ БАШИ» разработала свое ноу-хау по компенсационному нагнетанию в девятых годах, в частности, при строительстве метро в Лондоне, Пуэрто-Рико, и, совсем недавно, в Мадриде. Разработанный метод является достаточно гибким, чтобы быть адаптированным к многочисленным встречающимся конфигурациям, и достаточно эффективным, чтобы следовать без задержки за все более и более быстрыми темпами продвижения строительства. Для успешного обеспечения строительства «СОЛЕТАНШ БАШИ» прибегла к помощи своего местного представительства в России «СОЛЕТАНШСТРОЙ», с одной стороны, и своего филиала «СОЛДАТА», специализирующегося в инструментальном обеспечении, с другой стороны. Работы были проведены в период с марта по июль 2002 г.

Принцип компенсационного нагнетания

Любая подземная проходка влечет за собой "разгрузку" и ослабление напряжения в окружающем массиве, что приводит к "потере объема" по направлению к месту проходки (оседание и уменьшение давления), что может вызвать подвижки поверхности и осадки сооружений или зданий.

Компенсационное нагнетание направлено на противодействие этой потере объема, уменьшение подвижек почвы и ограничение структурных осадок. Это нагнетание между защищаемым сооружением и местом проходки проводится разными способами, пробоем или включением, пропиткой.

Компенсационное нагнетание требует, таким образом, сочетания:

- системы наблюдения за подвижками почвы и за конструкциями, которые надо защищать,
- компенсационного нагнетания, следующего за продвижением подземных работ.

Таким образом возможно останавливать нагнетания, когда наблюдаемые поднятия превосходят определенный порог, или программировать нагнетания

в зависимости от предусмотренных осадок при проходе тоннельного щита, рытья галереи или котлована.

Системы наблюдения и нагнетания обычно автоматизированы и соединены для обеспечения компенсации в реальном времени.

Методология

На практике компенсационное нагнетание состоит из последовательности единичных нагнетаний небольшого объема в заранее выбранные манжеты, и это происходит в течение 3-х различных фаз:

- первая фаза, так называемое "кондиционирование", осуществляется перед работами по проходке, и позволяет протестировать реакции почвы и начать поднятие;
- компенсационная фаза во время проходки,
- конечная фаза, предназначенная компенсировать, если это необходимо, вероятную релаксацию почвы, в частности, в глинистых почвах.

Необходимо отметить, что для каждого проекта существует оптимальное соотношение между нагнетаемым и "компенсированным" объемами, частотой составляющее в среднем от 3 до 5.

Нагнетание обычно осуществляется на определенном расстоянии от места проходки до защищаемого сооружения, но надо учитывать подземные напряжения, типы фундаментов сооружений, возможные напряжения, возникающие на облицовке проходки (стенки, бетонные блоки и т. п.).

Особыми моментами в применении метода являются:

- работа из колодцев или траншей для избежания повреждений существующих сетей;
- использование жестких и прочных (часто металлических) манжетных труб для проведения повторных нагнетаний;
- применение растворов сильной жесткости для ограничения ходовых направлений и благоприятствования нагнетанию почвы, но с ограниченной сопротивляемостью, чтобы облегчить повторные нагнетания;
- регулировка параметров нагнетания по измененным подвижкам, часто с установкой критических значений, начиная с которых нагнетание начинается (осадка) или прекращается (поднятие), в абсолютных или дифференцированных значениях;
- использование трехмерной модели 3D (для важных мест строительства), позволяющей предусматривать осадки и нагнетания, которые надо осуществить в зависимости от продвижения про-

ходки, с повторным внесением поправок в зависимости от наблюдаемых реальных результатов.

Применение метода на здании Алексеевского военного училища

Наличие жесткого слоя фундамента, с одной стороны, ограничит осадки по большей площади распределения "потери объема", а, с другой стороны, фундамент будет служить "плоским домкратом", чтобы компенсировать эти осадки. Зона компенсационного нагнетания была размещена, таким образом, под слоем суглинка, в более или менее глинистых песках.

Скважины были пробурены от трех колодцев, выполненных фирмой "Спецтрансмонилит". Буровые скважины имеют наклон, позволяющий проводить бурение с минимумом противодействия слоя песков.

Концепция проекта

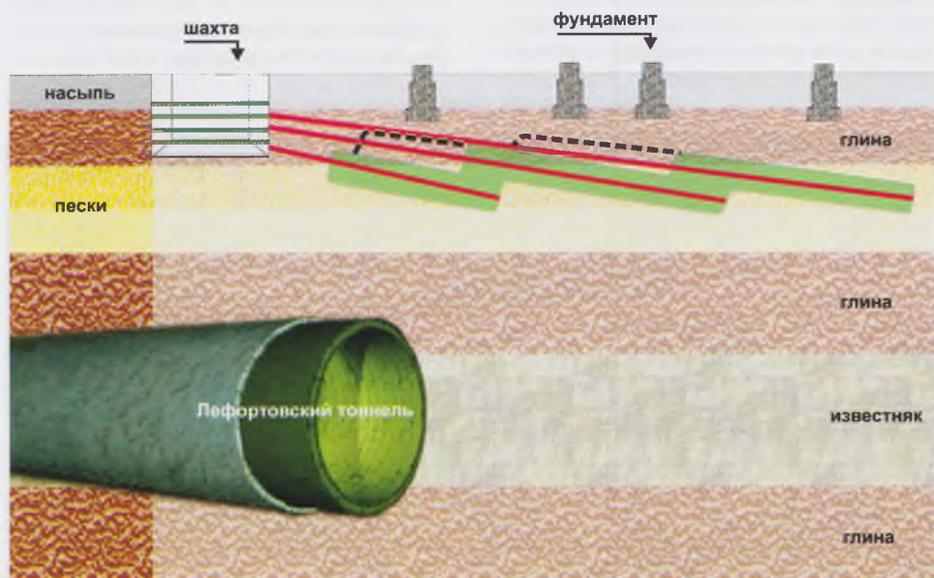
Конструирование было осуществлено с учетом защищаемых сооружений, спецификаций, касающихся подвижек, трассы тоннеля, подвижек предусмотренных осадок, полос отвода - доступных, долговременных и совместимых с выполнением работ, информации о разведке сетей и фундаментах, геологических профилей в месте обрабатываемой зоны и предшествующих обработок в этой зоне.

После выбора мест расположения колодцев, определения целей обработки, план отслеживания мишеней составлялся с использованием концептуальной программы CASTAUR.

CASTAUR позволяет определять скважина за скважиной ореолы обработки объема почвы. Эта геометрия определяется в зависимости от характеристик для буровых скважин (интервал, препятствия и др.). Программа считает затем количество, которое надо нагнетать на каждую единицу длины буровой скважины, в зависимости от геометрического расположения буровых скважин и обработки, требуемой специалистом по нагнетанию.

Эксплуатация программы ведет к печати планов ореолов, где представлены все критерии, определяющие одновременно обработку и буровую скважину. Выдаются детальные инструкции для строительных специалистов: размещение, азимуты, наклонения и вероятный состав гладких труб и труб с манжетами.

Принципиальный разрез скважин нагнетания и фундаментов



Теодолит «Циклоп», измеряющий осадки грунта в реальном времени

Чтобы покрыть затрагиваемую осадками зону, обычным способом были вырыты 3 колодца глубиной 6,5 м (диаметр колодцев: 7,5 и 9,5 м). Их использование, при меньшей стоимости и без чрезмерных помех, позволяет покрыть 5 200 м² обрабатываемой площади. При строительстве колодцев были тщательно закреплены металлические приспособления диаметром 6" на месте каждой буровой скважины в круговой бетонной стенке в соответствии с предписаниями, определенными программой CASTAUR (положение, наклон, направление).

Построение замкнутой сети буровых скважин варьируется в зависимости от покрытия тоннеля и предусмотренного максимального осадка. Расстояние между скважинами варьируется здесь в концевых частях от 1,5 до 2,5 м в зависимости от глубины и ожидаемых осадок.

Операции бурения и оснащения скважин

«СОЛЕТАНШ БАШИ» установила бурильные станки, способные работать в круговых колодцах, чтобы осуществить около 8 км бурения, необходимого для работ по нагнетанию (254 буровые скважины - от 15 до 65 п. м). К каждому бурильному станку добавляется классическое периферийное оборудование: центральный пост изготовления

раствора, насос нагнетания, насос, устройства просеивания раствора, баки и т. д.

Учитывая природу проходимых грунтов (глина и песок, отсутствие галечника), используемым способом бурения являлось простое вращение, используемой жидкостью для бурения был раствор на основе бентонита и цемента, выбор инструмента бурения был остановлен на тройном режце 4", использовались бурильные штанги диаметром 89 мм. Учитывая значительные длины буровых скважин (до 65 м), диаметр штанг 89 мм был выбран по отношению к классическому диаметру 76 мм, чтобы уменьшить отклонения, и чтобы обеспечить лучшее удаление шлама путем уменьшения кольцевого пространства, и таким образом обеспечить лучшую стойкость буровых скважин.

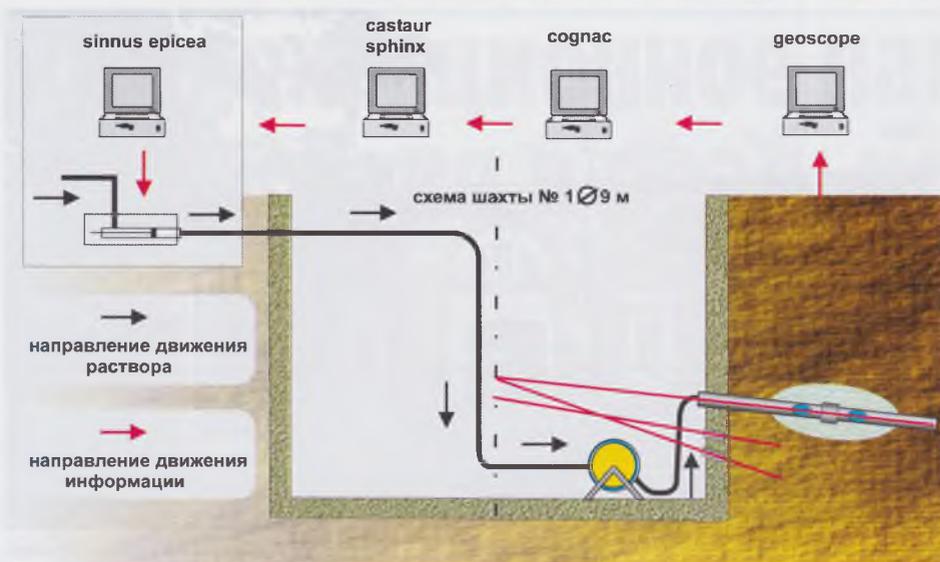
В конце бурения проводили наполнение буровой скважины жидким раствором перед оснащением буровой скважины манжетными трубами. Таким образом, раствор заполнения или замены подавался в скважину блоком штанг, и его уровень пополнялся по мере их извлечения. Жидкий раствор играет важную роль, его состав (С/Е) позволяет достигать во время нагнетания достаточной прочности для избежания циркуляции раствора вдоль трубы; но не настолько много, чтобы происходили пробои в месте расположения манжет.

Были предусмотрены аварийные методы в случае возникновения особых проблем: использование трехшарошечных долот и других режущих инструментов, в случае столкновения с аномально твердыми породами, возможность производить бурение при плохой стойкости породы, использование Б.О.П. (Blow Out Preventer) чтобы продолжать бурильные работы в случае выхода воды и т. д.

Буровые скважины оснащены гладкими трубами до обрабатываемой зоны, которые соединены с манжетными трубами (TAM), размещенными в месте расположения обрабатываемой зоны. Эти металлические трубы диаметром 2" закреплены в грунте с помощью жидкого раствора. Расстояние между манжетами, связанное с длиной прохода, равно 50 см. Соединение между различными элементами осуществляется при помощи механических связок (муфт) по длине от 1 до 3 п. м.

Инструментальное обеспечение фирмы «СОЛДАТА»

Эффективный контроль осадок и подвижек грунта является существенным моментом в успехе компенсационного нагнетания. Эта система должна соединять точность измерений и высокую час-



Принцип создания полной схемы программного обеспечения

тоту топографических замеров. Она должна позволять получать в реальное время реакцию грунта в зависимости от проводимых работ по проходке и компенсационных нагнетаний. Поэтому «СОЛЕТАНШ БАШИ» использует систему CYCLOPS (CYCLic OPTical Surveyor), разработанную ее инструментальным филиалом «СОЛДАТА» совместно с фирмой «ИЖН».

Задачи системы CYCLOPS: локализовать и количественно определить наблюдаемые деформации; информировать ответственных в случае подвижек, позволить им проанализировать возникающие ситуации. Речь идет об автоматическом теодолите с механическим приводом, управляемым компьютером. Чтобы отвечать потребностям строительства, теодолит автоматически контролирует положение по осям X, Y и Z шестидесяти "мишеней", распределенных в зоне проведения работ.

В месте расположения военного училища были установлены 3 системы CYCLOPS. Система CYCLOPS может быть разделена на две части: теодолиты с механическим приводом; часть получения и обработки данных.

Три теодолита были установлены стационарно на мачтах высотой приблизительно 4 м (две трубы одна в другой). Каждый теодолит следил за фасадом военного училища. Над оконными проемами были установлены 61 мишень наблюдения, а также 24 контрольные мишени.

Три компьютера, использующие программу GEOSCOPE WEB, имеющую мощную базу данных, созданную специально для управления результатами, полученными с инструментального ряда, позволяют получать, выводить и обрабатывать полученные данные. Каждый компьютер управляет одним CYCLOPS при помощи проводочной цифровой шины или по радио. В конце каждого измерительного цикла CYCLOPS, значение смещения вносится в базу данных, и может быть выведено в любой момент (продолжительность цикла составляет приблизительно 15 мин.). Таким образом возможно фиксировать хронологию смещений точки измерения и сопоставлять ее с работами по нагнетанию и проходке, осуществляемыми в этой зоне.

Система CYCLOPS использует контрольные мишени, позволяющие вводить поправки по смещению теодолита. Эти мишени устанавливаются вне чувствительной зоны. При расчете смещений используют метод наименьших квадратов. Цикл работы теодолита по числу n мишеней со-

стоит в считывании целей от 1 до n, а затем от n до 1, включая контрольные мишени. Полный поворот теодолита осуществляется между первой серией измерений и второй, для того чтобы улучшить точность системы. Измерительная методология CYCLOPS позволяет системе гарантировать точность измерений на участке территории от 0,5 до 60 м.

Система GEOSCOPE WEB управляет также программами тревог. Два уровня тревог были выставлены на этой стройплощадке для каждой призмы: +2 мм и +3 мм. Графическая индикация в реальное время, легкая для понимания, сделала из этой инструментальной системы средство крайне удобного наблюдения. При получении сигнала тревоги от ПК наблюдения или при включении вращающегося фонаря на посту, ответственные могут осуществить проверку смещений на экране.

Несмотря на то, что эта опция не используется на стройплощадке, необходимо отметить, что система CYCLOPS также предлагает возможность осуществлять дистанционный контроль. Действительно, дистанционное соединение через модем позволяет пользователям, имеющим на это право, получать все данные или осуществлять любые операции через компьютеры (локальную сеть).

Операции нагнетания

На этой стройплощадке используется раствор нагнетания на основе бентонита и цемента. Эти растворы изготавливаются на комплек-

сах, состоящих из мешалки с высокой турбулентностью, баков для хранения и насосов приемистости.

Затем процесс нагнетания обеспечивается станцией SINNUS EPICEA, включающей 8 точек нагнетания. Этот контейнер нагнетания объединяет часть "управление" и часть "насосы".

Простые или двойные пакеры обеспечивают соединение между системой распределения и оснащением буровой скважины. Используемые пакеры - расширяющиеся. Они состоят из цилиндрического кожуха, расширяющегося вспомогательной жидкостью (вода, воздух, растворимое масло), пересекаемого трубой нагнетания. После нагнетания пакер сжимается, затем снова расширяется в месте следующего прохода.

На этой стройплощадке нагнетание производится поднимающимися проходами. Принцип заключается в нагнетании последовательными слоями, начиная с нижней части нагнетаемой зоны до верхней границы в часть буровой скважины, оснащенную манжетными трубами (ТАМ).

Параметрами нагнетания являются главным образом:

- predetermined количества раствора проход и фазу;
- максимальное давление нагнетания (давление нагнетания, измеряемое с учетом потери нагрузки между буровой головкой и пакером в буровой скважине);
- темп нагнетания.

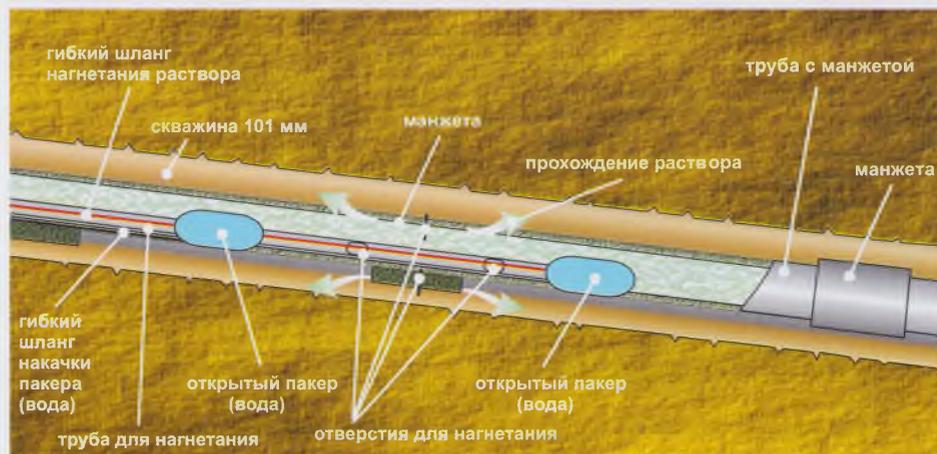
Программное обеспечение для управления и контроля нагнетания

Разработка, применение и контроль над работами проходят компьютеризированные этапы с использованием программного обеспечения, разработанного фирмой «СОЛЕТАНШ БАШИ» и ее инструментальным филиалом «СОЛДАТА». В дополнение к программному обеспечению контроля над подвижками грунта CYCLOPS и GEOSCOPE WEB, применяются программы контроля нагнетания - COGNAC, CASTAUR, EPICEA (или SINNUS) и SPHINX (и SCAN 3D).

Программа CASTAUR используется для разработки трехмерной концепции планов отслеживания скважин нагнетания.

Программы EPICEA или SINNUS регулируют работу насосов нагнетания в зависимости от параметров расхода, давления и количества, которые определяют специалистом по нагнетанию. Они регистрируют и выводят на экран эти параметры в реальное время для каждого прохода нагнетания. Вмешательство операторов ограничено клас-

Принцип оснащения скважины манжетными трубами и расширяющимся пакером



сическим образом маневрами пакеров при смене прохода. Все характеризующие параметры, создающие хронологию каждого прохода, хранятся в виде таблиц в базе данных. Это позволяет дальнейшее применение программы интерпретации SPHINX, а также возможный экспорт для использования программами обработки базы данных типа Paradox или Access.

Программа SPHINX использует базу данных и управляет ей. По заданию специалиста она анализирует нагнетания по количеству расхода или по давлению для каждой фазы обработки отдельно или для совокупности уже выполненной обработки. По заданию она воспроизводит графический синтез анализа. Специалист по нагнетанию опирается на эти анализы, чтобы определять корректирующие нагнетания. Эти корректирующие нагнетания также анализируются. Последовательными итерациями обработка адаптируется к микрогеологии обрабатываемого грунта. Представление графического синтеза осуществляется в цвете. Это позволяет заказчику, инженеру и подрядчику следить шаг за шагом за качественным и количественным изменением обработки. SPHINX составляет также ежедневные отчеты о проведении работ. Эти сводные отчеты формируются при помощи трехмерного программного обеспечения SCAN 3D, которое позволяет получать изображения в 3-х измерениях.

Программа COGNAC (COmpensation Grouting Assisted by Computer) позволяет ежедневно определять предварительный расчет осадок и объемы нагнетания. Параметры, необходимые для конфигурации этой программы: характеристики каждого кольца тоннеля (диаметр, длина кольца, глубина, координаты, максимальные осадки в месте расположения кольца, протяженность осадок по поперечной оси и т. д.), определение основного модуля (протяженность стройплощадки), а также параметры нагнетания (объем нормализации в литрах/м², давления и т. д.).

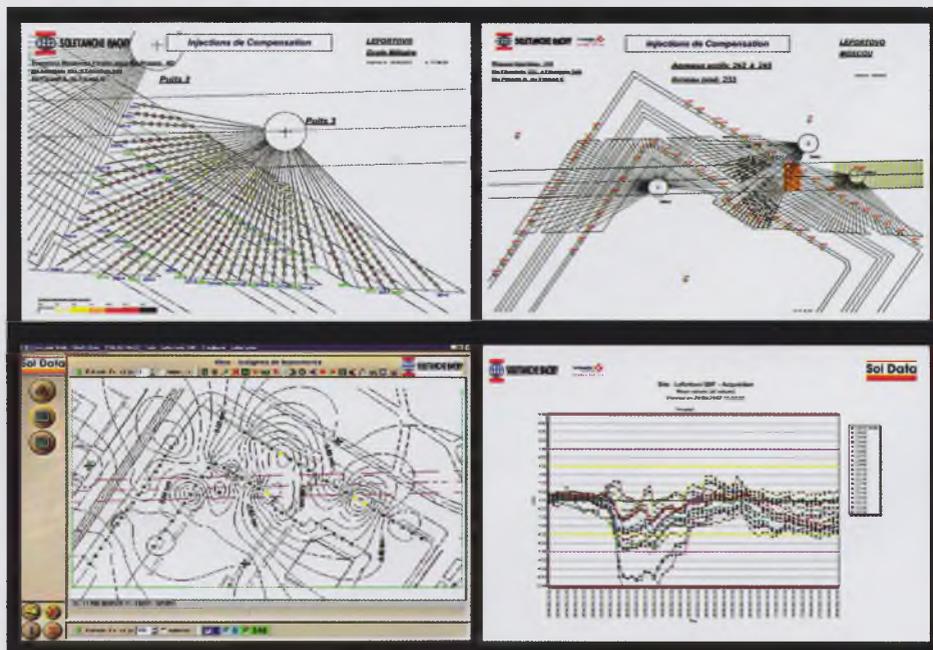
Технология компенсационных нагнетаний

Подход к компенсационным работам является оценочным в процессе строительства и адаптируется к различным напряжениям, вызываемым планированием и реакцией различных сооружений. Технология компенсационного нагнетания проходит 3 фазы, предварительная фаза из которых - это так называемая "фаза кондиционирования".

Предварительная фаза кондиционирования, называемая также "нагнетание ноль". Целью этой фазы является предварительное сжатие грунтов, расположенных над тоннелем, чтобы получить немедленный ответ в течение следующих фаз и воздействовать общую систему компенсации и установленную систему инструментального контроля. Эта фаза позволяет осуществить:

- модель прогноза осадок, вызванных проходкой тоннеля, основанную на теоретическом подходе к осадкам по гауссовской рубашке, в зонах, где тоннель проходит без компенсационных работ,
- модель прогноза поднятий, параметрируемую по типу встречаемого фундамента и типу нагнетаемого раствора.

Эти полностью параметризуемые модели, и непосредственно адаптируемые по любому типу компенсационного строительства, составляют эмпирическим путем на основе первых элементов,



Примеры отчетов по отслеживанию проведенных работ в реальном времени на постах контроля

выдаваемых инструментальным рядом. Эти модели просты и легко применимы, они постоянно оттачиваются во время производства работ и оказываются очень эффективными при ведении строительства, какой бы ни была его сложность. При последующем анализе они позволяют подрядчику выделить отдельные зоны, где полученные результаты расходятся с предварительными результатами, выделить основную причину и принять корректирующие меры.

Целью этой фазы кондиционирования является также легкое поднятие защищаемого сооружения до прохода тоннельного щита.

Непосредственная фаза компенсации. Эта фаза имеет целью компенсировать осадки здания в реальном времени, непосредственно над тоннелем в ходе проходки. Система нагнетания должна отвечать на напряжения путем "гомеопатического" нагнетания строго необходимых объемов, чтобы компенсировать осадки, вызываемые проходкой, в непосредственной близости от забоя, не порождая избыточного давления, которое может дестабилизировать фронтальный забой тоннеля. Именно здесь информационная система COGNAC определения осадок и реакций нагнетания находит интенсивное применение.

Суточная программа нагнетания определяется в зависимости от продвижения тоннельного щита и предварительных осадок. Эта программа осуществляется во время проведения работ по проходке, при инструментальном контроле зданий и площадки. Очень точные количества раствора нагнетаются прямо под фундаментами здания. Это вмешательство носит почти хирургический характер.

Автоматически определяя суточные инструкции, управление насосами нагнетания задается непосредственно параметрами проходки тоннеля. Обратная связь осуществляется немедленно, путем просмотра экранов контроля инструментального ряда или путем запроса более подробных аналитических отчетов.

Третья фаза после прохода тоннеля. Эта последняя фаза позволяет производить выравнивание и изменение состава грунта. В течение этой фазы, помимо всего остального, можно проводить измерения воздействия долгосрочных осадок, которыми нельзя пренебрегать.

Результаты, полученные на здании Алексеевского военного училища

Предварительные расчеты осадок, проводившиеся проектными организациями, привели к оценке ускоренных осадок при проходе тоннельного щита под военным училищем от 20 до 53 мм.

Реально измеренные деформации во время и после прохода тоннельного щита остались в вилке от +1 до -2 мм максимум. Операция по компенсационному нагнетанию широко ограниченная условиями контракта (10 мм), и приведшая к поглощению как минимум 90% предусмотренных осадок, выполнила таким образом свою задачу: обеспечить проходку тоннеля под зданием Алексеевского военного училища с сохранением целостности этого объекта.

Заключение

Управление осадками является основным условием успеха строительства тоннеля в городской черте.

Опыт показывает, что какой бы полной ни была модель прогнозирования осадок, в ней нельзя предусмотреть все риски, появляющиеся на месте строительства и которые возможно обнаружить и устранить только в процессе ежедневной работы.

Только итеративная модель контроля подвижек и расчета осадок позволяет предвосхищать, определять или быстро устранять проблему при ее появлении; скорость обработки, анализа и реакции является первостепенной в работах подобного типа.

Фирма «ВИНСИ КОНСТРУКСЬОН ГРАН ПРОЖЭ» выбрала метод компенсационного нагнетания для обеспечения успешного строительства тоннеля в Москве. Этот метод был реализован фирмой «СОЛЕТАНШ БАШИ», благодаря своему ноу-хау, накопленному на предыдущих строительных объектах по всему миру.

Наконец, фирма «ВИНСИ КОНСТРУКСЬОН ГРАН ПРОЖЭ», при участии фирмы «СОЛЕТАНШ БАШИ», выполнила также свою роль технического консультанта при Корпорации «ТРАНССТРОЙ», организовав обучение по компенсационному нагнетанию для сотрудников Корпорации.

ЛЕФОРТОВСКИЙ ТОННель

ПОЛОВИНА ПУТИ

В настоящее время в Москве осуществляется проходка Лефортовского тоннеля. Он проходит через заповедный район "Лефортово - Немецкая слобода", где расположены исторические памятники - здания XVIII века и фонтаны с водоемами (прудами) в обширной парковой зоне. В 2003 году этот тоннель замкнет 3-е транспортное кольцо.

Тоннель имеет протяженность 3 246 м и рассчитан на три полосы движения автотранспорта для пропуска 3 600 автомобилей в час.

В. П. Грачев, Г. Н. Горбунов,
ООО «Трансстройтоннель»,
Г. М. Сеницкий,
ООО «Организатор»,
С. Н. Власов, ТА России

Самый большой городской автодорожный тоннель

Строительству тоннеля предшествовало длительное обсуждение технических решений для обеспечения полной сохранности исторических зданий и сооружений, целостности общего архитектурного ансамбля Лефортово.

Наконец, 6 октября 2001 г. на заседании Экспертного научно-технического совета Тоннельной ассоциации России с

участием мэра Москвы Ю. М. Лужкова было принято решение: одобрить вариант замыкания 3-го транспортного кольца в районе Лефортово, предусматривающий организацию движения городского автомобильного транспорта через один Лефортовский тоннель от точки «В» в сторону точки «А» и устройство обходного пути для движения автотранспорта в противоположном направлении от Бакунинской улицы вдоль реки Яуза с последующим выходом на шоссе Энтузиастов.

Это решение Совета в последующем было оформлено в соответствующее Постановление правительства Москвы, которое обязывало проектные и строительные организации обеспечить со-

оружение тоннеля без нарушения исторического места Лефортово.

Этому требованию соответствовало применение тоннелепроходческого комплекса фирмы "Херренкнехт" Д-14,2 м с активным пригрузом забоя из тиксотропного бентонитового раствора. В процессе проходки постоянно обеспечивается устойчивость забоя путем воздействия на бентонитовую суспензию воздушной подушки и регулируется давлением сжатого воздуха.

Тоннель представляет комплекс подземных сооружений, возводимых на разной глубине и из разных конструкций:

- участок глубокого заложения, сооружаемый закрытым способом, тоннель длиной 2 222 м (1 111 колец) кругового

ТОННЕЛЬ — ПУТИ ПРОЙДЕНА!

очертания: $D_{нар} - 13,75$ м и $D_{вн} - 12,35$ м из сборных водонепроницаемых железобетонных блоков толщиной 0,7 м и шириной 2 м. Гидроизоляция обеспечивается двумя рядами эластомерных резиновых уплотнителей в стыках;

- участки мелкого заложения в точках А и В общей длиной 700 м из монолитных рамных железобетонных конструкций со специальной пленочной гидроизоляцией, сооружаемые открытым способом;

- рамповые въездные участки в тоннель длиной 155 и 180 м из монолитного железобетона и устройством систем гидроизоляции и водоотвода.

Внутри тоннеля по всей длине предусмотрена платформа проезжей части для

движения транспорта с подплатформенными помещениями, используемыми для прокладки коммуникаций и других эксплуатационных нужд.

При таком диаметре щитового комплекса и размерах поперечного сечения - это крупнейший городской автомобильный тоннель в Европе и России. Специальная технология безосадочной скоростной проходки тоннеля в сочетании с применяемой водонепроницаемой сборной железобетонной обделкой, исключает любые воздействия на поверхность заповедной зоны Лефортово как при строительстве, так и в период эксплуатации.

Строительство тоннеля осуществляется в сложных инженерно-геологи-

ческих и градостроительных условиях, что требует особого внимания при производстве работ.

Геология по трассе проходки на глубине заложения тоннеля представлена сложными чередованиями аллювиальных грунтов, водоносных песков, моренных суглинков разной мощности, юрских глин и суглинков.

Ниже юрских отложений залегают известково-доломитовые и глинисто-мергельные толщи.

Гидрогеологические условия района характеризуются распространением высокого уровня горизонта грунтовых вод перхуровского и ратмировского источников подземных вод. Гидростатическое давление на обдел-



Вид стартовой шахты в точке Б

ку тоннеля может достигать 0,3 МПа.

Трасса автодорожного тоннеля начинается от Спартаковской площади, пересекает улицы Бакунинскую, Большую и Малую Почтовые, р. Язу, проходит под Лефортово и выходит через Проломную улицу к шоссе Энтузиастов.

Основное оборудование и технология проходки

Реализация намеченной проектом технологии осуществляется с применением:

- механизированного тоннелепроходческого комплекса, оснащенного оборудованием, устройствами и приборами для обеспечения устойчивости забоя, разработки и выдачи грунта, монтажа сборных элементов обделки, перемещения комплекса, нагнетания тампонажного раствора за обделку тоннеля, системами управления и ведения комплекса;

- сепарационной установки для обеспечения тоннелепроходческого комплекса бентонитовой суспензией с заданными параметрами и отделения грунта, выдаваемого из забоя по трубопроводам от бентонита и складирования его для последующей вывозки на свалки;

- установки для приготовления и транспортирования известково-песчаного раствора с золой-уноса и микрокремнеземом для заполнения заобделочного пространства;

- компрессорной станции производительностью 206,8 м³/мин, вырабатывающей сжатый воздух для подачи его в забой и создания воздушной подушки, повышающей устойчивость забоя;

- транспортного оборудования и устройств: насосов, трубопроводов, кранов, рельсового пути и подвижного состава для транспортирования к ТПМК бентонитовой суспензии и обратно выработанного грунта; раствора для нагнетания, блоков обделки, различных матери-

лов и металлоконструкций, перевозки обслуживающего персонала.

Проходка тоннеля предусматривает ряд циклических производственных операций, начиная от разработки грунта и кончая готовым тоннелем, состоящих из следующих звеньев:

- заполнение призабойного пространства бентонитовой суспензией и образования в нем в соответствии с гидростатическим давлением воздушной подушки, что вместе с бентонитовой суспензией обеспечивает устойчивость забоя;

- разработка грунта забоя малым и большим роторными рабочими органами комплекса, которые оснащены стержневыми резцами и дисковыми шарошками с одновременным сбрасыванием грунта к приемным устройствам для его транспортирования по трубопроводам на сепарационную установку;

- перемещение комплекса одновременно с разработкой забоя с помощью щитовых домкратов, упирающихся в ранее собранные кольца обделки;

- гидротранспорт по трубопроводам смеси бентонитовой суспензии и разработанного забоем грунта к сепарационной установке для его отделения от суспензии на барабанных ситах, гидроциклонах и пресс-фильтрах и возврат бентонита с необходимой добавкой нового в забой для последующего использования. Транспортный поток грунта в бентонитовой суспензии в процессе проходки тоннеля в среднем составлял до 2 800 м³/час;

- транспортирование и монтаж блокочладчиком комплекса сборных железобетонных блоков обделки (после передвижки комплекса на 2 м);

- приготовление, транспортировка и нагнетание тампонажного раствора в выработанное пространство за блочную обделку;

- проведение временных коммуникаций (наращивание трубопроводов, навеска кабелей, удлинение рельсового пути и пешеходных мостов);

- рельсовый транспорт материалов и конструкций.

Организация строительства

После окончательного решения о строительстве одного Лефортовского тоннеля глубокого заложения в конце 2001 г. были завершены работы по монтажу тоннелепроходческого комплекса, сепарационной установки, трубопроводов и насосов для транспортирования бентонита и грунта, подведены коммуникации электроэнергетики, сжатого воздуха, связи. Смонтировано другое необходимое оборудование и устройства.

Было решено начать выдвигание тоннелепроходческого комплекса из стартовой шахты через бетонный пригруз и ввод его в грунтовый массив. К началу января 2002 г. это было сделано на длине 6 м. В этот же период проходило комплектование рабочих смен специалистами - проходчиками, механиками и инженерами по обслуживанию работы механизмов, маркшейдерскому обслуживанию, управлению ведением ТПМК, монтажу обделки и выполнению различных транспортных операций.

Работы эти проводились по временной схеме, существующей с момента монтажа комплекса. В стартовой шахте находилась упорная рама с адаптерным кольцом и временными кольцами с боковыми распорами для монтажа

комплекса, уложен один рельсовый путь, не была смонтирована полностью система вентиляции, требовал переустройства ряд трубопроводов и других устройств.

В январе 2002 г. начался первый этап проходки тоннеля, в ходе которого необходимо было отработать все технологические операции проходческого цикла, добиться проектной скорости 100 м тоннеля в месяц, осуществить приемку ТПМК от фирмы-поставщика «Херркенхехт» и подготовить все необходимые устройства, оборудование и конструкции для дальнейшей проходки тоннеля по постоянной схеме.

Первые метры проходки тоннеля и движения тоннелепроходческого комплекса показали большую сложность работ по четкому взаимодействию всех операций по управлению работой самого комплекса, сепарационной установки, подачи бентонита и сжатого воздуха в забой, монтажа блоков обделки и всех транспортных операций.

Подача сжатого воздуха на забой для создания воздушной подушки необходимого давления проводилась на основе графика гидростатического давления по трассе проходки тоннеля и увязывалась с подачей количества бентонита в призабойное пространство.

Были разработаны регламентирующие документы по сооружению тоннеля, в которых определен порядок выполнения всех операций производственного цикла и обязанности работников всех звеньев технологической цепи. Из числа таких документов отметим, например, инструкции:

- по эксплуатации ТПМК в штатной ситуации;
- то же - в нештатных ситуациях;
- ведение щита и управление им;
- допуски при строительстве тоннеля и ряд других.

Работа по проходке тоннеля была организована круглосуточно по скользящему графику из расчета 7-ми рабочих дней в неделю, включая необходимый перерыв для проведения профилактических мероприятий по всем механизмам, устройствам и объектам, связанным с проходкой тоннеля.

За первые три месяца 2002 г. было пройдено 316 м тоннеля (смонтировано 155 колец) и выполнен ряд сопутствующих операций: укладка рельсового пути (ширина колеи 1 тыс. мм); монтаж транспортных трубопроводов; трубопроводов сжатого воздуха и воды; силовых, осветительных, компьютерных и телефонных кабелей; вентиляционных рукавов.

Наиболее сложные условия проходки складывались при выходе комплекса из стартовой шахты в неустойчивые водоносные грунты, на участках разнородных грунтов и в местах, где происходил переход из одних гидрогеологических условий в другие. Так, на участке 53-74 кольца при проходке в смешанных грунтах - водоносных песках, суглинках, смешанных с техногенными отложениями, имел место повышенный расход бентонита, утечки сжатого воздуха, увеличивался расход раствора для тампонажа заобделочного пространства до 30 м³ на одно кольцо, вместо проектного - 20 м³.

Кроме этого, особенно в начальный период, имели место сбои в работе по различным организационно-техническим причинам:

- сбой в отдельных узлах ТПМК и сепарационной установки, которые не были заранее от-



Руководители и специалисты строительства тоннеля глубокого заложения



Главный инженер «Тоннель 2001» А. В. Бессолов и главный специалист от фирмы «Херркенхехт АГ» Х. Йоханнис

тестированы по причине их проверки только в условиях проходки;

- износ шарошек на большом и, особенно, на малом роторе. Возникла необходимость выхода специалистов в забой под сжатым воздухом для их замены;

- задержки в работе сепарационной установки в транспортировании бентонитовой суспензии и грунта и сбои в электроснабжении.

Поэтому суточная скорость проходки тоннеля колебалась от 2 до 5 м в сутки. Это указывало на имеющиеся резервы для повышения скоростей проходки, которые в конце марта устойчиво составили 30 м в неделю (за 7 рабочих дней) и позволили выйти на проектную скорость - 100 м готового тоннеля в месяц. В соответствии с графиком строительства технологическая остановка проходки тоннеля для перехода работы по постоянной схеме была предусмотрена с 10 апреля по 15 мая 2002 г. В это время был выполнен большой объем работ

по переустройству стартовой шахты, включая монтаж перекрытия, лифтоподъемника, вентиляторов, оборудования для приготовления и транспорта тампонажного раствора, а также работы по перекладке и монтажу рельсовых путей, систем вентиляции и коммуникаций по постоянной схеме.

Особое внимание было уделено работам по самому тоннелепроходческому комплексу и устранению отдельных дефектов, выявленных в период проходки на I этапе. Был выполнен большой объем ремонтно-профилактических работ:

- на первой технологической тележке (замена подшипников и смесителей, уплотнений в ряде насосов, отработка пульта управления шлюзами и др.);

- в рабочей камере (ремонт дробилки, реконструкция бентонитовых сопел и др.);

- в хвостовой части щита (ремонт щеточного уплотнения и пульпопровода). В этот же период была произведена замена ковшей и рез-



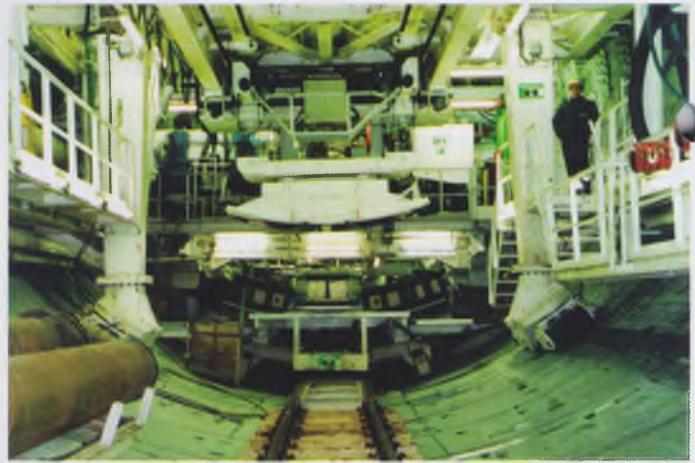
Руководители «Трансстройтоннеля», НПО «Космос», Мосметростроя и Тоннельной ассоциации России во время монтажа ТПМК «Херренкнехт»



Специалисты «Трансстройтоннеля» и фирмы «ВИНСИ» перед выходом в кессон



Профилактические работы в кессоне



Вид на эректор ТПМК

цов большого ротора и забурника малого ротора.

После остановки для переустройства работ на постоянную схему, строительство тоннеля пошло более высокими темпами. В итоге, за 2-й квартал 2002 г. было пройдено 385 м тоннеля, смонтировано 192 кольца блочной обделки, в том числе в июне установлен рекордный показатель проходки - 228 м тоннеля (114 колец). Одновременно выполнялся весь комплекс работ по монтажу и прокладке всех сопутствующих коммуникаций и устройств. Такой же темп проходки продолжался в июле - 192 м (96 колец) и в августе - 213 м (106 колец). В итоге на 1 сентября текущего года осуществлена проходка почти половины длины тоннеля - 1111,7 м.

Технические вопросы и их решение

Увеличение темпов проходки тоннеля почти в 2 раза против проектной, к сожалению, выявило технические ограничения возможностей тоннелепроходческого комплекса и сепарационной установки.

Повышение скорости проходки приводило к увеличению давления в щитовых домкратах и давлению в гидrocилиндрах ротора. Режущий инструмент ротора испытывал значительные динамические нагрузки, многократно проходя через границу слоев крепкого известняка и мягкой глины. Это приводило к разрушению крепежных болтов в местах соединения шарошек с лучами ротора.

Поэтому было принято решение уменьшить

допустимое давление во всех трех группах гидrocилиндров ротора с 270 до 250 бар, для частичного снятия нагрузки на шарошки и усилить крепление шарошек к ротору.

При проходке в известняках с большими прослоями глинистых грунтов происходило быстрое насыщение глинистыми частицами бентонитового раствора, и возникла необходимость прекращать проходку, т. к. пресс-фильтры не успевали перерабатывать увеличенное количество суспензии с глинистыми частицами. Частично эта проблема решалась вывозом части сгущенного отработанного бентонитового раствора автомобилями на свалку. Но основная масса выработанного раствора шла через фильтропрессы на утилизацию в кек, что сдерживало темпы проходки тоннеля.

Важным результатом сооружения тоннеля, наряду с качественным возведением основной конструкции - обделки и высокими темпами проходки, является обеспечение целостности и сохранности исторических зданий и водосов, различных сооружений, коммуникаций и зеленых насаждений, расположенных в зоне проходческих работ.

Опыт проходки тоннеля протяженностью более тысячи метров с применением ТПМК с активным пригрузом забоя в сочетании с водонепроницаемой сборной железобетонной обделкой позволил избежать деформаций, опасных для зданий на поверхности, и обеспечить их сохранность. На пройденном участке деформации поверхности не превысили, в основном, 2-4 мм. Исключение составил участок между кольцами

53-74, приходящийся на район строительной площадки. Здесь была встречена не указанная на геоподоснове и не затампонирующая скважина, и произошла утечка сжатого воздуха, разрыхление грунта и частичная деформация забоя в зоне песчаных водоносных грунтов.

Срочно были приняты меры: скважину затампонируют и сделали пригруз из грунта на поверхности, провели закачку цементного раствора в это место через пробуренные скважины с поверхности. Одновременно было увеличено давление нагнетания тампонажного раствора и его объем.

Таким образом, ситуацию удалось быстро стабилизировать - деформация поверхности в этом месте не превысила 82 мм.

Другим сложным местом на пройденном участке была проходка под историческим зданием бывшего Алексеевского военного училища и 12-этажным жилым зданием. Для проходки тоннеля в этих местах для каждого из них были разработаны специальные мероприятия.

Так при проходке под Алексеевским училищем, впервые в России, было применено компенсационное нагнетание, предложенное французской фирмой «ВИНСИ». Эта технология предусматривает проведение нагнетания между защищаемым сооружением и местом проходки под ним тоннеля. В разных грунтах нагнетание проводится различными способами - гидроразрывом, пропиткой, заполнением образующихся пустот.

Для проведения этих работ до начала про-

ходки был выполнен большой объем подготовительных мероприятий (устройство шахт, бурение скважин, нагнетание раствора). При проходке под 12-этажным домом большое внимание было уделено процессу нагнетания тампонажного раствора за обделку. Этот процесс проводился через все 8 сопел, подающих за обделку раствор при повышенном давлении.

В каждом случае осуществлялся специально разработанный мониторинг - система наблюдений за поведением грунта и зданиями, под которыми шла проходка. Принятыми мерами удалось сохранить здания и обеспечить проходку с минимальными осадками поверхности, не превышающими 8-10 мм.

Краткие выводы

Впервые в России осуществляется проходка городского автомобильного тоннеля по новой высокой технологии подземного строительства, практически исключая применение тяжелого физического труда. Восемимесячный опыт работы по этой технологии позволяет сделать некоторые краткие выводы.

1. Прделанная в 2001 г. большая подготовительная работа и инженерная подготовка к проходке тоннеля с участием московских проектных, строительных, научных организаций и фирм «Херренкнехт» и «ВИНСИ» позволили в 1-м квартале 2002 г. отработать технологию во всех звеньях производственного цикла и уже в феврале выйти на проектные скорости проходки - 100 м готового тоннеля в месяц.

2. Остановка проходки тоннеля на период переустройства стартовой шахты, переукладки рельсовых путей, части транспортных трубопроводов и периферийного оборудования, а также проведение ремонтно-профилактических работ на ТПМК с учетом выявленных отдельных неполадок в узлах комплекса позволили более чем в 2 раза увеличить темпы проходки тоннеля в месяц.

3. При увеличении темпов проходки выявились технические ограничения возможностей проходческого комплекса (недостаточная прочность крещения шарошек и резцов) и сепарационной установки (недостаточное количество пресс-фильтров для переработки суспензии при проходке в глинах для скоростей выше проектных). Видимо, при дальнейшем применении этого комплекса на других строительствах необходимо устранить эти явления.

4. Примененная технология работ по проходке тоннеля ТПМК с пригрузом забоя с использованием для его устройства бентонитовой суспензии и сжатого воздуха, позволила, в основном, обеспечить сохранность наземных зданий и сооружений. Осадки поверхности не превысили 5-12 мм при проходке в наиболее ответственных местах. Под Алексеевским военным училищем и 12-этажным домом применялись дополнительные мероприятия: компенсационное нагнетание под училищем, мониторинг за состоянием поверхности, повышенное давление при нагнетании тампонажного раствора в заобделочное пространство. Все это в комплексе позволило избежать деформаций этих сооружений.

5. Во избежание осложнений при проходке тоннелей необходимо категорически запретить бурение разведочных геологических скважин в тело тоннеля, записав это в нормативный документ.



интервью

На вопросы журнала отвечает главный специалист фирмы «Херренкнехт» по строительству Лефортовского тоннеля - Хеннинг Йоханнис



- Г-н Йоханнис, щит фирмы "Херренкнехт" - это второй большой щит, работающий в России и второй по диаметру в мире. Скажите, пожалуйста, несколько слов про его особенность.

- Да, это действительно второй щит, если говорить о щитах больших диаметров, работающих в вашей стране. Дело в том, что геологические условия на данном проекте очень сложные и мы считаем, что только ТПМК с бентонитовым пригрузом забоя дает возможность пересечь слои неустойчивых пород и выйти на глубину до 40 м, где грунт достаточно устойчивый. Фирма "Херренкнехт" - ведущий изготовитель таких щитов. Во всем мире работают более чем 100 ТПМК больших диаметров, созданных нами. Кроме того, помимо самого щита мы разработали и поставили целую технологическую цепочку: все периферийное оборудование в комплексе с самим ТПК, и это очень выгодно для заказчика.

- Пройдено уже более половины тоннеля, как Вы оцениваете совместную работу с русскими специалистами?

- У нас сейчас очень хороший результат по проходке тоннеля. Обычно самые высокие показатели достигаются к концу строительства, т. е. когда весь цикл работ уже отлажен, а мы сейчас укладываем более ста колец в месяц! И уже несколько месяцев стабильно идем с этой скоростью. А это в два раза больше, чем предусмотрено контрактом. Так что работой с русскими я доволен. Отличные специалисты, персонал. Но и мы хорошо выполняем свою работу. Постоянно следим за состоянием всего комплекса, вовремя заменяем вышедшие из строя детали.

- Какие сложности возникают при проходке? Мы слышали, что были проблемы с быстрой изнашиваемостью шарошек и резцов, а также с пресс-фильтрами на сепарационной установке.

- Это не совсем так. Проблем с быстрой изнашиваемостью резцов у нас нет. Другое дело, что из-за увеличения скорости проходки более чем в 2 раза от проектной, возникают сложности с болтовым креплением тех же резцов к лучам ротора. Для этого мы приняли решение два раза в неделю выходить в кессон, производить осмотр и устранять то, что считаем нужным. Так что у этого щита есть дополнительные резервы, чтобы ставить на

нем рекорды проходки, избегая при этом технических неполадок.

Отвечая на Ваш вопрос, надо говорить не только о щите, но и обо всем периферийном оборудовании. Оно, конечно, имеет свои границы. Транспортный цикл рассчитан на 2700-2800 м³/ч. Мы в данный момент перекачиваем 3000 м³/ч, т. е. находимся на верхней границе. Я имею ввиду насосы, перекачивающие бентонит, и сепарационную установку, которая тоже рассчитана на поток 2800 м³, а мы гоняем через нее 3000 и даже 3100 кубов. Она справляется, но больше увеличить поток невозможно.

- Проходка ведется под уникальной городской застройкой: историческими памятниками. Как влияет работа щита на дневную поверхность?

- Этому было уделено пристальное внимание в самом начале проекта. Щит имеет определенные возможности для обеспечения безосадочной проходки. Постоянно осуществляется мониторинг состояния дневной поверхности. Эти наблюдения ведутся различными российскими организациями, и, в зависимости от результатов, мы изменяем параметры проходки: количество подаваемого бентонита, давление нагнетаемого воздуха. Как пример, могу сказать, что под Алексеевским военным училищем осадки составили менее 6 мм.

- Как вы, немецкие специалисты, оцениваете перспективу возведения дорожного полотна одновременно с проходкой для ускорения строительства тоннеля?

- Положительно. Этот вопрос актуален не только в Москве, но и во всем мире. Важно только, чтобы монтаж бетонной плиты не приводил к простоям ТПМК. Монтаж и работа такого оборудования должны быть хорошо продуманы и соответствовать уже имеющимся. Обычно это делается после того, как щит пройдет метров триста. Фирма "Херренкнехт" изготавливает подобное оборудование, и мы надеемся, что поставим его на это строительство.

- В марте 2003 года вы должны закончить проходку тоннеля, какие перспективы у этого щита в дальнейшем?

- Уже достигнута договоренность и ведутся проектные работы по строительству двух автомобильных тоннелей в Серебряном бору в Москве. В нашу задачу входит разработка необходимой документации и предоставление графика на демонтаж, перевозку и последующий монтаж щита на новой строительной площадке. Крупные и важные узлы этого щита, конечно, будут проходить проверку у изготовителя, что же касается более мелких механизмов, то их тестирование будет осуществлено одновременно с монтажом на новом месте.

- Г-н Йоханнис, Вы хорошо говорите по-русски, где выучили язык?

- Я инженер-механик, учился в Ленинградском инженерно-строительном институте на механическом факультете. Затем десять лет работал в Германии, сейчас вот снова в России.

Вопросы задавал О. С. Власов





Ресурсный метод определения сметной стоимости строительства подземных объектов

И.С. Бубман, к.т.н.,

Тоннельная ассоциация России

Современное состояние рыночной экономики строительной отрасли и строительства подземных объектов в частности требует решать проблему поиска заказов, в основном, через международные тендеры, либо через внутренние конкурсные торги.

Известно, что выиграть тендер в условиях жесткой, но честной конкуренции возможно лишь при условии назначения цены ниже (в любом случае, не выше), чем у конкурентов. При этом нужно четко знать за счет каких ценообразующих факторов и в каких пределах можно варьировать стоимостью, оставаясь в экономически целесообразных рамках.

Такую методическую и четкую практическую возможность инвесторам и участникам торгов (заказчик - подрядчик - проектировщик - консультант - эксперт и др.) предоставляет ресурсный метод определения сметной стоимости строительства объекта, описанию которого посвящена настоящая статья.

По мнению автора, цель публикации настоящей статьи состоит в следующем:

— во-первых, в условиях рыночной экономики привлечь внимание широкой научно-технической и инженерной общест-венности к проблеме определения смет-

ной стоимости ресурсным методом;

— во-вторых, при положительной оценке и общей заинтересованности организовывать с помощью специалистов Тоннельной ассоциации России и привлекаемых ею специалистов других организаций разработку "Временного методического руководства по составлению смет ресурсным методом" (ВМР - наименование условное). Настоящую статью следует рассматривать как тезисы будущего ВМР;

— в третьих, на базе упомянутого ВМР выполнить составление (расчет) сметы ресурсным методом для конкретного объекта.

В соответствии с действующими директивными документами, в частности, СНиП и ЕРЕР, сметная стоимость строительства подземного объекта (СФР) традиционно выполняется на основе проектной документации (ПД) и действующих сборников единых районных единичных расценок (ЕРЕР). Эта методика была (и еще остается) широко распространенной при плановой экономике, где ее недостатки не проявлялись так резко, как при современной рыночной экономике.

Основные недостатки следующие:

1. Сборники ЕРЕР пересматриваются, как правило, достаточно редко (примерно, через 10-15 лет и даже реже) и потому отражают уровень техники, технологии и других показателей на момент их со-

ставления, т.е. не соответствуют реалиям текущего момента.

2. Заложенный в ЕРЕР уровень заработной платы и цены на машины, механизмы, материалы и другие ценообразующие факторы по причине инфляции также не соответствуют реалиям текущего момента.

Попытка учесть эти изменения коэффициентами (индексами) инфляции, периодически публикуемыми Госстроем РФ, в полной мере не решает проблему, так как эти коэффициенты носят средний (осредненный) характер.

3. Сами единичные расценки являются интегральным результатом всех влияющих ценообразующих факторов и не позволяют (без специального сложного и трудоемкого анализа) выделить удельное влияние каждого из этих факторов, что, в свою очередь, существенно осложняет задачу целенаправленного и экономически выгодного варьирования стоимостью на торгах как подрядчику (прежде всего), так и инвестору и заказчику (с целью контроля).

Для исключения указанных и других, менее значимых, недостатков используется технология определения сметной стоимости ресурсным методом.

Также, как и при традиционном способе, основой для ресурсного способа является проектная документация (ПД), разра-

ботанная для соответствующей стадии проектирования. Так, для участия в тендерных торгах необходимо разработать ПД на стадии ТЭО или проект (П); для последующего уточнения стоимости, что может потребоваться подрядчику и/или инвестору после выигрыша тендера и распределения работ между своими субподрядчиками, целесообразно использовать ПД на стадии РП (рабочий проект) или даже РД (рабочая документация). Следует иметь в виду, что чем более детально разработана ПД, тем более точно при прочих равных условиях можно определить сметную стоимость строительства объекта.

Об этом же свидетельствует тот факт, что при традиционной схеме размер неучтенных затрат изменяется от 10-15% для ТЭО (П) до 3-5% для РД.

В результате разработки ПД должны быть получены следующие основные данные, являющиеся исходными для составления сметы:

- конструктивно-компоновочные решения;
- объемы работ и расход материалов;
- перечень и потребное количество машин и механизмов;
- календарный план строительства;
- численность персонала (среднесписочная и по годам), в т.ч. отдельно ИТР и рабочих по основным (подземным) и вспомогательным (шахтная поверхность) работам;
- транспортная схема доставки материалов, оборудования, персонала;
- расходные ресурсы (перечень и количество) - эл. энергия, сжатый воздух, тепло, топливо, ГСМ, запчасти и инструмент, быстро изнашиваемое оборудование;
- перечень и размер всех начислений, в т.ч. налоги, гарантии (банковские и другие), кредитные условия, коэффициент семейности, условия проживания персонала и т.д.

Далее, прямым счетом определяют стоимость по всем основным ценообразующим факторам. При этом стоимость и цены целесообразно определять и использовать в долларах США (или евро), учитывая динамику изменения рублевых цен в связи с инфляцией. Целесообразно также приводить официальный курс Центробанка РФ на дату составления сметы для соотношения доллар США - рубль РФ и евро - рубль РФ.

Материалы. Их стоимость определяется с учетом потребного их количества на основе ПД и реальных оптовых цен на текущий момент согласно прайс-листов поставщиков. При этом должны быть учтены:

- расход материалов с учетом неизбежных (нормируемых) потерь, например, для товарного бетона (или его составляю-

щих) объем проектный и перекилад (заполнение неизбежных переборов), именуемые, как правило, в чертежах инофирм как объемы по линии А (проектные) и по линии В (оплачиваемые);

- транспортная схема их доставки;
- таможенные пошлины;
- расходы по их складированию и хранению;
- особые условия заказчика и поставщиков, например, требования о закупке конкретных материалов только в определенных странах (чаще всего в стране - застройщике), или запрет на ввоз каких-либо материалов (чаще всего взрывчатых веществ и средств взрывания - ВВ и СВ по соображениям безопасности или цемента по соображениям экономической защиты национального производителя).

Машины и механизмы. Их стоимость определяется с учетом запроецированного количества и перечня в ПД по ПОС(у) и календарному плану и реальных отпускных цен на текущий момент также согласно прайс-листов поставщиков. При этом помимо условий указанных в разделе "Материалы", также должны быть учтены:

- амортизационный срок или ресурс работ до полной амортизации каждого вида оборудования согласно данным фирм-изготовителей;
- по согласованию с заказчиком условия либо закупки нового оборудования, либо приобретения его в лизинг; либо другие схемы;
- на весь проектный период использования оборудования объем поставок запасных частей и быстро изнашиваемого оборудования, например, породоразрушающего инструмента (коронки и штанги при БВР, шарошки и резцы для ТБМ) согласно данным фирм-изготовителей;
- объем и отпускные цены на расходимые ресурсы (эл. энергия, сжатый воздух, топливо, ГСМ и т.п.) на весь проектный период использования оборудования согласно данным фирм-изготовителей.

При определении потребного количества оборудования для буровзрывного способа работ (БВР) рекомендуется использовать современное самоходное оборудование и соответственно многозабойную схему его применения, что позволит уменьшить его потребное количество.

Зарботная плата. Стоимость этого фактора определяется также прямым счетом с учетом потребного количества персонала и уровня его зарботной платы.

Потребное количество ИТР и рабочих определяется в ПОС(е) и календарном плане (по годам), а уровень зарплат (целесообразно в долларах США ежемесячно) устанавливается подрядчиком.

При этом необходимо дополнительно учесть:

- дифференцированно зарплату ИТР, служащих и рабочих;
- для объектов зарубежного строительства установить квоту российского и местного персонала в соответствии с дополнительными требованиями местного заказчика;
- коэффициент семейности для определения потребности в жилье;
- по согласованию с заказчиком установить условия проживания и быта российского персонала и членов их семей (общежитие, отдельный городок, вахтовый метод, питание, медицинское обслуживание и т.п.);
- условия перемещения персонала на объект и обратно (оплата проезда и провоза багажа, отпускные, подъемные и т.п.);

— систему и размеры налогообложения - однократная (только по законам РФ) или двойная (еще и по законам страны зарубежного заказчика);

— систему премирования и/или депримиования.

Как показывает анализ ряда смет, полученных по ресурсной методике, указанные ценообразующие факторы являются основными и их значения для разных объектов колеблются, в основном, вокруг некоторых средних значений:

- зарботная плата ~ 40% от сметы;
- материалы ~ 35%;
- оборудование ~ 15%;
- прочие затраты ~ 10%.

Понятие "прочие", как правило, включает в себя следующие виды учитываемых в смете затрат:

- все виды гарантий (основная банковская, по качеству, по срокам, по лизингу);
- прибыль;
- страхование рисков.

Таким образом, резюмируя все вышесказанное, можно сделать следующие выводы и предложения:

1. С учетом требований и реалий современного этапа рыночной экономики в строительной отрасли вообще и при строительстве подземных сооружений в частности сметную стоимость объектов строительства целесообразно определять с применением ресурсного метода.

2. Для эффективного внедрения и широкого использования предложения по п. 1 необходимо разработать "Временное методическое руководство" (ВМР), суть которого кратко изложена в настоящей статье.

3. Разработку указанного ВМР на договорной основе целесообразно поручить временному творческому коллективу специалистов соответствующих профилей с использованием научно-технического и инженерного потенциала членов Тоннельной ассоциации России.



Двадцатая станция Минского метрополитена

В. П. Полищук,

главный инженер проекта
ОАО "Минскметропроект"

Э. Н. Жуков,

главный инженер
СКУП "Минскметрострой"

В сентябре 2001 г. в Минске введен в эксплуатацию четвертый участок второй линии метрополитена с юбилейной, двадцатой станцией - "Могилевская". Этот участок, протяженностью 2,54 км, является завершающим для второй линии в юго-восточном направлении и включает в себя следующие объекты:

- перегонные тоннели от ст. "Автозаводская" до ст. "Могилевская" с притоннельными сооружениями;
- станцию "Могилевская" с двумя вестибюлями и четырьмя входами;
- камеру съезда на соединительную ветку для оборота составов за станцией;
- тоннели соединительной ветки в электродепо второй линии с притоннельными сооружениями.

Станция расположена на пересечении Партизанского проспекта и улицы Ангарская в непосредственной близости от жилого района улицы Байкальская с общей численностью населения 106,5 тыс. человек. Кроме того, к станции осуществляется подвоз пассажиров из жилых районов Шабаны, Тростенец, а так же из промзоны Шабаны с населением - 35,5 тыс. человек. Указанные районы входят в состав свободной экономической зоны "Минск".

Размещение станции метрополитена обеспечивает удобную скоростную транспортную связь центра города не только с перечисленными районами, но также с про-

ходными Минского завода колесных тягачей и автостанцией пригородного сообщения.

Проектирование участка было начато в 1988 г., в 1991-1992 гг. разработан технический проект, а в 1992 г. началось строительство. Расчетный срок ввода был определен проектом на 1996 г. Фактически стройка длилась 9 лет.

За время прокладки участка произошло очень много перемен, которые не могли не повлиять на продолжительность строительства. Прежде всего, необходимо отметить, что изменилось государственное устройство, которое повлекло за собой глубокие структурные изменения во всей отрасли метрополитена на постсоветском пространстве. Так предприятия, участвующие в инвестиционном процессе при сооружении метро (Минскметропроект, Минскметрострой, Дирекция строящегося метрополитена, Метрополитен), из общесоюзного перешли в подчинение местным органам власти, а именно Минскому горисполкому. Соответственно изменились источники финансирования, а так же нормативно-техническое и материальное обеспечение строительства. Введение государственных валют привело к дополнительным организационным и техническим сложностям при обеспечении объекта специфическим оборудованием и инженерными системами. В указанный период вынуждены были значительные усилия направить на сохранение отрасли метрополитена для нашей страны и приведение ее в соответствие с республиканской нормативной базой. Были предприняты усилия по замене части оборудования и комплектующих общесоюзной поставки

на производимые в РБ.

Основными особенностями Минского метрополитена, которые отмечают не только его создателями, но и специалистами в области метрополитена из России и стран СНГ являются:

- высокая комфортность для пассажиров, выражающаяся в удобстве пешеходных связей и продуманности объемно-планировочной организации станций метрополитена;
- органичное вписывание метрополитена в транспортную и инженерную структуру города, учет градостроительной ситуации;
- компактное, многоярусное размещение сооружений станций метрополитена, масштабное по отношению к городской застройке Минска, предусматривающее комплексное освоение подземного пространства, что особенно важно для условий строительства метрополитена мелкого заложения;
- образное, индивидуальное для каждой станции решение интерьеров пешеходных зон, единый стиль информационного дизайна на всей линии;
- высокие эксплуатационные качества, выражающиеся в наличии необходимого набора служебных и технических помещений на станциях, производственной базы в электродепо, а так же современных линейных и станционных инженерных систем, обеспечивающих высокоэффективную эксплуатацию объектов метрополитена;
- надежность конструктивных решений, основанных, как на творческом применении типовых серий конструкций, разработанных головной союзной проектной организацией Метрогипротранс в 70-х годах, так и на решениях, разработанных исключительно для Минского метрополитена

Минскметропоектом в 80-90-х гг.

Все вышперечисленные принципы и особенности нашли свое отражение и в очередном пусковом участке. Особая его сложность в градостроительном и инженерно-геологическом отношении определили необходимость поиска оригинальных экономических строительных решений, а изменившиеся условия хозяйствования, повышенные требования по ресурсосбережению и учету энергии, безопасности, выраженные на государственном уровне в нормативных документах, вызвало необходимость оснащения участка современными инженерными системами.

Прокладка участка велась в грунтах, образованных в четвертичный период и представленных озерноболотными, искусственными и флювиогляциальными отложениями. К этому классу грунтов в условиях Минска относятся: пески различной крупности - от пылеватых до гравелистых; супеси различной консистенции; заторфованные пески и супеси; мергели. Именно, наличие в основании тоннелей и станции "Могилевская" агрессивных к бетону озерно-болотных мергелей с низкими прочностными свойствами и пылеватых песков, а так же то, что на участке длиной 1030 м сооружения метрополитена находятся ниже уровня грунтовых вод, определило особую сложность строительства.

Планово-высотное положение трассы участка обусловлено наличием крупных инженерных коммуникаций в районе станции, расположением путепровода на пересечении Могилевского шоссе с МКАД, местоположением площадки электродепо с которой станция связана соединительной двухпутной веткой, а так же рельефом местности.

Размещение станции "Могилевская" на пересечении Партизанского проспекта и улицы Ангарская было определено генпланом города с учетом схемы развития всех видов городского транспорта, поэтому, уйти от выявленных сложностей, изменив расположение станции, было невозможно. В ТЭО были обоснованы необходимость, целесообразность и техническая возможность такого строительства, а на последующих стадиях подтверждена правильность выбранного инженерного решения.

Планировочными ограничениями для размещения станционных сооружений и входов служили:

- с юга и запада - сети ливневой канализации $D=2000$ мм, и хозяйственной канализации $D=1500$ мм, вынос которых невозможен по техническим причинам;
- с юга - разворотное троллейбусное кольцо;
- с севера и востока - резкое повышение рельефа и связанные с этим технические сложности при производстве строительных работ;
- с севера - коридор для прохождения магистральных инженерных сетей;
- сложная планировочная структура до-

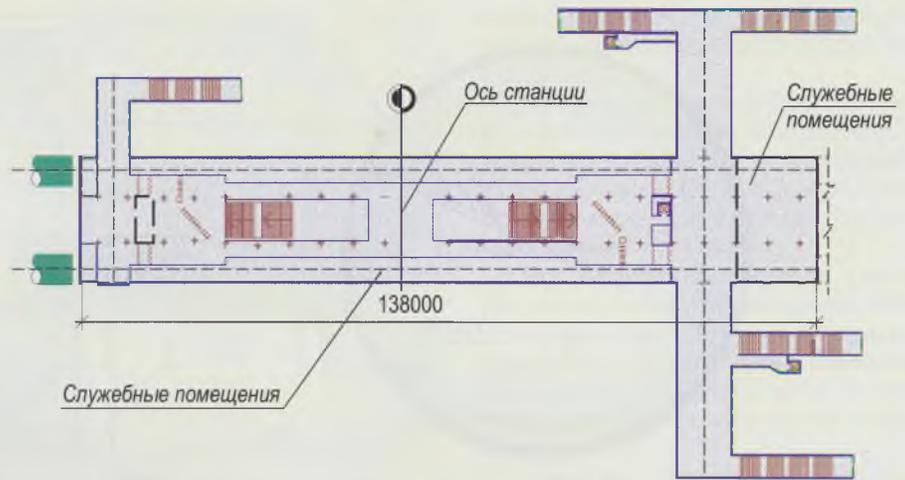


Рис. 1. Схема планировочного решения станции

рожной сети на поверхности - пересечение в одном узле Партизанского проспекта, улиц Ангарская, Байкальская, Машиностроителей; - размещение за станцией электродепо второй линии, отметка головки рельса которого определяет предельные уклоны соединительной ветки, трасса которой характеризуется наличием малых радиусов кривых (275 м) и уклонами близкими к предельным (38°).

Станция расположена перед веткой в электродепо, в связи с чем за станцией предусмотрено путевое развитие - два стрелочных перевода на главных путях и перекрестный съезд на ветке в депо.

Приведенные выше ограничения и технические параметры соединительной ветки привели к особой планировочной схеме станционного комплекса. Величина междупутья на станции принята 18,3 м (в отличие от стандартного 12,9 м), что позволило применить нетрадиционную схему вписывания перекрестного съезда за станцией. В принятой схеме пути расходятся под углом, равным углу крестовины стрелочного перевода, благодаря чему на более коротком участке, чем обычно, удалось перейти на закрытый способ проходки тоннелей. Таким образом, был максимально уменьшен участок откры-

того способа работ на станционном комплексе, увеличение которого являлось нежелательным из-за крутого подъема рельефа и дополнительных сложностей при производстве работ.

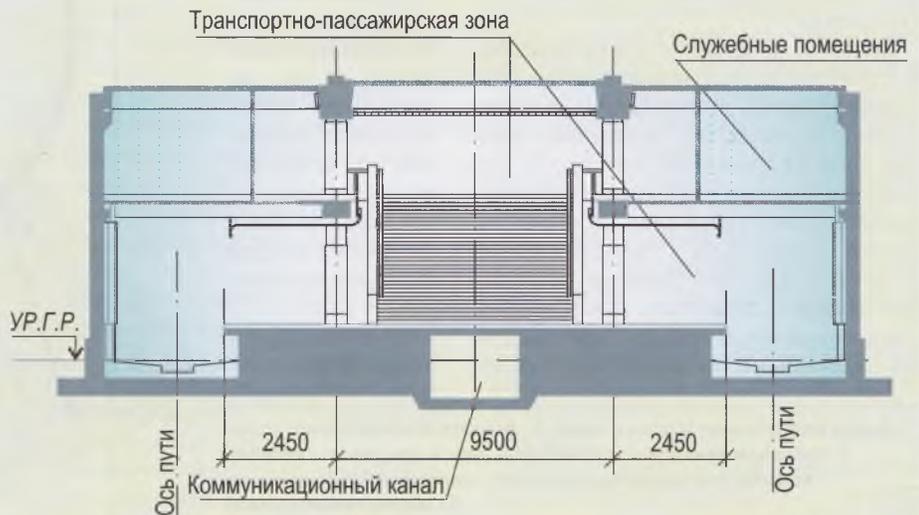
В связи с этим были приняты соответствующие решения по планировке станции (рис. 1, 2), которые характеризуются следующим:

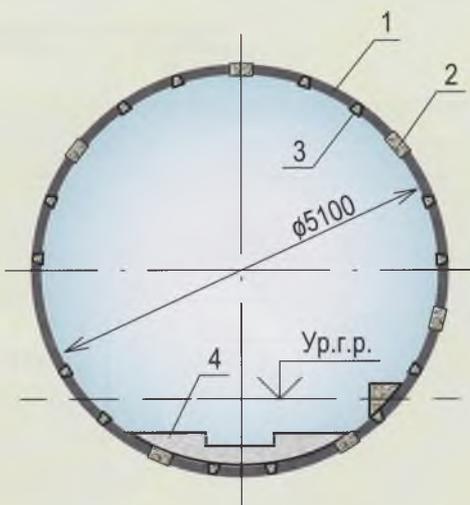
- необычайно короткая длина станционного комплекса - 120 м (обычно - 180 - 200 м);
- широкая платформа - 15 м (вместо 10 м);
- двухъярусное расположение служебных и технических помещений на участке платформы.

Ответом на сложные инженерно-геологические и градостроительные условия позволили соответствующие инженерные решения по конструкциям и способам строительства участка. Здесь метростроители применили весь набор технических приемов, освоенных ими на строительстве Минского метро:

- способ "стена в грунте" при проходке сооружений в непосредственной близости от инженерных сетей и проезжей части улиц;
- железобетонные тоннельные обделки повышенной водонепроницаемости на участках высокого уровня грунтовых вод;

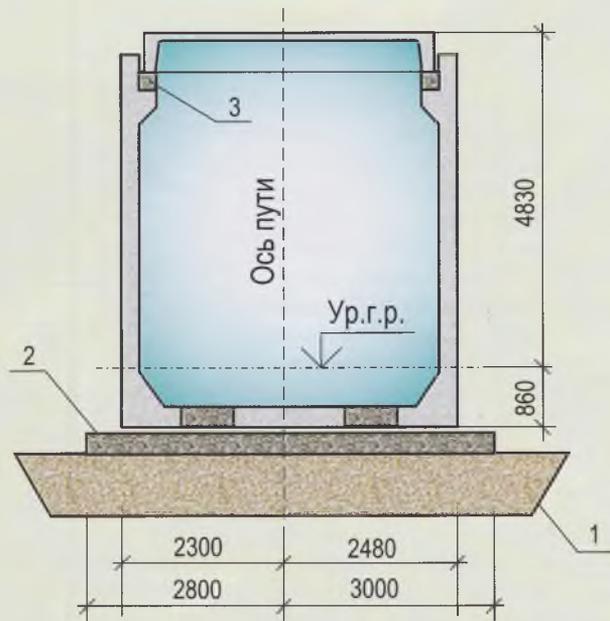
Рис. 2. Схема поперечного сечения станции





- 1- сборная железобетонная обделка тоннелей
- 2 - монолитная железобетонная вставка
- 3 - продольная монолитная железобетонная связь
- 4 - продольная монолитная железобетонная диафрагма жесткости

Рис. 3а. Усиленная обделка закрытого способа работ



- 1 - песчаная подушка; 2 - монолитная железобетонная плита
- 3 - монолитный железобетонный обвязочный пояс

Рис. 3б. Усиленная обделка тоннелей открытого способа работ

- буронабивные сваи в основании станционного комплекса в местах, где оно было сложено озерноболотными мергелями с весьма низкими прочностными свойствами;

- конструкции тоннельных и станционных обделок с противодеформационными мероприятиями на участках залегания слабых и измененных грунтов в основаниях (рис. 3а, б);

- особые мероприятия против всплывания станционного комплекса (рис. 4);

- водопонижение на протяженном участке, уплотнение грунтового основания тоннелей открытого способа работ, усиление инъекциями грунтового основания тоннелей закрытого способа работ (рис. 5);

- разнообразные способы крепления котлованов - свайное, анкерное, из буронабивных свай, нагельное, "стена в грунте";

- реконструкция в стесненных условиях крупных действующих самотечных инженерных коммуникаций и последующее строительство под ними сооружений метрополитена.

Принятые в процессе проектирования и строительства инженерные решения позволяли адекватно реагировать на сложные условия строительства. Однако были случаи, когда их проявление выходило из под контроля участников проведения и грозило значительными издержками. Так, в один из летних месяцев 2000 г. прошли сильные и частые дожди. Сети дождевой канализации не смогли справиться с таким количеством стоков и вода пошла по поверхности по естественному тальвегу, в котором ве-

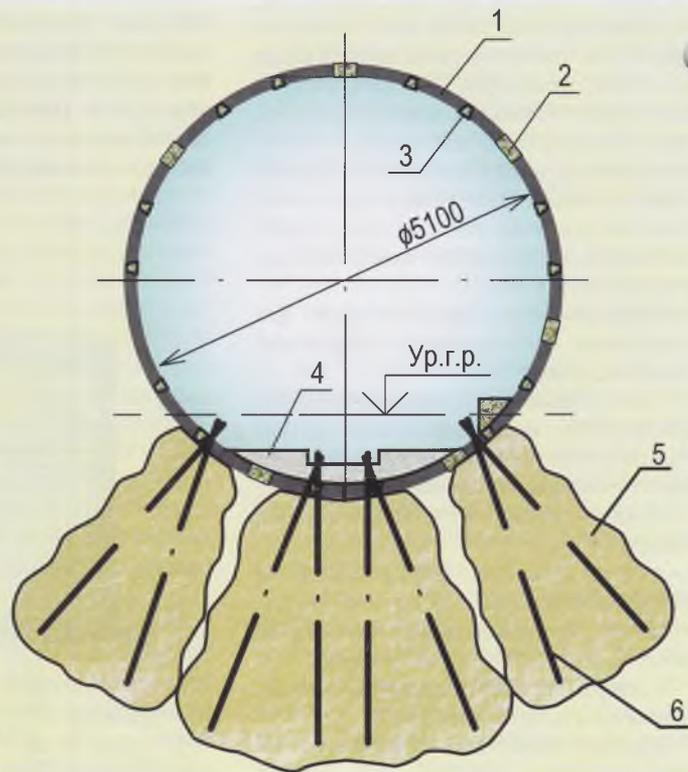
лось строительство. Защитные сооружения стройплощадки не выдержали и котлован станции был затоплен на значительную глубину.

Инженерное оборудование участка в результате комплексной корректировки проекта в процессе строительства было приведено в соответствие с современными требованиями по ресурсосбережению, снижению сметной стоимости строительства и уровню автоматизации. Так, основываясь на опыте, приобретенном при экспериментах на предыдущих станциях, Минскметрострой

внесениях с постоянным пребыванием эксплуатационного персонала внедрены системы воздухообмена с кондиционированием, что позволяет создать наиболее комфортные условия для работников и тем самым повысить безопасность при эксплуатации метрополитена.

Значительный экономический эффект получен в результате внедрения нетрадиционной схемы вентиляции участка, основанной на учете особенностей объемно-планировочного решения станции, профиля трассы и ее связи с поверхностью че-

Рис. 5. Инъекционное усиление основания тоннелей закрытого способа работ



- 1- сборная железобетонная обделка тоннелей; 2 - монолитная железобетонная вставка
- 3 - продольная монолитная железобетонная связь; 4 - продольная монолитная железобетонная диафрагма жесткости; 5 - закрепленный грунт основания; 6 - скважина инъектирования

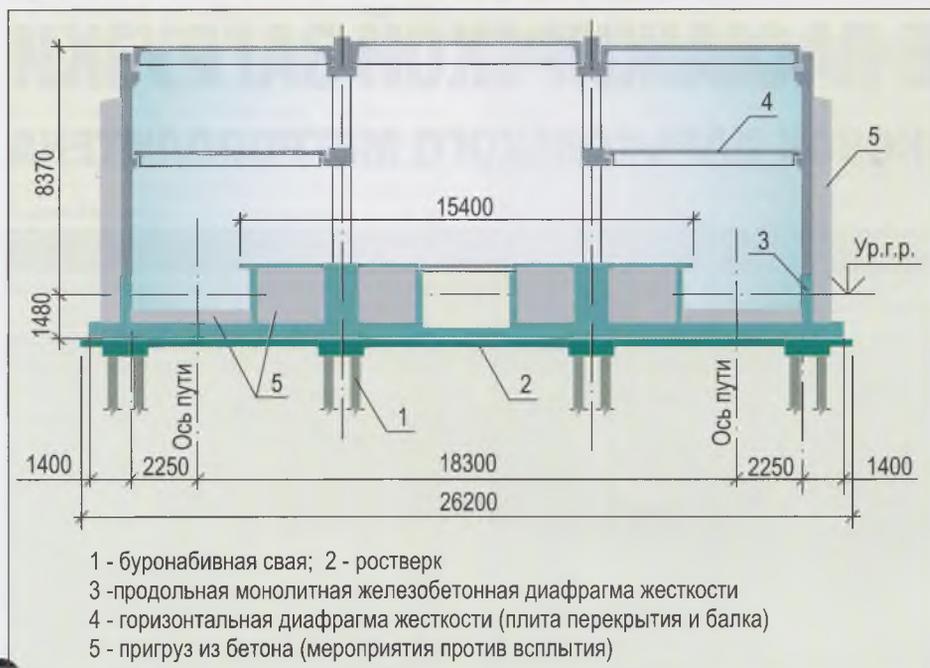


Рис. 4. Обделка станционного комплекса на участке платформы

рез соединительную ветку. Расчетным путем была создана модель участка, учитывающая естественную тягу на соединительной ветке в электродепо в эксплуатационном режиме. Результаты расчетов позволили проектировщикам отказаться от обычной в таких случаях станционной венткамеры и значительно уменьшить объем станционного комплекса. Анализ расчетов дал возможность высказать предположение о том, что в условиях конечной на участке метрополитена станции с камерой съезда и большим строительным объемом платформенного участка сооружение противодутьевой вентсбойки на перегоне перед станцией не требуется. Данное предположение было проверено опытным путем на аналогичном участке перед станцией "Институт Культуры" и оказалось верным. На основании этого вентсбойка перед станцией была исключена, что позволило уменьшить стоимость и сократить сроки строительства.

Еще одной особенностью инженерного оборудования участка стало внедрение первого этапа системы комплексной безопасности метрополитена. Ее концепция основывается на адресной схеме пожарной и охранной сигнализации, с обработкой данных специальными программами и позволяет эффективно реагировать эксплуатационному персоналу на различные нештатные ситуации. Внедрение системы было сопряжено с целым рядом организационных и технических сложностей, но не смотря на это дало возможность отказаться от дорогостоящей недолговечной и малоэффективной системы автоматического водяного пожаротушения в кабельных каналах на станции, а так же от затрат на сооружение подземных резервуаров и насосной для этой системы.

Значительным достижением в области создания комфортных условий для пасса-

жиров стали архитектурные решения станции. Следует подчеркнуть, что "Могилевская" воплотила в себя всю ту идеологию в области архитектуры, которая формировалась на протяжении всего срока создания и развития Минского метрополитена и отражает все особенности именно минской архитектурной школы. На пути осознания этой идеологии архитекторы Минскметропроекта прошли длительный путь относительных успехов и неудач. С каждой новой запроектированной и построенной станцией приходило понимание того, как именно потребителем (пассажиром, гостем города) воспринимается архитектура метрополитена, что входит в это понятие и какой круг задач следует решать, для того чтобы метро стало органической частью города, формирующий его образ так же, как площади, улицы, здания, парки, водные поверхности.

Станция "Могилевская" наследует в своей архитектуре решения, которые применялись на ст. "Немига", "Первомайская", "Автозаводская", "Фрунзенская", "Восток". Эти принципы сегодня реализуются на строящихся и проектируемых станциях линии Минского метрополитена.

Наиболее характерными их чертами архитектуры являются:

- компактное, многоярусное, объемно-планировочное решение станционного комплекса, увязанное с поверхностью и городской инфраструктурой;
- удобство пешеходных связей, непосредственно выходящих к остановкам наземного транспорта;
- комплексное решение благоустройства городских территорий на участках, прилегающих к входам станции;
- яркое индивидуальное цветовое и световое решение интерьеров пешеходных зон и информационного дизайна.

Для ст. "Могилевская" эти принципы выражаются в следующем:

- станционный комплекс сформирован в двух ярусах на участке, вестибюли со служебными помещениями расположены над платформой;

- выходы из вестибюлей направлены непосредственно к остановкам общественного транспорта. Кроме того, станция оборудована лифтами, позволяющими воспользоваться метрополитеном пассажирам с ослабленным здоровьем и инвалидам;

- над лестничными спусками входов, впервые на Минском метрополитене, внедрены павильоны с обогревом ступеней инфракрасными обогревателями. Павильоны выполнены арочной формы с остеклением ударопрочным стеклом "Триплекс" толщиной 9 мм;

- территория, прилегающая к станции, комплексно благоустроена, включая остановки наземного транспорта, пешеходные подходы и проезжую часть прилегающих улиц и Партизанского проспекта;

- интерьеры платформы, вестибюлей, переходов и входов выполнены с выделением различных функциональных зон в пассажирской части станции, путем изменения пластики подвесных потолков, архитектурных ограждений, лестниц, освещения и цвета;

- главной особенностью интерьера является единое пространство двухъярусной платформенной части и вестибюлей с боковыми пешеходными галереями, объединяемое по горизонтали темно-синим подвесным потолком в центральном пролете станции и наблюдаемое с любой точки, в которой может находиться пассажир, а по вертикали "прошиваемое" на два яруса круглыми колоннами из мрамора светлых тонов.

- в подземных пешеходных переходах построены объекты торговли с привлечением средств инвесторов. При этом торговые объекты, как правило, решены в виде магазинов с отдельными входами, что обеспечивает беспрепятственное движение пассажиров. На переходе к улице Машиностроителей построен общественный санузел.

Одновременно с окончанием строительства участка был комплексно благоустроен прилегающий городской район. Так, полностью расширен, реконструирован и благоустроен в границах застройки участок Партизанского проспекта от ул. Центральной до его пересечения с Минской кольцевой автодорогой (МКАД). Учитывая то обстоятельство, что одновременно была реконструирована МКАД с развязкой и участок Могилевского шоссе столица Беларуси получила современный парадный въезд в город с юго-восточного направления, главным украшением которого стала новая станция метрополитена.

В настоящее время ведется проектирование и строительство новых участков Минского метрополитена. Это участки от ст. "Пушкинская" до ст. "Каменная Горка" (срок ввода 2005 г.) и продления первой линии от ст. "Восток" до ст. "Уручье" (2007 г.).

ОБСЛЕДОВАНИЕ ПАССАЖИРСКОЙ ЗАГРУЗКИ ЭСКАЛАТОРНЫХ УСТАНОВОК ХАРЬКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

В. В. Ковтун, В. Е. Герасимов,

Государственное предприятие
"Харьковский метрополитен"

В. С. Виниченко, М. В. Ляхов,

Харьковская государственная академия
городского хозяйства

Таблица 1

Коэффициент заполнения эскалаторов в будние дни зимнего периода							
Станции Время	«Завод им. Малышева»	«Спортив- ная»	«Исторический» музей» (подъём)	«Исторический» музей» (спуск)	«Университет»	«Пушкинская» (подъём)	«Пушкинская» (спуск)
6.00-7.00	0,072	0,027	0,041	0,009	0,111	0,042	0,025
7.00-8.00	0,139	0,121	0,134	0,044	0,306	0,210	0,042
8.00-9.00	0,106	0,193	0,275	0,059	0,399	0,473	0,071
9.00-10.00	0,055	0,086	0,192	0,061	0,270	0,289	0,070
10.00-11.00	0,058	0,066	0,132	0,074	0,187	0,165	0,094
11.00-12.00	0,034	0,063	0,120	0,010	0,196	0,181	0,126
12.00-13.00	0,025	0,036	0,117	0,078	0,164	0,178	0,189
13.00-14.00	0,039	0,066	0,114	0,137	0,158	0,125	0,182
14.00-15.00	0,022	0,052	0,079	0,167	0,157	0,174	0,195
15.00-16.00	0,049	0,049	0,074	0,176	0,152	0,098	0,170
16.00-17.00	0,041	0,054	0,080	0,148	0,133	0,105	0,255
17.00-18.00	0,045	0,089	0,063	0,144	0,157	0,097	0,211
18.00-19.00	0,039	0,034	0,036	0,135	0,121	0,067	0,143
19.00-20.00	0,027	0,030	0,028	0,099	-	0,037	0,118
20.00-21.00	0,026	0,029	0,013	0,049	-	0,033	0,105
21.00-22.00	0,015	0,018	0,011	0,037	-	0,020	0,062
22.00-23.00	0,011	0,011	0,006	0,015	-	0,015	0,029
23.00-24.00	0,004	0,007	0,003	0,011	-	0,006	0,017

Эскалаторные установки являются одним из наиболее энергоёмких потребителей метрополитена. На Харьковском метрополитене эксплуатируется 45 эскалаторов типа ЛТ-5, ЭТ-3, ЭТ-5 с мощностью асинхронных электродвигателей от 40 до 132 кВт. В связи с ростом тарифов на оплату электроэнергии, введением ограничений на её подачу, остро стал вопрос о пересмотре режимов работы эскалаторных установок, с целью экономии энергоресурсов и увеличения времени их межремонтного пробега.

В современных условиях при внедрении ресурсосберегающих технологий главным методом управления технологическим оборудованием метрополитена становится адаптивное, основной принцип которого заключается в постоянном поддержании соответствия между потребностями в пассажирских перевозках и имеющимися в наличии энергетическими, материальными и другими ресурсами.

Известен целый ряд механических и электромеханических устройств, предназначенных для экономии электроэнергии, расходомерной тяговыми приводами эскалатора, но ввиду своей сложности, низкой надёжности они не получили практического применения на метрополитене, где чрезвычайно высоки требования к безопасности массовых пассажирских перевозок.

Системный анализ эскалаторных установок, как технологического объекта управления, показывает, что его производительность зависит, в основном, от ширины ступеней, скорости движения лестничного полотна, а так же от характера движения и параметров пассажирских потоков на подходе к эскалатору. Теоретическая производительность эскалатора Q_T при заполнении всех ступеней лестничного полотна и при отсутствии передвижения пассажиров по

ступеням может быть определена по формуле:

$$Q_T = 3600 \times n \times V / t_{\sigma}, \text{ пасс./ч.} \quad (1)$$

где n - количество пассажиров, размещающихся на одной ступени, пасс.;

V - скорость движения лестничного полотна (ступеней), м/с;

t_{σ} - шаг ступеней лестничного полотна, м.

Однако на практике фактическая производительность существенно отличается от теоретической. Это обусловлено тем, что скорость движения лестничного полотна влияет на плотность заполнения эскалатора. Войти на медленно движущиеся ступени значительно легче, чем на быстро движущиеся. На заполнение лестничного полотна влияют и условия посадки: величина и конфигурация вестибюлей и направляющих барьеров, находящихся перед входом на эскалатор, ширина ступеней. Фактическая производительность эскалатора зависит так же и от интенсивности пассажирских потоков, которые характеризуются сезонной, не-

дельной и внутрисуточной неравномерностью.

Влияние каждого из перечисленных факторов на величину производительности эскалатора в достаточной степени не изучено, и поэтому приходится пользоваться экспериментально определяемым коэффициентом Φ , учитывающим влияние всех факторов.

В связи с этим, фактическая производительность эскалатора определяется по формуле:

$$Q_{\Phi} = Q_T \times \Phi, \quad (2)$$

$$\text{или } Q_{\Phi} = 3600 \times n \times V \times \Phi / t_{\sigma} \quad (3)$$

Непосредственно от скорости движения лестничного полотна зависит периодичность ремонтных работ, так как пробег эскалатора определяется произведением его скорости на время работы. Ввиду высокой стоимости ремонтных работ, а так же значительного неудобства, причиняемого пассажирам при остановке эскалаторов на время ремонта, представляет интерес определить возможность увеличения межремонтных периодов за счёт уменьшения скорости движения лестничного полотна в периоды времени с низкой загрузкой эскалаторных установок.

На кафедре "Автоматизированные системы управления электрическим транспортом" ХГАХ разработана методика обследования работы эскалаторов метрополитена, которая предусматривает измерение следующих параметров:

- интенсивность поступления пассажиров на эскалатор;
- часовой пассажиропоток;
- количество и продолжительность периодов отсутствия пассажиров на эскалаторе;
- время движения пассажира, стоящего на работающем эскалаторе, от момента входа на него до момента выхода.

По полученным данным рассчитываются:

- коэффициенты внутрисуточной неравномерности пассажиропотока;
- среднее значение коэффициента заполнения эскалатора для каждого часа всего периода наблюдения и каждого 15-минутного интервала часа пик;
- скорость движения лестничного полотна в фиксированные моменты всего периода наблюдения;
- производительность эскалатора.

Таблица 2

Коэффициент заполнения эскалаторов в будние дни летнего периода							
Станции Время	«Завод им. Малышева»	«Спортив- ная»	«Исторический» музей» (подъём)	«Исторический» музей» (спуск)	«Университет»	«Пушкинская» (подъём)	«Пушкинская» (спуск)
6.00-7.00	0,072	0,024	0,069	0,013	0,075	0,031	0,014
7.00-8.00	0,120	0,087	0,163	0,031	0,180	0,127	0,028
8.00-9.00	0,076	0,104	0,207	0,052	0,210	0,209	0,048
9.00-10.00	0,044	0,072	0,186	0,076	0,166	0,132	0,055
10.00-11.00	0,039	0,055	0,173	0,103	0,127	0,095	0,058
11.00-12.00	0,033	0,053	0,162	0,123	0,113	0,079	0,060
12.00-13.00	0,029	0,042	0,139	0,115	0,123	0,074	0,071
13.00-14.00	0,030	0,044	0,116	0,128	0,110	0,067	0,059
14.00-15.00	0,030	0,036	0,095	0,133	0,098	0,059	0,066
15.00-16.00	0,032	0,042	0,089	0,137	0,099	0,054	0,067
16.00-17.00	0,032	0,043	0,083	0,137	0,100	0,055	0,089
17.00-18.00	0,031	0,044	0,068	0,153	0,107	0,044	0,112
18.00-19.00	0,027	0,038	0,055	0,166	0,091	0,038	0,101
19.00-20.00	0,016	0,027	0,037	0,141	-	0,028	0,068
20.00-21.00	0,017	0,022	0,021	0,075	-	0,019	0,046
21.00-22.00	0,012	0,015	0,013	0,050	-	0,015	0,032
22.00-23.00	0,012	0,011	0,008	0,021	-	0,009	0,019
23.00-24.00	-	-	0,004	0,016	-	0,006	0,012

Таблица 3

Коэффициент заполнения эскалаторов в выходные дни летнего периода							
Станция	Напр. движ.	Период года	День недели	Время работы с загрузкой, ч			
				< 10%	10-20%	20-30%	> 30%
"Завод им. Малышева"	подъём	зимний	будний	16	2	0	0
		летний	будний	17	1	0	0
		летний	выход.	18	0	0	0
"Спортивная"	подъём	зимний	будний	14	3	1	0
		летний	будний	16	2	1	0
		летний	выход.	18	0	0	0
Исторический музей	спуск	зимний	будний	9	7	2	0
		летний	будний	8	9	1	0
	подъём	летний	выход.	16	2	0	0
		зимний	будний	9	7	1	1
		летний	будний	8	5	5	0
		летний	выход.	13	5	0	0
"Университет"	подъём	зимний	будний	0	8	2	3
		летний	будний	1	10	2	0
		летний	выход.	8	5	0	0
"Пушкинская"	спуск	зимний	будний	7	5	5	1
		летний	будний	15	3	0	0
		летний	выход.	18	0	0	0
	подъём	зимний	будний	7	4	5	2
		летний	будний	13	4	1	0
		летний	выход.	18	0	0	0

Обследование пассажирской загрузки эскалаторных установок было проведено на следующих станциях Харьковского метрополитена: "Завод им. Малышева", "Спортивная", "Исторический музей", "Университет" и "Пушкинская". Учитывая наличие на городском пассажирском транспорте сезонной, недельной и внутрисуточной неравномерности пассажиропотоков, обследования проводились в зимний и летний периоды, а так же в будние и выходные дни. В результате проведенной работы были получены данные о загрузке эскалаторных установок в течение суток (табл. 1-3).

Из табл. 1 видно, что интенсивность поступления пассажиров на эскалаторные установки исследуемых станций существенно меняется в течение всего периода их работы. Так, например, если на станции "Пушкинская" коэффициент заполнения эскалатора с 6.00-7.00 составляет 0,042, то в период с 8.00-9.00 его значение увеличивается более чем в 10 раз и достигает 0,473. В последующем происходит его постепенное снижение до 0,006 в период с 23.00-24.00.

Сравнивая данные табл. 1 и 2 можно сделать вывод, что в летний период резко уменьшается загрузка эскалаторных установок. Например, если на станции "Пушкинская" (подъём) в зимний сезон 8.00-9.00 коэффициент заполнения $\Phi = 0,473$, то в летний - $\Phi = 0,209$. Учитывая место расположения станции метро "Пушкинская" наблюдающееся снижение интенсивности пассажиропотока в летний период можно объяснить каникулами в учебных заведениях, расположенных вблизи станции, и периодом отпуска.

Данные табл. 3 показывают, что в выходные дни летнего сезона пассажирские потоки относительно равномерные, без чётко выраженных пиков.

На основании полученных данных определено общее время работы эскалаторных установок с разной степенью загрузки в процентном отношении к паспортной провозной способности (табл. 4).

Как видно из табл. 4, отдельные эскалаторные установки Харьковского метрополитена работают с использованием своей провозной способности менее чем 10% до 18 часов в сутки в выходные дни ("Завод им. Малышева", "Спортивная", "Пушкинская"), 10-20% - до 10 часов ("Университет", "Исторический музей"). Наибольшее использование провозной способности эскалатора (48%) наблюдается на станции "Университет" с 8.00 до 9.00.

В ходе выполнения работы были проанализированы причины неплановых остановок эскалаторов. Большая их часть связана с падением пассажиров, так как при проектировании не учитывался психофизиологический фактор. Более 90% неплановых остановок происходит из-за падения пассажиров на эскалаторах, работающих на подъём. Например, на эскалаторах станции "Пушкинская" в 2001 г. произошло 31 падение пассажира, из них 30 - на установке, работающей на подъём при возникновении высокой плотности потока пассажиров перед входом на лестничное полотно. При этом у пассажиров имеются ограниченные возможности для уравнивания своей скорости движения со скоростью движения полотна. В первоначальный момент входа пассажира на лестничное полотно большая разница между их скоростями движения проявляется как толчок, что ведет к потере равновесия пассажира и его возможному падению. Высокая плотность людского потока перед входом наблюдается на станции "Южный вокзал", что привело к 2 009 падениям пассажиров в 2001 г.

Анализ причин неплановых остановок позволяет сделать вывод о том, что для оптимизации режима работы эскалаторных установок целесообразно пересмотреть скорости движения лестничного полотна в зависимости от интенсивности пассажиропотока. Рекомендуется ступенчатое или плавное регулирование скорости движения и снижение её с 0,95 м/с до 0,50-0,75 м/с. Диапа-

зон изменения скорости зависит от величины пассажиропотока, направления движения эскалатора, высоты подъёма (спуска), психофизиологических особенностей поведения пассажиров на движущейся ленте, расположения эскалатора на станции и других факторов.

Для реализации такого метода управления возможно применение следующих способов и технических средств:

- рациональной схемотехники включения электродвигателей эскалаторов;
- двухскоростных электродвигателей;
- электродвигателей двойного питания.

Предварительные расчеты показывают, что внедрение указанных мероприятий позволит сократить расход электроэнергии на 8-10% и продлить межремонтный пробег на 15-20%.

Метрополитен является скоростным видом городского пассажирского транспорта и при решении вопроса о снижении скорости движения лестничного полотна необходимо учитывать, как это скажется на качестве транспортного обслуживания пассажира. Если принять в качестве крите-

рия оптимальности функционирования метрополитена средние потери времени пассажира на перемещение от вестибюля входа до вестибюля выхода, то снижение скорости лестничного полотна в пределах с 0,95 м/с до 0,75-0,50 м/с приведет (при средней дальности поездки пассажира на Харьковском метрополитене 7,13 км) к увеличению данного критерия менее чем на 1%. Учитывая, что снижение скорости движения лестничного полотна будет проводиться в периоды резкого спада интенсивности пассажиропотоков, количество пассажиров, которые будут перемещаться с увеличенным временем, составит не более 5%, что указывает на целесообразность внедрения данных предложений.

На основании результатов проведенных исследований можно рекомендовать конструкторам и проектировщикам эскалаторного оборудования при разработке новых и модернизации существующих эскалаторных машин предусматривать в их конструкции возможность ступенчатого регулирования скорости движения лестничного полотна.



Таблица 4

Загрузка эскалаторной установки в течение суток								
Станция	«Завод им. Малышева»	«Спортивная»	«Исторический музей» (подъём)	«Исторический музей» (спуск)	«Университет»	«Пушкинская» (подъём)	«Пушкинская» (спуск)	
6.00-7.00	0,017	0,011	0,044	0,017	0,037	0,009	0,015	
7.00-8.00	0,019	0,051	0,076	0,018	0,141	0,030	0,033	
8.00-9.00	0,017	0,053	0,112	0,043	0,159	0,055	0,049	
9.00-10.00	0,018	0,041	0,131	0,062	0,157	0,044	0,055	
10.00-11.00	0,016	0,041	0,131	0,068	0,087	0,068	0,066	
11.00-12.00	0,015	0,036	0,129	0,079	0,089	0,070	0,067	
12.00-13.00	0,017	0,033	0,096	0,087	0,079	0,066	0,051	
13.00-14.00	0,016	0,025	0,067	0,089	0,078	0,059	0,053	
14.00-15.00	0,014	0,021	0,053	0,064	0,079	0,046	0,028	
15.00-16.00	0,014	0,018	0,044	0,052	0,068	0,040	0,029	
16.00-17.00	0,013	0,025	0,041	0,049	0,063	0,034	0,031	
17.00-18.00	0,015	0,026	0,033	0,044	0,062	0,029	0,043	
18.00-19.00	0,018	0,026	0,036	0,040	0,071	0,028	0,043	
19.00-20.00	0,015	0,023	0,031	0,042	-	0,025	0,034	
20.00-21.00	0,015	0,024	0,024	0,042	-	0,019	0,032	
21.00-22.00	0,011	0,015	0,013	0,043	-	0,015	0,031	
22.00-23.00	0,007	0,011	0,009	0,033	-	0,016	0,027	

Алматинский метрополитен – уникальное транспортное сооружение

М. Т. Укшебаев,
генеральный директор
ОАО «Алматыметрокурылыс»,
Казахстан

Строительство метрополитена в Алматы сопряжено с особыми трудностями, связанными с географическим и геологическим расположением города. Здесь как бы сконцентрировались все сложности: предгорный рельеф, валуны от селевых потоков, рыхло-сыпучие слабые грунты, сложные трассы подземных вод с депрессионными воронками, сейсмогенные тектонические разломы, близость гипоцентров разрушительных землетрясений и высокая сейсмичность территории. Но, несмотря на это, транспортные и экологические проблемы мегаполиса заставили-таки руководство Республики обратиться к сооружению метрополитена.

В 1980 г. вышло Распоряжение Совета Министров СССР о разработке технико-экономического обоснования, проектировании и начале строительства метрополитена в г. Алма-Ате.

Были выполнены подготовительные работы по сносу зданий и сооружений и выносу инженерных коммуникаций на станциях и базовых площадках, завершено возведение первой очереди базы Метростроя.

Проект первой очереди линии метрополитена длиной 8,3 км разработан Московским институтом "Метрогипротранс".

Трасса линии метро

Трасса первой линии метрополитена проходит от проспекта Райымбека по ул. Фурманова до проспекта Абая и далее в юго-западном направлении до ул. Гагарина.

В соответствии с Решением главы Алматинской городской администрации № 545 от 24.12.1993 приняты следующие наименования станций: "Райымбек", "Жибек-Жолы", "Алмалы", "Абая", "Байконур", "Тулпар", "Алатау", "Площадь Республики". Рядом со ст. "Райымбек" в районе ж.-д. станции Алматы-II размещено электродепо метрополитена. Центральный участок трассы ("Жибек-Жолы", "Алмалы", "Абая", "Площадь Республики", "Байконур", "Тулпар") решен в тоннелях глубокого заложения. Станции "Райымбек" и "Алатау" - мелкого заложения односводчатые с междупутем 12,9 м. Станции глубокого заложения (средняя глубина - 40 м) "Жибек-Жолы", "Алмалы" - пилонного типа, с междупутем 22 м; станции "Тулпар", "Байконур", "Абая" - колонного типа, с междупутем 18 м.

Все станции приняты с платформами островного типа, длина которых 110 м, рассчитана на прием 5-вагонных составов.

Станции глубокого заложения имеют один вестибюль, мелкого - два.

Проходка перегонных тоннелей второй очереди первой линии от ст. "Алатау" до ст. "Саина" предусматривается закрытым способом мелким заложением, для обеспечения пропуска наземного транспорта по проспекту Абая. Станции "Сайран", "Молодежная", "Саина" сооружаются открытым способом в котлованах с откосами.

Инженерно-геологические условия и строительные конструкции

Район трассы метрополитена повсеместно сложен несвязанными галечниковыми, валунно-галечниковыми и валунными грунтами.

Физико-механические свойства грунтов определяют значительные трудности в разработке и креплении горных выработок, а также при бурении скважин различного назначения.

Положительным фактором является отсутствие в зоне строительства грунтовых вод. Крупнообломочные грунты являются преобладающим видом на строительстве первой линии.

Физико-механические свойства грунтов практически не зависят от глубины их залегания.

Строительные конструкции метрополитена рассчитаны на нагрузки и воздействия в соответствии с действующими нормативными документами, как находящиеся в грунтовой среде и работающие в контакте с окружающим грунтом. Типы конструкций назначены с учетом гидрогеологических и инженерно-геологических условий строительства, глубины заложения и сейсмичности района строительства, которая на отдельных участках превышает 9 баллов.

Конструкции сооружений приняты в основном сборными из железобетонных блоков и чугунных тубингов. Применяются также монолитные. Проектом предусмотрены антисейсмические мероприятия.

Строительство метрополитена

Строительство начато 7 сентября 1988 г., сроки ввода первой очереди метрополитена были намечены на 1997 г.

Но произошедший в 1991 г. распад Советского Союза и последовавший вслед за этим разрыв хозяйственных и экономических связей, а также сокращение финансирования из республиканского бюджета привело к значительному отставанию от сроков ввода.

Сооружение ведется генеральной подрядной организацией ОАО "Алматыметрокурылыс", в коллективе работают 618 человек.

С начала строительства пройдено более 8 тыс. м подземных горных выработок. В том числе: выполнена проходка всех рабочих и

вентиляционных стволов общей глубиной свыше 600 м. От рабочих стволов к станциям "Алмалы", "Абая", "Тулпар" сооружаются подходовые выработки - более 1 300 м.

На пяти вентиляционных стволах сооружены вентиляционные камеры и пройдены ходки к перегонным тоннелям.

Смонтированы основные конструкции платформы односводчатой станции "Райымбек" мелкого заложения, произведены гидроизоляционные работы и обратная засыпка.

На притоннельных сооружениях ветки в депо, расположенной в районе железнодорожных путей вокзала Алматы II ведется укладка гидроизоляции.

Пройдено 5 400 м перегонных тоннелей, из них завершены тоннели между станциями "Райымбек" и "Жибек-Жолы", сейчас продолжают работы на перегонных тоннелях к станции "Алмалы".

Из котлована станции "Алатау" ведется сооружение правого перегонного тоннеля к станции "Тулпар", завершена проходка левого тоннеля.

Их прокладка осуществляется двумя механизированными комплексами КТ-5,6 (Д2 и Б21), а также двумя немеханизированными щитами ИЦН-1С.

Основные тоннельные конструкции - чугунная и железобетонная обделка.

Пройдено 160 м эскалаторных тоннелей диаметром 9,9 м, в настоящее время ведутся работы на эскалаторном тоннеле ст. "Абая" и камере металлоконструкций наклонного тоннеля ст. "Алмалы".

При проходке эскалаторных тоннелей задействован комплекс ТНУ-4 и комплекс на базе экскаватора "Като" - "НР 1500", разрабатанный специалистами СУС "Бамтоннельстрой".

В целом грунты благоприятны для ведения проходческих работ, но при водонасыщении устойчивость галечникового грунта резко снижается - может произойти обрушение стен и свода выработки, вывал, сплыв.

Организация строительства в слабоустойчивых грунтах

Согласно проекту, для сооружения перегонных тоннелей диаметром 5,5 м принят способ сплошного забоя, а для станционных тоннелей (сечением 65-70 м²) и выработок аналогичного сечения - способ пилотоннеля с химическим закреплением грунтов сводовой части тоннеля.

За 14 лет коллективом ОАО "Алматыметрокурылыс" наработан определенный опыт по сооружению конструкций в слабоустойчивых грунтах.



Массив по всей трассе метрополитена однороден и сложен галечниковым грунтом с песчаным и супесчаным заполнителем с включением валунов, прослойками супеси и глины, водонасыщенный, плотностью до 2,22 г/см³, с коэффициентом пористости 0,71, модулем деформации 38 МПа, коэффициентом Пуассона $K=0,27$, крепости по шкале М. М. Протодеяконова $K=1,2:1,7$, фильтрации 47,6 м/сут.

С целью подбора оптимального состава элементов по качественному укреплению грунтов и раскрытия выработок большого сечения были проведены экспериментальные работы совместно с СУС "Бамтоннельстрой", институтом "ВИОГЕМ" (г. Белгород) и Казахским национальным техническим университетом им. К. Сатпаева.

Экспериментальные работы производились на подходных выработках ст. "Абая", "Жибек-Жолы" и "Байконур".

СУС "Бамтоннельстрой" выполнил работы на подходных выработках ст. "Жибек-Жолы" составом оборудования и технологией закрепления грунтов аналогично проведенной при проходке Северомуйского тоннеля.

Было изменено лишь количество компонентов под существующую геологию. После проведения экспериментальных работ были получены хорошие результаты в виде однородного закрепленного устойчивого массива по всему контуру подходной выработки. Проблему создавали высокооборотистые гидроперфораторы фирмы "Тамрок", которые заклинивало при бурении в грунтах, что приводило к частой замене бурового инструмента.

Трудности с бурением были и у института "ВИОГЕМ". Испытания показали, что предложенная ими технология не решает основную задачу - достижение удовлетворительной производительности в неустойчивых грунтах. Это было подтверждено при вскрытии экспериментального забоя. Распространение цементно-силикатного раствора было лишь у устья скважин.

Кафедрой технологии и техники бурения скважин Казахского национального технического университета был проведен анализ современных способов бурения пригодных для сооружения скважин в валунно-галечниковых отложениях с учетом работ, выполненных ранее СУС "Бамтоннельстрой", институтом "ВИОГЕМ".

С целью отработки была предложена и отработана технология пневмоударного бурения. Результаты испытаний показали, что этот способ в данных условиях способен решить задачу обеспечения устойчивости стенок скважин и сохранения проницаемости околоскважинного массива.

Ремонт бетонных конструкций материалом "Акватрон-6"

Ограниченное финансирование последних лет сказалось на качестве незавершенных в монтаже железобетонных конструк-

ций станций "Райымбек" (колонны, стены), которые под влиянием погодных условий подвергались коррозии, шелушению и сколов. Для ремонта бетонных конструкций был использован материал "Акватрон-6", который был применен в соответствии с техническими рекомендациями. Взятые образцы нового покрытия соответствуют всем предъявляемым требованиям по качеству.

Конструкции обделок

Согласно исследованиям казахстанских ученых по сейсмостойкости, подземные сооружения в зоне трассы необходимо рассматривать как единую механическую систему: "подземные сооружения - грунтовая среда - наземные сооружения" в зависимости от механических свойств грунтов, глубины заложения, пространственных форм станционных тоннелей, поперечных профилей перегонных тоннелей, расстояний между ними и их ориентации относительно места метрополитена и между собой. На такой базе в свое время была дана оценка сейсмостойкости проектируемых конструкций метро.

С учетом рекомендаций институтов России и Казахстана в области сейсмостойкого строительства были запроектированы конструкции сооружений Алматинского метрополитена.

Проектом были предусмотрены подходные выработки к станциям подковообразного сечения с монолитной железобетонной обделкой толщиной 500 мм. С целью уменьшения их материалоемкости (арматуры, бетона) и сокращения сроков строительства был привлечен НИЦ "Тоннели и метрополитены" ОАО "ЦНИИС", которые перепроектировали конструкции с использованием комплекса программ по расчету подземных конструкций обделок подходных выработок. На основании расчетов произведено изменение толщины и армирования обделки, в результате получены экономия материалов до 30% и сокращение сроков строительства.

Изменение трассы 1-й очереди метрополитена

Согласно Распоряжению Правительства Республики Казахстан, для привлечения инвестиций канадская компания "СНС-Лавалин" на условиях гранта разработала в 1997 г. новое технико-экономическое обоснование (ТЭО). Сметная стоимость проекта в ТЭО составила 662 млн долларов США.

Взяв за основу базовый проект, выполненный институтом "Метрогипротранс", компания "СНС-Лавалин" внесла ряд новых технических решений: исключила одну станцию глубокого заложения, изменила расположение ст. "Байконур" с глубокого на мелкое, меняла радиус поворота трассы.

Для ускорения ввода первой линии метрополитена протяженностью 13 км, "СНС-Лавалин" дополнила систему маршрутом

специальных автобусов на отрезке между ст. "Алатау" и "Саина".

Кроме того, ими было предложено изменить профиль на всем протяжении трассы линии с глубокого на мелкое заложение. Однако, учитывая большой объем выполненных работ, предложения по кардинальному изменению профиля не были поддержаны проектировщиками, строителями ОАО "Алматыметрокурлыс" и руководством города.

По технологии работ также был внесен ряд предложений: осуществить проходку перегонных тоннелей между ст. "Тулпар" и "Байконур" новоавстрийским методом, заменить исчерпавший ресурс щит КТ-5,6 Б21, осуществляющий проходку левого перегонного тоннеля ст. "Жибек - Жолы" - "Алматы", на новый - фирмы "Ловат".

С учетом рекомендаций "СНС-Лавалин" в проект внесены изменения, и в данное время откорректированная документация проходит вневедомственную экспертизу.

Следует отметить, что предложения "СНС-Лавалин" в части проходки новоавстрийским методом, изменение профиля были ранее также рекомендованы НИЦ "Тоннели и метрополитены" ОАО "ЦНИИС", что еще раз подтверждает плодотворность и необходимость сотрудничества с НИЦ "ТМ".

Учитывая сложности с бюджетным финансированием, Правительство Республики Казахстан поручило Акимату города Алматы и ОАО "Алматыметрокурлыс" провести работу по привлечению инвестиций на строительство метрополитена.

В течение последующего времени ряд потенциальных инвесторов проявили заинтересованность к проекту. Однако отсутствие государственной гарантии сдерживало привлечение инвестиций для завершения строительства метрополитена.

В текущем году финансирование поступает из местного бюджета, выделено 350 млн тенге, но это не выход из сложившейся ситуации. Местный бюджет может компенсировать лишь часть затрат.

Учитывая большую капиталоемкость проекта, требуется государственная поддержка в финансировании из республиканского бюджета.

В этой связи Акимат города Алматы обратился в Правительство Республики Казахстан об оказании финансовой помощи для завершения строительства метрополитена.

Протокольным решением совещания от 30.05.2002 с участием Президента Н. А. Назарбаева поручено включить завершение строительства метрополитена в перечень приоритетных республиканских инвестиционных проектов.

В соответствии с вышеуказанным протоколом разрабатывается Программа развития города Алматы с 2002 по 2010 годы. Она включает дальнейшее продолжение прокладки метрополитена с финансированием из республиканского бюджета для ввода объекта в 2006-2007 гг.



ИГОРОДСКОЕ 0,3
е
а
СШАЯ ПРЭСНЯ 1,7

30

улицы
подземного

СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ШУМОЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ

В. И. Лебедев,

руководитель инновационных проектов ДГУП «Инновационно-технологический центр», к. т. н.

С. Н. Власов,

зам. председателя Тоннельной ассоциации России, к. т. н.

В. А. Попов,

главный инженер АО Компания «Дорожные технологии», Заслуженный строитель России, академик

Международной академии транспорта

А. В. Суханов,

начальник отдела ОАО ЦНИИ специального машиностроения, к. т. н.

Борьба с транспортным шумом – одна из актуальнейших научно-технических проблем нашего времени. Во всем мире уже построено десятки тысяч километров шумозащитных экранов вдоль населенных пунктов, расположенных у автомагистралей. Намечается широкое использование подобных сооружений применительно к условиям эксплуатации линий наземного и надземного метро.

Акустическая практика в настоящее время может предложить большее разнообразие указанных средств. В этих условиях определяющим является оценка их качества в рамках многопараметрических факторов.

В системе мер по борьбе с акустическими шумами, источником которых являются транспортные потоки, важное место занимают примыкающие шумозащитные экраны. Назначение таких сооружений, устанавливаемых вдоль железных дорог, автомагистралей, наземных и надземных линий метрополитена – снижение уровня шумового воздействия транспортных средств на окружающую среду, прежде всего – на человека.

Многочисленные исследования, проведенные как в нашей стране, так и за рубежом, показывают, что физиологически вредное влияние шума на организм человека проявляется в большом диапазоне воздействий: от субъективных психологических раздражений до объективных патологических и функциональных изменений органов слуха, центральной нервной и сердечно-сосудистых систем. Под воздействием чрезмерного шума заметно снижаются качество и производительность труда.

По данным специалистов-экологов до 50% населения России в настоящее время находится под воздействием сверхнормативного акустического загрязнения. Средние значения эквивалентных уровней звука составляют 65-70 дБА (допустимая по санитарным нормам интенсивность транспортного шума – 55 дБА). В этих условиях, при возрастающих экологических требованиях, потребности в разработке и сооружении эффективных шумозащитных экранов постоянно растут. Установка таких экранов высотой от 3 до 6 м приводит к снижению интенсивности шума на 10-15 дБА для вертикальных поверхностей, расположенных ниже «зон оптической видимости». Однако в связи с финансовыми ограничениями, на сегодня, имеются значительные успехи в теории и разработках по борьбе с транспортным шумом, мы располагаем достаточно скромными результатами их практического использования.

Если в Западной Европе построены десятки тысяч километров шумозащитных экранов

(на эти цели ежегодно выделяется около 40 млрд. экю – 1% ВВП), то в России на начало 2001 г. их общая длина составила около 25 км. При этом следует отметить, что большинство сооруженных шумозащитных экранов реализованы с применением акустических панелей западных фирм, которые по своим характеристикам не в полной мере соответствуют условиям эксплуатации в России. В то же время, потенциальные возможности отечественных производителей, особенно предприятий оборонного комплекса, практически не используются. Указанные негативные моменты подчеркиваются отсутствием в России ряда законодательных и нормативных документов, которые прямо или косвенно затрагивают вопросы защиты населения от шума. А действующая в строительстве (транспортной отрасли) Система нормативных документов даже не предусматривает вида нормативного документа, регламентирующего весь комплекс положений и методик оценки качества шумозащитных средств на этапах проекти-

рования, производства, сооружения и сделки с ними.

Следовательно, сегодня назрела необходимость в ускорении решения следующих актуальных задач нормативного обеспечения, рассматриваемой сферы деятельности:

- разработка и введение в состав действующих в строительстве (транспортной отрасли) Систем нормативных документов вида нормативного документа для организаций, предприятий, осуществляющих проектирование, сооружение, сертификацию, оценку качества шумозащитных экранов, сделки с ними и разработку паспортов этого вида акустического средства;

- формирование номенклатуры и нормативов качества шумозащитных экранов;

- создание системы комплексной оценки качества шумозащитных экранов с учетом сложности структурно-параметрической иерархии свойств указанной продукции и разнообразия методов их определения;

- разработка общих и частных технических условий, паспорта на шумозащитный экран как инструктивно-нормативного и правового документа, подтверждающего учетные сведения, права, обязанности и ответственность сторон (проектировщика, изготовителя, строителя, владельца).

В ряду изложенных выше задач особое место занимает проблема формирования структурно-параметрической системы качества шумозащитного экрана как товарного вида строительно-акустической продукции. Действующие нормативные документы не содержат терминологических определений понятий «шумозащитный экран», «акустическая панель», «качество шумозащитного экрана».

Для определения роли и места рассматриваемого средства борьбы с транспортным шумом его необходимо рассматривать в системе «примагистральная звукоизоляция». Данный термин вводится в связи с необходимостью типологически обозначить эту развивающуюся область конструктивных средств борьбы с шумом.

Складывается мнение о целесообразности представляемой «системы примагистральной звукоизоляции» в составе четырех взаимосвязанных подсистем: внешней среды, магистрального источника шума, шумозащитного объекта и шумозащитного средства (экрана). При этом рассматриваемая система считается открытой, т. е. все подсистемы взаимодействуют между собой и определяют уровень качества шумозащитного экрана, под которым будем понимать совокупность его потребительских свойств, гарантирующих обеспечение функциональных, архитектурно-художественных и экономических показателей.

С учетом этого могут быть приняты три основных критерия качества шумозащитного экрана: функциональный, архитектурно-художественная выразительность и стоимость 1 м² общей площади акустического сооружения.

Дополнительным критерием, определяющим качество шумозащитного экрана, может быть принят уровень соответствия используемых акустических материалов его функционально-эксплуатационным требованиям.

Применение новых материалов при создании эффективных средств шумозащиты предопределяет их всесторонние исследования и с точки зрения структурно-механических, технологических и эксплуатационных свойств и экономического аспекта. Такой подход получил положительное подтверждение при разработке авторами настоящей статьи принципиально новой акустической панели с использованием композиционных материалов.

Поводом к разработке этого новшества послужил недостаток традиционных конструкций акустических панелей: низкий уровень их эксплуатационных характеристик – малый срок службы, подверженность коррозии и т. п. Сравнительные характеристики конструкционных материалов для акустических панелей представлены в таблице.

ной структурно-параметрической иерархии его свойств, но и в разнообразии методов их определения. Это образует отдельную научно-методическую проблему. Например, акустические параметры шумозащитного экрана могут быть найдены расчетными методами, проверены и оценены измерительными средствами и выражены конкретными числовыми значениями. Но эти методы не приемлемы для оценки показателей архитектурно-художественной выразительности акустического сооружения, уровня качества применяемых материаловедческих решений и др. В этих условиях необходима универсализация обобщенных показателей и методов, интегрирующих способы определения частных показателей. Она возможна на основе выражения качественных параметров шумозащитного экрана в баллах, позволяющих осуществить его

Таблица

Наименование показателя	Вид конструкционного материала		
	Сталь	Эпоксидный стеклопластик	Эпоксидный базальтопластик
1	2	3	4
1. Плотность, кг/м ³	7 800	1 900	2000
2. Модуль упругости, ГПа	210	55	65
3. Предел прочности при растяжении, МПа	240	170	185
4. Теплопроводность, Вт/(м. °С)	64	0,75	0,50
5. Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом. м	проводник	1,0 · 10 ¹⁰	2,5 · 10 ¹¹
6. Гигроскопичность, %	—	0,5	0,05
7. Акустические (звукоизолирующие) свойства			
8. Стойкость к воздействию химически агрессивных сред, солевых растворов	Не стоек Требуются специальные мероприятия по защите от коррозии	Стоек	Стоек
9. Эксплуатационные затраты	Требуются периодические регламентные работы не реже 1-2 раз в год с целью предотвращения коррозии	По мере снижения интенсивности цветовой окраски - ее восстановление	По мере снижения интенсивности цветовой окраски - ее восстановление

Использование композиционных материалов приводит к некоторому повышению стоимости акустических панелей (на 25-45%), но удорожание стоимости оправдывается следующими преимуществами панелей нового типа по сравнению с металлическими и железобетонными аналогами:

- более эффективной шумозащитой;
- малой массой;
- повышенной долговечностью и стойкостью к агрессивным факторам внешней среды;
- устойчивостью к коррозии, гниению и воздействию солевых растворов, используемых коммунальными снегоуборочными службами;
- резкому снижению материальных затрат на эксплуатацию экрана.

Особенность оценки качества шумозащитного экрана заключается не только в слож-

комлексные, сравнительные и стоимостные оценки. Это представляется принципиально важным для всех участников работ по созданию и сооружению шумозащитных средств, для подготовки нормативно-технической основы рыночных операций с ними.

В порядке апробации изложенных положений по оценке качества шумозащитного экрана в настоящее время разрабатывается проект стандарта СТО «Примагистральные шумозащитные экраны. Оценка качества». Выбор данного вида нормативного документа обоснован новизной объекта нормирования с учетом требований Закона РФ «О стандартизации». Внедрение указанного стандарта в жизнь является весьма выигрышным решением для обеспечения конкурентоспособности отечественной акустической продукции на рынке шумозащитных средств.



Развитие механизации отдельных технологических процессов на Мосметрострое

В. А. Ходош,

Почетный строитель России,

К. Т. Н.

1. Шахтные комплексы

Совершенствование проходческой техники и технологии сооружения тоннелей и связанное с этим увеличение темпов проходки и, соответственно, объемов выдаваемой на поверхность породы и опускаемых вниз материалов потребовало механизировать, а затем и автоматизировать горные комплексы на поверхности, обеспечить более четкую и производительную работу откаточных средств и шахтных подъемов. Наиболее трудным участком в механизации стала поверхностная откатка на горизонте верхних приемных площадок бункерных эстакад.

Для устранения этого узкого места в 1955 г. Мосметростроем и Метрогипротрансом была разработана и внедрена на шахте № 512 Щербаковского радиуса в опытной порядке комплексная механизация работ на верхней приемной площадке бункерной эстакады для транспортировки породы в вагонетках емкостью 1,5 м³, (взамен вагонеток емкостью 0,75 м³).

Эстакада была оборудована тремя поперечными тележками, двумя толкателями верхнего действия, двумя круговыми опрокидками, компенсатором высоты, гасителями скорости и стопорами, а также имела в одном конце вспомогательный подъем. Общая длина откаточного горизонта составляла 53,4 м, ширина - 7 м.

На этой шахте были впервые установлены выдвигаемые автоматические решетки для перекрытия клетьевых проемов ствола независимо от стволового.

Общий уровень механизации работ на эстакаде составлял 92% против 35% на обычной, а её производительность повысилась на 150%.

В дальнейшем такие горные шахтные комплексы нашли широкое применение при строительстве тоннелей глубокого заложения.

Одновременно на шахте была изменена схема околоствольных выработок и организована круговая откатка подвижного состава за счет устройства двустороннего околоствольного двора с подходной выработкой и обгонной штольной от прокладываемой трассы тоннелей, а также осуществлена механизация откатки с применением толкателей верхнего действия. Такая организация и механизация работ позволили сократить трудоемкость откатки 1 м³ породы в 2,6 раза.

Для тоннелей мелкого заложения, сооружаемых закрытым способом на глубине до 18 м, ПКБ Главстроймеханизации разрабо-

тало горный подъемный комплекс с дистанционно-автоматическим управлением.

Он прошел испытания в 1967 г в СМУ № 3 на участке продления Кировского радиуса. После устранения ряда замечаний комплекс был рекомендован к широкому использованию при сооружении линий мелкого заложения закрытым способом.

На продолжении линии Замоскворецкого радиуса был испытан созданный СКТБ Главтоннельмостростроя для строительства линий мелкого заложения облегченный шахтный комплекс КШМ-1 (рис. 1).

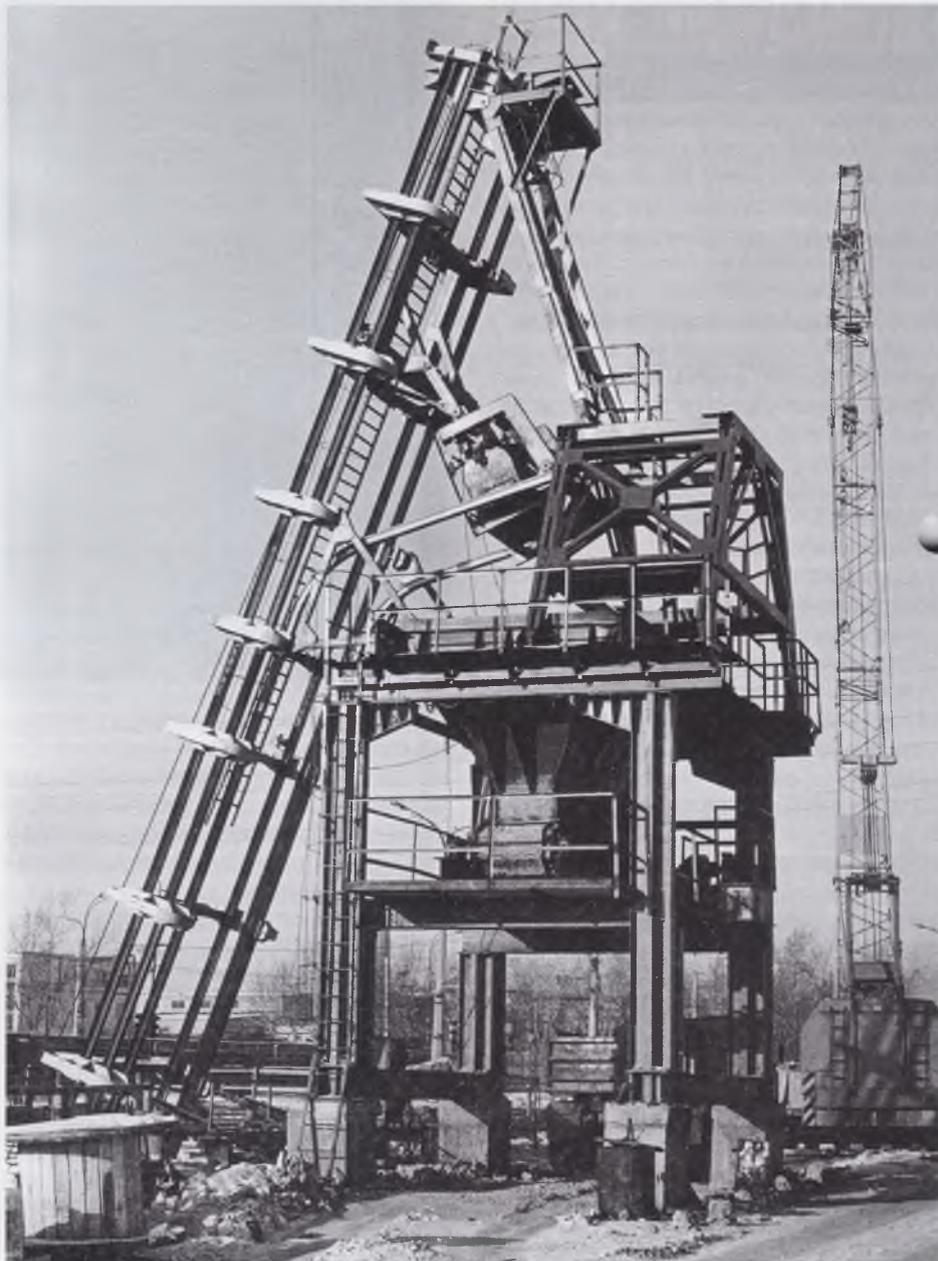
При шахтных комплексах для прокладки тоннелей глубокого заложения устраивают специальные узлы, которые являются приемно-передаточными пунктами для посту-

пающих на шахтную площадку материалов. На площадке одной из шахт Калужского радиуса СМУ № 6 был установлен комплексный заглубленный механизированный приемный узел для транспортировки материалов в тоннель.

На Люблинской линии при возведении станции "Пролетарская" на шахте № 933 (СМУ № 14) был пройден ствол диаметром 8,5 м.

Он был оборудован высокопроизводительным шахтным комплексом КШГ-4, разработанным СКТБ Тоннельмостростроя, который имел два независимых клетьевых подъема. Один - работал на горизонт бункерной эстакады с производительностью 60 подъемов в час, а второй - на нулевой с производительностью 35 подъемов в час. Клет-

Рис. 1. Комплекс КШМ-1



имели грузоподъемность 4 т, скорость движения клетки 2,5 м/сек.

2. Строительство тоннелей методом продавливания

С конца 60-х гг. Мосметрострой стал довольно часто применять для строительства под ж.-д. путями подземных пешеходных переходов и коротких участков перегонных тоннелей протяженностью до 100 м метод продавливания обделок.

В 1969 г. был сооружен транспортный тоннель Центрального железнодорожного почтамта под ж.-д. путями Казанского вокзала длиной 36 м из чугунных тубингов диаметром 5,5 м за 14 суток без нарушения движения поездов. В зазор между обделкой и породой нагнетали смазку. Наибольшее усилие продавливания составило 800 т.

ТО-6 в начале 70-х гг. был сооружен пешеходный переход от ст. "Варшавская" к платформе ж.-д. ст. "Коломенская" Павелецкого направления. Проходка осуществлялась путем последовательного продавливания отдельных пустотелых тонкостенных стеновых элементов обделки длиной по 5 м. Из их полостей по мере вдавливания извлекался грунт, и пространство заполнялось бетоном, образуя конструкцию стен перехода. После их возведения разрабатывали грунт в верхней части ядра и на готовые стены укладывали плиты перекрытия, под защитой которых разрабатывали грунт до проектной отметки и выполняли гидроизоляцию и бетонирование лотка. Было пройдено 110 м, из них 60 - под ж.-д. путями.

СМУ № 7 на Краснопресненском радиусе в 1974 г. методом продавливания был построен пешеходный переход от вестибюля ст. "Беговая" к одноименной платформе Смоленского направления Московской ж. д. с выходом на Хорошевское шоссе. Переход состоит из трех тоннелей - двух с чугунной обделкой под обгонными путями и одного с ж.-б. - под магистральными. Усилие продавливания не превышало 1 тыс. т. Тоннели продавливались поочередно. Средняя скорость сооружения тоннелей составляла 1,1-1,25 м/сут.

В 1976 г. у станции "Ростокинская" осуществлено продавливание трех тоннелей с чугунной обделкой длиной по 30 м - два перегонных и один средний для пешеходного перехода на станцию под путями Московской Окружной ж. д.

Продавливание велось агрегатом, разработанным институтом "Метрогипротранс", также с ножевой кольцевой секцией с перегородками, жестко закрепленной к первому чугунному кольцу обделки. Суммарное усилие домкратной установки для продавливания составляло 3 тыс. т. В среднем на проходку 1 м тоннеля затрачивалось немногим более 4 ч. Наибольшая суточная скорость составила 5,5 м.

СМУ № 1 в 1982 г. при пересечении трассы Серпуховского радиуса и путей Московской Окружной ж. д. методом продавливания были сооружены перегонные тоннели длиной



Рис. 2. Пневмобетонукладчик ПБН-3.3

45,67 м с чугунной обделкой диаметром 6 м с подъемом 40% в водонасыщенных песчано-глинистых грунтах. Проходка осуществлялась таким же агрегатом, как и у ст. "Ростокинская". В смену проходили в среднем 1 м тоннеля.

Для продавливания тоннелей длиной 100 м и более по проекту СКТБ Главтоннельметростроя ММЗ ГТМ был изготовлен агрегат КМ-35 с ножевой секцией и гидроцилиндрами для возможности обеспечения направленного движения тоннеля при продавливании, а также с промежуточной секцией с гидроцилиндрами для возможности проталкивания тоннеля по частям. При необходимости могут быть установлены не одна, а две и более промежуточных домкратных установок.

Таким комплексом СМУ № 10 осуществляло проходку двух перегонных тоннелей под Автозаводским мостом на Серпуховском радиусе. Для повышения точности продвижения тоннеля по заданной трассе перед ножевой секцией была пройдена штольня и забетонирован лоток, по которому продвигалась ножевая часть агрегата с тоннельной обделкой.

В последние годы СМУ № 5 осуществило продавливание двух автодорожных тоннелей высотой 8 м и шириной 19 м каждый под ж.-д. путями на пересечении Нахимовского проспекта и железной дороги Павелецкого направления принципиально новым методом, предложенным институтом "Мосинжпроект".

Железобетонная обделка тоннеля была разработана институтом "Гипростроймост".

Конструкция тоннелей из монолитного железобетона бетонируется в котловане перед насыпью железной дороги, а затем осуществляется продавливание домкратной установкой с усилием более 60 тыс. т.

К головной части ж.-б. конструкции крепится ножевая металлическая с горизонтальными площадками. Во время продвижения тоннеля происходит отбор породы и его выдача за пределы котлована.

Все необходимое оборудование и проект производства работ были разработаны СКТБ Тоннельметростроя.

3. Механизация бетонных работ

С 70-х гг. на Мосметрострое широко внедрялась механизация бетонных работ, и улучшалось их качество. При приготовлении бетона стали использовать пластификаторы, перешли на транспортирование смеси автобетоносмесителями, подачу её в тоннели через специально пробуренные вертикальные скважины, оборудованные приемным бункером на поверхности и гасителями внизу в месте приема. При необходимости смесь после транспортирования по вертикальной трубе дополнительно перемешивалась в бетономешалках, установленных около устья скважины.

Широко применялись металлические передвижные механизированные опалубки для бетонирования сводов и стен станций, возводимых открытым способом, стен подходов штолен и других конструкций при закрытом способе. Бетонная смесь за опалубки подавалась пневмобетонукладчиками ПБН-1,5, ПБН-2 и ПБН-3.3 (рис. 2), разработанными СКТБ Главтоннельметростроя и изготавливаемыми ММЗ ГТМ.

4. Применение горнопроходческих комбайнов

Для механизированной разработки забоя в подходов выработках в 70-80-х гг. стали использовать проходческие комбайны типа ГПКС, а в перегонных тоннелях и станциях - комбайн 4ПП-2, который был применен СМУ № 6 при проходке подходов штолен и двух участков тоннелей в зоне ограничения буровзрывных работ в районе станции "Серпуховская".

При строительстве первой в Москве односводчатой станции глубокого заложения "Тимирязевская" были максимально механизированы все процессы. Учитывая опыт сооружения подобных станций в Ленинграде, СКТБ ГТМ разработало оригинальный агрегат УСО-1, с помощью которого прошли калоттную прорезь, а в штольне перед агрегатом, опорных тоннелях конструкции станции, а также при разработке самой калотты и лотковой части станции использовали комбайн ГПКСП, а для разработки ядра -

4ПП-5. Опорные тоннели и крепление штолен бетонировали с помощью бетоноукладчиков ПБН-1,5 и ПБН-2.

5. Механизация сооружения наклонных тоннелей и вертикальных стволов

Все годы специалистами, связанными со строительством метрополитенов, большое внимание уделялось механизации проходки наклонных эскалаторных тоннелей и вертикальных стволов.

При сооружении эскалаторных тоннелей использовались наклонные и тельферные эстакады, бункеры с питателями, скипы, подъемные машины и специальные тьюбингоукладчики.

В 1955 г. при строительстве южного наклонного хода станции "Спортивная" (бывшая "Усачевская") непосредственно под зданиями СМУ № 6 был установлен рекорд проходки - 45 м/мес.

Для подъема породы использовали машину 2 БЛ-1600 и скип емкостью 1,5 м³ (ранее на Мосметрострое были скипы емкостью только 0,6 м³). Применение этой машины позволило довести скорость движения большого скипа до 2 м/сек. Приемка породы производилась в 15-кубовый бункер с питателем. К бункеру примыкала тельферная металлическая 4-пролетная эстакада с 3-тонным тельфером. Тьюбинги спускали к забою на специальных бортовых тележках по 900-мм колею. Среднесуточная скорость проходки в этот месяц составила 1,73 м, а в отдельные дни достигала 2,25 м. Максимальная осадка поверхности, контролируемая реперами, не превышала 25 мм.

Данный опыт был затем использован при строительстве других наклонных тоннелей на Мосметрострое.

Долгие годы при сооружении наклонных ходов самым трудоемким и немеханизированным процессом была уборка породы в лотковой части тоннеля. Впервые в 50-е гг. для механизации этого процесса Метрогипротрансом (инженером В. А. Ивановым) была разработана, а заводом № 5 изготовлена тоннельная погрузочная машина для наклонного хода ТПМ-Н (рис. 3).

Испытание машины проходили при строительстве наклонного хода станции "Алексеевская" Рижского радиуса.

При этом был выявлен ряд конструктивных недостатков машины, которые были доработаны автором и заводом, но, к сожалению, дальнейшие работы по внедрению машины продолжены не были.

При сооружении в 1989 г. коллективом участка № 1 (начальник Л. Крутилин) СМУ № 7 наклонного хода диаметром 9,5 м станции "Дубровка" на участке тоннеля (18 временных полу- и 7 колец) до "стены в грунте", ограждающей конструкции вестибюля для транспортировки породы от забоя на поверхность были установлены перегружатели - передвижной скребковый ПТК-1 и ленточный прицепной от горнопроходческого комбайна ГПКС. Разработка и погрузка породы на скребковый конвейер осуществлялась шахтным манипулято-

ром "Штрек-5" с навесным ковшовым погрузчиком, монтаж тьюбинговой обделки временных колец - лебедками.

Длительное время при строительстве метрополитенов на проходке вертикальных стволов использовалось большое количество ручного и небезопасного труда.

На Рижском радиусе при сооружении ствола шахты № 512 (нач. участка В. П. Иванников) в замороженных грунтах был применен подвесной полок, а погрузка породы в бадью велась грузчиком БЧ-1, подвешенным к установленной выше полка пневмотической лебедке. На самом полке была установлена электрическая лебедка со стрелой и захватом для монтажа тьюбинговых колец. Порода выдавалась на поверхность постоянной подъемной машиной. Максимальная суточная скорость проходки составила 4,95 м.

Первый подвесной механизированный полок для стволов шахт метро внутренним диаметром 5,6 и 5,1 м был разработан специалистами Метрогипротранса и изготовлен заводом № 5 в 1960 г.

Полок выполнен в виде металлической конструкции с проемами для бадьего и грузового подъемов и подвешен через прицепное устройство и направляющие блоки к лебедке, установленной на поверхности. Полок оснащен механизмами для погрузки разработанной породы в бадью и сборки обделки и позволял вести механизированную проходку ствола сразу после сооружения форшахты. На одной балке крепился тельфер ТЭ-2 с грейферным грузчиком КС-3, а на конце другой - шарнирно грузовой барабан тельфера с приспособлением для установки элементов обделки. В рабочем положении полок фиксировался выдвижными балками и распирался в ребра обделки. Конструкция полка позволяла одновременно с проходкой осуществлять постоянную армировку непосредственно с полка.

Впервые полок был применен СМУ № 6 при проходке ствола на Калужском радиусе. Доводка его конструкции проводилась разработчиками совместно с главным механиком СМУ Резниковым. Средняя скорость проходки ствола составила 1,7 м/сут.

После окончания работ полок был использован СМУ № 3 на стволе шахты № 708-бис, при этом был заменен грузчик КС-3 на БЧ-1у.

В 1987 г. ТО-6 на одном из объектов при проходке ствола диаметром 8,5 м применил механизированный полок с ковшовой гидравлической погрузочной машиной принудительного действия, разработанной ЦНИИподземмашем и изготовленной заводом № 1 Мосметростроя и мастерскими ТО-6. Полок имел центральную трубу, установленную в толстостенной цилиндрической обойме с возможностью вращения от гидравлического привода вокруг вертикальной оси ствола. На трубе жестко крепилась породопгрузочная машина, способная разрабатывать и грузить породу крепостью 100-120 кгс/см² без предварительного разрыхления, а более крепкие - после буровзрывных работ. Конструкция машины выполнена таким образом, что позволяет ис-



Рис. 3. Машина ТПМ-Н перед спуском в наклонный ход для испытаний

пользовать ее при сооружении стволов диаметром от 6 до 8,5 м. После окончания проходки полок с машиной эксплуатировался на строительстве Тимирязевского радиуса.

Проходка вертикальных стволов в слабых неустойчивых породах длительное время оставалась весьма трудоемким и небезопасным процессом до внедрения способа опускной крепи, при котором основные операции выносятся на поверхность.

Впервые он был применен в период Великой Отечественной войны на строительстве IV очереди метрополитена с использованием активной регулируемой нагрузки, создаваемой гидравлическими домкратами. Однако тогда основной недостаток способа - большие нагрузки, вызываемые трением опускной крепи о породу, преодолеть удалось.

Этот недостаток был устранен после разработки способа опускной крепи в тиксотропной рубашке, при котором слой глинистого раствора между опускной крепью и породой практически полностью снимает сопротивление трения.

Впервые в практике отечественного метроостроения проходка ствола способом опускной крепи в тиксотропной рубашке была осуществлена в 1971 г., по предложению специалистов ЦНИИподземмаша и СМУ № 6, на строительстве Ждановско-Краснопресненского диаметра. В том же году СМУ № 7 данный метод применило при сооружении ствола на перегоне между станциями "Пушкинская" и "Баррикадная", а ТО-6 в 1975 г. - на Рижском радиусе.

Группе специалистов за разработку и внедрение нового способа проходки вертикальных стволов была присуждена Государственная премия в области техники, в том числе специалистами Мосметростроя Н.А.Простову, Э.В.Сандуковскому и др.

WIRTH

SOLTAU
MICROTUNNELLING
WIRTH

PAURAT

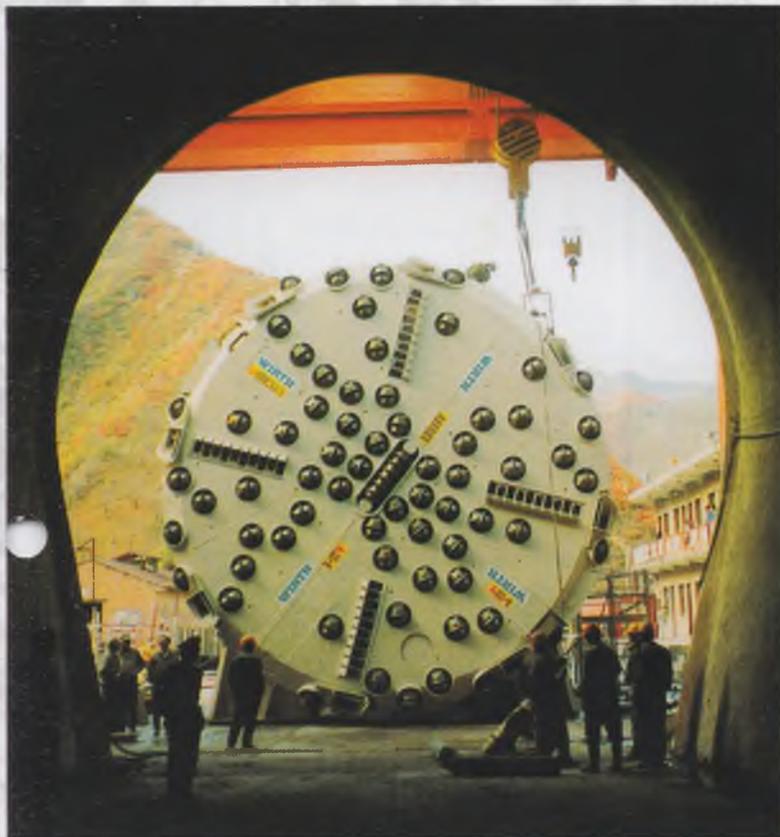
NFM
TECHNOLOGIES
WIRTH GROUP

ТПМК и системы для микротоннелирования

Тоннелепроходческие системы открытого или щитового типа

для сооружения горизонтальных тоннелей или наклонных выработок в твердых породах или мягких грунтовых формациях. Мы имеем соответствующие машины как новые, так и отремонтированные.

Системы для микротоннелирования (конструкции от фирмы Soltau)



Штольня для акведука в Лесото (Южная Африка), железнодорожный тоннель (Швейцария), наклонная выработка для кабелей Валь д'Изер (Франция) - это лишь некоторые примеры из перечня объектов, начиная с 1967 г., при сооружении которых применялись наши машины.



Мы сами разрабатываем и изготавливаем шарошки (резцы) различных конструкций для сложнейших работ, при различных подшипниках.

Wirth Maschinen - und Bohgerate-Fabrik GmbH

Генеральный менеджер по продаже оборудования в России и странах СНГ
Орданский Марк Маркович

Россия, 125057, г. Москва, Ленинградский пр-т, 57, офис 211

тел.: (095) 998-8222, тел/факс: (095) 252-1948, 157-1661, 940-8243, e-mail: polinordan@mtu-net.ru



700 тоннельных микропроходческих комплексов по всему миру



Бестраншейное продавливание труб в любых условиях



Шламная проходка в прочных породах с помощью шарошек и катковых резцов



Шламная проходка в грунтах смешанного типа с помощью шарошек и плоских (лопатообразных) резцов



Шламная проходка в слабых грунтах с помощью лопатообразных резцов

Безопасность и высокая точность обеспечивают победу в любой точке мира! Тоннельные микропроходческие комплексы фирмы «Herrenknecht AG», работающие по принципу продавливания, участвуют во многих бестраншейных проектах обновления трубопроводных сетей всего Европейского континента, Азии, Северной и Южной Америки, Австралии; по всему миру фирма «Herrenknecht AG» осуществила продажу более 700 комплексов.

Приспособление комплексов к условиям конкретных объектов и сервисные мероприятия позволяют заказчикам достигать оптимального темпа проходки. Участник мирового рынка, фирма «Herrenknecht AG», может обеспечить весь процесс прокладки трубопроводов и проходки микротоннелей диаметром от 100 до 4 000 мм.

Тоннелестроение - это окно в будущее

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

