

ВОЗМОЖНОСТЬ

прорыва

**МОЩЬ, СКОРОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ
ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКИХ 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
АНО Инвестстройметро
Издательский центр «ТИМР»

Редакционный совет

Председатель совета

В. А. Брежнев

Заместители председателя:

Д. В. Гаев, С. И. Свирицкий

Члены совета:

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

Редакционная коллегия:

О.Т. Арефьев, Н.С. Бульчев,
Д.М. Голицынский, Е.А. Демешко,
Е.Г. Дубченко, О.В. Егоров,
С.Г. Елгаев, А.В. Ершов, В.Н. Жданов,
В.Н. Жуков, А.М. Жуков,
Н.Н. Кулагин, А.М. Летуновский,
В.В. Котов, В.Е. Меркин,
Ю.А. Кошелев, 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

Тоннельная ассоциация России

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

Издатель

ЗАО «ТА Инжиниринг»
Лицензия ИД № 04404
тел.: (095) 929-6482
факс: (095) 929-6548
Отдел рекламы: (095) 929-6673
127051, Москва,
Цветной бульвар, 17, оф. 217
e-mail: tunnels@metrostroy.ru

Генеральный директор

О. С. Власов

Редактор

Г. М. Сандул

Компьютерный дизайн и верстка:

С. В. Пархоменко, М. Б. Брилинг

Фотографы:

А. В. Попов, М. Б. Брилинг

Журнал зарегистрирован
Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов
журнала только с письменного
разрешения издательства
© ЗАО «ТА Инжиниринг»

№ 3 2003

Новости

2-7

Событие

ОАО «Метротранс» широко отметил 70-й юбилей 8

Место действия

Лефортовская транспортная развязка

Участки открытого способа работ в точках "А" и "В" 10

Н. В. Брачков, С. М. Ворнычев, Т. В. Верещагина, Н. С. Четыркин

Технологии

Применение струйной цементации 16

А. Г. Малинин, П. А. Малинин

Реконструкция артезианских скважин

с использованием криогенных технологий 20

Н.И. Кулагин, В.А. Марков, М.О. Райнус, Л.В. Серебряков, В.А. Маслак

Новые проекты

Краснопресненский автодорожный тоннель 22

В. М. Абрамсон, А. З. Закиров, Г. И. Муравин

Строительство Киевского метро

Пусковой участок Святошино-Броварской линии 26

В. Н. Пальчик

Технология проходки перегонных тоннелей

28

С. Н. Лихман, В. Е. Олефир

Большой проект

Строительство дренажно-коммуникационных
тоннелей в Ашгабате 30

А. П. Букань

Концепция защиты дренажно-коммуникационного тоннеля
от влияния сейсмических воздействий 33

Г. Р. Розенвассер, В. В. Петрук, А. П. Букань

Зарубежный опыт

Тоннелестроение в Турции 38

В. Н. Жуков

Метрополитены

Тбилисский метрополитен.
Одноводчатые станции глубокого заложения 40

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

Пути повышения эксплуатационной стойкости рельсов
для метрополитенов 42

Е. А. Шур, А. И. Борц

Работа электрооборудования вагона
метрополитена в составе метропоезда 44

В. А. Мнацаканов

Прогрессивные конструкции стрелочных переводов
для путей метрополитенов 45

С. О. Сурин, М. Ю. Хвостик

Вузы отрасли

Подготовка инженеров и научных работников в области
тоннелестроения в МАДИ (ГТУ) 46

Л. В. Маковский

Объявления 48

СОДЕРЖАНИЕ



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ:

Поперечное сечение
Краснопресненского
автодорожного тоннеля
в Москве. Проект.

Бурейская ГЭС: ввод в эксплуатацию

В. Н. Жуков,
главный инженер
института «Гидроспецпроект»

30 июня 2003 г. сдан в эксплуатацию 1-й гидроагрегат Бурейской ГЭС. Бурейская ГЭС расположена на реке Бурея в 280 км восточнее г. Благовещенска.

Строительство Бурейской ГЭС мощностью 2000 МВт было начато в конце 70-х, но недостаточное финансирование не позволило сдать ее в эксплуатацию в первоначально намечавшиеся сроки. Возобновление строительства фактически законсервированного объекта произошло в 2000 г, когда стал очевиден надвигавшийся энергетический кризис в Дальневосточном регионе страны. Инициаторами возобновления строительства ГЭС были председатель правления РАО «ЕЭС России» Чубайс и министр путей сообщения Аксененко, обеспечившие инвестиции в начальный период (в настоящее время строительство ведется на средства РАО ЕЭС). Финансиро-

вание работ в необходимом объеме (до 7 млрд руб. в год) позволило выйти на очень высокие темпы строительства.

Бурейская ГЭС имеет относительно небольшой подземный комплекс, включающий в себя кабельный тоннель длиной 410 м, вертикальную кабельную шахту глубиной 110 м и подходной тоннель длиной 150 м. Общий объем подземной разработки – 37 тыс. м³, подземного бетона – 9 тыс. м³. Подземные выработки предназначены для размещения кабелей выдачи мощности первых агрегатов ГЭС, кабелей собственных нужд, связи и др. Кабельная шахта диаметром более 9 м в проходке имеет неправильную форму поперечного сечения (близкую к форме лампочки); в ней расположены кабельные отделения, лифтовое, лестничное отделение и т.д. На разных высотных отметках к шахте примыкает ряд камер для размещения насосного и противопожарного оборудования.

Проходку подходного тонн-



Плотина Бурейского гидроу-

ля, кабельного тоннеля и верхнюю часть кабельной шахты выполнил Союзгидроспецстрой. Работы на завершающем этапе выполнял Ростовшахтострой, а также ряд строительных и монтажных организаций, принимавших участие в строительстве объектов ГЭС.

При соблюдении графика финансирования строительство

Бурейской ГЭС будет завершено в 2007 г. Для этого необходимо поднять бетонную плотину еще на 60 м и смонтировать оставшиеся 5 гидроагрегатов.

Сдача в эксплуатацию Бурейской ГЭС позволит обеспечить надежное энергоснабжение Дальневосточного региона и сэкономить до 5 млн тонн условного топлива в год.



НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСКОВСКОГО МЕТРО

Прокладку правого перегонного тоннеля Бутовской линии в сторону станции «Бульвар Дмитрия Донского» протяженностью свыше километра первоначально должен был вести коллектив СМУ № 8 Мосметростроя. Но в связи с тем, что строительство этого перегона ему предстояло осуществить немеханизированным щитом ЩН-1 в целях сокращения сроков проведения работ, проходку первых 800 м тоннеля поручили ТО-6 щитом фирмы «Ловат». Оставшиеся 300 м построил коллектив участка № 5 СМУ № 8.

Освоение стройплощадки началось в октябре 2002 г. Ее территория располагалась в лесном массиве, что создавало определенные трудности, так как часть зеленых насаждений пришлось вырубать, а деревья наиболее ценных пород высадили вдоль бульвара Дмитрия Донского.

Сложности возникали и при сооружении стартового котлована. Дело в том, что на месте его разработки был большой овраг, и во время дождей котлован просто бы затопило. Поэтому было принято решение о частичной засыпке оврага.

Разработку котлована размером 40 x 16 м и глубиной 20 м осуществляли в два яруса. Порода крепили методом «стена в грунте», котлован – металлическими трубами в четыре яруса со спаренными балками № 55. На дне было устроено ложе для щита, который смонтировали всего за одну неделю.

В марте текущего года началась проходка.

Глубина заложения трассы 20 м с уклоном в сторону станции «Бульвар Дмитрия Донского» до 24 м.

Вначале пришлось нелегко. Техника была старая. Работы



Щит ЩН-1 успешно справился со своей задачей

велись в увлажненных песках и суглинках. Песок, попадая в узлы и детали, перетирал их, в результате чего механизмы часто выходили из строя. При проходке в суглинках щит стал проваливаться, и приходилось

его поднимать. Возникали простои из-за замены щитовых домкратов. Все это, конечно, повлияло и на темпы проведения работ. Поэтому первое время проходили всего по 1 м в сутки. Затем, когда вошли в

колею, монтировали уже по 3, а некоторые бригады и по 4 кольца.

Большая заслуга в наладке и доводке техники принадлежит механикам участка В. Н. Гайданко и Управления механизации В. В. Тетерину. Усовершенствование отдельных деталей и узлов позволило значительно сократить расход материалов.

Чугунную обделку монтировали механизированным блоком-укладчиком.

Несмотря на то, что приток грунтовых вод был небольшим,

их уровень перед началом работ был понижен на 1 м. В период ведения проходки 9 скважин постоянно откачивали воду. Каждые 3 дня гидрогеологи проводили замеры уровня грунтовых вод. Поэтому трасса на всем протяжении была сухой.

Преодолев все трудности, коллектив завершил сооружение участка 15 июля - на неделю раньше установленного срока.

Сейчас ведется укладка путевого бетона.



ТЕХСОВЕТ В МЕТРОГИПРОТРАНСЕ

Интенсивное развитие транспортной инфраструктуры за последние годы поставило на повестку дня вопросы, связанные с решением сложнейших инженерно-технологических задач.

Это и прокладка уникального Лефортовского тоннеля через историческую часть города, и строительство эстакадного метро, осуществляемого впервые в нашей стране, проектирование строительства линии мини-метро в центре города. Это и проектирование «скоростной транспортной системы» (СТС). Это сооружение Серебряноборского транспортного тоннеля, не имеющего аналогов в мировой практике транспортного строительства, где будут реализованы идеи размещения автомобильного движения и метрополитена.

Понимая всю важность намечающихся тенденций в области метроостроения, осознавая то место и роль, которую играл и играет ОАО «Метрогипротранс» в становлении и развитии отечественного метрополитена, руководством Общества считается необходимым и возможным превратить ОАО «Метрогипротранс» в центр, координирующий проведение единой технической политики в области проектирования и строительства метрополитенов на всем пространстве бывшего Союза.

Для реализации поставленной задачи руководством института было решено не только воссоздать технический совет ОАО «Метрогипротранс», но и придать ему новое качество - научно-технического совета Общества (НТС).

Очень важно чтобы процесс обсуждения проходил коллегиально с широким участием специалистов-профессионалов не только Общества, но и внешних экспертов. С этой целью в состав НТС введены ведущие специалисты из профильных проектных и научно-исследовательских организаций, таких как Тоннельная ассоциация, НИЦ ТМ, МИИТ, ВНИИЖТ, НИИЖБ и др. Также к работе НТС привлекаются специалисты Мосметростроя, Мосметрополитена, Дирекции строящегося метрополитена, Инвестстройметро, ООО «Организатор».

Широкий спектр решаемых институтом задач потребовал также создания специализированных секций НТС по направлениям: строительных конструкций и технологии строительства; технических устройств объектов; архитектуры зданий и сооружений; мостов и эстакад.

9 июля 2003 г. прошло заседание НТС ОАО «Метрогипротранс», на котором рассматривались основные решения проекта автодорожных тоннелей, совмещенных со Строгинской линией метрополитена на участке Краснопресненского проспекта и от МКАД до проспекта Маршала Жукова. Участники заседания НТС в своих выступлениях отмечали сложность поставленных задач и их уникальность. Проектирование Серебряноборских тоннелей базировалось на накопленном опыте проектирования и строительства Лефортовского тоннеля.

Большое внимание при обсуждении доклада было уделено вопросам безопасности - проблеме эвакуации людей, возмож-



С докладом выступает А. З. Закиров, главный инженер проекта

ности доступа аварийно-спасательных групп при возникновении чрезвычайных ситуации в автодорожном отсеке тоннеля, работе вентиляции и дымоудаления. Было отмечено, что наличие сервисного тоннеля и соединительных межтоннельных сбоек значительно улучшают эксплуатационные параметры безопасности по сравнению с Лефортовским тоннелем. В то же время было отмечено, что их сооружение будет проходить в неустойчивых обводненных песках, супесях и пучинистых глинах, т. е. практически в плавунных грунтах. Это потребует специальных технологических решений по предварительному закреплению грунта цементацией, проведенной из сервисного тоннеля.

При обсуждении проекта было высказано предложение, связанное с бережным отношением к окружающей природной среде - рассмотреть вариант продления закрытого способа работ в районе ручья Большие Пилуши еще на 100 м и провести экономическое сопоставление вариан-

тов. Поднимался вопрос об очередности проходки основного и сервисного тоннелей.

31 июля прошло первое заседание секции «Проектирование мостовых сооружений» НТС ОАО «Метрогипротранс». На обсуждение было вынесено два вопроса. Первый - устройство верхнего участка пути эстакадного метро с учетом зарубежного опыта и альтернативных предложений инженеров Общества. Второй вопрос был посвящен опыту проектирования и строительства Бутовской линии эстакадного метро в свете перспектив развертывания работ по Солнцевской линии.

Таким образом, можно констатировать, что в ОАО «Метрогипротранс» создан и начал функционировать механизм, направленный на консолидацию отечественного, во многом передового, опыта проектирования и строительства метрополитенов. Мы уверены, что нам удастся аккумулировать накопленный опыт ОАО «Метрогипротранс» и сделать его достоянием инженеров-проектировщиков метрополитена в нашей стране.





БАУЕР Машинен ГМБХ
Московское представительство
Спиридоньевский переулок, 6, кв.1
103104, г. Москва, Россия
тел/факс: (095) 203 84 86
203 34 49
203 36 43

Мировой лидер

**в производстве оборудования для специального
подземного строительства**

ЗАВЕРШЕНА УКЛАДКА ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА В ЛЕФОРТОВСКОМ ТОННЕЛЕ!

6 августа 2003 г. состоялся митинг по поводу досрочного завершения бетонирования проезжей части в Лефортовском тоннеле протяженностью 2,2 км.

Работы по возведению проезжей части выполнял коллектив филиала № 1 ЗАО «Трансмонолит» (директор Костенюк И. А., заместитель директора Дабарский В. А., начальник участка Андреев Ю. А.).

Организационно-техническое обеспечение работ осуществляло ООО «Трансстройтоннель» (генеральный директор Грачев В. П.,

главный инженер Горбунов Г. Н., начальник участка Целлаев Н. Н.).

Высокие темпы сооружения проезжей части были достигнуты благодаря слаженной и надежно скоординированной организации управления всем строительным комплексом, которое осуществлял штаб строительства во главе с генеральным директором ЗАО «Трансмонолит» Шварцманом В. Л. и начальником Управления строительства Лефортовского тоннеля Бессоловым В. А.-Б.

Присутствующий на этом торжественном мероприятии президент корпорации «Трансстрой»



Брежнев В. А., поздравил строителей с трудовой победой, тепло

поблагодарил участников и вручил награды.



ИНГЕОКОМ СТРОИТ МОСТ И ТОННЕЛЬ НА УЧАСТКЕ ЛЕФОРТОВСКОЙ ТРАССЫ

Лефортовский мост на трассе третьего транспортного кольца от Спартаковской площади до шоссе Энтузиастов перекрывает русло и набережные реки Яуза шесть пролетами по схеме 24+25+43,62+30,24+32,14+29,6 м. Пролетное строение высотой от 0,91 до 1,61 м плитное, рамно-неразрезное из преднапряженного железобетона с проектным классом бетона по прочности В60. Промежуточная рамная опора № 4 предусмотрена в виде бесшарнирной арки сечением 6,0-2,2 м и пролетом 36,87 м. Остальные промежуточные опоры – косые, стоечные, состоящие из четырех колонн и обрамляющие с осью пролетного строения угол косины от 19 до 52,3 градусов. Оси крайних опор (устой) перпендикулярны оси пролетного строения.

Возведение моста принято на сплошных подмостях с разбивкой пролетного строения на пять секций бетонирования, арки – на три стадии бетонирования.

Натяжение высокопрочной арматуры предусмотрено на каждую секцию с последующей стыковкой и дотяжкой пучков после омоноличивания между собой секции бетонирования.

В пределах русла реки Яуза сплошные подмости опираются на пять стальных балок коробчатого сечения 2,48-2,56 и длиной до 36,6 м, перекинутых через русло реки и опертых на буронабивные сваи. Две балки на первой стадии работ несут кружала и опорную арку, а после раскружачивания арки – сплошные подмости пролетного строения.

Конструкция мостового полотна – асфальтобетонное покрытие 11 см, защитный слой из мелкозернистого бетона толщиной 6 см, сетка дорожная 4СР.

Трасса тоннельно-эстакадного варианта, являющегося замыкающим участком Лефортовского звена третьего транспортного кольца Москвы, включает, в том числе, два тоннеля мелкого заложения и мост через реку Яуза.

Строительство низководного шестипролетного моста на кривой в плане и профиле оригинальной конструкции, протяженностью 299 м с подходами, а так же части одного из тоннелей, протяженностью 485 м, осуществляет ЗАО «Объединение Ингеоком».



Гидроизоляция пролетного строения – «изопласт» толщиной 1 см. Переходные плиты – монолитные толщиной 40 см и длиной 6 и 4 м соответственно на устоях 7 и 1. Деформационные швы – типа MAURER, расположены на устоях 1 и 7. Ограждение проезжей части – типа «Трансэкострой». Перильные ограждения моста – стальные, секционные. Под тротуарами устроены лотки под необходимые кабельные коммуникации.

Освещение моста – десять мачт освещения (ЖРФИ 301317.062), расположенных по обеим сторонам пролетного строения.

Водоотлив моста – через дренажные трубки типа «Левша» диаметром 56 мм.

Все пролетное строение было готово 9 августа 2003 г. На сегодняшний день выполняются работы по устройству мостового полотна: ограждения, перила, гидроизоляция, шкафные стенки, деформационные швы.

Окончательный срок сдачи сооружения – 30 августа 2003 г. Пуск движения намечен на 7 сентября 2003 г. (День города).

ТОННЕЛЬ НА ПК 23+35 – ПК 28+20

Для освобождения площадок под строительство тоннеля была снесена часть зданий, расположенных на Танковом проезде: трехэтажная поликлиника, пятиэтажный 4-подъездный кирпичный дом, здание военного общежития. Снос начался в сентябре 2002 г. и полностью был закончен в ноябре 2002 г.

Длина участка, сооружаемого ЗАО «Объединение Ингеоком», 485 м. Строительство тоннеля ведется открытым способом с креплением котлована двумя ярусами расстрелов (трубы). Ограждающие конструкции котлована также являются несущей конструкцией плиты перекрытия тоннеля. Они выполнены из буросекущих свай диаметром 830 мм. Основные конструкции тоннеля полностью монолитные, ширина проезжей части 16,5 м. В тоннеле

предусмотрены два служебных прохода шириной 0,65 и 1,00 м соответственно. В конструкции предусмотрено два перекрытия: верхнее толщиной 1 м и нижнее – 0,25 м. Между ними предусмотрены технические отсеки для обслуживания тоннеля (вентиляционные короба, отсеки под кабельные сети и освещение) высотой 2,1 м.

В тоннеле предусмотрена дождевая канализация, труба диаметром 1 м в обойме. Также под лотком тоннеля расположен пластиковый дренаж со сбором воды в полиэтиленовую трубу.

Гидроизоляция тоннеля – изопласт, замкнутый по контуру основных конструкций.

Деформационные швы – резиновая шпонка, заделанная в железобетон. Средняя глубина залегания тоннеля – 4 м от верхней отметки перекрытия.

Окончательный срок завершения всех основных конструкций – конец октября 2003 г. (включая при-тоннельные сооружения).





НОВОСТИ ОТ LOVAT

ТОННЕЛЬ ПРОЙДЕН!

**Рику Ловату
президенту компании «LOVAT Inc.»**

«Рик, хочу поблагодарить Вас и Вашу компанию за созданный тоннелепроходческий механизированный комплекс (ТПМК), работавший в трудных условиях на этом объекте. Комплекс прошел 6,8 км в валунной глине, илистых песках и глинах, грубозернистых песках в условиях сильнейшей обводненности. В самом начале проходки столб подземных вод над местом проходки составлял 50 м. Этот объект был для нас очень трудным и проблемным, но мы приняли ряд разумных решений, одним из которых, совершенно очевидно, была закупка ТПМК диаметром 3,5 м у фирмы «Ловат». После проходки 6,8 км комплекс имеет самый минимальный

износ. Его фасадная часть выглядит так же, как перед началом проходки.

Мы на последних этапах подготовки к проходке еще 7,2 км тоннеля, из которых 3,6 км будет пройдено ТПМК диаметром 2,85 м и 3,6 км - ТПМК диаметром 3,45 м. Причем последний комплекс нуждается в минимальном обновлении: заменить резцы и вперед!

Еще раз спасибо за сотрудничество в деле создания подходящего тоннелепроходческого комплекса для нашего объекта».

**Искренне Ваш,
Тим Клиэри
Территориальный управляющий,
Строительная фирма «МакНэлли Констракшн Инк.»**



Комплекс «Ловат» модели RME152SE

ДВА ТПМК LOVAT ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ТОННЕЛЯ В г. БОЛОНЬЕ

Министр транспорта и руководство региона Болонья посетили 25 июня 2003 г. церемонию пуска первого тоннелепроходческого комплекса LOVAT, который пройдет первый из двух параллельных однопутных высокоскоростных тоннелей под г. Болонья. Второй щит с грунтовым пригрузом забоя находится на стадии сборки. Впервые под городом необходимо пройти тоннель для высокоскоростной железной дороги в Италии.

Два тоннеля длиной 6120 м, имеющих наружный диаметр 9,4 м и внутренний 8,3 м, пройдут от San Ruffillo к депо подвижного состава в Fascio Salesiani. Депо будет связано с новой подземной железнодорожной станцией, находящейся около Центральной станции, тоннелем

длиной 120 м. Через каждые 250 м два основных тоннеля будут связаны переходами. Для проходки тоннелей строительная компания применит два тоннелепроходческих комплекса с грунтовым пригрузом забоя фирмы LOVAT.

Длина каждого комплекса составляет 195 м, установленная мощность 4000 кВт, максимальное усилие подачи 100 тыс. кН. Масса щита 550 т. Как предполагают, скорость проходки достигнет 8-12 м/сут. Оба комплекса стартуют из котлована глубиной 15, шириной 25 и длиной 150 м в San Ruffillo к югу от города. В контракт также включен тоннель открытого способа работ длиной 980 м, который подходит к двум тоннелям, 4-уровневая автостоянка, аварийный подход к двум тонне-



лям и тоннель длиной 120 м между ними и будущей станцией высокоскоростной дороги.

Для сооружения тоннелей потребуется 30 месяцев, ввод в эксплуатацию намечен на 2007 год. Сооружение обойдется в 193 млн евро.

Ловат Инк. представлен в России

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

СТРАТЕГИЧЕСКИЙ АЛЬЯНС PUTZMEISTER И SIKA

Компания Sika AG, специализирующаяся в химической отрасли (г. Базель, Швейцария), и Putzmeister AG (г. Айхтал, Германия) образовали стратегический альянс в области тоннелестроения и горных работ.

Putzmeister является лидером в разработке и изготовлении оборудования, укладываемого бетон, строительный раствор и другие высоковязкие материалы, и будет нести ответственность за изготовление набрызг-бетонного оборудования, в то время как Sika будет исключительно играть роль агента по продаже. Обе компании управляют предприятиями и коммерческими организациями в разных странах. Sika продолжит изготовление роторных набрызг-бетонных машин Aliva.

Образованный альянс укрепит коммерческие позиции обеих компаний в мире в области тоннелестроения и горных работ.

ТОННЕЛЬНЫЙ ЭКСКАВАТОР



Новый тоннельный экскаватор Cat 325 CCR мощностью 164 кВт массой 35 т, имеющий радиус поворота только 1,9 м, сконструирован специально для тоннелестроения. У него прочная ходовая часть, мощная бульдозерная лопата, ковш или обратная лопата. Встроенная система инструментального контроля помогает оператору, не покидая кабины, отладить вспомогательную гидравлическую цепь при каждой замене инструмента. Высокоэффективный каталитический вытяжной фильтр удаляет более 98% микрочастиц углерода и значительно уменьшает выброс углеводорода и окиси углерода.

Но, по сообщению российского представительства компании, данная модель экскаватора пока не будет поставляться на европейский и российский рынки. Единственный близкий по классу экскаватор, предлагаемый в Европе и СНГ, это 320CLU.

Рост влияния фирмы "Херренкнехт АГ"

В ежегодном отчете фирмы "Херренкнехт АГ" за 2002 г. сообщается, что впервые она продала продукцию на сумму более 300 млн евро, что укрепляет позицию фирмы в мире как лидера на рынке изготовителей тоннелепроходческого оборудования (ТПМК).

В предисловии к отчету основатель фирмы и председатель правления д-р Мартин Херренкнехт отмечает, что глобальная экономика становится все более

сложной, это затрудняет прогнозирование будущего развития. Однако он выражает уверенность в том, что механизированное тоннелестроение будет оставаться глобально растущим рынком, будет иметь ведущие позиции в инвестиционном процессе. Фирма полностью обеспечивает обслуживание изготавливаемого оборудования, а свои отношения с заказчиками основывает на принципах честности и доверия.

WIRTH начал строить метро в Барселоне и...

20 июня 2003 г. проходческий щит с грунтовым пригрузом, изготовленный компанией NFM Technologies, являющейся дочерней компанией фирмы WIRTH и основанной в Лионе, начал проходку Линии 9 в Барселоне от пункта Can Zam в Santa Coloma de Gramenet.

Диаметр щита 11,95 м, внутренний диаметр тоннеля составит 10,9 м после укладки железобетонных блоков. Каждое кольцо обделки состоит из 8 блоков. Заказчик - объединение по строительству Линии 9 (Linea 9 JV) - снабжает железобетонными блоками обделки. Длина щита 12,6 м, длина всего тоннелепроходческого комплекса (с защитным оборудованием) составляет 140 м. Масса щита 2200 т. Его установленная мощность 8150 кВт, двигатель планшайбы (исполнительного органа) дает 4725 кВт. Номинальное усилие подачи 90000 кН, обеспечиваемое 30 гидроцилиндрами. Номинальный крутящий момент 29000 кН при 1,25 об/мин. Скорость вращения планшайбы может достигать 3,7 об/мин. Предполагается, что скорость проходки составит 15-20 м/сут. Разработан-



ный грунт будет удаляться с помощью конвейерной ленты фирмы Continental Conveyor.

В 2007 г. Linea 9 JV будет самой длинной в Европе линией метрополитена, имеющей длину 43 км, 46 станций. Она свяжет пункты Badalona и Santa Coloma с аэропортом El Prat и Zona Franca. Стоимость сооружения линии составит 2,25 млрд евро.

...поставит два ТПМК в Иран

Так же компания NFM Technologies поставит два тоннелепроходческих комплекса с грунтовым пригрузом забоя для организации городских железных дорог для метропроекта в Ширазе.

Щиты пройдут два тоннеля по 15 км каждый. Диаметр рабочего органа 6,88 м. Длина щита 10 м, длина всего проходческого комплекса 110 м. Каждый щит имеет массу 600 т, установленную мощность 1600 кВА, мощ-

ность рабочего органа 900 кВт, номинальный вращательный момент 7000 кНм, максимальную скорость вращения 3 об/мин., номинальную силу подачи 44000 кН. Обделка тоннеля будет выполнена из железобетонных блоков длиной 1,4 м. Разработанный грунт будут удалять вагонетками. Породы представлены на 70% глинами, на 30% - песком. Поставка машин намечена на IV квартал этого года.

МЕТРОГИПРОТРАНС ШИРОКО ОТМЕТИЛ 70-й ЮБИЛЕЙ

Была разработана целая программа, заключающаяся в создании праздничной атмосферы, выпуске праздничной атрибутики, издании юбилейной книги. Причем такая книга вышла в свет впервые. Это не просто красиво оформленное издание о проектировщиках и созданных ими станциях метрополитена, это книга, в которой отражены все сферы деятельности сотрудников института: разработка конструкций тоннелей и станций, технология их сооружения, инженерно-геологические изыскания, архитектура, трассировка линий и многое другое.

На празднике, который проходил в помещении Экспоцентра, традиционно были поздравления, вручения наград и подарков.

Коллектив Метрогипротранса поздравляли многие его партнеры и организации, с которыми он сотрудничает, высокие чиновники от департамента строительства Москвы и федеральные руководители, проектные организации, бизнесмены, которые нередко выступают в роли инвесторов и заказчиков.

На вечере вручались памятные коллекционные медали "Почетный проектировщик Метрогипротранса". Их получили не только сотрудники института, но и руководители бывших его филиалов, которые появлялись в различных городах бывшего Союза по мере начала прокладки в них метрополитенов.

Организаторы вечера были в постоянном тесном контакте с теми, кто помогал в подготовке и проведении праздника. В основном, это была команда О.С.П.-студии, участники которой давали много полезных и ценных со-

В начале июня 2003 г. Метрогипротранс отметил свое 70-летие. Руководство института постаралось отпраздновать это событие так, чтобы оно надолго запомнилось как сотрудникам, так и гостям, присутствующим на этом вечере.



ветов, помогали в разработке сценария.

Зал, где проходило торжество, был оформлен в стиле времен начала строительства метрополитена, т. е. 30-х годов прошлого века. Здесь при входе стояла мороженщица, угощавшая всех эскимо, которое было, как прежде, конусообразной формы; у эскалатора для подъема в зал, расположенный на 2-м этаже, находилась "дежурная по станции" в красной шапочке, направлявшая потоки людей; при входе патрулировала конная милиция, одетая в форму того времени; в зале и других помещениях были развешены плакаты и лозунги типа "Даешь метро!" и др.

Большой интерес у собравшихся вызвала картинная галерея, где портреты многих руководителей Метрогипротранса были выполне-

ны в стиле эпохи Возрождения.

Выглядело все это своеобразно и очень интересно.

В праздничном концерте приняли участие многие российские звезды, правда, с ними пришлось заранее побеседовать, т. к. для непосвященного человека четко произнести слово "Метрогипротранс" было очень сложно.

На сцене также происходило необычное действие: Сталин отдавал приказы Калинин и Кагановичу, обсуждалась транспортная проблема тех лет в Москве и пути ее решения.

Определенных временных рамок проведения вечера установлено не было. Поэтому присутствующие гости (а их было порядка 1000 человек) не расходились до глубокой ночи, так как всем было очень интересно и весело.



ЛЕФОРТОВСКАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА

Настоящая статья продолжает серию публикаций по строительству Лефортовского участка 3-го транспортного кольца Москвы

Панорама строительства. Точка «А» июль 2003

УЧАСТКИ ОТКРЫТОГО СПОСОБА РАБОТ В ТОЧКАХ «А» И «В»

Н. В. Брачков,

главный инженер ЗАО «Трансмонолит» филиал № 3

С. М. Ворнычев,

главный специалист ЗАО «Трансмонолит»

Т. В. Верещагина,

начальник ЛНИР
ОАО «СКТБ Тоннельметрострой»

Н. С. Четыркин,

главный специалист
ОАО «СКТБ Тоннельметрострой», к.т.н.

Таблица 1

	Точка «А»		Точка «В»		
	основной тоннель	тоннель выезда	основной тоннель	тоннель съезда	тоннель выезда
Длина участка тоннелей открытого способа работ, м	350	260	350	325	309
Длина рампового участка, м	181	75	155	210	226
Всего:	531	335	505	535	535

В октябре 2001 г. на расширенном заседании Экспертного научно-технического совета Тоннельной ассоциации России с участием мэра Москвы Ю.М. Лужкова было принято решение – одобрить вариант трассы 3-го транспортного кольца в районе Лефортово, предусматривающий организацию движения городского автомобильного транспорта через один тоннель глубокого заложения и устройство обходного пути для движения автотранспорта в противоположном направлении от Бакунинской улицы, вдоль р. Яуза, с последующим выходом на шоссе Энтузиастов (рис. 1).

Рассматриваемые участки обеих трасс (тоннели мелкого заложения и рампы) на большей части своей длины практически параллельны и образуют общую рамную конструкцию. Эти участки именуются основными тоннелями – левый и правый соответственно по трассе тоннеля глубокого заложения и в обход его.

В составе транспортных узлов помимо основных тоннелей обоих направлений имеются тоннель съезда в т. «В» и тоннели выезда с 3-го кольца в точках «А» и «В», а также комплексы притоннельных сооружений. Длины тоннелей открытого способа работ в составе транспортных развязок приведены в табл. 1.

Участки открытого способа работ начинаются с монтажной и демонтажной камер для ТПМК (соответственно в т. «В» и «А»), в которых после завершения проходческих работ в тоннеле глубокого заложения на период эксплуатации устраивают технологические помещения, возводя многоэтажные рамные железобетонные конструкции.

Сечения основных тоннелей принципиально решены в виде двухъярусной коробчатой железобетонной конструкции. Нижняя часть предназначена для проезда (три полосы движения по 3,5 м на трассе левого тоннеля, четыре полосы на трассе правого тоннеля и полос

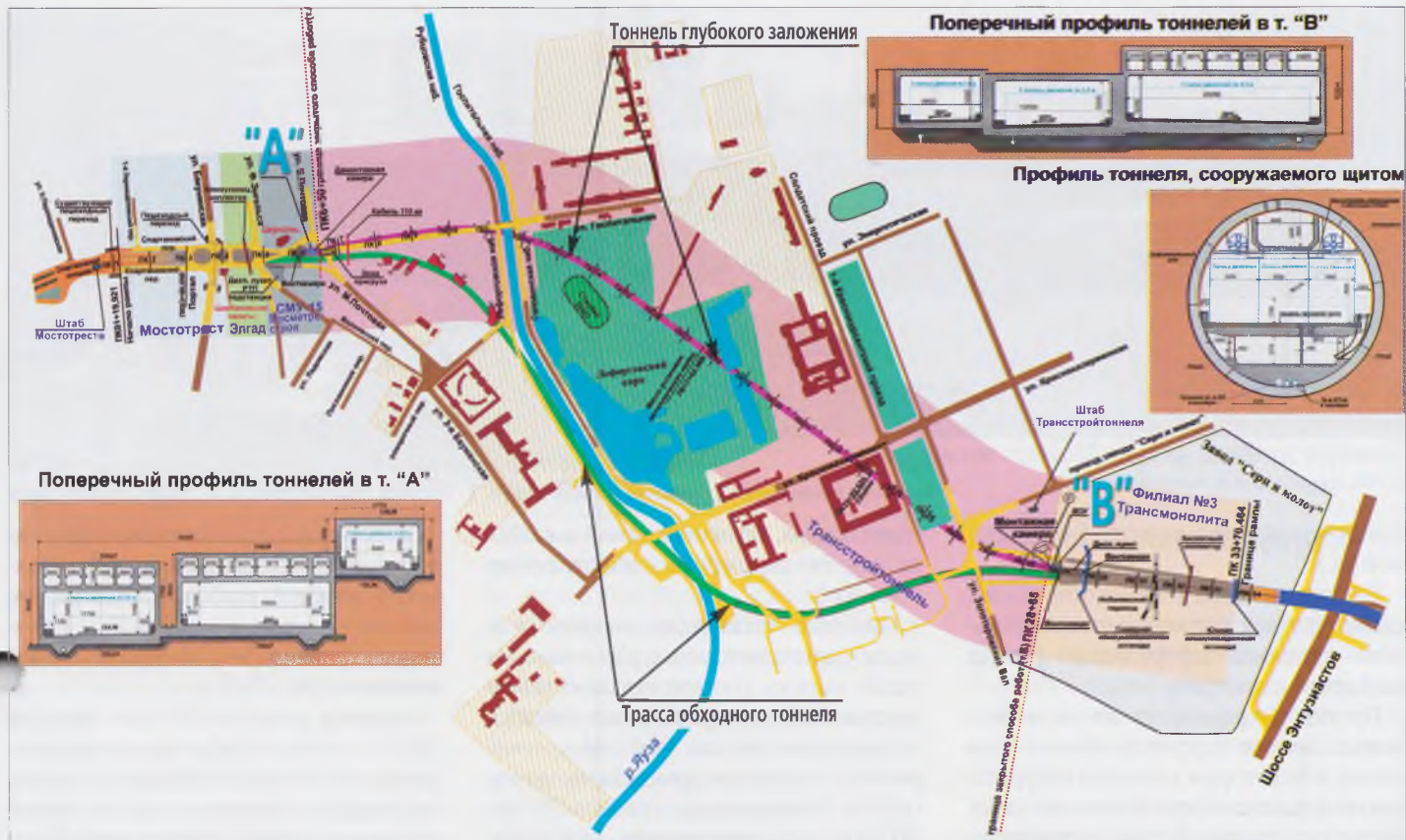


Рис. 1. Участок 3-го транспортного кольца Москвы в Лефортово от Спартаковской площади до ш. Энтузиастов

безопасности по 0,75 м); в верхней части располагаются кабельные и вентиляционный коллекторы.

Конструкция основного тоннеля выполняется из железобетона класса В30, W6, F300 в солях. Арматура класса А1 и АIII.

Тоннели съездов также запроектированы в виде монолитных железобетонных рам, проезжая часть - 2 полосы по 3,5 м и 2 полосы безопасности по 0,5 м.

Рамповые участки автодорожных тоннелей в т. «А» запроектированы с тремя полосами движения по трассе левого основного тоннеля на участке от портала до Спартаковской площади и четырьмя - для движения по правому тоннелю от Спартаковской площади до портала.

Рамповые участки автодорожных тоннелей в т. «В» запроектированы с четырьмя полосами движения в каждом направлении.

Участки тоннеля открытого способа работ деформационными швами шагом 20-60 м разбиты на секции соответствующей протяженности.

Строительство велось в сложных инженерно-геологических условиях при высоком уровне грунтовых вод (до 9 м над уровнем дна котлована), предопределившим возведение защитного ограждения котлованов «стеной в грунте» с заглублением в водоупор. Днище конструкции частично попадает в пучинистые грунты, подлежащие замене.

На период эксплуатации предусмотрена гидроизоляция тоннелей - наружная оклеечная двухслойная.

В качестве генеральной проектной организации (генпроектировщик) выступает Москомархитектура - ГУП НИИПИ Генплана г. Москвы, головная проектная организация - ОАО Корпорация «Транстрой» по оси левого тоннеля и подходов к нему и ОАО НПО «Космос» по оси правого тоннеля и подходов к нему. Заказчиком левого тоннеля (глубокого заложения) и подходов к нему выступает ООО «Организатор», по другому (правому) участку трассы - ОАО «Москапстрой», генподрядчиками - ОАО Корпорация «Транстрой» и ОАО НПО «Космос». Ведущей проектной организацией является институт «Метрогипротранс».

Координация работ по проектированию и строительству объекта осуществляется организованным на объекте «штабом» - структурой, внедренной в системе Корпорации «Транстрой», и показавшей свою чрезвычайную эффективность при сооружении аналогичных объектов 3-го транспортного кольца.

Распоряжением штаба на этапе начала работ по сооружению основных конструкций генпроектировщику поручено обеспечить постоянное присутствие представителей авторского надзора на обеих стройплощадках с целью оперативного решения вопросов согласования ПСД, участия в рабочем освиде-

тельствании скрытых работ, обеспечения диспетчерской связи между всеми задействованными в проектировании и строительстве организациями (проектирование и строительство осуществляются с незначительным разрывом во времени).

Участок открытого способа работ в точке «В»

Из двух боковых тоннелей в точке «В» один служит для выезда транспорта, следующего по 3-му транспортному кольцу со стороны шоссе Энтузиастов в район Красноказарменной улицы. Другой тоннель предназначен для выезда из района Танкового проезда, площади Проломной Заставы на трассу 3-го транспортного кольца (рис. 2, соответственно левый и правый съезды).

Над тоннелями основного направления запроектирован венткомплекс в одном здании с ТП, а в районе монтажной камеры - здание ЦДП для обслуживания автодорожных тоннелей обоих направлений.

За монтажной камерой между тоннелями основного направления предусмотрено устройство площадки для размещения пожарного поста, гаража для спецтехники и вспомогательных помещений ГИБДД и Гормоста.

Согласно ПОС стройплощадка в т. «В» состоит из трех функциональных частей: базовой стройплощадки, участковой (между базовой и шоссе Энтузиастов)

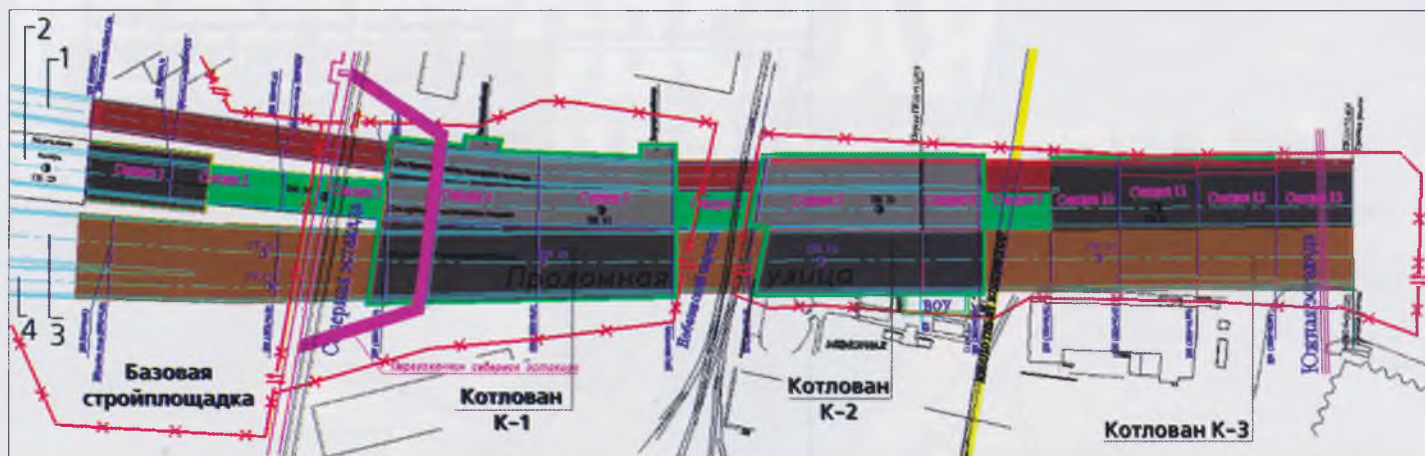


Рис. 2. Участок строительства третьего транспортного кольца в Лефортово, точка "В"
1 - тоннель левого съезда, 2 - основной «левый» тоннель, 3 - основной «правый» тоннель, 4 - тоннель правого съезда

тов) и вспомогательной (на 5-й Кабельной ул.).

Базовая площадка является отправной в схеме (графике) строительства тоннельного комплекса Лефортовского участка кольцевой магистрали.

Проектом предусмотрено частичное использование территориальных владений и некоторых объектов инфраструктуры завода «Серп и Молот». Здесь были размещены базовая стройплощадка, монтажная камера для сборки ТПКМ фирмы «Херренкнехт» и систем обеспечения его функционирования при сооружении тоннеля глубокого заложения.

Монтажная камера впоследствии переоборудуется с проведением дополнительных строительных работ, становясь начальным участком тоннеля, сооруженного открытым способом.

Работы по освоению базовой строительной площадки силами ДП ТО-6 «Мосметрострой» начались в январе 2000 г. Комплекс временных сооружений был начат с возведения цеха подго-

товки блоков, офисных зданий заказчика, штаба подрядчика, иностранных компаний.

Наиболее технически сложными в цикле подготовительных работ на площадке явилось сооружение монтажной камеры (МК), которое осуществлялось по техдокументации ОАО «Метрогипротранс», проектам производства работ («СКТБ Тоннельметрострой», «ГПП-1», ДП ТО-6 «Мосметрострой», «ВИЗБАС», «Тоннель – 2001» и др.).

Строительные работы в монтажной камере производили: ДП ТО-6 «Мосметрострой» (форшхта, монтаж шпунтового ограждения, ж/б стены и лоток монтажной камеры, распорные конструкции, устройство ложа щита); ОАО «ГПП-1» (проходка пионерных траншей при устройстве шпунтового ограждения); ОАО «ВИЗБАС» (водопонижение в сооруженном котловане, зональное замораживание грунтов); ОАО «ГУПИКС» (земляные работы в котловане); ЗАО «Трансмонолит» ф-л № 3 (бетонный массив на начальном участке закрытого способа работ).

Завершение строительства монтажной камеры и начало проходческих работ в тоннеле глубокого заложения состоялось в конце ноября 2001 г. Эти этапы строительства освещались в публикациях 2001-2002 гг.

В период декабрь 2001 г. – февраль 2002 г. силами ЗАО «Трансмонолит» филиал № 3 осуществлялась подготовка территории к строительству на участке открытого способа работ между базовой стройплощадкой и шоссе Энтузиастов. При этом в районе т. «В» за базовой стройплощадкой формируются три строительные площадки на территории бывшей Проломной улицы: котлованы К-1, К-2, К-3. Позже в районе базовой стройплощадки формируются локальные площадки по сооружению первых трех секций основного тоннеля, тоннелей выезда и технологических помещений.

Для бесперебойного функционирования транспортной схемы завода «Серп и Молот» и для организации движения строительной техники устраива-

Рис. 3. Организации-исполнители по основным сооружениям в точке «В»





Рис. 4. Точка «В». Базовая стройплощадка. Вид с северной эстакады, январь 2003 г.



Рис. 5. Точка «В». Стройплощадка между базовой и ш. Энтузиастов. Вид с северной эстакады, январь 2003 г.

ются временные объездные дороги.

Используемая заводская территория чрезвычайно насыщена собственными и городскими коммуникациями. Вот перечень только тех из них, необходимость переустройства которых в наибольшей мере сказалась на очередности и сроках проведения СМР по сооружению тоннелей: северная энергетическая эстакада (переустройство); ж/д ветка и объездная автодорога (перенос); кислотопровод (разборка) + ж/д ветка (перенос); несколько участков с перекладкой или отключением водопроводных магистралей; канализация (переключение); южная энергетическая эстакада (переустройство); кабельный коллектор (разработаны мероприятия укрепления).

Одновременно с переустройством и перекладкой коммуникаций в зоне строительства началось сооружение ограждающих конструкций котлованов методом «стена в грунте» толщиной 640 мм, высотой 25-22 м, с заглублением в водоупор (8-14 м), бетон класса В25. За ограждающими конструкциями велись регулярные геодезические наблюдения (мониторинг).

До начала работ по экскавации грунта породы из котлованов производилось понижение уровня грунтовых вод посредством глубинных скважин, оборудованных погружными насосами.

Разработка грунта в границах контурного ограждения котлованов «стеной в грунте» велась экскаваторами с установкой по высоте ограждающих стен временных инъекционных анкеров в три и два яруса (убывание – в направлении ramпы) и устройством распорной металлической крепи в углах контурного ограждения.

На подготовительном этапе основной объем земляных работ выполнял ОАО «ГУПИКС», перекладку подземных коммуникаций – ОАО ГПР-1 «Мосинжстрой», ограждающие конструкции котлованов методом «стена в грунте» – филиал № 3 ЗАО «Трансмонолит», анкерное крепление – ЗАО «Спецтрансмонолит», переустройство строительных конструкций энергетических эстакад завода «Серп и Молот» – филиал № 1 ЗАО «Трансмонолит».

Организации – производители основных работ представлены на рис. 3, панорамы строительства – на рис. 4, 5, 6.

Участок открытого способа работ в точке «А»

Комплекс сооружений транспортного узла в т. «А» включает демонтируемую камеру, участок открытого способа работ (основные тоннели), рамповый участок и выезд из тоннеля на Малую Почтовую улицу (рис. 7).

Важным объектом комплекса в т. «А» является строящийся подземный пешеходный переход под Бакунинской улицей и Лефортовскими автодорожными тоннелями с выходом в четырех точках по обе стороны улицы.

Участок, сооружаемый открытым способом, также строится в котловане с ограждением «стена в грунте».

В местах, где имеются сооружённые около 20 лет назад не удовлетворяющие требованиям современного проекта «стены в грунте», демонтаж которых был бы слишком трудоёмким и дорогостоящим мероприятием, возведены новые несущие «стены в грунте». Они вплотную прилегают к существующим для обеспечения необходимых габаритов проезда. При этом на большом протяжении пришлось применить внутреннюю металлоизоляция вновь возведенных стен.

Рис. 6. Точка «В». Базовая стройплощадка. Сооружение тоннелей обоих направлений. Справа – участок ООО «Организатор», слева – Москапстрой, май 2003 г.



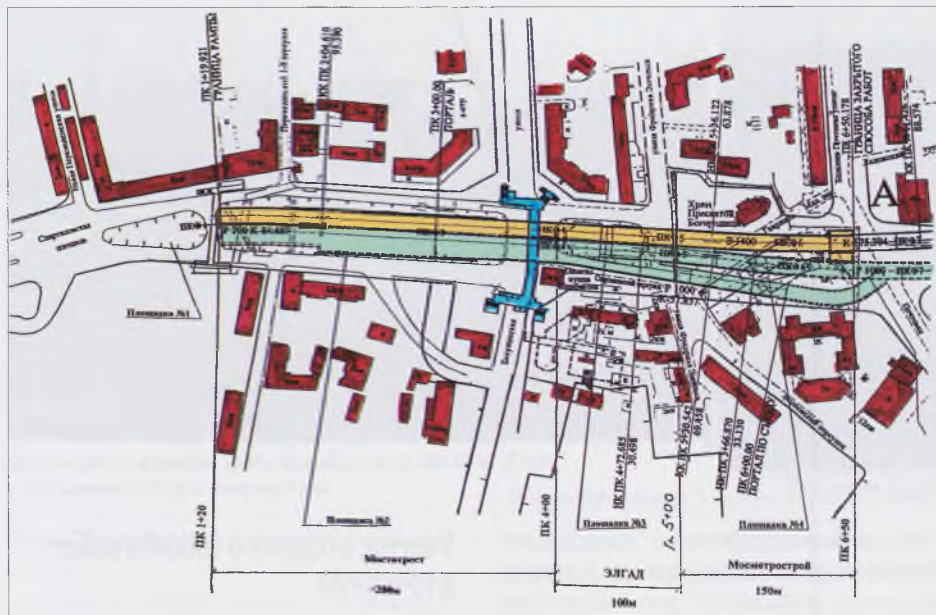


Рис. 7. План сооружений транспортной развязки в точке «А»

Необходимость предусмотреть и осуществить специальные мероприятия по усилению оснований, фундаментов и в некоторых случаях несущих конструкций (в особенности стен) вызывали памятники архитектуры, расположенные близко к трассе - палаты купца Щербакова (вторая половина XVIII века), старообрядческого храма Пресвятой Богородицы (1909-1911 гг.), на некоторых планах ошибочно обозначенного как «Кирха», здание театра «Модернь», жилые дома № 31/35 по улице Фридриха Энгельса и № 26/30 по Бакунинской ул. За ними были организованы геодезические наблюдения (мониторинг) с ежедневными замерами, их анализом и обсуждением на заседаниях штаба стройки мероприятий, необходимых для этих объектов.

До начала работ по сооружению «стен в грунте» с территории стройплощадки вынесены попадающие в зону проведения работ линии связи, энергоснабжения, тепло и водоснабжения, газо-

вая магистраль, различные коллекторы и их ответвления. Особенно много инженерных коммуникаций, подлежащих перекладке, расположено вблизи Бакунинской ул., ул. Ф. Энгельса, Почтовых улиц, Мало Гаврикова переулка. Среди них необходимо выделить газовую магистраль севернее ул. Ф. Энгельса и действующий практически весь период строительства пешеходный переход над котлованом в районе этой улицы.

ПОС предусматривалась организация нескольких строительных площадок. Первая была организована на Спартак-овской площади непосредственно за съездом с Русаковской эстакады с размещением на ней помещений штаба строительства и других вспомогательных сооружений. Вторая, расположенная между пешеходным переходом и Бакунинской улицей, была создана для осуществления строительства рампового участка тоннеля и небольшого участка тоннеля до Бакунинской улицы, сооружаемого открытым способом.



Рис. 9. Крепление демонтажной камеры

Третья площадка начиналась за Бакунинской улицей и заканчивалась перед улицей Фридриха Энгельса. Четвертая площадка начиналась за улицей Ф. Энгельса и заканчивалась непосредственно перед Почтовыми улицами (рис. 8). Она включала в себя в качестве важнейшего и ответственного объекта демонтажную камеру.

Производители основных работ: «Мостотрест» (МО-90) – сооружение и обустройство стройплощадки № 1, строительство рампового участка тоннеля и участка, сооружаемого открытым способом, до Бакунинской улицы (стройплощадка № 2), включая работы по устройству «стен в грунте», установку анкеров, возведение постоянных конструкций тоннеля; фирма «Элгад Интернешнл» вела строительство участка тоннеля открытым способом от Бакунинской ул. до ул. Ф. Энгельса (стройплощадка № 3), включая работы по устройству «стен в грунте», установку ан-

Рис. 8. Точка «А». Панорама строительства тоннелей обоих направлений на участке от демонтажной камеры до ул. Ф. Энгельса, июль 2003 г.





Рис. 10. Портал тоннеля в точке «А»



Рис. 11. Портал тоннеля в точке «В»

кер, сооружение постоянных конструкций тоннеля; СМУ-15 «Мосметрострой» – строительство открытым способом участка тоннеля от ул. Ф. Энгельса до Почтовых улиц (стройплощадка № 4), включая демонтажную камеру; ГПР-1 «Мосинжстрой» - перенос и переключенные коммуникаций, перекладка коллекторов, сооружение «стены в грунте» под ограждающие конструкции демонтажной камеры; фирма «Солетаншстрой» – сооружение «стены в грунте» на участке между ул. Ф. Энгельса и демонтажной камерой (объединённые стройплощадки № 3 и 4), установку анкеров; «Спецтранс-монолит» - работы по укреплению основания и фундаментов храма Пресвятой Богородицы.

При строительстве тоннеля крепление котлованов было принято следующим: ПК 1+19,92 ÷ ПК 1+45 – существующая консольная ограждающая «стена в грунте»; ПК 1+45 ÷ ПК 2+25 – консольная несущая «стена в грунте»; ПК 2+25 ÷ ПК 3+50 – несущая «стена в грунте»; ПК 3+50 ÷ ПК 4+21,4 – ограждающая «стена в грунте» (с торцами на ПК 3+50; ПК 4+23; ПК 5+10).

Высота стен ограждения – до 25 м, толщина 600 или 800 мм, бетон – класса В25. Креплением ограждающих стен служат прядевые инъекционные анкеры (от 1-го до 3-х ярусов) и распорная крепь (при глубине котлована более 15 м).

Крепление демонтажной камеры осуществляется шпунтом из металлических труб диаметром 720 ÷ 10 и 12-ю раскосами из стальных труб, установленных в три яруса (рис. 9).

По окончании работ по сооружению железобетонных стен постоянной конструкции демонтажной камеры было выполнено бетонирование лотка (днища) камеры и устройство ложементов для вывода ТПМК «Херренкнехт». Перед его выводом стальные раскосы срезаются, а камера заполняется водой.

Чрезвычайно актуальным (особенно для т. «А») явились вопросы безопасного ведения работ, в основном, в вопросах экологии, что связано с расположением стройплощадок в стесненных условиях городской застройки: жилой – для т. «А», промышленной – для т. «В». Контроль за безопасным ведением работ осуществ-

лялся службами Эконадзора, ГИБДД, ОАТИ, с участием ИГАСН, Мостовой инспекции, Метротоннельгеодезии, авторского надзора и технадзора заказчика, завода «Серп и Молот», городскими службами коммунального хозяйства, связи, ГО и др.

На Международной научно-практической конференции, проводимой ТАР 28-31 октября 2002 г. в Москве, значительное внимание было уделено строительству Лефортовской транспортной развязки, в том числе и вопросам промышленной безопасности. В ходе обсуждения проблемы в целом было принято решение рекомендовать Научно-экспертному совету Тоннельной ассоциации России подготовить «Методические указания по разработке решений промышленной безопасности в проектах организации строительства» для проектной документации на прокладку тоннелей и подземных сооружений взамен «Временных методических указаний по разработке раздела «Техническая безопасность», утвержденных заместителем начальника Госгортехнадзора России 30.07.1999 г.

Пока же на стадии проектных работ для Лефортово рекомендовалось разработать и утвердить специальный проект мониторинга строительства Лефортовского тоннеля в соответствии с экспертным заключением Госгортехнадзора России по промышленной безопасности строительства этого объекта.

По состоянию на конец июля 2003 г. на участках открытого способа работ в точках «А» и «В» завершается возведение конструкций основных тоннелей, форсируются работы по строительству объектов притоннельного комплекса и боковых тоннелей. На рис. 10 и 11 показаны порталы основных тоннелей обоих направлений.

С вводом в эксплуатацию Лефортовского участка замыкается 3-е малое транспортное кольцо Москвы.



Панорама строительства. Точка «В» июль 2003 г.



УСТРОЙСТВО ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОЙ ЗАВЕСЫ С ПОМОЩЬЮ СТРУЙНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ ГРУНТА

А. Г. Малинин,

канд. техн. наук, технический директор
 ЗАО «ИнжПроектСтрой»,
 член правления ТА России

П. А. Малинин,

инженер

Технология струйной цементации грунтов находит все более широкое применение при решении различных задач подземного строительства. В настоящей статье приводится обоснование и опыт внедрения технологии для устройства горизонтальных противοфильтрационных завес.

Введение

В настоящее время при строительстве глубоких котлованов или вертикальных выработок в обводненных грунтах наиболее широкое распространение получил способ, основанный на предварительном сооружении «стен в грунте» или опускной крепи до глубины залегания слоя естественного водоупора. В этом случае дальнейшая разработка грунта ведется под защитой водонепроницаемого ограждения и, как правило, не представляет никаких сложностей.

Иная ситуация, когда естественный водоупор отсутствует или когда он находится на значительной глубине, при которой его достижение ограждающими конструкциями становится экономически нецелесообразным. До недавнего времени в этом случае применяли методы водопонижения, которые часто бывали неэффективными при высоких фильтрационных характеристиках грунтов или становились опасными в связи с суффозионными процессами, негативно влияющими на фундаменты близко расположенных зданий и сооружений.

Сегодня появилась технология, позволяющая эффективно решать данный класс задач. Речь идет о технологии струйной цементации грунтов, с помощью которой создается искусственный слой водоупора – горизонтальная противοфильтрационная завеса (ПФЗ).

Сущность технологии

Сущность технологии заключается в разрушении грунта высоконапорной струей цементного раствора с одновременным перемешиванием грунта с цементным раствором. В результате в грунтовом массиве образуются колонны из нового материала – грунтобетона, обладающего высокими прочностными и противοфильтрационными характеристиками.

Устройство горизонтальных завес стало эффективным с помощью данной технологии по нескольким причинам. Во-первых, она дает возможность сооружения грунтоцементных колонн в «утопленном» высотном положении. Для этого в процессе прямого хода бурят скважину до проектной отметки подошвы ПФЗ, включают высоконапорную подачу цементного раствора и начинают подъем буровой колонны с одновременным ее вращением. При достижении проектной отметки кровли ПФЗ подачу цементного раствора прекращают, а буровой инструмент извлекают на поверхность.

Вторым преимуществом технологии является возможность создания сплошных



Котлован станции метро «Площадь им. Тукая» в г. Казани

грунтовых массивов, состоящих из взаимно секущихся грунтоцементных колонн. Для этого устройство сплошного тела завесы разбивают на этапы. Например, при двух этапах устройство колонн выполняют не подряд, а через одну колонну. После твердения грунтоцемента возвращаются к началу участка и проводят устройство пропущенных колонн. В этом случае струя цементного раствора «сканирует» поверхность ранее выполненных колонн, обеспечивая абсолютно полное примыкание к ним новой колонны. Схема, иллюстрирующая сущность

технологии и порядок устройства колонн, показана на рис. 1.

Расчет и проектирование

Расчет ПФЗ включает проверку на всплытие и прочность. Кроме того, при проектировании завес особое внимание следует уделять расположению устьев скважин с точки зрения обеспечения однородности конструкции.

Проверка на всплытие

Для схемы, приведенной на рис. 2 коэффициент надежности от всплытия

Устройство горизонтальной противοфильтрационной завесы в днище котлована



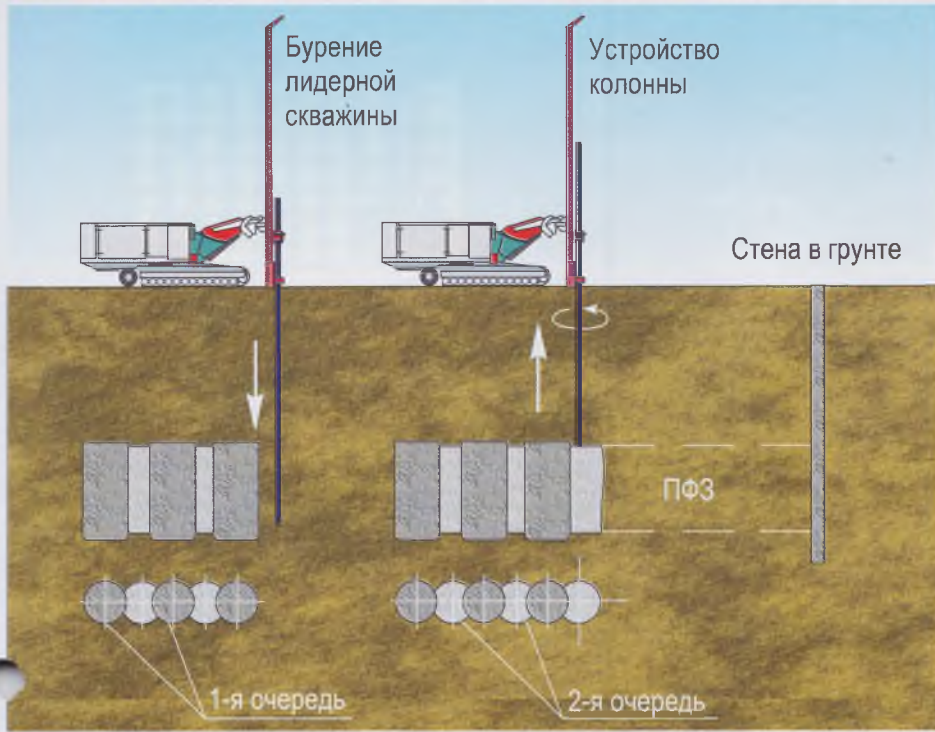


Рис. 1. Технология и порядок устройства колонн

может быть рассчитан по формуле

$$k = (h_1 \gamma_s + h_2 \gamma_f + f h_2 u / A) / (h \gamma_w), \quad (1)$$

где γ_s - удельный вес пригрузочного слоя грунта мощностью h_1 , расположенного над ПФЗ,

γ_f - удельный вес грунта бетона мощностью h_2 ,

γ_w - удельный вес воды,

h - превышение уровня грунтовых вод над подошвой ПФЗ,

f - удельная сила трения боковой поверхности завесы по внутренней поверхности ограждения котлована,

u, A - периметр и площадь завесы.

В первом приближении в качестве удельной силы трения можно принять величину

сцепления грунтобетона. В зависимости от степени ответственности сооружения коэффициент надежности принимают в диапазоне 1,1-1,3.

Проверка прочности конструкции

Основной нагрузкой, действующей на противодиффузионную завесу, является гидростатическое давление воды на ее подошву. Иногда результирующую нагрузку удастся уменьшить за счет веса пригрузочного слоя, расположенного над ПФЗ.

Так как грунтобетон, как правило, имеет низкую прочность на растяжение, то наи-

большую опасность представляют растягивающие напряжения, которые появляются в состоянии изгиба тела завесы.

В общем случае определение напряженно-деформированного состояния тела ПФЗ требует решения пространственной задачи. Однако в тех случаях, когда толщина конструкции на порядок меньше ее представительного размера (ширины прямоугольного котлована или диаметра кругового котлована) задачу можно решать с использованием формул, описывающих чистый изгиб балки.

Максимальные растягивающие напряжения, появляющиеся при изгибе балки прямоугольного сечения со свободно опертыми концами, могут быть рассчитаны по формуле:

$$\sigma = 0,75 q (L/h_2)^2. \quad (2)$$

С целью снижения неоправданно высокого запаса прочности А. Garassino предложил учесть боковое давление грунта. Применительно к расчетной схеме, показанной на рис. 2, растягивающие напряжения могут быть снижены на величину дополнительных сжимающих напряжений

$$\sigma = 0,75 q (L/h_2)^2 - \gamma_{sw} (H - h_2/2), \quad (3)$$

где γ_{sw} - удельный вес окружающего грунтового массива.

Подобный подход прост в реализации, но, как указывалось выше, является справедливым только для тонких ПФЗ. Между тем, на практике чаще встречаются случаи, когда толщина завесы сопоставима с ее размерами в плане. Необходимость устройства более мощных завес часто следует из расчета на всплытие или объясняется недостаточно высокими прочностными характеристиками грунтобетона.

При увеличении толщины завесы ее напряженно-деформированное состояние отличается от состояния чистого изгиба. В этом случае анализ напряжений может быть произведен только с применением численных методов.

Рис. 2. Схема проверки на всплытие

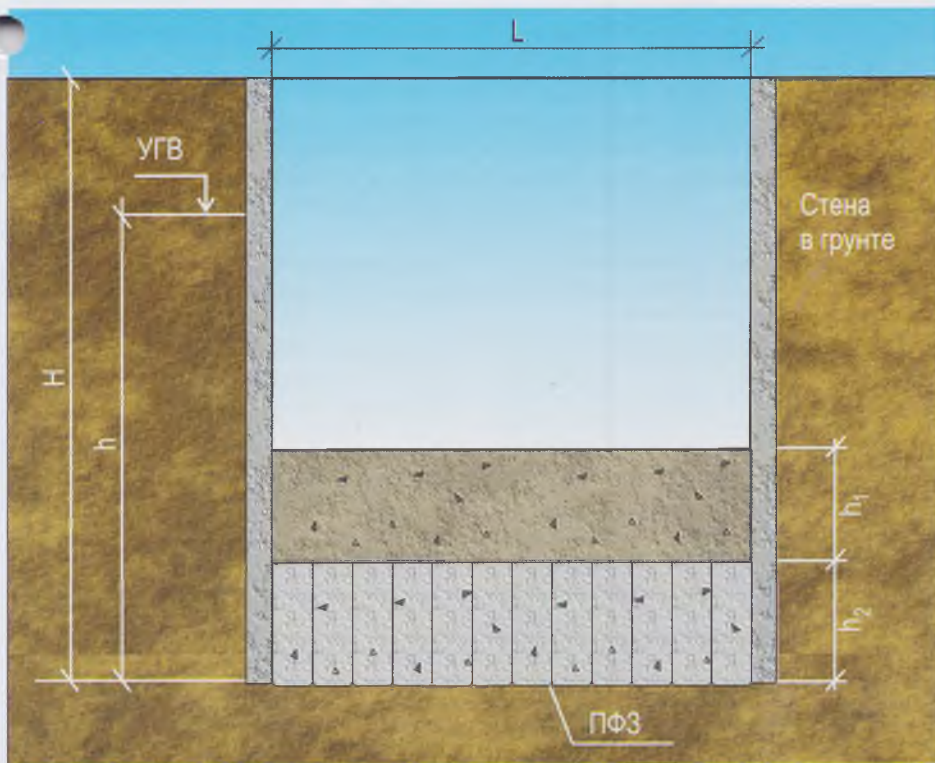
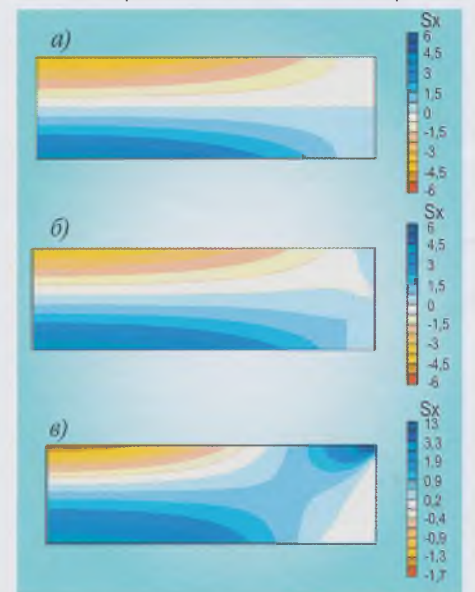


Рис. 3. Распределение горизонтальных напряжений в теле противодиффузионной завесы (показана только правая половина расчетной области): а - в состоянии чистого изгиба; б - то же с учетом боковых сжимающих напряжений; в - в условиях ограниченных радиальных деформаций на боковой поверхности завесы. Коричневым цветом показана зона растягивающих напряжений, синим - сжимающие напряжения



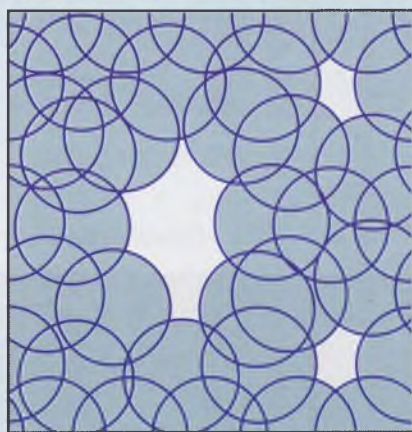
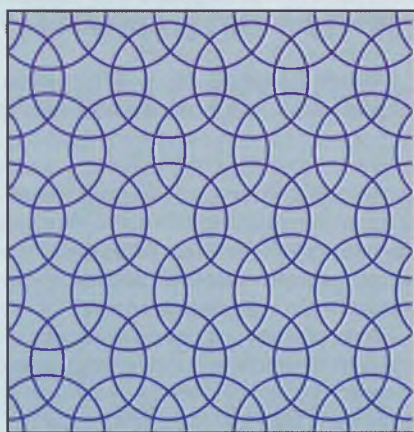


Рис. 4 Проектное и фактическое расположение колонн

Сопоставление рассмотренных подходов выполним на примере расчета горизонтальных напряжений в теле противофильтрационной завесы. Размеры моделируемой завесы соответствуют реальному проекту работ по устройству ПФЗ котлована станции «Площадь им. Тукая» строящегося метрополитена в г. Казани. Протяженный котлован шириной 20 м и глубиной 12 м разрабатывается в обводненных песках и супесях под защитой «стены в грунте» из сборных железобетонных блоков длиной 18 м и толщиной 0,6 м. Грунтовые воды встречены на 2,5 м ниже поверхности земли. Мощность ПФЗ составляет 3 м. Устойчивость «стены в грунте» обеспечивается двумя ярусами расстрелов из труб большого диаметра, а также заземлением блоков в грунт на глубину 6 м ниже лотка котлована.

Высокая жесткость «стены в грунте» вносит существенные изменения в расчетную схему задачи. Во-первых, можно считать, что через жесткую ограждающую конструкцию боковое давление грунта не передается на тело завесы. Во-вторых, деформирование боковых областей завесы происходит в условиях ограничения радиальных перемещений, направленных от центра завесы в сторону «стены в грунте». При этом перемещения, направленные к центру, ничем не лимитируются, а определяются в ходе решения задачи. Особенностью такой постановки является то, что участок, на котором действуют ограничения для радиальных перемещений, заранее не известен, а определяется в процессе решения задачи.

Итерационная процедура задания граничных условий заключается в следующем. На первом шаге закрепляется только верхний угловой узел и выполняется решение задачи в перемещениях. На втором шаге для всех боковых узлов, вектор перемещений которых направлен от центра расчетной области, записываются граничные условия в виде нулевых горизонтальных перемещений и решение задачи повторяется. Процедура продолжается до тех пор, пока не исчезнут все узлы с перемещениями, направленными от центра завесы.

На рис. 3 приведены поля горизонтальных напряжений для всех вышерассмотренных схем. В связи с симметрией задачи приведена только правая половина расчетной области.

Первое поле изолиний соответствует чистому изгибу балки с симметричным располо-

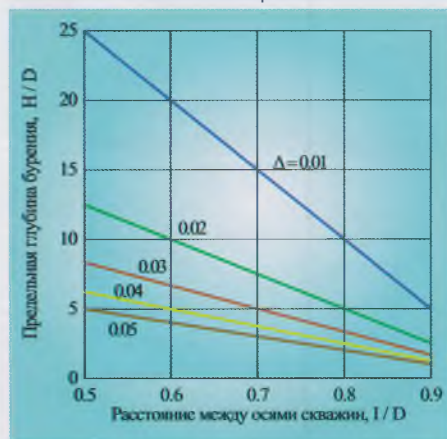
жением зон растяжения и сжатия. Максимальные растягивающие напряжения, полученные с применением метода конечных элементов, составили 4,11 МПа, что всего на 1,5% отличается от точного решения задачи согласно формуле (2).

Второе поле соответствует подходу с учетом действия бокового давления. В данном случае область растягивающих напряжений сократилась, но их величина снизилась всего до 3,87 МПа. Уменьшение с предыдущим решением составило всего 5,7%.

Третье поле соответствует решению задачи о напряженном состоянии завесы в условиях бокового ограничения радиальных перемещений. В данном случае произошло значительное снижение не только области растягивающих напряжений, но и их величины до 1,64 МПа. По сравнению с первой схемой снижение составило более 60%.

Рассмотренные примеры показывают, что расчет напряженно-деформированного состояния завес с помощью удобных и простых формул сопротивления материалов таит в себе опасность получения результатов с неоправданно высоким (в 2,5-3 раза) запасом прочности. Но главное, что обеспечение такого высокого уровня прочности на растяжение грунтобетона может быть просто не достигнуто на практике. Это еще раз подчеркивает необходимость использования современных, хотя и более сложных, методов расчета, адекватно моделирующих напряженно-деформированное состояние завесы.

Рис. 5 Зависимость глубины бурения скважин от расстояния между ними для различных величин отклонения оси скважины от вертикали



Обеспечение однородности конструкции

Все предыдущие прочностные расчеты были основаны на том, что завеса выполнена из однородного материала. На самом деле она устраивается дискретным образом из одиночных грунтоцементных колонн. Поэтому достижение однородности конструкции является достаточно сложной технологической задачей.

Теоретически сплошность конструкции должна обеспечиваться взаимным пересечением сечений цилиндрических колонн в плане. В этом случае шаг расположения устьев скважин I рассчитывается в зависимости от диаметра колонн D . На небольшой глубине шаг между осями грунтоцементных колонн практически равен проектному шагу между устьями лидирующих скважин. Однако с увеличением глубины устройства завесы ситуация усложняется и на первый план выходит иной, более важный фактор – отклонение оси скважин от вертикали, которое может происходить по многим причинам.

В однородных грунтах отклонения являются минимальными, в неоднородных грунтах или в условиях городского строительства, когда верхний техногенный слой мощностью в несколько метров, как правило, содержит включения строительного мусора или остатки фундаментов ранее стоящих зданий, отклонения достигают значительных величин. Если данный фактор не учитывать в процессе проектирования работ, то последствия, показанные на рис. 4, приведут к потере сплошности, противофильтрационной способности и, главное, к разрушению конструкции ПФЗ.

По результатам измерений установлено, что даже в самом лучшем случае при бурении в однородных песках среднее отклонение оси скважин от вертикали составляет 0,8%.

Из геометрических построений следует, что предельная глубина может быть рассчитана по формуле:

$$H = (D - I) / 2\delta,$$

где D – диаметр грунтоцементной колонны, I – расстояние между осями скважин, δ – среднее отклонение центра забоя скважины от проектной вертикальной оси.

На рис. 5 показан график зависимости предельной глубины бурения от отклонения оси скважин от вертикали. Для удобства анализа все величины приведены в относительном виде (по отношению к диаметру колонн), а отклонение от вертикали приведено в процентном выражении $\Delta = 100\delta(\%)$.

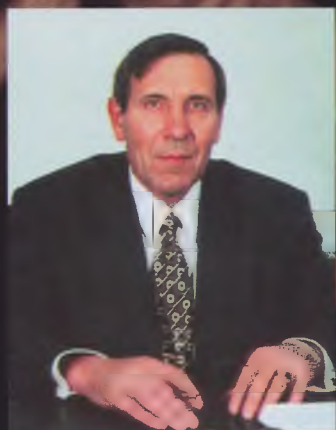
Анализ графиков показывает, что при отклонениях оси скважин от вертикали всего на 1 градус ($\Delta = 0,02$) устройство противофильтрационных завес с помощью технологии Jet1 (диаметр колонн 0,7-0,8 м) даже при сравнительно высоком взаимном сечении колонн $I/D = 0,7$ ограничивается глубинами всего 6-8 м.

Для обеспечения сплошности для более глубоких котлованов может быть использована только технология Jet2, позволяющая создавать колонны диаметром 1,2-1,5 м.

СУПР



«Специализированное управление подземных работ» (ОАО «СУПР») свыше 20 лет участвует в сооружении объектов строительного комплекса Москвы и Московской области в системе ОАО «Мосинжстрой», специализируясь на горнопроходческих, специальных и многопрофильных работах.



«Современные методы щитовой проходки, уникальное оборудование, прогрессивные технологии сооружения подземных инженерных коммуникаций: «стена в грунте», «шагающая опалубка», «опускной колодец» – вот некоторые примеры деятельности нашей фирмы».

*А. Г. Валиев
Генеральный директор ОАО «СУПР»*

ОАО «СУПР»

107140, Москва, ул. Нижняя Красносельская, 5, строение 4

тел.: (095) 264-12-19

факс: (095) 269-81-11

Реконструкция артезианских скважин с использованием криогенных технологий

Н. И. Кулагин,

В. А. Марков, М. О. Райнус,

ОАО «Ленметрогипротранс»

Л. В. Серебряков,

ОАО «Метрострой», Санкт-Петербург

В. А. Маслак,

Петербургский метрополитен

Более десяти лет метростроители Петербурга успешно применяют криогенные технологии для подмораживания затрубного пространства технологических скважин большого диаметра на период ведения проходческих работ (рис. 1).

В 1996 г. в Петербурге разработана не имеющая аналогов технология замораживания напорных артезианских скважин при их строительстве и обустройстве (рис. 2). Особенностью таких скважин и их отличием от технологических является то, что обсадные колонны соединяются в основании с неограниченным массивом напорных вод Гдовского горизонта. При этом давление грунтовых вод в уровне тоннелей метрополитена измеряется десятками метров водяного столба, и в обсадных колоннах над уровнем водозаборных камер устанавливается многометровый столб воды (см. отметку УПВ, рис. 3 и 4). В данных условиях ведение проходческих работ и вскрытие обсадной колонны скважины без применения специальных способов неминуемо приведет к прорыву высоконапорных грунтовых вод в сооружения метрополитена.

Для обустройства подземной водозаборной камеры и установки оборудования необходимо понизить уровень воды в скважине или отсечь Гдовский горизонт от зоны ведения проходческих и монтажных работ.

Однако для реализации технологии водопонижения требуются дорогостоящие погружные насосы большой производительности и системы электроснабжения высокой мощности, причем даже незначительный сбой в работе оборудования неминуемо приведет к затоплению подземной выработки.

Практика последних лет показала, что использование низкотемпературных технологий замораживания позволяет надежно изолировать сечение обсадных колонн от высоконапорных вод Гдовского горизонта.

Технология вскрытия вновь пробуренной обсадной колонны артезианской скважины водозаборной камерой показана на рис. 3. Перед началом проходческих работ с дневной поверхности (ДП) в обсадную колонну 1 монтируется зональное замораживающее устройство 3, а затем жидким азотом намораживаются герметизирующие ледовая линза 4 и ледогрунто-



Рис. 1. Установка для подмораживания затрубного пространства технологических скважин

вое ограждение 5. Под защитой линзы и ограждения сооружается водозаборная камера 2 и устанавливается рассечная задвижка 6. После растепления ледовой линзы замораживающее устройство демонтируется из обсадной колонны, задвижка перекрывается, обсадная колонна 7 демонтируется в пределах водозаборной камеры, и в оголовке скважины устанавливается водозаборное оборудование (на рисунке не показано).

В процессе длительной эксплуатации рассечная задвижка и обсадная колонна подвергаются интенсивному коррозионному износу, особенно в зоне контакта с бетонным основанием водозаборной камеры.

Эксплуатация изношенных артезианских скважин без проведения ремонтных мероприятий может привести к разрушению оголовка и прорыву воды в тоннели метрополитена. Бетонирование старых

скважин и сооружение новых водозаборных камер и скважин в действующем метрополитене экономически нецелесообразно.

Перед началом работ по реконструкции артезианской скважины обсадная колонна (рис. 3) восстанавливается в пределах водозаборной камеры и с дневной поверхности (ДП) осуществляется спуск ремонтной колонны 8 меньшего диаметра с манжетным уплотнением 9. Межтрубное пространство обсадных колонн 1 и 8 заполняется водонепроницаемым цементом 10 до верхнего фланца рассечной задвижки. В ремонтную колонну монтируется замораживающее устройство, и формируются герметизирующие ледовая линза и ледогрунто-

водоограждение. Под защитой ледовой линзы на ремонтную колонну монтируется рассечная задвижка 11 (рис. 4), которая конусным переходом 12 соединяется с обсадной колон-



Рис. 2. Технология замораживания напорных артезианских скважин

ной 7 в своде водозаборной камеры 2.

После растепления ледовой линзы замораживающее устройство извлекается, расщепная задвижка перекрывается, а конусный переход и обсадная колонна в пределах водозаборной камеры демонтируются.

Реконструкция завершается восстановлением системы водозаборного оборудования в оголовке скважины.

В 2001-2002 гг. в Петербурге совместно с ГУЛ «Гидрогеологическая экспедиция XVI

района» была осуществлена реконструкция двух артезианских скважин, выработавших эксплуатационный ресурс. В успешную реализацию работы, тщательную подготовку оборудования и обучение персонала внесли большой вклад строители и проектировщики: С. Е. Дукаревич, Ю. Ф. Герусов, С. Г. Кофан, Г. В. Лукьянович, Э. Э. Вольнский, Л. М. Барсуков.

В ходе подготовки оборудования к ведению реконструкции артезианской

скважины высказывались опасения по поводу возможности разрушения коррозионных деталей и узлов высокими термическими напряжениями и «ледогидравлическими» ударами*. Нежелательных явлений удалось избежать благодаря специально разработанным для данного процесса технологическим режимам замораживания и зонального замораживания (см. отметку ВГЗ, рис. 3 и 4).

Правильность расчетов метростроителей была подтверждена комплексом видеокаротажных исследований внутренней поверхности обсадных колонн и трубопроводов, выполненным ГУЛ «Гидрогеологическая экспедиция XVI района» и не выявившим повреждений элементов и узлов артезианских скважин.

В процессе азотного замораживания содержание кислорода в атмосфере водозаборной камеры контролировалось двумя портативными газоанализаторами фирмы «ОПТЭК». Нарушения герметичности системы замораживания и утечки жидкого азота не зафиксированы.

Ледовая линза и ледогрунтовое ограждение были сформированы в течение двух суток, при этом израсходовано 20 т жидкого азота.

**Процессы повреждения и разрушения обсадных колонн при ведении криогенных процессов представляют определенный интерес и будут рассмотрены в одной из следующих публикаций.*



Рис. 3. Технология вскрытия вновь пробуренной колонны артезианской скважины водозаборной камерой

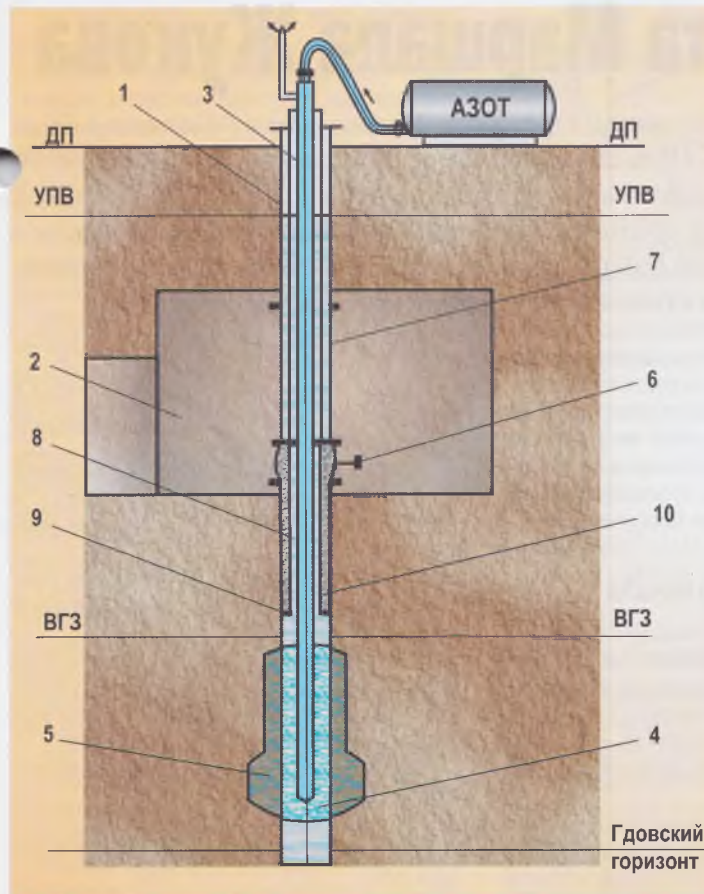
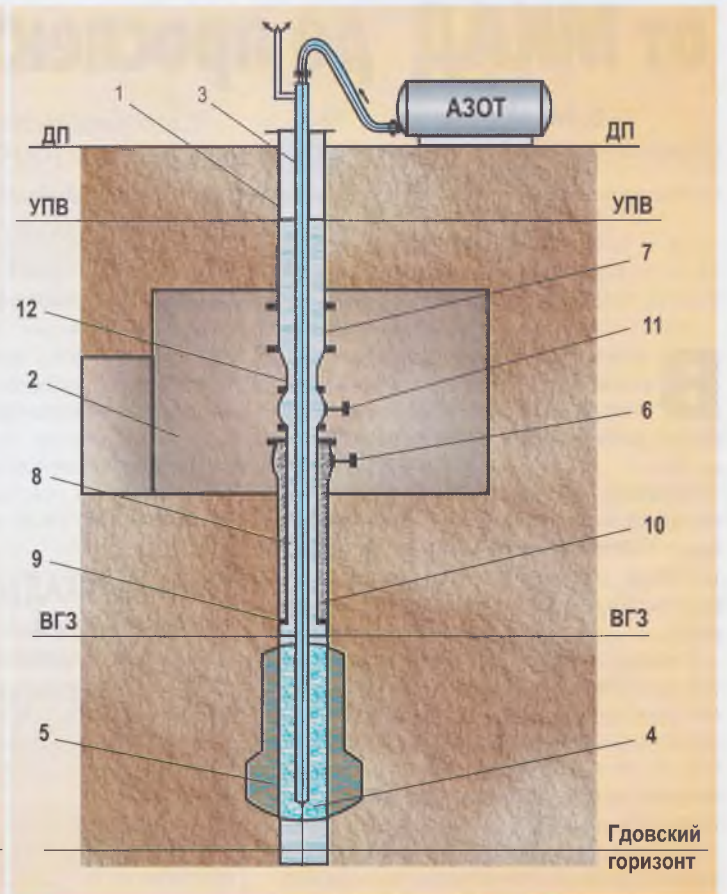
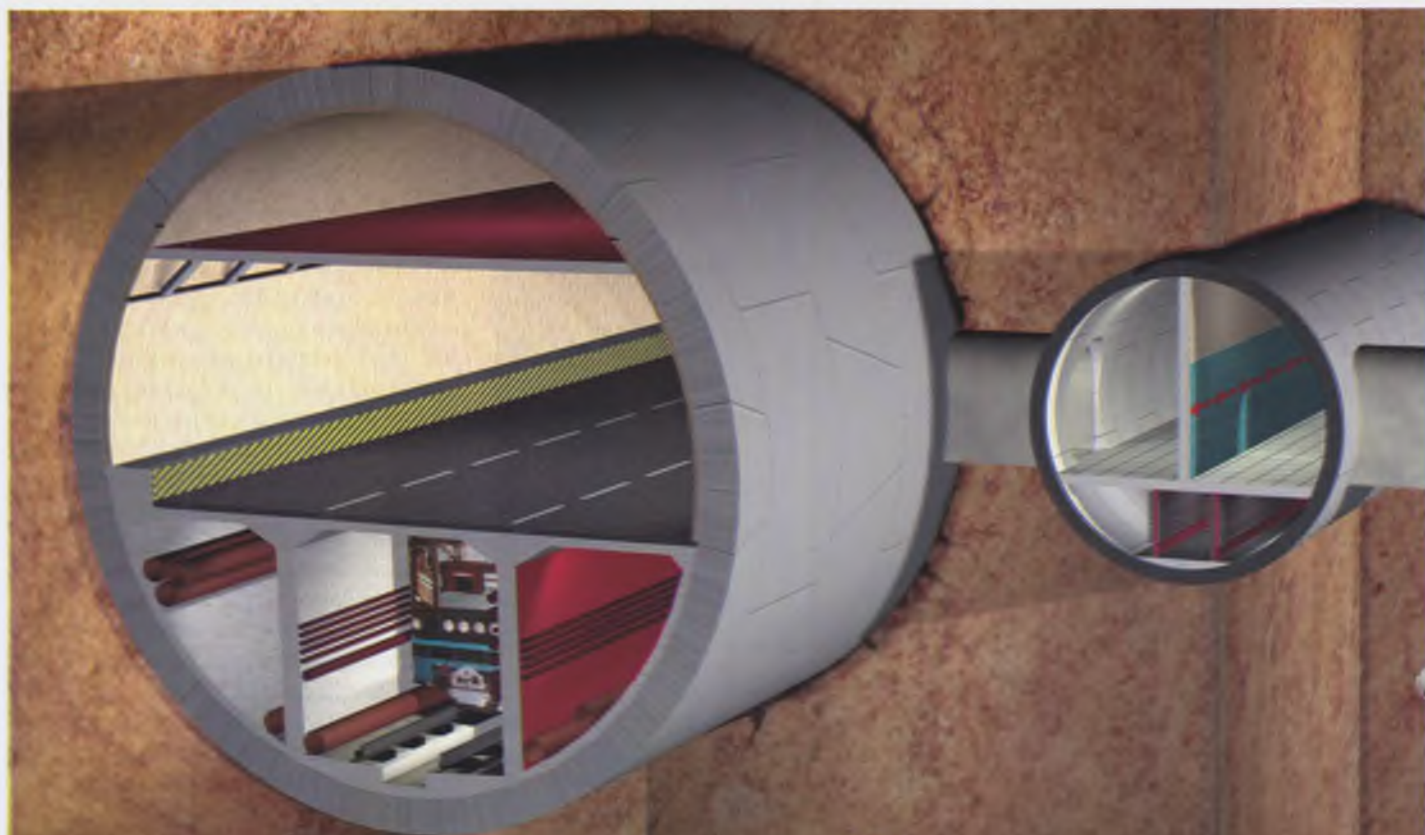


Рис. 4. Схема реконструкции артезианской скважины





Автодорожный тоннель на трассе Краснопресненского проспекта от МКАД до проспекта Маршала Жукова

В. М. Абрамсон,

президент ОАО «Метрогипротранс»

А. З. Закиров,

главный инженер проекта

Г. И. Муравин,

генеральный директор

ООО «Организатор»

Строительство автомагистрали Москва–Рига («Балтия») было завершено в 1995-1996 гг. в пределах до Московской кольцевой автомобильной дороги. Дальнейшего развития магистраль не получила, так как ее трасса проходит через природно-охранные комплексы в районе Серебряного Бора и Крылатского. Прокладка дороги привела бы к нарушению и ухудшению экологической обстановки в них.

Въезд автотранспорта в город осуществляется по Кольцевой дороге в сторону Рублевского и Волоколамского шоссе, далее по ним на магистраль Москва–Рига.

Указанные обстоятельства обуславливают значительные перепробеги транспорта, а также дополнительную нагрузку Кольцевой дороги на участке между Волоколамским и Рублевским шоссе и этих вылетных магистралей.

В настоящее время Московский строительный комплекс обладает новейшими технологиями и оборудованием, дающим возможность строительства автодорожных тоннелей закрытым способом на большой глубине без нанесения какого-либо ущерба окружающей среде и ландшафту.

В связи с этим, в целях выравнивания потоков на данных автомагистралях и улучше-

ния транспортного обслуживания в Западном и Северо-Западном округах города, правительством Москвы было принято решение о вводе магистрали «Балтия» на городскую территорию и связи ее с центром города путем сооружения участка Краснопресненского проспекта от МКАД до проспекта Маршала Жукова.

Участок от МКАД до начала рампы тоннелей

На этом участке протяженностью 0,75 км с учетом необходимости устройства переходно-скоростных полос на примыкании к МКАД и на развязке с Лыковским проездом проезжая часть проектируется по 5 полос движения в каждом направлении.

Поперечный профиль общей шириной 42 м включает в себя: полосу безопасности – 0,75 м, проезжую часть – 2х18,75 м с разделительной

полосой 3 м и полосу безопасности 0,75 м.

В месте примыкания Лыковского проезда к магистрали предусматривается устройство развязки над рампой тоннеля.

В этих целях для поворота на Лыковский проезд используется подъездная дорога к стройплощадке шириной 10,5 м, которая уширяется до 15 м.

С противоположной стороны вдоль рампы тоннеля пробивается проезд шириной 10,5 м.

Правоповоротный съезд с МКАД и выезд на Кольцевую магистраль реконструируется из условия обеспечения развязки. Существующее поперечное сечение съездов сохраняется.

Высотное решение приближено к существующему рельефу.

Подъемные уклоны – 5,24-40%.

Поперечный профиль двускатный с уклоном 20%.

Тоннельный участок – автомобильные дороги, совмещенные с линией метрополитена

Общие положения

В настоящее время подготовлен проект по прокладке части магистрали Москва- Балтия на территории Северо-Западного и Западного административных округов от Московской кольцевой дороги в центр города, со строительством автодорожного тоннеля, совмещенного со Строгинской линией метрополитена, под Серебряноборским лесным массивом с мостовыми переходами через реку Москву в двух вариантах (многопролетный и вантовый).

Ранее под Серебряноборским лесничеством было намечено проложение участка Строгинской линии метрополитена от станции «Крылатское» до «Строгино», ввод в эксплуатацию которого, согласно Постановлению правительства Москвы намечен в 2007-2008 гг.

В связи с этим предложен вариант использования автодорожного тоннеля для организации совмещенного движения в разных уровнях автомобилей (верхний уровень) и поездов метрополитена (нижний уровень).

Трасса тоннелей

Участок Краснопресненского проспекта намечено сооружать при помощи щита, завершившего проходку автодорожного тоннеля под Лефортово.

Два тоннеля пройдут от района пересечения Крылатской и Осенней улиц через территорию Серебряноборского лесничества до транспортной развязки Московской кольцевой автомобильной дороги с Лыковским проездом.

Опыт аналогичного строительства определил целесообразность ввода магистрали поэтапно, при готовности только одного из тоннелей.

Для этого необходимо выполнить сооружение сервисного тоннеля длиной 1504,3 м, соединенного с основным транспортным поперечными сбойками. Такое решение позволит выделить в самом тоннеле дополнительное пространство.

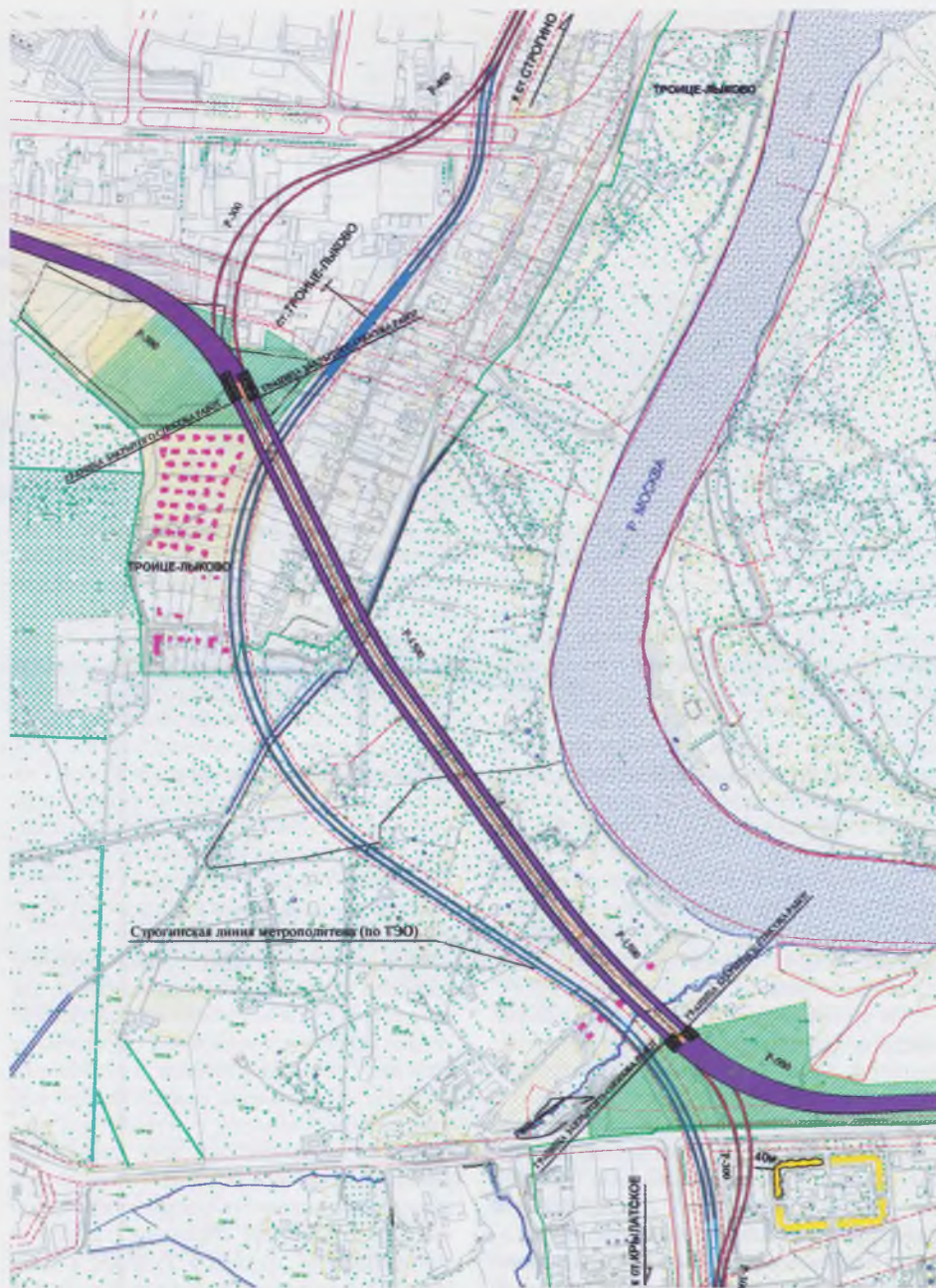
Трасса тоннеля проходит по территории северо-западного сектора, расположенного между жилыми районами Строгино и Крылатское, представляющей большую историко-культурную и природную ценность.

Здесь расположены зеленые насаждения общего и ограниченного пользования и памятники природы, охраняемые государством. Из зеленых насаждений общего пользования особое значение имеет лесопарк, принадлежащий Серебряноборскому лесничеству, ограниченного пользования – озелененные участки домов отдыха и санаториев, которые практически являются частью лесных реликтовых массивов Серебряноборского лесничества.

Сооружение тоннелей планируется как закрытым способом – щитовым комплексом с гидротрейлером забоя, так и открытым. Закрытый способ предусмотрен на участке пересечения тоннелями зоны Серебряноборского лесничества и особо охраняемой зоны отдыха.

Трасса Строгинской линии метрополитена совмещена в плане и профиле с трассой автодорожных тоннелей на участке закрытого способа работ.

Тоннели закрытого способа работ наружным диаметром 13,75 м – двухъярусные. В верхнем



План тоннельного участка с подходами, совмещенными со Строгинской линией метрополитена

ярусе каждого из тоннелей, предусмотренном для движения автотранспорта в одном направлении, размещаются три полосы движения с габаритом над проезжей частью 4,5 м. Ширина двух полос составляет по 3,5 м, одной – 3,25 м. Нижний – отведен для одного пути метрополитена. Расстояние между осями тоннелей составляет от 34,2 до 36 м.

Общая протяженность автодорожных тоннелей составляет:

- правого – 2533 м, в т. ч. участок закрытого способа работ – 1511,3 м, открытого – 1021,7 м;
- левого – 2550 м, соответственно 1511,3 м и 1038,7 м.

Общая длина рамповых частей – 577 м.

Инженерно-геологические и гидрогеологические условия

Участок строительства расположен на правом берегу долины реки Москвы, на ее второй и третьей надпойменных трассах с отметками спланированной поверхности от 145 до 155 м.

В геологическом строении района принимают участие четвертичные, меловые, юрские и каменноугольные отложения.

Первые встречаются повсеместно и представлены техногенными грунтами, а также аллювиальными и водно-ледниковыми преимущественно песчано-супесчаными грунтами.

На трассе распространены горизонт грунтовых вод, юрский водоносный, а также ратмировский и суворовский водоносные горизонты.

Свободный уровень грунтовых вод располагается на отметках 126-130 м.

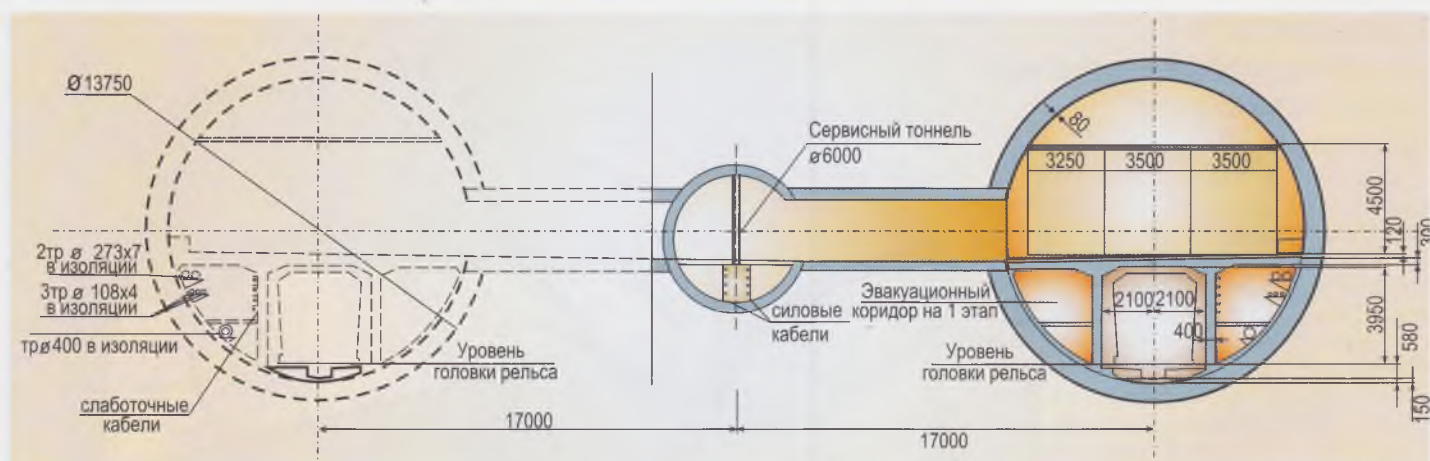
Мощность горизонта – 12-30 м. Значения коэффициента фильтрации от 4 до 15 м/сут.

Открытый способ

Строительство на участке от ПК 26+96,1 до ПК 32+16,0 ведется в мелких и средней крупности маловлажных песках. Разработанный грунт пригоден для обратной засыпки и временно складирован на территории, отведенной для участка открытого способа работ.

Сооружение предполагается вести в две очереди.

В первую очередь – это участок от ПК 28+50 до ПК 32+16, расположенный вне зоны базовой строительной площадки закрытого способа работ. Крепление котлована предусмотрено



Сечения тоннелей

трубами диаметром 630x8 мм с деревянной затяжкой и анкерами (1-3 яруса). Глубина котлована от 5 до 15 м.

Во вторую очередь сооружается участок тоннеля от ПК 26+96,1 до ПК 28+50, находящийся на территории базовой строительной площадки закрытого способа работ. Его строительство ведется в увязке с проходкой тоннелей закрытым способом. Крепление котлована предусмотрено ограждающей «стеной с грунте» с анкерами (4 яруса). Его глубина до 20 м, «стены в грунте» - до 30 м толщиной 800 мм, бетон класса В25.

После окончания проходки правого тоннеля закрытого способа работ, засыпки котлована левого тоннеля и перекладки коммуникаций в одном котловане сооружается правый тоннель с участками тоннелей метрополитена.

Для производства работ по гидроизоляции предусмотрено устройство пазух котлована шириной 1,2 м. Впоследствии их заполняют местным песком средней крупности.

Разработка грунта в котловане ведется с последовательной установкой временных распорных элементов крепления котлована (расстрелы, инъекционные анкера), обеспечивающих геометрическое постоянство котлована. Разработка ведется одноковшовыми экскаваторами ЭО-4121 с емкостью ковша 1 м³, с погрузкой грунта в автотранспорт.

Возведение монолитных конструкций тоннеля осуществляется с использованием стреловых кранов грузоподъемностью 25 тс, 40 тс и башенных кранов - 40 тс.

Работы на отрезке от ПК 1+14 до ПК 11+38 предусмотрено производить участками, длиной около 200 м каждый. Сооружение участка от ПК 4+00 до ПК 11+10 (торец монтажной камеры щита) будет вестись в сложных инженерно-геологических условиях: перемежающиеся водонасыщенные пески, супеси и суглинки при расположении уровня грунтовых вод от 2 до 7 м от земной поверхности (до 26 м выше дна котлована). Учитывая невозможность выполнения надежного водопонижения в таких грунтах, предусмотрено устройство крепления стен котлованов методом «стена в грунте», заглубленной в нижележащие водоупорные грунты (юрские суглинки и глины) с временной торцевой стеной на ПК 9+00 и откачкой воды из образовавшегося замкнутого контура.

Далее водопонижение ведется иглофильтровыми установками УЗВМ, смонтированными в 1,5-метровых пазухах с обеих сторон котлова-

на, и насосами открытого водоотлива Н-1М. Учитывая, что заглубление стен превышает 20 м, а гидростатическое давление на них доходит до 13 м, толщина стен принята 900 мм. Для уменьшения глубины «стен в грунте» на участке от ПК 9+00 до ПК 11+10 (торец монтажной камеры щита) запланирована предварительная срезка грунта до отметки 142 (выше естественного уровня грунтовых вод на 1,5-2,0 м).

Для крепления стен котлованов, в связи с их шириной более 40 м, предусмотрено устройство инъекционных винтовых анкеров диаметром 25 мм - 1-й ярус - одиночные, 2-й и т. д. - спаренные. Учитывая необходимость устройства анкеров ниже уровня грунтовых вод, будут использоваться анкеры с пакером.

Нижний уровень конструкций тоннелей шириной около 5,5 м, предназначенный для пропуска поездов метрополитена, запроектировано сооружать в котлованах с креплением стен металлическими трубами, выполняемым с уровня дна котлована, разработанного под автомобильные тоннели, с устройством распорного крепления из труб диаметром 630x10. С целью обеспечения возможности в дальнейшем выполнить примыкание отдельно пройденных двух перегонных тоннелей метрополитена, по левой стороне в зоне перспективного примыкания котлован устраивается с уширением. На этом участке будут сооружены конструкции тоннелей метро длиной 20 м. Перспективное их примыкание будет выполняться в пределах «стены в грунте» крепления котлована на расстоянии более 10 м от эксплуатируемой конструкции автомобильного тоннеля.

Закрытый способ работ

Для проходки и возведения обделки тоннеля применена технология фирмы «Херренкнехт», предусматривающая использование тоннелепроходческого комплекса (ТПМК) со щитом диаметром 14,2 м с гидропригрузом забоя и двумя технологическими тележками.

Для использования ТПМК необходимо, чтобы основная технологическая инфраструктура при проходке тоннелей - выдача грунтовой гильзы на поверхность и ее сепарация, погрузка грунта на транспорт, доставка блоков обделки с завода и подача их в тоннель, энергоснабжение ТПМК и др., размещалась на базовой строительной площадке в точке «С».

В соответствии с установленным регламентом проходка организуется в две стадии:

- первоначальная, на длине 300 м;
- последующая, после доведения комплекса

до расчетных параметров и приемки его в эксплуатацию предусматривает испытание режущего инструмента на длине 200 м и проходку с возведением обделки до монтажной камеры.

Возведение сбоек и притоннельных сооружений

В соответствии с инженерной схемой тоннелей глубокого заложения через каждые 250 м предусматривается устройство 5-ти соединительных выработок (сбок). Сечение их штольневых типа с размерами по наружному очертанию: ширина - 5-10 м, высота - около 9 м.

Для их сооружения принят способ оперто-го свода.

Из сервисного тоннеля производится бурение скважин для последующего проведения работ по цементации грунтового массива, что позволяет практически исключить деформации при производстве работ. В результате достигается целенаправленное, необратимое и долговечное улучшение строительных свойств грунтов.

Для инъекции в грунты, в зависимости от инженерно-геологических условий участка и требований к материалу, применяются цементные или цементно-бentonитовые растворы с добавками, обеспечивающими требуемые характеристики раствора и грунтоцементного камня. В качестве инъекционных растворов применяются цементные растворы с В/Ц = 0,8-1,0.

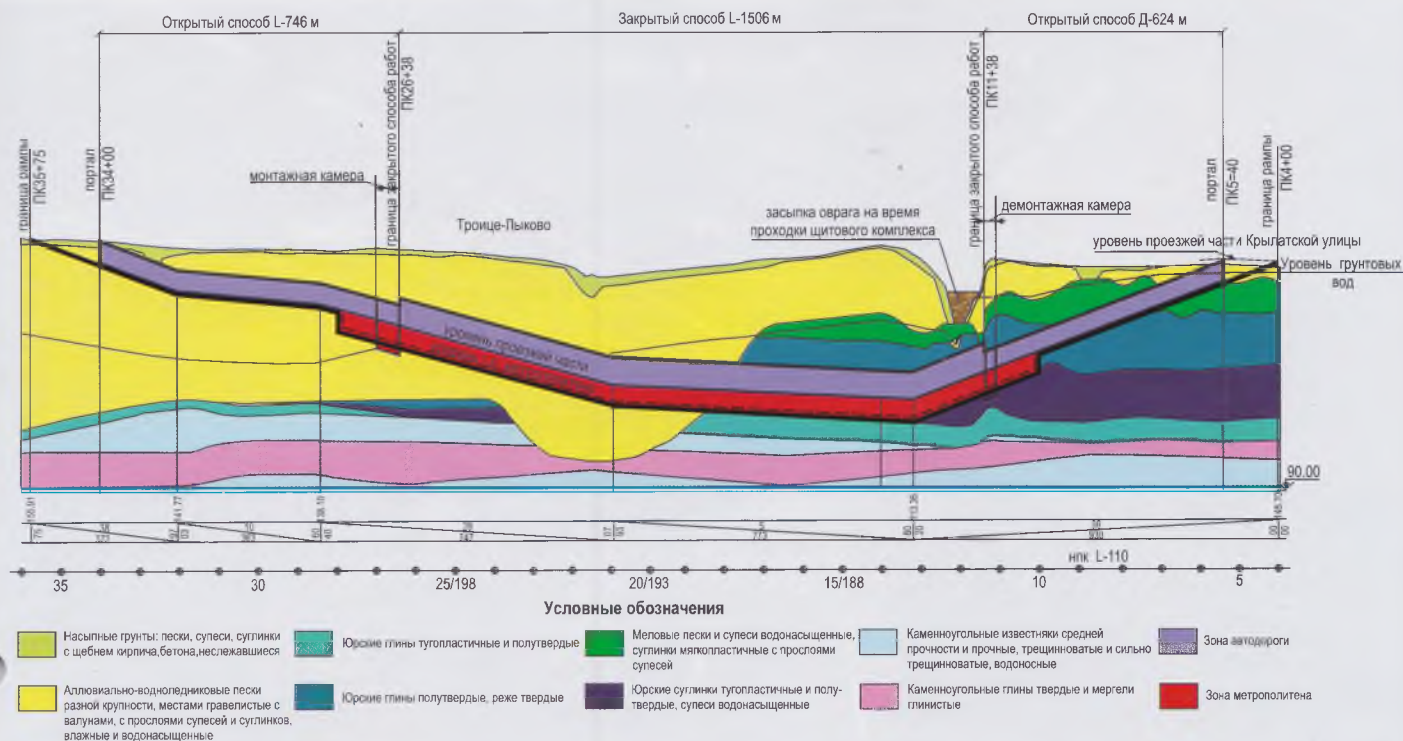
Строительные конструкции

Обделка основных тоннелей закрытого способа работ была разработана фирмой «Arde & Rohre Eiftunnel» и применена на строительстве автомобильного тоннеля в Гамбурге под Эльбой. Предварительный расчет этой обделки для тоннельного участка Краснопресненского проспекта был выполнен ОАО «Метрогипротранс».

Внутренний диаметр обделки 12,35 м, наружный 13,75 м. Ее конструкция - сборная из высокопрочных и водонепроницаемых железобетонных блоков. Стыки между ними в кольце - плоские. Усилия между кольцами передаются через систему «шип и паз». Для повышения жесткости обделки предусматривается перевязка швов соединительных колец.

В качестве изоляции в сечении расположено 2 тонна уплотнительных прокладок.

Обделка сервисного тоннеля аналогична основным. Ее толщина 350 мм, наружный диаметр 6 м, внутренний - 5,3 м.



Продольный профиль тоннельного участка с подходами, совмещенными по Строгинской линии

Кабельный и вентиляционные каналы располагаются в сервисном тоннеле.

Конструкции тоннелей открытого способа работ представляют собой монолитную железобетонную раму с наружной оклеечной гидроизоляции. В местах холодных и деформационных швов запроектированы гидрошпонки.

Плита проезжей части тоннелей разделена деформационными швами на участки.

Архитектурные решения

В наружной отделке всех наземных сооружений применяются долговечные материалы, в том числе натуральный и искусственный камень.

Облицовка стен и подшивных потолков в тоннелях открытого способа работ принята

из декоративных панелей «Краспан». Стены и своды тоннелей закрытого способа работ обрабатываются огнезащитными составами с последующей покраской.

Порталы и парапеты рамповых частей въезда и выезда из тоннелей и участки тоннелей открытого способа работ облицовываются плитами полированного гранита светлых тонов.

Освещение в тоннелях открытого и закрытого способа работ предусмотрено натриевыми светильниками большой мощности, расположенными в несколько рядов вдоль проезжей части. Частота установки светильников и количество рядов определяются светотехническим расчетом.

Освещение сервисного тоннеля, сбоек, эвакуационных выходов и помещений в при-

тоннельных сооружениях – люминесцентными светильниками в антивандальном исполнении.

Отделка служебных, технологических и вспомогательных помещений в подземной части сооружений предусмотрена негорючими материалами: полы – естественный и искусственный камень и керамическая плитка; стены – керамическая плитка и водно-дисперсионная покраска.

Помещения в наземной части зданий отделяются долговечными, экологически безопасными отделочными материалами с высокими гигиеническими свойствами.

Вентиляция

Для обеспечения в тоннелях нормируемых параметров воздушной среды и безопасности при возникновении пожара предусмотрены приточно-вытяжные системы вентиляции с искусственным побуждением воздуха. Для вентиляции тоннелей закрытого способа работ принята продольно-поперечная схема.

В отдельных участках открытого способа работ предусматривается продольная схема вентиляции с использованием струйных вентиляторов.

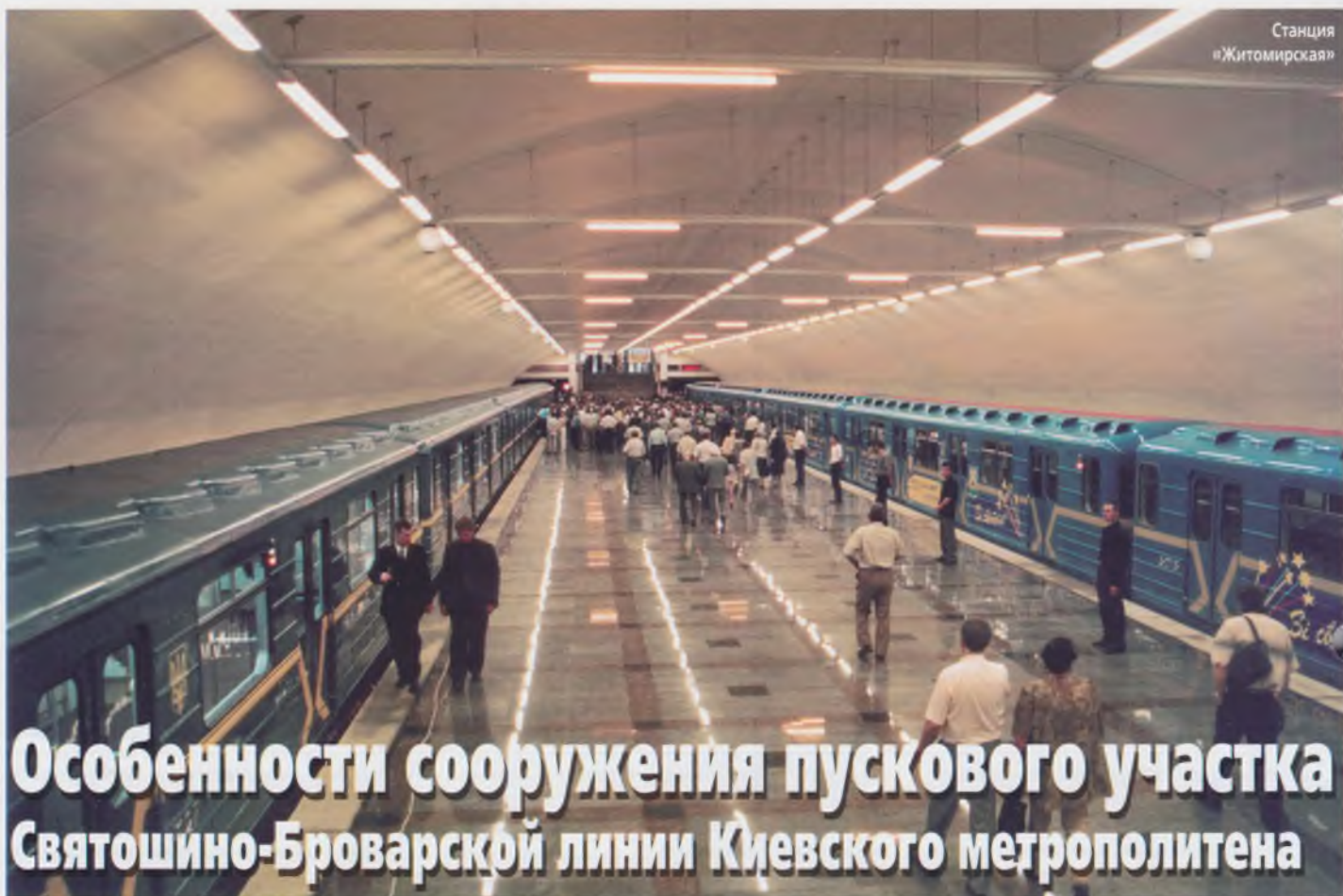
Вентиляция каждого тоннеля осуществляется отдельными независимыми системами.

В тоннели закрытого способа работ приточный воздух подается по сервисному тоннелю и по каналам транспортных тоннелей, расположенных под проезжей частью. Для каждого тоннеля используется половина сечения сервисного тоннеля. В тоннелях открытого способа работ на выездах подача воздуха осуществляется по приточным каналам, расположенным сбоку от тоннелей.

На трассе Краснопресненского проспекта запроектировано также сооружение мостового перехода через р. Москву с выходами на проспект Маршала Жукова с шириной магистрали, рассчитанной под 4 полосы движения в каждом направлении, и 4 подземных пешеходных переходов.

Проект мостового перехода через Москву-реку



Станция
«Житомирская»

Особенности сооружения пускового участка Святошино-Броварской линии Киевского метрополитена

В. Н. Пальчик,
заместитель главного инженера
ОАО «Киевметрострой»

Основные работы по сооружению нового участка от ст. «Святошин» до ст. «Академгородок» были начаты в сентябре 1999 г. и завершены ко Дню Киева – в мае 2003 г.

На линии протяженностью 3,4 км возведены 2 станции: «Житомирская» и «Академгородок».

При прокладке трассы было вынуто 484 тыс. м³ грунта; уложено 29 тыс. м³ сборного и 42 тыс. м³ монолитного железобетона; смонтировано колец диаметром 5,6 м – 2067 шт., цельносекционной обделки – 576 шт.; общая площадь облицовки станций «Житомирская» и «Академгородок» составила: гранитом – 7960 м², мрамором – 3800 м².

Сооружение перегонных тоннелей

Длина перегонных тоннелей от станции «Святошин» до станции «Житомирская» 1260 м, из них 190 м каждого тоннеля построены методом «стена в грунте».

Внешние параметры обделки составляют: высота – 5130 мм, ширина – 4530 мм. 998 м правого и 1070 м левого тоннелей сооружены с помощью двух механизированных комплексов с пневмопригрузами забоев немецкой фирмы «WIRTH». Смонтирована высокоточная железобетонная обделка диаметром 5,6 м с резиновыми уплотнителями. Оставшиеся 72 м правого перегонного тоннеля пройдено горным способом. Обделка с резиновыми уплотнителями диаметром 6 м.

Перегонные тоннели от ст. «Житомирская» до ст. «Академгородок» сооружались с помощью немеханизированных щитовых комплексов. Правый тоннель имеет длину 1137 м, левый – 1111 м. На этом участке смонтирована железобетонная обделка диаметром 6 м с резиновыми уплотнителями.

Работы здесь велись в сложных гидрогеологических условиях – водонасыщенных грунтах с большим притоком воды. В некоторых местах уровень грунтовых вод составлял более 2 м над шельгой свода. Проходчики трудились по колено в воде.

Возведение станций

Односводчатую станцию «Житомирская» сооружали в котловане методом «стена в грунте» с использованием тиксотропного раствора. Бетонирование свода выполнялось заходами по 3 м с помощью передвижной металлической опалубки, которая была модернизирована инженерами Киевметростроя.

Станция имеет два просторных подземных вестибюля с четырьмя выходами на проспект Победы – в сторону улицы Семашко и к парковой зоне.

Станция «Академгородок»





Вход на ст. «Академгородок»



Турникеты в вестибюле ст. «Академгородок»

Архитектурная отделка внутренних помещений выполнена в серо-белых и бежево-белых цветовых оттенках. Арочный свод украшает система современных прямоугольных светильников.

Для облицовки этой станции потребовалось уложить 3 тыс. м² гранита и 1,4 тыс. м² мрамора.

Станция «Академгородок» мелкого заложения колонного типа. Она имеет два подземных вестибюля с девятью выходами на поверхность. Выходы расположены на улице Уборевича, проспектах Палладина и Вернадского, что позволяет быстро и удобно попадать пассажирам на станцию.

Вестибюль станции двухъярусный с небольшой галереей. Первый ярус предназначен только для перемещения пассажиров, второй – еще и для размещения торговых зон.

Для подъема пассажиров установлены 4 ленты эскалаторов, для спуска – лестничные марши.

На обеих станциях островные платформы длиной по 105 м.

Ст. «Академгородок» облицована серо-белым гранитом, ее вестибюли – бежево-белым и серо-белым мрамором. Эффектные ограждения синего цвета с использованием украшений из разноцветных стеклоблоков обрамляют балконы второго яруса. Подвесной

потолок выполнен из материала «Экофон».

Для отделки станции было уложено 4,9 тыс. м² гранита и 2,4 тыс. м² мрамора.

Станции сооружались согласно проектам архитекторов Государственного проектного института «Укрметротоннельпроект» Т. А. Целиковской и Н. М. Алешкина. Главный инженер проекта – А. Б. Хавин.

Внедрение новых технологий

Опыт и высокая квалификация специалистов Киевметростроя позволили разработать и внедрить в производство ряд новых оригинальных технических решений. Среди них необходимо отметить использование виброзащитной конструкции верхнего строения пути, в частности, путь на лежневой подрельсовой основе. Благодаря резиновым прокладкам она позволила значительно снизить уровень шума и вибрации, влияющие на здания, расположенные в непосредственной близости от метрополитена.

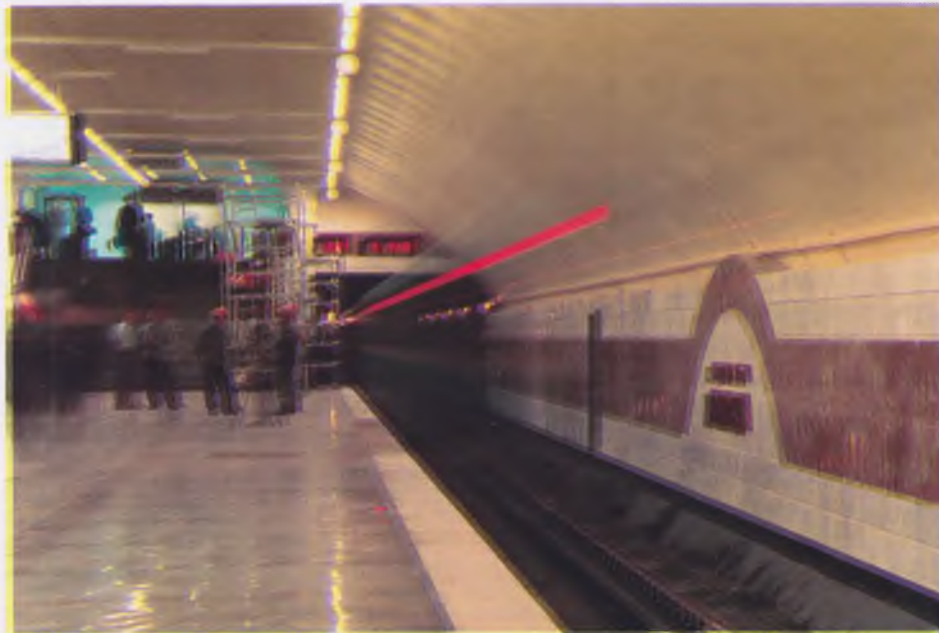
Использование железобетонных опор БПО и устройство контактного рельса на сборных железобетонных блоках БККК дали возможность исключить применение дорогостоящей и дефицитной древесины и, тем самым, значительно ускорить темпы строительства и снизить стоимость работ по монтажу пути.

По расчетам новые станции будут пропускать до 145,6 млн пассажиров в год. Сейчас Киевский метрополитен осуществляет около 60% пассажироперевозок (1,5 млн человек в день).

Генеральным планом развития г. Киева предусмотрено увеличение протяженности линий метро до 100 км за счет продолжения существующих в направлении жилых массивов Новобеличи, Виноградарь, Теремки и др.



Станция «Житомирская»



Перегонный тоннель на участке «Святошин» - «Житомирская» в Киеве, пройденный одним из щитов «WIRTH»

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОХОДКИ ПЕРЕГОННЫХ ТОННЕЛЕЙ ЩИТОВЫМ КОМПЛЕКСОМ «WIRTH»

С. Н. Лихман,

главный инженер

В. Е. Олефир,

главный механик

ОАО «Киевметрострой»

Согласно проекту участок Святошино-Броварской линии метро от ст. «Святошин» до ст. «Академгородок» на отрезке длиной 1070 м предусматривалось сооружать мелким заложением в сложных инженерно-геологических условиях с применением способа замораживания. Кроме того, трассу пересекали различные подземные коммуникации, которые необходимо было перекладывать и закрывать движение автотранспорта на одной половине автомагистрали проспект Победы.

Применение замораживания привело бы к удорожанию, значительному увеличению сроков и ухудшению экологии в зоне строительства. Работать пришлось бы вручную отбойными молотками. Средняя скорость проходки ожидалась примерно 20-25 м в месяц.

Поэтому было принято решение сооружать тоннели при помощи механизированных комплексов, которые

могут работать на небольшой глубине (4-8 м) в сложных гидрогеологических условиях.

В связи с тем, что в странах СНГ подобные комплексы не изготавливались, был объявлен тендер на закупку тоннелепроходческих комплексов в дальнем зарубежье. Из предоставленных пяти предложений западных фирм на поставку оборудования были выбраны комплексы немецкой фирмы «WIRTH», которая предложила их по более низким ценам. Вес самых тяжелых неразборных узлов составлял менее 20 т, что позволило при работе с комплексом использовать грузоподъемную технику, имеющуюся в Киевметрострое. В дальнейшем предусмотрено монтировать их на трассах метрополитена при глубоком заложении, предварительно соорудив стволы диаметром 10 м.

Формы для высокоточной железобетонной обделки диаметром 5,6 м с резиновыми уплотнителями запроектировал Ясиноватский проектный институт КП «Комплекс» по образцам, предоставленным немецкой фирмой.

Десять комплектов форм были изготовлены на Киевских заводах: «Больше-

вик», «Стройдормаш», «Дормаш». Комбинат производственных предприятий ОАО «Киевметрострой» освоил производство железобетонных блоков в необходимом количестве, в нужные сроки и с высоким качеством.

Два приобретенных щитовых комплекса были смонтированы в открытых котлованах в кратчайшие сроки. В сборке этих комплексов участвовали и немецкие специалисты. Они обучали киевских метростроителей работе с комплексом непосредственно на участках.

Один комплекс начал работать в феврале 2002 года и закончил проходку левого перегонного тоннеля за 13 месяцев в марте 2003 г. Средние месячные темпы проходки составили 82 м, максимальные – 182 м.

Второй щитовой комплекс начал проходку правого перегонного тоннеля в марте 2002 г, но с противоположной стороны, от сооружаемой станции «Житомирская». Проходка продолжалась 9 месяцев и закончилась в ноябре 2002 г. Средняя скорость составляла 120 м в месяц, максимальная – 180 м в месяц.

Первые 100 м проходки геология была вполне благоприятной – присутствовали мягкие глины. После сооружения этого участка строители вышли в русло бывшей реки и столкнулись с водонасыщенными песками, пльвуном и очень большими по размеру валунами. Некоторые из них были массой до 700-800 кг и крепостью по Протодяконову до 15 единиц. За время проходки было обнаружено около 1000 валунов, которые были разбиты перфораторами и через шлюзовую камеру выданы на поверхность. Консистенция породы была очень жидкой, похожей на сметану.

Разработка грунта производилась при помощи поворотного экскаватора с усилием на кромке ковша 295 кН. Породы при помощи винтового конвейера подавались на ленточный транспортер и грузилась в автосамосвалы типа КАМАЗ.

С одной стороны породу вывозили самосвалами прямо на поверхность и выгружали в отвал. На участке, где шел второй щит, такой возможности не было, т.к. там уже была возведена станция «Житомирская». На поверхности был смонтирован козловой кран, и с помощью съемных кузовов грунт из котловывдавали на поверхность в отвал.

Для проходки в данных сложных гидрогеологических условиях в переднюю часть щита, которая имеет герметичную перегородку, подавался сжатый воздух давлением до 2 МПа. Большее давление мы удерживать не могли, т.к. в связи с небольшой глубиной тоннелей воздух через грунт выходил на поверхность.

Для удержания лба забоя щит оборудован семью шандорами и забойными плитами до половины диаметра тоннелепроходческого щита.

Высокоточная железобетонная обделка с резиновым уплотнением монтировалась при помощи кольцевого блокоукладчика. При ее выходе из-под кольцевой оболочки щита сразу производилось нагнетание тампонажного раствора за обделку.

Щит передвигался с помощью восемнадцати гидроцилиндров, которые имеют ход штока в 1400 мм.

Для лучшего управления щит разделен на две части, между которыми имеется герметичное резиновое уплотнение. Передняя часть щита при помощи 12-ти артикуляционных гидроцилиндров может изменять на-



Монтаж щитового механизированного комплекса фирмы «WIRTH» на перегоне «Святошин» – «Житомирская»



Один из двух механизированных комплексов фирмы «WIRTH» в сборе перед поставкой в Украину

правление движения до 5 градусов.

Для определения положения комплексов «WIRTH» в подземном пространстве была внедрена в производство новая маркшейдерская технология – лазерные теодолиты «TOPCON DT –102L», которые дали возможность быстро и с необходимой точностью установить положение комплексов в плане и профиле.

На технологической платформе расположено гидравлическое оборудование и электрические шкафы управления. Все процессы по сооружению тоннеля механизированы.

Помимо прочих достоинств комплекс оборудован шлюзовой камерой,

обеспечивающей свободный доступ в призабойную зону для ведения работ по разбивке встречающихся валунов и других негабаритных предметов, а также обслуживания рабочего органа экскаватора при планово-предупредительных ремонтах.

Комплекс в смену обслуживали 7 человек: машинист щита, машинист блокоукладчика, 3 водителя и 2 человека на разгрузке.

Тоннелепроходческие комплексы фирмы «WIRTH» показали себя как производительная и надежная техника. Благодаря ее использованию сроки строительства данного участка сократились почти в 2 раза.



СТРОИТЕЛЬСТВО

ДРЕНАЖНО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТОННЕЛЕЙ В СТОЛИЦЕ ТУРКМЕНИСТАНА АШГАБАТЕ

Условные обозначения

- - Камеры
- - Трасса тоннеля ДКТ \varnothing 6 м, длина 13,2 км
- - Трасса сбросного тоннеля ДКТ \varnothing 3,5 м длина 8,1 км
- - - - Концевые участки ДКТ (II очередь)
- - - - Перспективная трасса тоннеля (II очередь) \varnothing 6 м



Рис. 1. План трассы

А. П. Букань,

ген. директор ЗАО «Интербудтоннель»

В 2001 г. в столице Туркменистана г. Ашгабате началась реализация уникального проекта строительства системы жизнеобеспечения города. Целью проекта является создание сооружения, отвечающего современным требованиям одного из основных элементов инфраструктуры столицы Туркменистана, учитывающей ее стремительный рост и интенсивное развитие.

Проект представляет собой систему наземных и подземных сооружений, позволяющих комплексно решить проблему жизнеобеспечения как в столице, так и в Республике в целом (рис. 1), а именно:

- понижение уровня грунтовых вод в наиболее подтопленной части города;
- повышение надежности городских сетей канализации, водоснабжения;
- связи и улучшения условий их эксплуатации;
- повышения эффективности использования поверхностных и подземных вод, увеличив объем пригодной для орошения воды;
- создание условий, позволяющих снизить техногенное влияние на окружающую среду.

Проектом предусмотрено строительство дренажно-коммуникационных тоннелей в зоне повышенной сейсмичности (до 10 баллов по шкале Рихтера).

В комплекс сооружений дренажно-коммуникационных тоннелей входят:

- дренажно-коммуникационные тоннели диаметром 6 м общей длиной 16,5 км (рис. 2);
- два сбросных тоннеля диаметром 3,5 м, общей протяженностью 13,82 км (рис. 3);
- концевой тоннель сечением 6,6x3,7 м, сооружаемый открытым способом;
- технологические камеры для ввода коммуникаций и устройства лучевых дренажей, возводимые методом «стена в грунте»;
- два тоннельных перехода под Каракумрекой диаметром 6,0 м, общей длиной 410 м.

Для понижения уровня грунтовых вод в наиболее подтопленной части города предусматривается устройство лучевого дренажа с установкой в дренах диаметром 300 мм трубофильтров из полимерных материалов, устойчивых к коррозии. Скважины лучевого дренажа будут производиться из технологических камер установками направленного горизонтального бурения (рис. 4). Выбор установок в настоящее время на стадии поиска поставщика оборудования.

После изучения трассы, выполнения инженерно-геологических изысканий, а также изучения целей и задач проекта и сроков строительства на техническом совете с участием представителей заказчика, проектных институтов и подрядных организаций было принято решение о применении для сооружения тоннелей проходческих комплексов с грунтовым пригрузом забоя производства германской фирмы «Херренкнехт АГ».

Щиты, работающие по принципу Earth-Pressure-Balance (краткое наименование EPB – щит или щит с грунтовым пригрузом) используются, в первую очередь, при проходке в связных грунтах с высоким содержанием глины, суглинках, глинах.

Принцип работы щитов с грунтовым пригрузом состоит в подпоре забоя давлением разрабатываемой породы, что позволяет избегать подъема и осадки поверхности. Это достигается путем согласования скорости поступательного движения щита

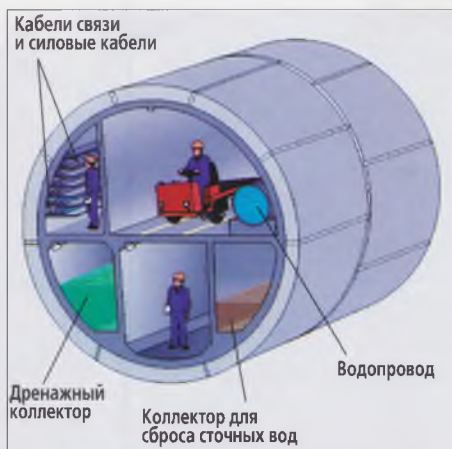


Рис. 2. Сечение тоннеля диаметром 6 м

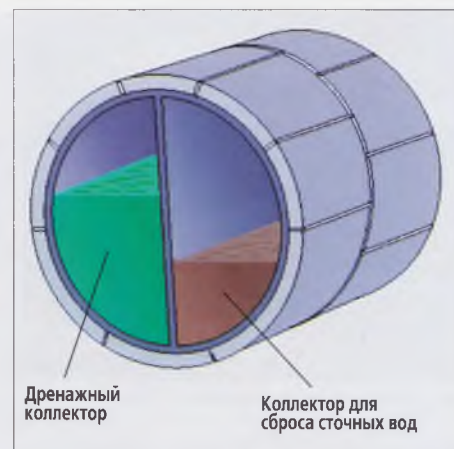


Рис. 3. Сечение тоннеля диаметром 3,5 м

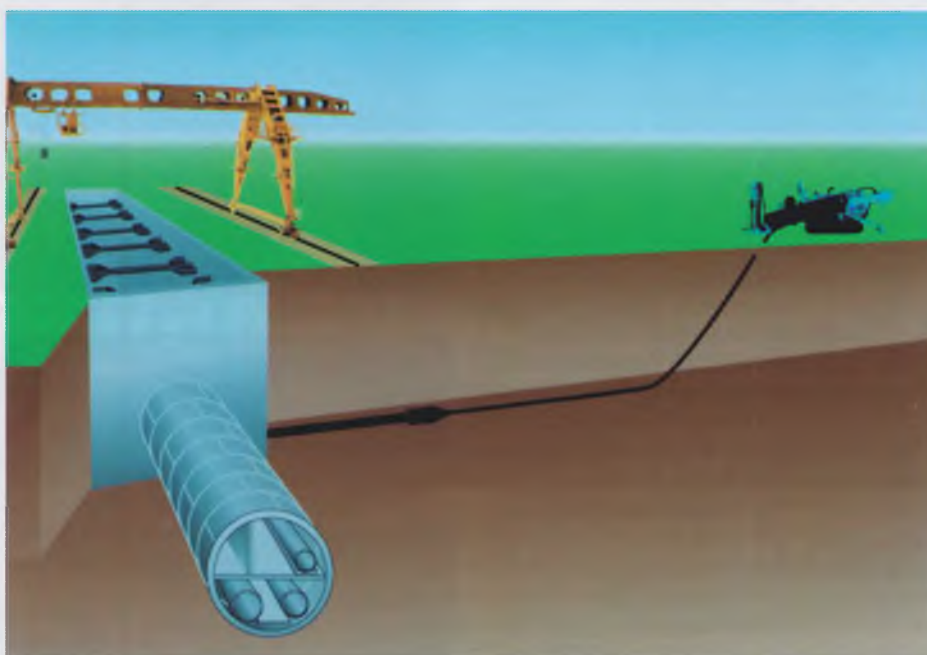


Рис. 4. Устройство лучевого дренажа из технологических камер

с количеством разработанной породы, поступающей по винтовому транспортеру. Для того чтобы разработанный грунт мог быть использован в качестве опорной среды, он должен обладать следующими свойствами:

- хорошей пластической деформируемостью;
- мягкой, до кашеобразной, консистенцией;
- малым внутренним трением;
- низкой водопроницаемостью.

Усилия гидродомкратов, передаваемые опорной стенкой, действуют на грунт, находящийся в призабойной камере, таким образом достигается равновесие сил. В качестве пластификатора применяются пенообразующие добавки (тензиты), подаваемые в призабойную зону. Давление в призабойной зоне контролируется датчиками, расположенными на опорной стенке и винтовом транспортере, и выводится на пульт управления комплексом.

Разработанный грунт подается на транспортерную ленту и далее в грузовые вагоны.

Для предотвращения попадания грунтовых вод в рабочую зону в конструкции хвостовой оболочки щита предусмотрены уплотнительные кольца, пространство между

которыми заполняется смазкой хвостовика, что и препятствует попаданию воды в тоннель.

Транспортировка грузов осуществляется рельсовым транспортом по колеям 600 мм и 750 мм для тоннелей соответственно диаметрам 3,5 м и 6,0 м. Для откатки используются дизель-локомотивы производства фирмы «Шема». В состав поезда входит дизель-локомотив, вагоны для грунта емкостью 5 и 10 м³, вагон для раствора с принудительным перемешиванием во время транспортировки, транспортные тележки для обделки и прочих грузов. Вагон-кабина служит для перевозки рабочих смен.

Важнейшее значение имеет непрерывность рабочего процесса, что обеспечивается системой резервного питания энергоснабжения. С этой целью были установлены три дизель-генератора фирмы «Krauter» с трансформаторами 0,4/10 кВ, мощностью 1250 кВа для щитов EPB-6.250 и мощностью 800 кВа для щита EPB-3.000.

В условиях жаркого климата особое внимание уделяется вентиляции тоннелей. Система вентиляции и охлаждения обеспечивает подачу на ПТМК охлажденного воздуха, а



Рис. 7. Обделка тоннеля диаметром 3,5 м

также охлажденной технической воды, необходимой для работы комплекса.

Для сооружения тоннеля диаметром 6,0 м применяется два проходческих комплекса ЕРВ-6.250 (рис. 5), тоннеля диаметром 3,5 м - проходческий комплекс ЕРВ-3.000 (рис. 6).

Обделка тоннелей (рис. 7) наружным диаметром 3,5 и 6,0 м собирается из колец универсальной формы для обеспечения поворота тоннеля в плане и профиле. Ширина колец соответственно составляет 1,0 и 1,2 м. Блоки высокой точности изготавливаются из водонепроницаемого бетона на специально построенном заводе железобетонных изделий с применением опалубки фирмы «Черезола» (рис. 8). По боковым поверхностям они оснащены наклеенными резиновыми гидроизоляционными уплотнителями производства фирмы «Феникс». Для заполнения кольцевого заобделочного пространства используется тампонажный уплотнительный раствор, нагнетаемый в предпоследнее кольцо. Состав раствора корректируется для лучшего соответствия геологическим условиям применительно к конкретному участку.

Комплексы ТПМК снабжены навигационной системой с выводом в реальном времени информации о точном положении щита на монитор. Маркшейдерская служба определяет по компьютеру положение щита, сравнивает с программой, производит расчеты и дает указания машинисту щита по его движению.

ТПМК с ЕРВ-щитами разработаны фирмой «Херренкнехт АГ» специально для проекта в г. Ашгабате с учетом геологических и климатических условий. Полная автоматизация всех производственных процессов обеспечивает самые высокие скорости проходки.

Строительство ведет украинская компания «Строительная Ассоциация Интербудмонтаж». Проектирование осуществляет ЗАО «ПИ «Укрспецтоннельпроект», проходку тоннелей производит ЗАО «Интербудтоннель», входящие в состав Ассоциации. В строительстве вместе с украинскими специалистами трудятся и их туркменские коллеги, которым украинцы передают свой богатый опыт, приобретенный на строительстве метрополитенов и тоннелей различного назначения.



Рис. 5. Приемка ТПМК «Херренкнехт» диаметром 6 м на заводе в Шванау, Германия



Рис. 6. ТПМК «Херренкнехт» диаметром 3,5 м



Рис. 8. Опалубка фирмы «Черезола»



Концепция защиты дренажно-коммуникационного тоннеля от влияния сейсмических воздействий

Г. Р. Розенвассер,
 Донецкий ПромстройНИИпроект
В. В. Петрук,
 «Строительная Ассоциация Интербудмонтаж»
А. П. Букань,
 ЗАО «Интербудтоннель»

Общие сведения, проектные предложения

В соответствии с межправительственным соглашением между Украиной и Туркменистаном «Строительная Ассоциация Интербудмонтаж» строит в г. Ашгабате дренажно-коммуникационный тоннель (ДКТ) общей протяженностью 18 км, предназначенный для понижения уровня грунтовых вод до 4 м.

Сооружение представляет собой систему возводимых способом «стена в грунте» камер, соединенных между собой коллекторами щитовой проходки диаметром 3,5 и 6 м, располагаемых на глубине 10-13 м. В настоящей работе обсуждаются варианты конструктивных мер защиты обделки ДКТ диаметром 6 м.

Исходное конструктивное решение ДКТ предусматривает его работу в режиме гидротехнического сооружения с устройством первичной обделки из сбор-

ных железобетонных блоков и вторичной обделки (рубашки) - из монолитного железобетона, по которой непосредственно организуются стоки (рис. 1, а).

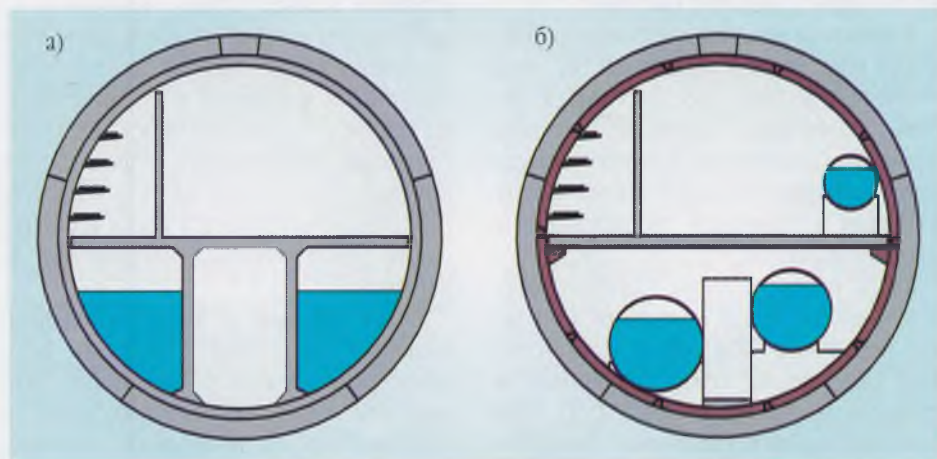
Альтернативное конструктивное решение ДКТ предусматривает его работу в режиме коммунального тоннеля с пропуском стоков в трубах (рис. 1, б).

В обоих решениях первичная обделка в плоскости ее поперечного сечения проектируется сейсмостойкой. Принята сборная из блоков обделка конструкции

Ceresola (Германия), которая укладывается щитовым комплексом Херренкнехт (Германия) с перевязкой стыков в блочных кольцах.

Блоки выполнены из бетона класса В35 толщиной 300 мм. Конструктивные равнопрочные связи между блоками как в кольцах, так и между блочными кольцами не предусмотрены. Связи монтажа в виде металлических шпилек и пластмассовых дюбелей обеспечивают лишь проектное положение первичной обделки

Рис. 1. Организация технологического пространства при работе коллекторного тоннеля: а - в режиме гидротехнического сооружения; б - в режиме коммунального сооружения



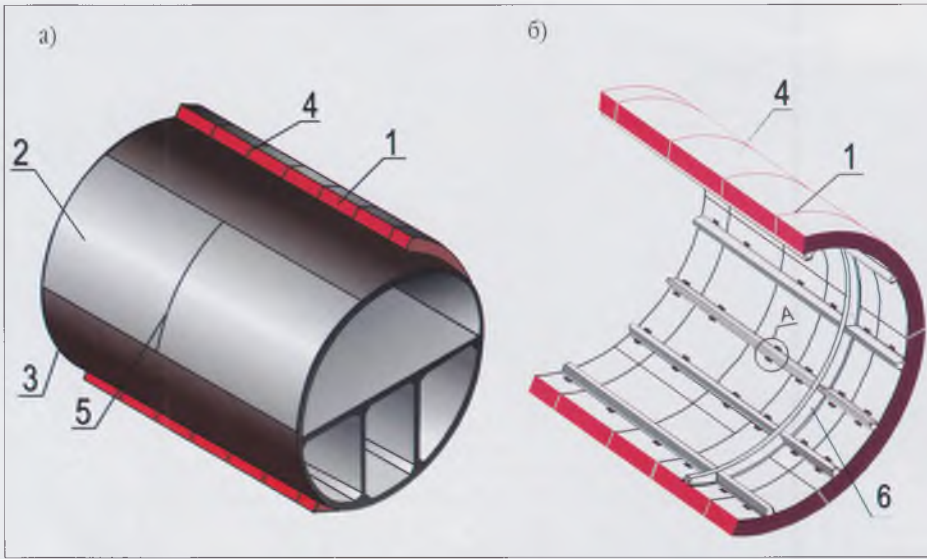


Рис. 2. Конструктивные решения сейсмостойких коллекторных тоннелей:
а – по исходному проекту; б – по альтернативному проекту

1 – первичная обделка; 2 – вторичная обделка; 3 – шов скольжения; 4 – антисейсмический деформационный шов по первичной обделке; 5 – то же по вторичной обделке; 6 – кружало; 7 – прогоны; А – узел связи (см. рис. 3)

при монтаже и, после набора достаточной прочности тампонажного раствора в заобделочном пространстве кольцевой формы, демонтируются. По периметру каждого блока в заводских условиях устанавливается технологический гидроизолирующий резиновый уплотнитель, который обжимается в процессе проходки: в радиальных стыках – до «сухого» контакта торцов блоков; в кольцевых – с зазором $\delta=2$ мм, заполняемый герметиком. С учетом монтажа блочных колец этот зазор может достигать 3-3,5 мм.

Таким образом, если в плоскости поперечного сечения сейсмостойкость тоннеля обеспечивается, то в продольном направлении, где каждое блочное кольцо представляет собой отдельный отсек, необходимо вводить специальный сейсмостойкий элемент.

Вторичная обделка (рубашка), служащая в обычных условиях эксплуатации для гидроизоляции и коррозионной стойкости сооружения при пропуске агрессивных стоков, возводится после проявления горного давления на первичную обделку и поэтому не подлежит расчету на основное сочетание нагрузок.

В исходном решении, учитывая особенности конструкции первичной обделки, вторичная должна проектироваться отсекообразующим антисейсмическим элементом сооружения с антисейсмическими деформационными швами между отсеками и совмещать изолирующие и несущие функции.

Здесь предусмотрено удаление связей монтажа между блочными кольцами первичной обделки и устройство шва скольжения между первичной и вторичной обделками (рис. 2, а). При этом последняя ограничивает попереч-

ные колебания блочных колец первичной обделки и организует их продольные перемещения по внешней поверхности рубашки.

В альтернативном решении (положительное решение Укрпатента от 05.03.2003 о выдаче декларативного Патента на изобретение по заявке № 2003010220) антисейсмическим продольным элементом сооружения является пространственный металлический каркас – арочная крепь из профиля горячекатаного марки СВП по ГОСТ 18662-83 (рис. 2, б).

Здесь антисейсмические деформационные швы устроены между смежными блочными кольцами, а антисейсмические связи выполнены в виде кольцевых распорных элементов (кружала), периодически расположенных вдоль оси тоннеля с внутренней стороны обделки, продольных линейных элементов (прогонов), равномерно расположенных по внутреннему периметру обделки и жестко связанных с кружалами, а также узлов связи кружал и прогонов с блоками (рис. 3), выполненных с возможностью перемещения каждого кольца вдоль прогонов. С этой целью каждый из узлов связи выполняется в виде анкеров, жестко установленных в обделке и соединенных на резьбе с прогонами через овальные отверстия в подкладках, большие оси которых направлены вдоль оси прогонов. Предусматривается также компенсация температурных напряжений в каркасе.

Таким образом, в альтернативном решении, аналогично исходному, реализуется возможность ограничить поперечные колебания блочных колец и организовать их продольные переме-

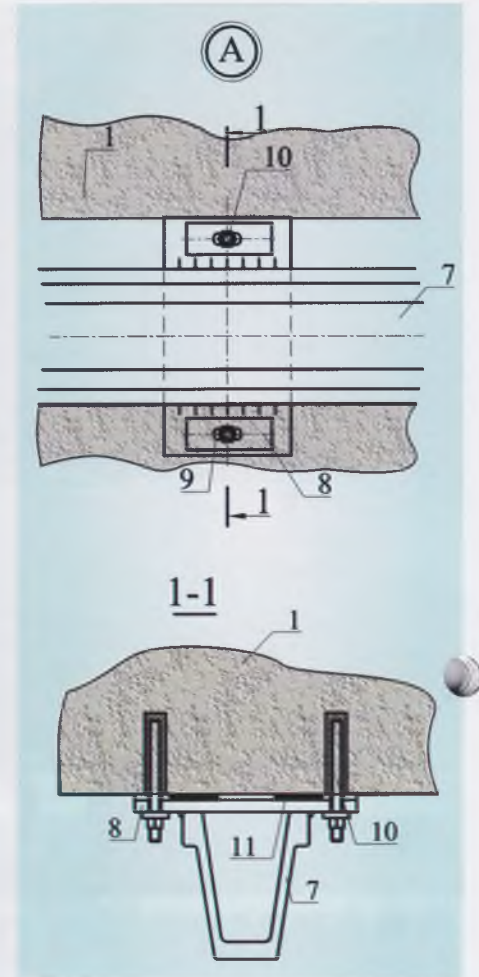


Рис. 3. Узел связи (по рис. 2, б): 8 – подкладка; 9 – овальное отверстие; 10 – анкер с гайкой; 11 – шов скольжения

щения. Кроме того, выполнение антисейсмических связей и расположение антисейсмических швов между смежными блочными кольцами позволяет решить техническое противоречие между деформационными свойствами заполнителей швов и их герметизирующей способностью.

Так, расстояние между деформационными швами l определяют исходя из допустимых конструкцией антисейсмического деформационного шва продольных относительных смещений смежных участков тоннеля δ в зависимости от скорости продольных сейсмических волн в грунте V_p , преобладающего периода сейсмических колебаний T_v и возможной максимальной амплитуды колебаний массива A_b .

В исходном решении ДКТ при слабых грунтах длина отсека по рубашке не должна превышать 20 м, при этом расчетная компенсационная способность шва между отсеками в конкретном случае достигает $k \geq \pm 60$ мм. В альтернативном же решении ДКТ при длине отсека, равной длине блочного кольца 1,2 м, расчетная компенсационная способность шва не превысит $k = \pm 3$ мм.

Особенности строительства ДКТ в сейсмоопасном районе

К ним следует отнести:

- неглубокое заложение коллекторного тоннеля, характеризуемое тем, что глубина заложения шельги свода меньше трехкратного размера поперечного сечения обделки;

- трасса тоннелей проходит преимущественно в водонасыщенных суглинках ($\rho_f=2,08$ т/м³; $c_f=1$ кПа; $\varphi_f=22^\circ$; $E_f=9,7$ МПа) и супесях ($\rho_s=2,04$ т/м³; $c_s=0,5$ кПа; $\varphi_s=21^\circ$; $E_s=17,90$ МПа), обладающих низкой сейсмической жесткостью и отнесенных НИИ сейсмологии Туркменистана (НИИСТ) по сейсмическим свойствам к грунтам категории III;

- условия сейсмичности района строительства по данным НИИСТ – 9 баллов (MSK-64). Расчетный балл на поверхности земли превышает фоновую оценку. С учетом приращения сейсмической интенсивности за счет влияния грунтовых вод условия сейсмичности района строительства – 9,6-10 баллов. Скорость распространения продольных и поперечных сейсмических волн – $V_p=400$ м/с, $V_s=240$ м/с; длины продольных и поперечных волн – $\lambda_p=160$ м, $\lambda_s=100$ м; преобладающие периоды колебаний грунта к максимальным ускорениям – $T_a=0,412$ с, к максимальным скоростям – $T_v=1,035$ с; продолжительность (длительность) максимума – $d_x=14,45$ с; максимальные амплитуды ускорения – $X=800$ см/с² или $A=X/g=0,8$; возможная максимальная амплитуда колебаний грунтового массива – $A_0=8$ см;

- отнесение ДКТ к сооружениям I класса вызывает необходимость проектировать тоннель по наборам расчетных записей акселерограмм, велосиграм, сейсмограмм, моделирующих основные типы сейсмических воздействий в районе строительства. НИИСТ одобрил синтезированную акселерограмму, построенную на основе данных по Ташкентскому (1966 г.) и Калифорнийскому (1975 г.) землетрясениям с учетом вышеприведенных сейсмологических характеристик территории строительства.

Основные расчетные положения, идеология расчетов и результаты численных исследований

Сейсмостойкость подземных сооружений, или иначе – недопущение их разрушаемости, является приоритетной задачей при проектировании, строительстве и эксплуатации.

Обделку тоннеля рассчитывают на сейсмические нагрузки, действующие в

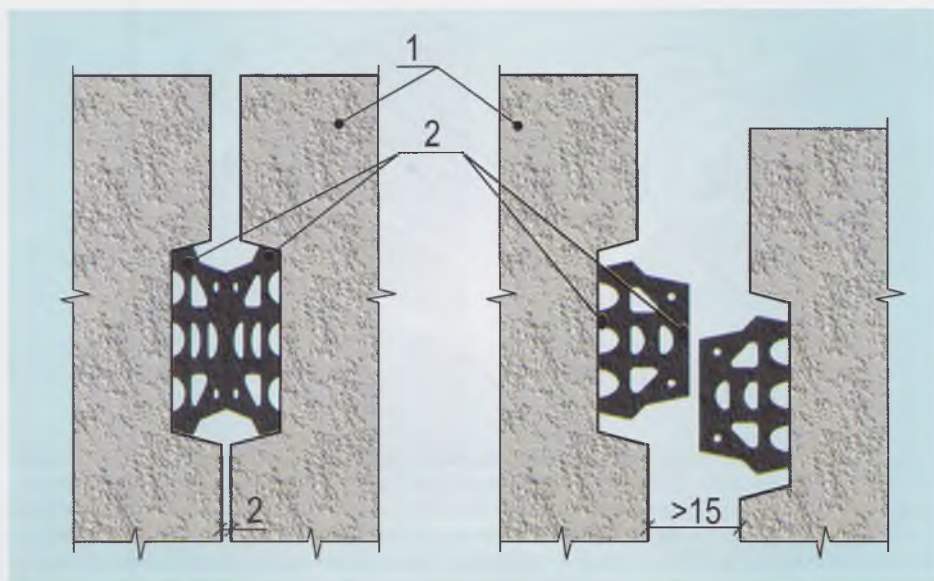


Рис. 4. Работа гидроизолирующего резинового уплотнителя в кольцевых стыках блочных колец: а – на стадии монтажа при перемещениях обжатия $\Delta y=13$ мм; б – возможная на стадии эксплуатации при сейсмических воздействиях; 1 – блочные кольца; 2 – резиновые уплотнители

плоскости ее поперечного сечения. Пространственный расчет, как правило, не проводят. Однако, учитывая особенности конструктивного решения первичной обделки, такой расчет необходим и, прежде всего, для оценки работоспособности обжатых до $\Delta y=13$ мм при проходке технологических гидроизолирующих резиновых уплотнителей в кольцевых стыках. При раскрытии швов может быть снижено их предварительное обжатие вплоть до полного разуплотнения (рис. 4). Иными словами, необходимо установить возможность использования технологического уплотнителя в качестве эффективного заполнителя антисейсмических деформационных швов. Очевидно, что надежная работа уплотнителей и является одним из главных критериев эксплуатационной пригодности сооружения в целом. Исследования показали, что снижение предварительного обжатия уплотнителя до зазора 3 мм обеспечит восприятие гидростатического давления до 6 МПа; 4 мм – 1 МПа; 5 мм – 0,2 МПа.

Численное описание пространственной работы подземных сооружений с учетом динамических воздействий и нелинейных свойств грунта – весьма сложная задача. Ее решение не регламентировано нормативными документами и пособиями по проектированию. В статической постановке рассмотренные нами расчетные схемы лишь в известной степени приближаются к реальной работе сооружения. Однако погрешности относятся к так называемым «систематическим ошибкам», в связи с чем сравнение результатов по вариантам допустимо.

Предварительные численные исследова-

ния напряженно-деформированного состояния (НДС) упрощенных моделей коллекторов по линейной и нелинейной схемам показало, что максимальные усилия и перемещения сопоставимы. Введение физически нелинейных элементов в расчет приводит к существенному усложнению схем и увеличению времени расчета задачи. Учет нелинейных свойств грунтового массива в окрестности выработки фактически сводится к учету односторонне работающих связей (только на сжатие), моделирующих взаимодействие обделки и грунта. Однако экспериментальные исследования показали, что так называемый «эффект отлипания» грунта не проявляется. Исходя из изложенного, пространственные расчеты ДКТ выполнены в линейной постановке с помощью программного комплекса Лира-Windows-8.2, реализующего метод дискретизации сплошной среды – метод конечных элементов (МКЭ).

Общий вид расчетной схемы первичной обделки (рис. 5, а) представляет собой пространственную систему в виде оболочки, состоящей из пластинчатых конечных элементов.

Обделка разбита на блочные кольца длиной 1,2 м, каждое из которых состоит из 5 сегментов, соединенных шарнирно (рис. 5, б). В продольном направлении сегменты связаны между собой элементами малой жесткости, моделирующими уплотнительные прокладки (поз. 2, $E_A=2,2$ МН, шаг $12^\circ/0,6$ м). В кольцевом направлении сегменты соединены стержнями с продольной жесткостью, равной жесткости кольца и малой изгибной жесткостью (поз. 3, $E_A=6,6$ МН). Связь (поз. 3) моделирует смещение ко-

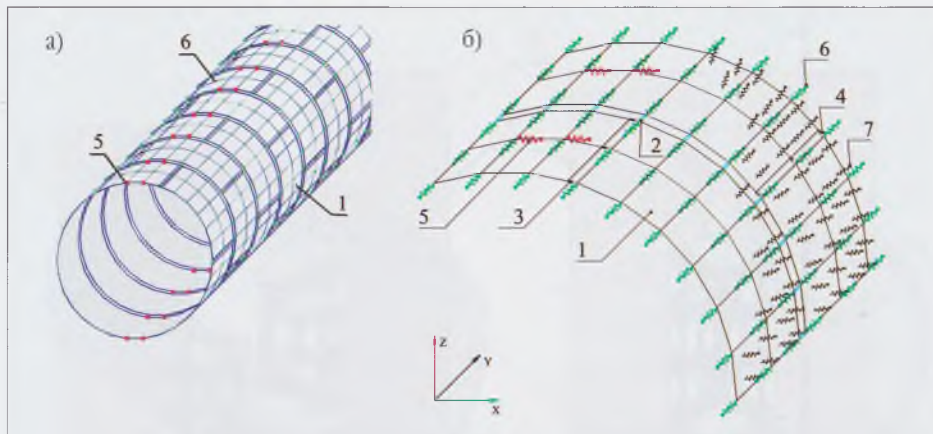


Рис. 5. Пространственная расчетная схема взаимодействия первичной обделки с грунтовой средой: а - общий вид; б - фрагмент 1 - пластинчатый конечный элемент; 2 - продольные радиальные связи малой жесткости, моделирующие уплотнительные прокладки; 3 - стержни, моделирующие связи между сегментами обделки (связи, осуществляющие контакт между блоками и продольные касательные связи, препятствующие сдвигу); 4 - шарнир для сопряжения сегментов в кольце; 5 - упругие линейные грунтовые связи, лежащие в плоскости обделки и предотвращающие вращение коллектора вокруг его оси (связи по оси X в глобальной системе координат); 6 - упругие линейные грунтовые связи, лежащие в плоскости оболочек и сдерживающие перемещения обделки вдоль ее оси (связи по Y в глобальной системе координат); 7 - нормальные распределенные по поверхности элементы связи, моделирующие отпор грунта (связи по оси Z в локальной системе координат элемента)

лец, ограниченное силами трения бетона по бетону с коэффициентом трения скольжения $k=0,5$. Связь элементов первичной обделки со вторичной или металлическим каркасом описана стержневыми элементами, изгибная жесткость которых подобрана таким образом, чтобы смоделировать возможное скольжение между ними с коэффициентом трения поверхностей $k=0,3$.

Отпор грунта задан физически линейными упругими связями, приложенными к поверхности элементов обделки (поз. 7). Коэффициент жесткости упругой среды на сжатие равен $9,7 \text{ МН/м}^2$. Для создания касательных грунтовых связей по поверхности обделки вдоль ее оси во всех узлах элементов первичной обделки заданы одноузловые конечные элементы-связи конечной жесткости (поз. 6). Жесткость одной связи подобрана так, чтобы смоделировать трение грунта о поверхность тоннеля с коэффициентом трения скольжения $k=0,4$. В этом случае жесткость одной связи равна 160 кН . Общее их число - 1286 . Для предотвращения вращения системы вокруг оси коллектора в верхних и нижних узлах модели наложены упругие связи по касательной к поверхности обделки и лежащие в плоскости перпендикулярной его оси (поз. 5). Жесткость одной связи подобрана таким образом, чтобы смоделировать трение грунта о поверхность обделки с коэффициентом трения скольжения $k=0,4$. В этом случае жесткость одной связи равна 15 МН . Общее число связей - 64 .

Внешние нагрузки на систему «обделка-грунт» моделировались с учетом обводненности грунта. Вес его задан распределенным по поверхности пластин оболочки (отдельно вычислялась гори-

зонтальная и вертикальная составляющая стандартными методами механики грунтов). Сейсмические нагрузки задавались акселерограммой (рис. 6), синтезированной с учетом сейсмических характеристик территории строительства. Технологические нагрузки приложены к внутренней поверхности рубашки или металлическому каркасу.

Основные результаты представлены на рис. 7, 8.

Сравнение преобладающих периодов сейсмических колебаний грунта ($T_a=0,412 \text{ с}$; $T_v=1,035 \text{ с}$) с собственными периодами колебания рассмотренных систем «обделка-грунт» показывает, что резонансные явления в них не возникают.

Сейсмостойкость первичной обделки в плоскости, перпендикулярной продольной оси, обеспечивается усилением сечений арматурой, при этом связи монтажа следует оставить на период эксплуатации для повышения устойчивости формы.

В продольном направлении первичная обделка не является сейсмостойкой в отношении стыковых соединений блочных колец. Относительные смещения смежных блочных колец при суммировании от различных наиболее энергоемких форм колебаний достигают: $\Delta_x=65 \text{ мм}$; $\Delta_z=111 \text{ мм}$; $\Delta_y=18 \text{ мм}$. Очевидно, гидроизолирующий резиновый уплотнитель в кольцевом стыке при сейсмических воздействиях на обделку будет выведен из строя (рис. 7,б).

Связи монтажа между блочными кольцами (наклонные металлические шпильки диаметром 27 мм из стали марки С235 с резьбовым соединением в пластмассовых дюбелях) в случае их сохранения для эксплуатации не смогут обеспечить сопротивление приведенным смещениям, поскольку допустимые деформации, ограниченные прочностью шпильки, значительно ниже: по резьбовому соединению $[\Delta]_{рез}=0,15 \text{ мм}$; по сечению $[\Delta]_{сеч}=0,3 \text{ мм}$.

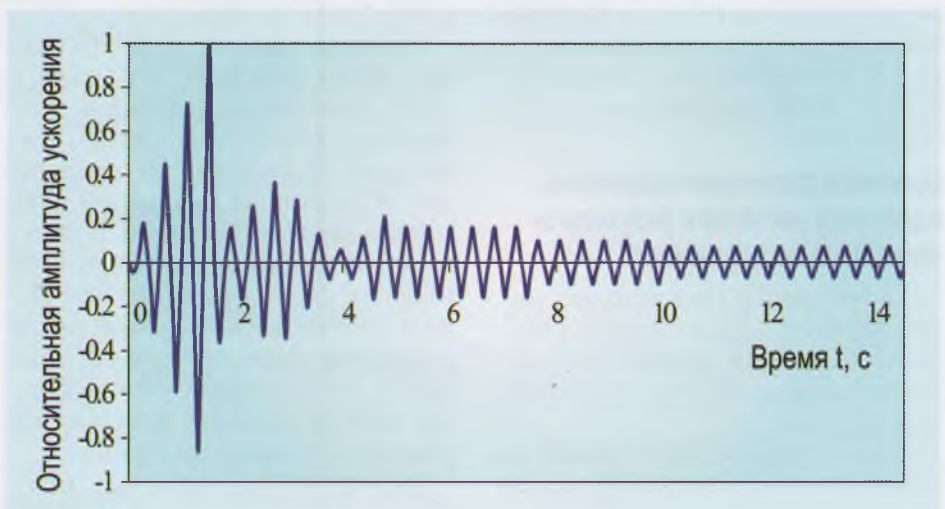
Относительные смещения блочных колец первичной обделки с сейсмоустойчивыми продольными элементами составляют:

- по исходному проекту (вторичная обделка) - $\Delta_x=1 \text{ мм}$; $\Delta_z=2 \text{ мм}$; $\Delta_y=3 \text{ мм}$ (рис. 8,а);

- по альтернативному (металлический каркас) - $\Delta_x=7 \text{ мм}$; $\Delta_z=9 \text{ мм}$; $\Delta_y=3 \text{ мм}$ (рис. 8,б). Конструктивными мероприятиями осуществимыми мероприятиями относительные смещения по осям X и Z можно уменьшить до $3-5 \text{ мм}$.

Как видно, сейсмоустойчивые продольные элементы в исходном и альтернативном решениях препятствуют поперечным колебаниям первичной обделки и организуют продольные перемещения блочных колец по вторичной обделке или прогонам металлического каркаса через швы скольжения. Здесь также целесообразно демонтировать

Рис. 6. Условная акселерограмма для Ашгабата с затухающей амплитудой



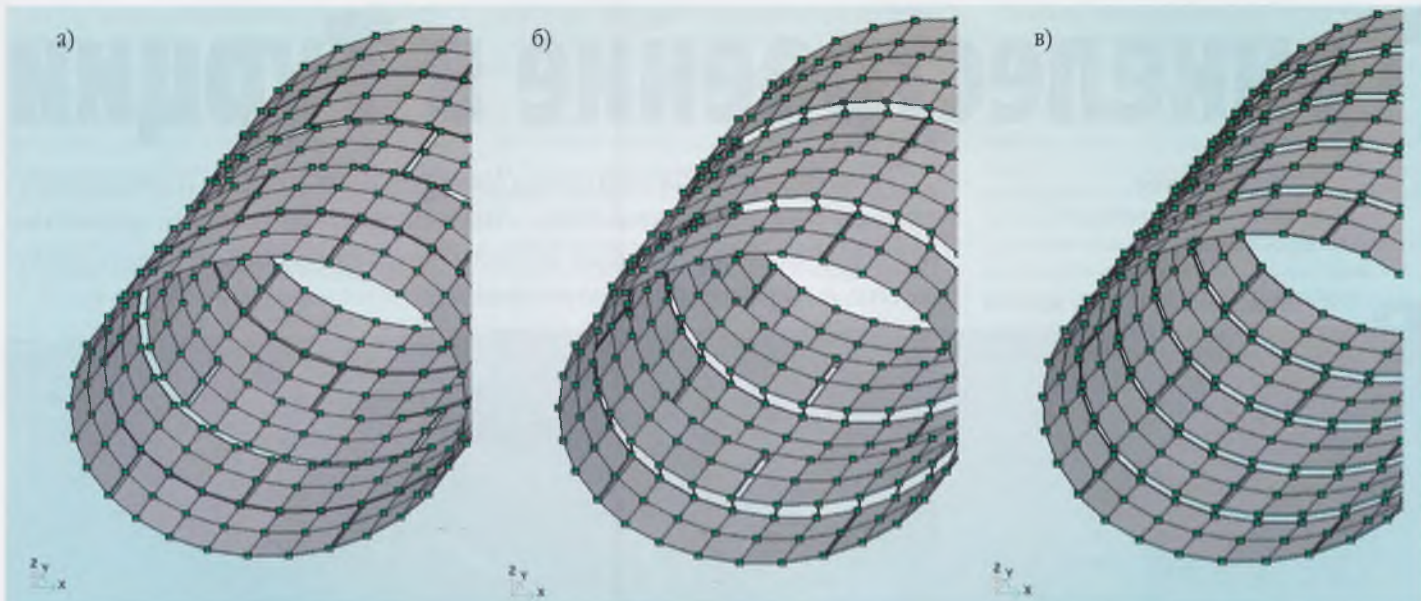


Рис. 7. Перемещения элементов первичной обделки без сейсмостойчивых элементов при колебаниях грунта: а – по оси X, 35-я форма; б – по оси Z, 19-я форма; в – по оси Y, 1-я форма

в связи монтажа между блочными кольцами и заполнить кольцевые швы специальными герметиками, обладающими следующими свойствами: адгезией к бетону не менее 0,8 Мпа, деформативностью без потери сплошности не менее 200% и долговечностью, соответствующей классу сооружения.

Ремонтопригодность коллекторного тоннеля

В исходном решении ремонтпригодность определяется в отношении вторичной обделки и антисейсмических деформационных швов. В случае если коллектор используется как гидротехническое сооружение, при повреждении вторичной рубашки от агрессивных компонентов стоков она подлежит усилению, а не ремонту как в обычных условиях эксплуатации, поскольку является несущим сейсмостойчивым элементом сооружения.

В альтернативном решении, которое может быть использовано только в режиме коммуникационного сооружения, все элементы коллекторного тоннеля – первичная обделка, арочная крепь, антисейсмические деформационные швы, а также трубопроводные коммуникации характеризуются полной ремонтпригодностью.

Выводы

Всесторонний анализ работы ДКТ в сейсмоопасном районе г. Ашгабат (Туркменистан) показал следующее.

1. Особенности конструктивного решения первичной обделки ДКТ и технологии крепления горной выработки вызывают необходимость введения специального сейсмостойчивого продольного элемента: несущей вторичной обделки по исходному решению или металлического

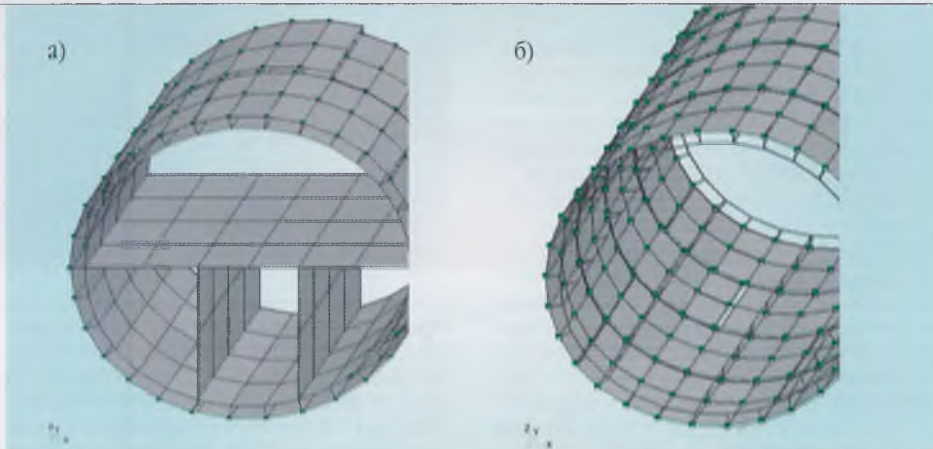


Рис. 8. Перемещения элементов первичной обделки: а – со сплошной рубашкой при колебаниях грунта по оси Y, 1-я форма; б – с металлическим каркасом при колебаниях грунта по оси X, 16-я форма

каркаса по альтернативному, препятствующих поперечным колебаниям и организующим продольные перемещения блочных колец. При этом в альтернативном решении деформации швов между блочными кольцами значительно меньше деформаций швов между отсеками по вторичной обделке в исходном решении, что позволяет компенсировать деформационные воздействия без снижения гидроизолирующей способности уплотнителей. Аналоги приведенных решений в практике коллекторостроения в сейсмоопасных районах не обнаружены.

2. Деформационная способность гидроизолирующего резинового уплотнителя недостаточна для герметизации кольцевых швов при сейсмических воздействиях, в связи с чем кольцевые зазоры между блочными кольцами должны быть заполнены упругим материалом повышенной компенсационной способности.

3. В отношении сейсмостойкости коллекторные тоннели как по исходному, так и по альтернативному решению, практически, равноценны.

4. В отношении режима эксплуатации

коллекторных тоннелей наиболее надежным является режим коммуникационного сооружения с пропуском стоков в трубах при альтернативном варианте сейсмозащиты.

5. В отношении ремонтпригодности коллекторного тоннеля, по исходному решению восстановлению доступны только вторичная обделка и антисейсмические деформационные швы, в то время как по альтернативному решению все элементы сооружения – первичная обделка, металлический каркас, антисейсмические деформационные швы, а также трубопроводные коммуникации доступны для контроля, ремонта и замены в процессе эксплуатации в условиях сейсмических воздействий.

6. Коллекторный тоннель по альтернативному решению сейсмозащиты, режиму эксплуатации и ремонтпригодности по возможным последствиям землетрясений является наиболее целесообразным для реализации в сейсмоопасном районе г. Ашгабата, поскольку обеспечивает надежную эксплуатацию на весь срок службы объекта.

Тоннелестроение в Турции

В. Н. Жуков,

главный инженер института
«Гидроспецпроект», к. т. н

Турция – горная страна. При прокладке дорог и автомагистралей, строительстве гидроэлектростанций, решении проблем водоснабжения городов часто возникает необходимость в строительстве тоннелей.

В 1857 г. на трассе первой в Турции железной дороги между городами Измир и Айдын с помощью английских инженеров началось сооружение первого транспортного тоннеля в Турции длиной 128 м. После проходки 65 м геологические условия резко ухудшились, и строительство тоннеля было прекращено. На откорректированной трассе железной дороги к 1866 г. были построены уже два тоннеля протяженностью 230 и 1014 м.

В течение последних 20 лет строительство тоннелей в Турции ведется особенно активно, прежде всего, это касается автодорожных тоннелей, расположенных на автомагистралях.

Около десятка тоннельных участков имеется на трассе Трансанатолийской автомагистрали, пересекающей Турцию с северо-запада на юго-восток, сооружение которой ведется с конца 80-х годов. Проходка части тоннелей завершена, часть находится на стадии строительства. Все тоннельные участки магистрали имеют много общего: это два параллельно расположенных тоннеля, каждый из них рассчитан на три полосы движения транспорта.

Инженерно-геологические условия строительства большинства тоннелей сложные, поскольку они находятся вблизи либо Северного Анатолийского, либо Юго-восточного Анатолийского разломов. Большинство тоннелей сооружается с использованием технологии NATM в ее классическом виде: поэтапное раскрытие забоя с небольшим опережением боковых передовых штолен, набрызг-бетон, наносимый без отставания от забоя, обратный свод на участках плохих геологических условий, относительно небольшое отставание бетонной обделки от забоя и замыкание ее в лотковой части.

При строительстве многих тоннелей в выборе технологии и определении параметров крепи принимают участие австрийские специалисты (чаще всего Геоконсалт).

Один из наиболее протяженных на Трансанатолийской магистрали – тоннель Кизляч длиной 2800 м (каждая нитка), расположенный недалеко от г. Адана. Проходка его уже завершается. Учитывая большое количество разломов по трассе, технология NATM строго выдерживалась. Тем не менее, не удалось избежать двух относительно крупных аварий, когда в забое произошли обрушения объемом от 10 до 20 м³.

Самым известным на Трансанатолийской магистрали является тоннель Болу, расположенный между Стамбулом и Анкарой. Прокладка автомагистрали между двумя столицами была завершена во второй половине 90-х годов, за исключением участка в районе перевала Болу, где ведется строительство тоннеля, длина каждой нитки которого около 3 км. Глубина заложения тоннелей от 100 до 250 м. Они строятся в крайне сложных инженерно-геологических условиях, непосредственно в зоне Северного Анатолийского разлома. Трасса тоннелей расположена в аргиллитах, алевролитах и известняках; в зонах разломов, мощность которых составляет несколько десятков метров, в основном, пластичные глины. Площадь поперечного сечения каждого тоннеля в проходке от 190 до 260 м², в зависимости от типа крепи. В основе первоначального проекта лежали принципы NATM.

С 1993 г. сооружение тоннеля ведут итальянские специалисты. В сентябре и ноябре 1999 г. в зоне его



Портал автодорожного тоннеля на трассе Измир-Айдын

строительства произошли два крупных землетрясения. Сентябрьское, с магнитудой 7,4, привело к значительным разрушениям в районе г. Стамбула, но не имело последствий для тоннеля Болу. Землетрясение же 12 ноября 1999 г. с магнитудой 7,2, эпицентр которого находился всего в 5 км от тоннелей, привело к значительным разрушениям в них.

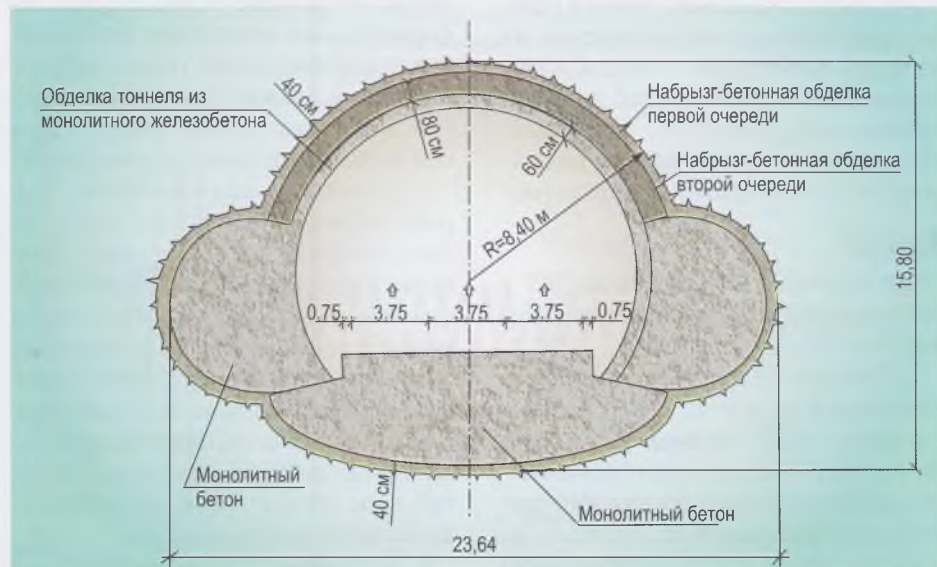
Землетрясение произошло в момент, когда осуществлялась проходка первой из двух самых сложных зон разлома. Еще до землетрясения в этих зонах фиксировались весьма значительные деформации (с максимумом, по разным источникам, от 40 см до 1 м). При землетрясении произошли обрушения в боковых передовых штольнях, где толщина набрызг-бетона составляла около 30 см; выгнуло армофермы как в своде, так и по стенам на верхнем уступе, где толщина набрызг-бетона была

45 см. В железобетонном обратном своде образовались трещины от 0,5 до 5 см (в зависимости от грунтов и характера армирования).

В обследовании тоннеля после землетрясения и выработке решений принимали участие американские и европейские специалисты. Были даны следующие рекомендации:

- эластичные крепи, используемые в NATM, эффективны при проходке в более или менее благоприятных условиях, но не применимы для участков зон разломов. В них на небольшом расстоянии от забоя должна возводиться жесткая крепь, позволяющая минимальные деформации;
- в обделке необходимо устраивать широкие деформационные швы (толщиной до 0,5 м) через каждые 4,4 м, позволяющие как сдвиг, так и более сложное смещение одного блока относительно другого.

Поперечное сечение автодорожного тоннеля Болу на участках зон разломов



На участках зон разломов, которые, как уже говорилось, заполнены в основном пластичными глинами, строительство тоннелей будет вестись по технологии, схожей с технологией возведения однопролетных станций метрополитена. Сначала в пятах свода проходятся передовые выработки диаметром около 5 м. Большая часть их сечения заполняется бетоном. Это необходимо для того, чтобы в дальнейшем обеспечить надежное опирание свода, а также не допустить боковых деформаций при раскрытии сечения тоннеля. Затем поэлементно по контуру свода раскрывается щель, где первичной крепью является армированный стальной фиброй набрызг-бетон толщиной 30-40 см. Промежуточная обделка, представляющая из себя армированный фиброй набрызг-бетон толщиной 80 см, возводится с отставанием 8-16 м от забоя. Разработка нижнего уступа обратного свода выполняется на участке не далее 22-35 м от забоя. Вслед за



Устройство пленочной гидроизоляции. Автодорожный тоннель на трассе Измир-Айдын

этим сооружается чистовая обделка из монолитного железобетона толщиной 60 см.

Строительство тоннеля Болу планируется завершить в 2005 г.

На трассе автомагистрали Измир-Айдын в 2000 г. был сдан в эксплуатацию тоннель имени 75-летия независимости. Этот объект состоит из двух параллельно расположенных тоннелей длиной по 3 км каждый с тремя полосами движения в обоих направлениях. Ширина тоннелей достигает 16,5 м, а высота на участках слабоустойчивых пород, где проходка выполнялась с обратным сводом, составляет 11,5 м. Через 300-400 м между тоннелями имеются пешеходные и транспортные сбойки, чередуясь через одну. Тоннель имеет продольный уклон 2,6%. На всей длине выполнена пленочная гидроизоляция. Об-

Метро в Стамбуле



щий объем подземной разработки при проходке 878 тыс. м³, объем подземного бетона 152 тыс. м³. Работы выполнялись с использованием NATM.

История строительства отмечена одним ЧП. После проходки в северном тоннеле начальных 850 м в забое были отмечены значительные деформации, за 11 дней составившие 37,2 см. Вслед за этим произошел прорыв подземных вод в забой, который привел к остановке проходки почти на полгода. После выполнения инъекционных работ и откачки в общей сложности около 1,5 млн м³ воды сооружение тоннеля было возобновлено.



Автодорожный тоннель на трассе Измир-Айдын

В южном тоннеле на этом же участке также были отмечены значительные деформации, но выполненные предварительные мероприятия и установка большого количества анкеров, в 4 раза превысившего проектные значения, позволили успешно пройти опасный участок.

Строительство тоннелей было начато в 1990 г, а в 1997 произошла первая сбойка.

В стране, большая часть которой покрыта горами, неизбежно возникает необходимость в подземных гидротехнических сооружениях.

В 1988 г. было завершено строительство системы водоснабжения г. Анкары, в состав которой входят 4 тоннеля общей длиной 22,5 км. Их поперечное сечение подковообразное, близкое к круглому с диаметром от 3,4 до 3,6 м. Обделка – железобетонная.

В начальный период эксплуатации в районе концевой участка одного из тоннелей произошло сползание склона, в результате чего была разрушена обделка, в том числе и стальная облицовка. Авария ликвидировалась в течение одного года.

Еще один значительный подземный объект – система переброски воды из эксплуатируемого водохранилища Атакай на ГЭС в бассейн р. Нелкит. Система включает в себя подводный напорный тоннель протяженностью 6,5 км, вертикальную шахту глубиной 130 м и подводный турбинный водовод длиной 400 м. Проходка подводного тоннеля диаметром 4,6 м выполнялась буровзрывным способом. Строительство комплекса было завершено в 1988 г.

В центральной части Турции, в районе гидроузла Ататюрк, ведется сооружение комплекса из двух гидротехнических напорных тоннелей диаметром в свету 7,6 м и длиной по 26,4 км каждый. Диаметр их в проходке около 9 м. Строительство ведется с использованием ТВМ, при этом средняя скорость проходки составляет 6 м в сутки. Один тоннель уже находится в эксплуатации в беспорном режиме.

Большие объемы подземных работ выполняются в настоящее время и при возведении гидроэлектростанций. На почти всех из более чем 20 строящихся в настоящее время ГЭС есть подземные сооружения. Самый большой подземный комплекс имеет ГЭС Деринер, в составе которой более 35 горизонтальных, вертикальных и камерных выработок с общим объемом подземной разработки более 400 тыс. м³.

Говоря о тоннелестроении в Турции, необходимо отметить понимание, как подрядчиками, так и заказчиками, того, что при строительстве тоннелей

должны использоваться современные технологии и оборудование. Следствием этого является то, что строительные фирмы оснащены современным оборудованием, в основном, «Атлас Копко» и «Тамрок» (буровое), «Катерпиллар» и «Компацу» (погрузочное).

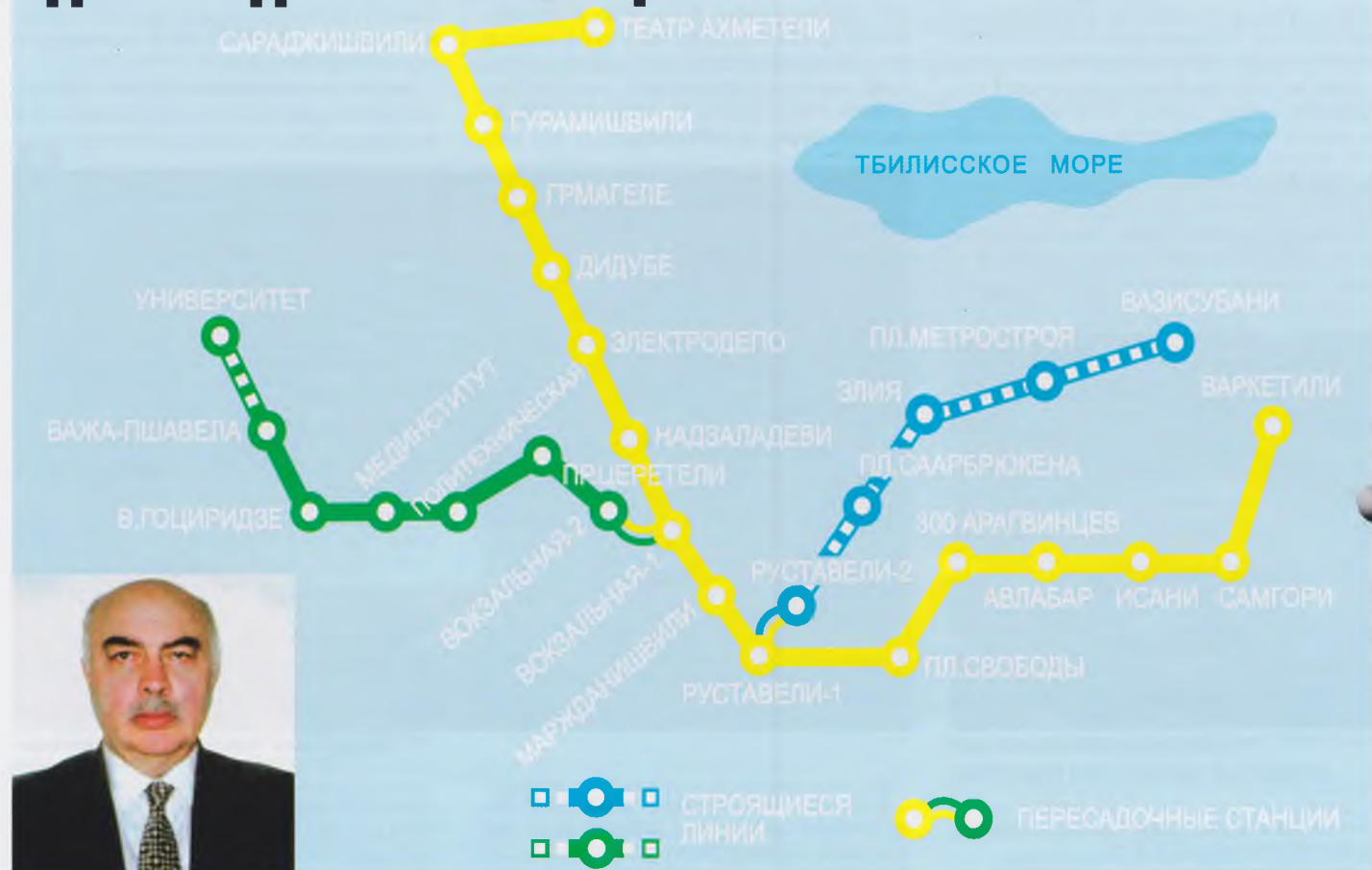
В качестве взрывчатых веществ используются желатина-динамиты и эмультивы (ВВ эмульсионного типа). Для обеспечения низкой линейной плотности в контурных шпурах и, соответственно, хорошего качества контурного взрывания используется Elbag-1 в патронах диаметром 17 и 22 мм (аналог шведского турита). Почти повсеместно применяется система неэлектрического взрывания Нонель. Ее использование позволяет безопасно обуривать забой с одновременным его заряданием.

Широко внедряется технология «мокрого» набрызг-бетонирования. Добавки для этих работ – микросиликаты, пластификаторы и ускорители схватывания – производятся ведущими европейскими изготовителями непосредственно в Турции.

Финансовый кризис, произошедший в Турции более двух лет назад, привел к сокращению инвестиций в строительство, и в тоннелестроении в том числе. Начало строительства новых объектов откладывается. Это касается и масштабного проекта, включающего в себя, помимо реконструкции железнодорожных подходов, сооружение железнодорожного тоннеля под проливом Босфор методом опускаемых секций. Для проходки тоннеля уже создан турецко-американско-японский строительный консорциум.

Несмотря на финансовый кризис, строительство уже начатых подземных объектов продолжается. Ведется строительство не только автодорожных и гидротехнических тоннелей, но и тоннелей метрополитенов в 4-х городах Турции, а в Стамбуле, Анкаре и Измире действуют линии метрополитена.

ТБИССКИЙ МЕТРОПОЛИТЕН ОДНОСВОДЧАТЫЕ СТАНЦИИ ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ



Т. К. Чурадзе,

д.т.н., проф., зав. кафедрой «Мосты и тоннели» Грузинского технического университета (ГТУ)

В практике Тбилисского метрополитена первой очереди односводчатые станции глубокого заложения практически исключились из рассмотрения. Еще в 1967 г. станция «300 арагвинцев» была запроектирована в односводчатой конструктивной форме.



Б. П. Цулукидзе,
инженер (ГТУ)

Однако, несмотря на активную поддержку этого варианта со стороны ЦНИИСа (Москва), он не получил предпочтения со стороны экспертов проекта. Первая односводчатая станция г. Тбилиси «Политехническая» была построена лишь в 1979 г.

При возведении этой станции сотрудниками кафедры «Тоннели и метрополитены» Грузинского политехнического института изучался вопрос влияния технологии проходки тоннеля на формирование горного давления. Успешное строительство станции, результаты вышеупомянутых исследований, наряду с исследованиями, проведенными в ЛИИЖТе на моделях из эквивалентных материалов, наглядно показали возможность и целесообразность сооружения односводчатых станций в г. Тбилиси. Таким образом эти станции получили «зеленый свет». В

настоящее время эксплуатируются шесть односводчатых станций, из которых пять - глубокого заложения (рис. 1). В стадии завершения находится еще одна (рис. 2). Следует отметить, что проектом новой линии все пять станций предложены односводчатыми (рис. 3).

В настоящий момент в истории строительства Тбилисского метрополитена – этап оптимизации односводчатых конструкций.

Приведенные исследования показали, что эксплуатируемые односводчатые конструкции Тбилисского метрополитена находятся в сложном напряженном состоянии, что вызвано наличием стен. На рис. 4 приведена новая конструкция станции метрополитена глубокого заложения с различной высотой свода, опирающегося непосредственно на грунт.

В случае опирания пологого свода на породу его напряженное состояние вы-



Г. П. Бокучава,
инженер
ООО «Тбилметрострой»

Таблица 1

Наименование породы	Максимальное значение изгибающего момента в своде, тм			
	Высота стены, м			
	0	2.4	3.6	4.8
Слабо трещиноватая	48.96	63.55	77.79	89.05
Средней трещиноватости	51.85	66.24	73.95	84.12
Сильно трещиноватая	56.94	68.3	78.3	86.79

годно отличается от существующих конструкций. Например, в породах с коэффициентом крепости грунта по Протодяконову $f=3$ в своде с высотой сечения в замке 80 см, изгибающие моменты настолько малы, что максимальные значения эксцентриситета нормальной силы не превышают 12-14 см. То есть свод даже в самых напряженных сечениях работает на внецентренное сжатие, с малыми эксцентриситетами. В своде с пролетом до 25 м ни в одном сечении не возникают растягивающие напряжения. Бетон работает только на сжатие и свод во всех сечениях удовлетворяет требованиям по несущей способности. Наряду с этим становится возможным использовать боковые части подсводового

пространства для служебных целей.

В табл. 1 приведены значения изгибающих моментов для четырех различных конструктивных форм односводчатых станций. Статические расчеты выполнены для трех различных значений коэффициента упругого отпора породы: для слабо трещиноватой, породы средней трещиноватости (это значение занижено на 25%) и для сильно трещиноватой (на 50%).


Интересно отметить, что деформируемость пород влияет незначительно на несущую способность обделок (табл. 2).

Данные табл. 2 свидетельствуют, что несущая способность в замке свода меняется в пределах 0,4-3,9%

Таблица 2

Наименование породы	Несущая способность, т							
	Высота стены, м							
	в замке				в пяте			
	0	2.4	3.6	4.8	0	2.4	3.6	4.8
Слабо трещиноватая	480	454	450	444	600	454	430	133
Средней трещиноватости	477	453	446	440	602	463	438	149
Сильно трещиноватая	462	452	443	436	600	467	444	166

в пяте, кроме последнего столбца, – 0,3-3,3%. Как и следовало ожидать, с ростом высоты стены уменьшается несущая способность конструкции.

Проведенные исследования показали возможность и целесообразность применения пологих сводов, опертых на породу, для станций метрополитена глубокого заложения в г. Тбилиси, а также при освоении подземного пространства крупных городов. 

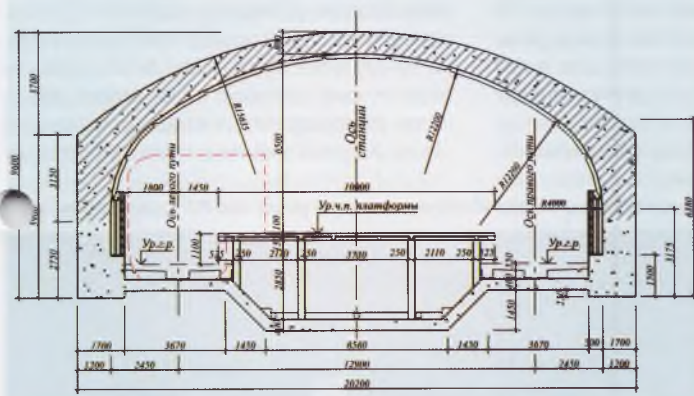


Рис. 1. Станция «Вокзальная-2»

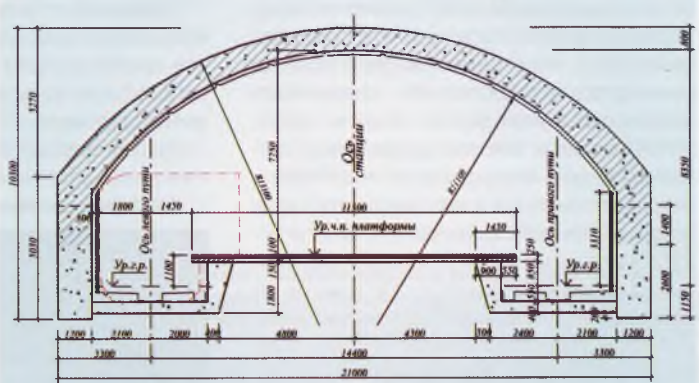


Рис. 3. Станция «Площадь Саарбрюкена»

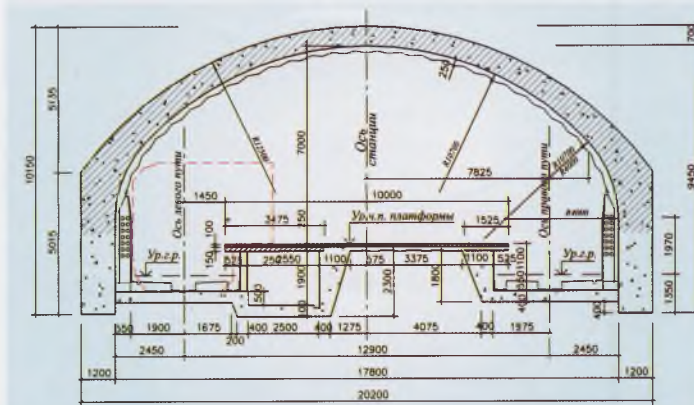


Рис. 2. Станция «Университет»

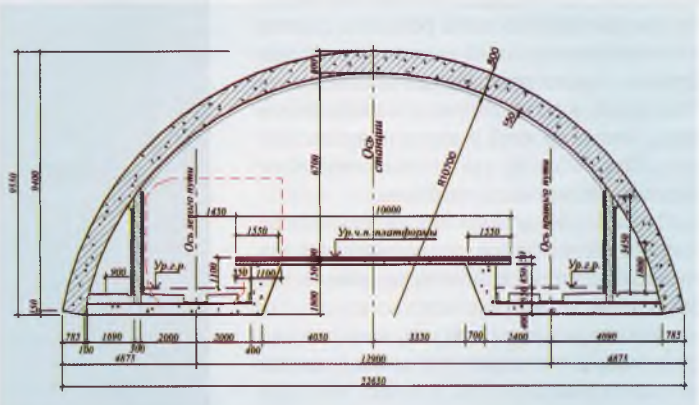


Рис. 4. Обделка с опертым на породу сводом (вариант 3)

Пути повышения эксплуатационной стойкости рельсов для метрополитенов

Е. А. Шур,

д. т. н., профессор

А. И. Борц,

к. т. н., ФГУП ВНИИЖТ МПС

Проводимые в течение последних лет совместно с Московским метрополитеном исследования качества и эксплуатационной стойкости рельсов, а так же анализ опыта работы метрополитенов Санкт-Петербурга, Новосибирска и других городов, представленные руководством служб Пути метрополитенов на ежегодном совещании, проводимом Международной Ассоциацией «Метро», показывают, что общей проблемой метрополитенов в настоящее время является низкий срок службы рельсов, обусловленный повышенной повреждаемостью дефектами контактно-усталостного характера. Множественные выкрашивания металла на боковой рабочей выкружке головки рельсов, классифицируемые службами Пути метрополитенов как дефект НТД/ЦП-93, возникают уже после пропуса 70-100 млн т брутто. При этом службами Пути практически всех метрополитенов отмечается рост повреждаемости рельсов указанными дефектами при переходе от рельсов типа Р50 к рельсам типа Р65 на вновь строящихся линиях.

Проведенные ВНИИЖТом работы в области исследования причин и механизмов развития указанных дефектов в рельсах метрополитена показывают, что в данном вопросе позиция руководства метрополитенов, обвиняющего комбинаты-производители рельсов (КМК, НТМК) в низком качестве поставляемой продукции и даже в несерьезном отношении к метрополитенам, как к заказчикам, что якобы позволяет комбинатам поставлять «рельсы-полуфабрикаты», не верна. Безусловно, как показывает анализ повреждаемости рельсов на примере Московского метрополитена, имеющие место одиночные изъятия рельсов по дефектам НТД/ЦП-93 обусловлены низким металлургическим качеством рельсовой стали, что должно устраняться комбинатами за счет более жесткого соблюдения технологического процесса производства рельсов и соответствующего контроля на выходе готовой продукции. Однако причины значительного выхода рельсов по контактно-усталостным выкрашиваниям кроются в другом, соответственно, отличаются и пути решения возникшей перед метрополитенными проблемы.

С целью обеспечения механической обрабатываемости рельсов (резки, сверления болтовых отверстий) все отечественные метрополитены и метрополитены стран СНГ эксплуатируют рельсы без термического упрочнения. В отечественных метрополитенах это категории Н по ГОСТ Р 51685-2000 преимущественно из стали марки М76Ф. Исходная (до эксплуатации) твердость таких рельсов указанным стандартом не нормируется.

По результатам исследований твердость их поверхности катания составляет 260-280 НВ.

Для более ясного представления сути проблемы стойкости нетермоупрочненных рельсов в метрополитенах следует выделить по причине и механизму образования два типа контактно-усталостных выкрашиваний, образующихся на боковой рабочей выкружке головки рельсов.

При глубине таких выкрашиваний свыше 3 мм их следует относить к дефекту (в соответствии с каталогом дефектов и повреждений рельсов НТД/ЦП-93), который обусловлен повышенной загрязненностью стали строчками недеформирующихся и хрупко разрушенных высокоглинозистых неметаллических включений. Механизм образования выкрашиваний металла на рабочей выкружке рельса включает развитие внутренних продольных трещин с последующим переходом их развития в поперечную к направлению прокатки рельса плоскость. Располагаются строчки неметаллических включений, как правило, на расстоянии от 3 до 15 мм от поверхности катания, что совпадает с зоной действия контактных напряжений от колес подвижного состава.

Основным и наиболее эффективным направлением борьбы с указанным дефектом является повышение качества рельсовой стали за счет совершенствования технологий выплавки, внепечной обработки и разливки.

Описанный дефект может иметь место, как при эксплуатации объемно-закаленных рельсов на сети железных дорог МГТС, так и при эксплуатации рельсов без термического упрочнения в метро.

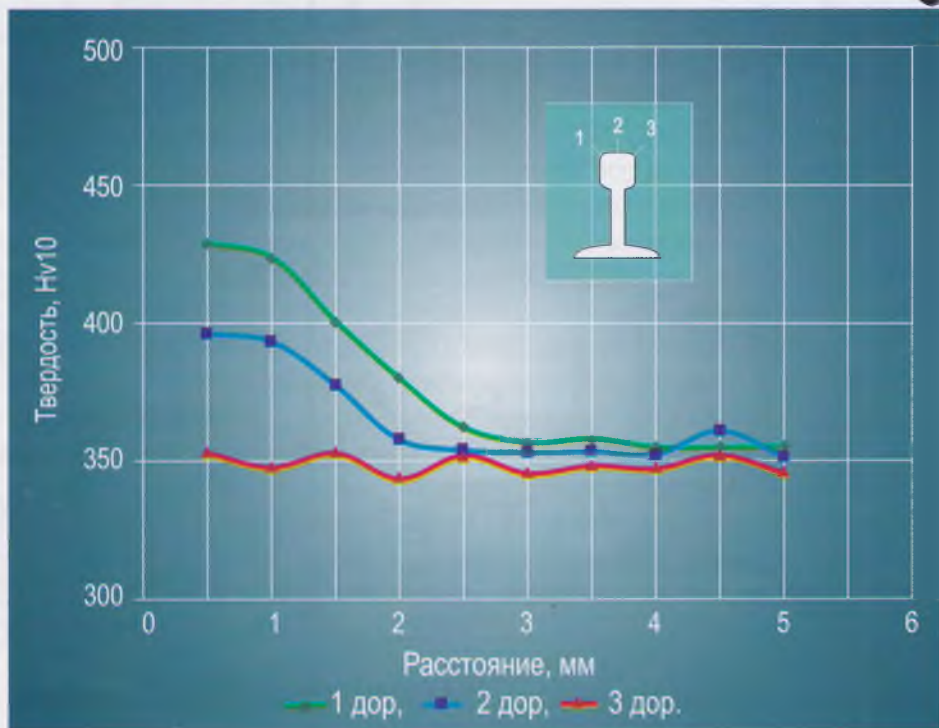
Другую причину образования и механизм



Рис. 1. Выкрашивания металла в рабочей выкружке головки рельса с наклепанным слоем

развития имеют выкрашивания металла на рабочей выкружке рельса глубиной от 0,5 до 4,0 мм, что имеет место в метрополитенах. Такие повреждения так же возникают как объемно-закаленных рельсах типа Р65 с исходной твердостью 341-401 НВ, на магистральных путях сети железных дорог, так и на рельсах без термического упрочнения типа Р50 с исходной твердостью 260-280 НВ, эксплуатирующихся в метрополитене. При этом наиболее интенсивно подобное «шелушение» металла с рабочей выкружки развивается на рельсах без термического упрочнения. Так, по данным ГУП «Московский метрополитен», доля рельсов, изъятых по контактно-усталостным выкрашиваниям такого рода, составляет 32% от общего годового одиночного изъятия рельсов по дефектам. Тоннаж, пропущенный рельсами до изъятия, составляет 70-200 млн т брутто. Описанные множественные выкрашивания на выкружке рельса могут распространяться на весь рельс длиной 25 м. Характерный вид таких дефектов на

Рис. 2. Распределение твердости в сечении головки объемно-закаленного рельса типа Р65 с наклепанным слоем



примере уложенных рельсов на Московском метрополитене приведен на рис. 1.

Причины образования такого дефекта объясняются перенаклепом и исчерпанием пластичности металла в тонком (до 3-6 мм) поверхностном слое металла головки рельса. Основным фактором в развитии указанных процессов является циклическая пластическая деформация металла.

На объемно-закаленных рельсах циклическая пластическая деформация приводит к тому, что после пропуска 300-700 млн т брутто груза в поверхностном слое толщиной 1-3 мм формируется упрочненный слой с твердостью порядка 420 НУю. В рельсах без термического упрочнения тоннаж до увеличения твердости до 350-400 НУю на глубину до 6 мм может составлять менее 100 млн т брутто, что и имеет место в условиях метрополитена. Распределение твердости в сечении головки объемно-закаленного рельса с наклепанным в зоне рабочей выкружки слоем представлено на рис. 2.

Эксплуатация рельсов с наклепанным слоем в головке приводит к возникновению трещин, идущих как от поверхности катания, так и из-под слоя. Этому способствует наличие растягивающих напряжений в зоне перехода от наклепанного металла к ненаклепанной сердцевине.

Исследования изменения механических свойств на плоских образцах, вырезанных из наклепанного слоя нетермоупрочненных рельсов из углеродистой стали, показало, что временное сопротивление металла, прилегающего к поверхности катания, возрастает с 820 до 960 МПа, предел текучести с 530 до 740 МПа, относительное удлинение при этом снижается с 12 до 7%, что характеризует перенаклеп и исчерпание пластичности металла головки рельсов.

Возникновение в процессе эксплуатации подобного нежелательного градиента механических свойств в тонком поверхностном слое приводит к изменению эпюры остаточных напряжений.

Измерения показали, что если в рельсах стандартного производства до эксплуатации величина остаточных напряжений составляла $\pm 50-70$ МПа (для рельсов без термоупрочнения), то после эксплуатации в результате циклической пластической деформации на поверхности катания возникают высокие остаточные сжимающие напряжения (до 400-500 МПа в продольном и до 500-700 МПа в поперечном направлении). На глубине 4-5 мм остаточные сжимающие напряжения переходят в уравновешивающие их растягивающие, которые на глубине 6-8 мм достигают +200 МПа и способствуют развитию трещин из-под наклепанного слоя.

При воздействии циклических нагрузок со стороны колес подвижного состава в наклепанном слое с искаженной волокнисто-деформированной структурой (рис. 3), повышенной твердостью и пониженными характеристиками пластичности возникают множественные трещины, развитие которых и приводит к образованию выкрашиваний и отслоений перенаклепанного поверхностного слоя (рис. 4).

Описанный выше дефект, являющийся основной причиной преждевременного выхода



Рис. 3. Внешний вид трещины на поперечном шлифе образца головки рельса и микроструктура волокнисто-деформированного перлита в наклепанном слое с повышенной твердостью

рельсов в метрополитенах, из-за особенностей механизма развития не может быть отнесен к дефекту по НТД/ЦП-93.

Множественные выкрашивания металла головки рельсов по причине перенаклепа распространены так же на железных дорогах Европы, где этот дефект получил название «head check».

Учитывая описанную выше роль циклической пластической деформации поверхностного слоя металла головки рельса в образовании указанных выкрашиваний можно объяснить и причину увеличения повреждаемости контактно-усталостными выкрашиваниями при переходе от рельсов типа Р50 к рельсам типа Р65. Напряжения, возникающие в рельсе при взаимодействии с колесами подвижного состава, можно разделить на изгибающие, т. е. действующие во всем сечении рельса, и контактные, действующие в площадке контакта «колесо-рельс». При переходе к рельсам более тяжелого типа увеличивается момент сопротивления сечения рельса W , а, соответственно, уменьшается величина изгибающих напряжений. Величина контактных напряжений воз-

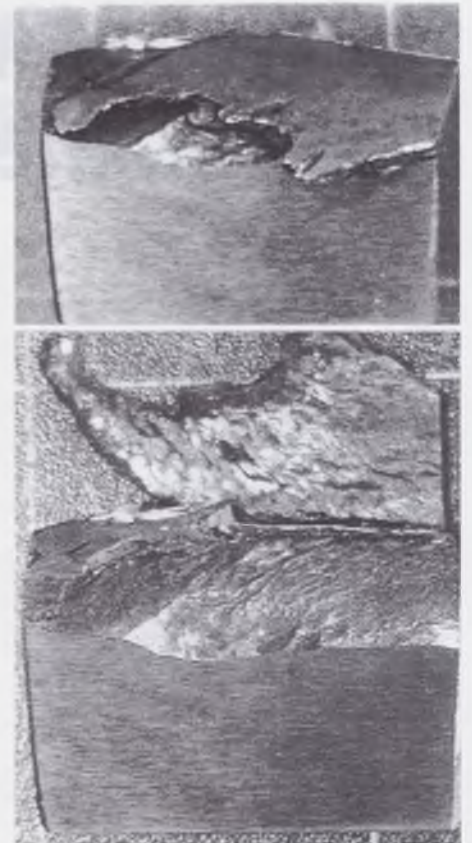


Рис. 4. Отслоение фрагмента металла с поверхности образца рельса

растает, что и приводит к повышению интенсивности образования контактно-усталостных выкрашиваний.

Определив основную причину образования множественных выкрашиваний на рабочей выкружке рельсов без термического упрочнения, был определен и путь ее устранения и, соответственно, продления срока службы рельсов в метро.

Учитывая описанную выше роль циклической пластической деформации поверхностного слоя металла головки рельса в образовании указанных выкрашиваний можно объяснить и причину увеличения повреждаемости контактно-усталостными выкрашиваниями при переходе от рельсов типа Р50 к рельсам типа Р65. Напряжения, возникающие в рельсе при взаимодействии с колесами подвижного состава, можно разделить на изгибающие, т. е. действующие во всем сечении рельса, и контактные, действующие в площадке контакта «колесо-рельс». При переходе к рельсам более тяжелого типа увеличивается момент сопротивления сечения рельса W , а, соответственно, уменьшается величина изгибающих напряжений. Величина контактных напряжений воз-

растает, что и приводит к повышению интенсивности образования контактно-усталостных выкрашиваний.

Введение двух групп рельсов с твердостью поверхности 300-330 и 310-340 НВ позволит снизить интенсивность развития циклической пластической деформации и наклепа и увеличить стойкость рельсов к контактными выкрашиваниями. При этом при изготовлении опытных партий рельсов по указанным техническим условиям для эксплуатационных испытаний в метрополитене комбинатам следует с особой тщательностью обеспечить чистоту стали по неметаллическим включениям, значимость влияния которой на общий уровень эксплуатационной стойкости рельсов показана предыдущим опытом изготовления рельсов из низколегированной стали типа 76ХГСАФ и их полигонными испытаниями на Экспериментальном кольце ВНИИЖТа.

Таблица 1
Механические свойства и твердость рельсов для метрополитена

Марка стали	Временное сопротивление, Н/мм	Относительное удлинение, %	Твердость на поверхности катания, НВ
376Ф, К78АФ	1030	6	300-330
376ХФ, К78ХАФ	1100	5	310-340

растает, что и приводит к повышению интенсивности образования контактно-усталостных выкрашиваний.

Определив основную причину образования множественных выкрашиваний на рабочей выкружке рельсов без термического упрочнения, был определен и путь ее устранения и, соответственно, продления срока службы рельсов в метро.

Как было указано выше, в случае объемно-закаленных рельсов с большей твердостью интенсивность процессов наклепа поверхностного слоя значительно ниже. Соответственно целесообразно рассмотреть вопрос о разработке специальных рельсов для метрополитенов с выбором оптимального сочетания прочностных свойств, твердости и пластичности, удовлетворяющего требованиям меха-

Работа электрооборудования вагона метрополитена в составе метropоезда

В. А. Мнацканов,
канд. техн. наук

При включении вагона метрополитена в состав метropоезда комплект его электрооборудования вступает в параллельную работу с комплектами электрооборудования других вагонов, и возникают качественно новые взаимодействия. В частности, нагрузка вспомогательных цепей и цепей управления каждого из вагонов становится общей поездной, а все источники питания собственных нужд вагонов (аккумуляторные батареи АБ, блоки питания собственных нужд БПСН и блоки бортового электроснабжения ББЭ) начинают совместно обслуживать эту общую нагрузку. Если параллельная работа источников питания собственных нужд вагонов метropоезда на общую поездную нагрузку должным образом не согласована, их взаимное влияние друг на друга начинает носить характер случайных процессов. При этом возникают следующие проблемы.

1. Источники питания одних вагонов, взявшие на себя большую часть общей поездной нагрузки, перегружаются, а у других - остаются недогруженными.

2. На отдельных участках поездных цепей состава появляются «мертвые» зоны, короткие замыкания (к. з.) в которых могут не отключаться установленными на вагонах защитными автоматическими выключателями.

3. Разряд аккумуляторных батарей на отдельных вагонах может стать недопустимым. Это вызывает потерю управляемости вагонов на «ход» и «тормоз», отказ дверной сигнализации, вынужденный съезд метropоезда с линии или сбой графика движения.

Первая проблема возникает потому, что уровни выходного напряжения и внешние характеристики источников питания собственных нужд у разных вагонов различны. Это приводит к появлению в поездных цепях токов перетечки между вагонами состава, нарушению режимов работы и преждевременному выходу из строя вагонных аккумуляторных батарей, общему сокращению надежности работы цепей управления и вспомогательного электрооборудования метropоезда.

Вторая проблема появляется потому, что при коротком замыкании в поездных цепях возникает сложное влияние падений напряжения в них от суммарных аварийных токов на режим работы источника питания каждого конкретного вагона состава (в зависимости от его удаленности от места к. з.). Как показали испытания, установившиеся аварийные токи вагонов, находящихся вдали от места к. з., могут составить от 70 до 90 А и оказаться меньше токов отключения защитных автоматических выключателей (Поткл. = 94,5 А). В этом случае зона к. з. и участки цепей, связанные с нею, начинают постоянно подпитываться суммарными токами к. з. от этих удаленных вагонов. Эти токи иногда называют малыми токами короткого замыкания, потому что виду «малости» их не отключает защита. Но они вовсе не являются таковыми, а достаточно большими (суммарно от двух вагонов 140-180 А), чтобы при длительном воздействии вызвать перегрев электропроводки и элементов электрооборудования. Таким образом, на отдельных вагонах и на метropоезде в целом может возникнуть пожаро-

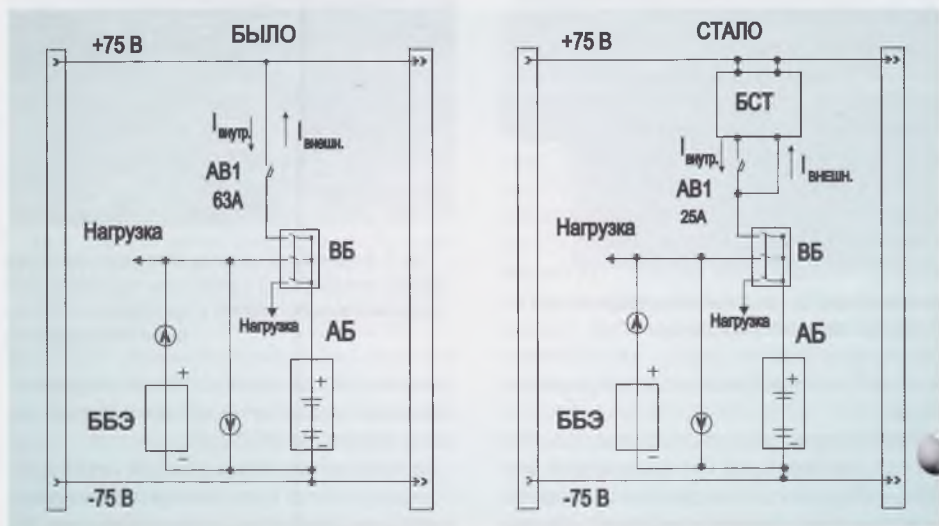


Рис. 1. Схема включения блока БТС в бортовую сеть вагона: АБ – аккумуляторная батарея; ВБ – выключатель батареи; АВ1 – автоматический выключатель; ББЭ – блок бортового электроснабжения

опасная ситуация. Поскольку цепи общепоездной электропроводки распределены вдоль всего состава, бороться с этой пожароопасной ситуацией с помощью средств пожаротушения практически невозможно.

Третья проблема может возникнуть после проезда метropоездом токораздела. В этом режиме возможно появление броска тока от вагона, проехавшего токораздел и уже вставшего под контактный рельс, к следующему за ним соседнему вагону. Этот бросок способен вызвать ложное отключение автоматического выключателя поездной защиты на соседнем вагоне. Если к тому же в нем ранее произошел отказ ББЭ (БПСН), то нагрузка его вспомогательных цепей начинает питаться от неподзаряжаемой аккумуляторной батареи, которая разряжается до критического уровня. В результате происходит отказ сбора электросхемы вагона...

Для выяснения характера и нахождения способов решения вышеуказанных проблем были проведены испытания на трех- и семивагонном составе. В электросхеме каждого из вагонов состава были введены блоки согласования токов (БСТ). Через эти блоки вспомогательные цепи всех вагонов состава оказались подключенными к общей поездной сети.

Принципиальная схема включения блока БСТ в бортовую сеть вагона приведена на рис. 1.

БСТ выполняет на вагонах метropоезда три функции:

- приема вагоном электроэнергии из общей поездной сети в достаточном для своих вспомогательных цепей количестве (если собственный ББЭ этого вагона вышел из строя);
- ограничения токов, отдаваемых нормально работающим вагоном в общую поездную сеть для подпитки вспомогательных цепей другого вагона состава с вышедшим из строя ББЭ;
- функцию разграничения и ограничения токов короткого замыкания, возникающих во внутренних цепях электросхемы вагона и вне ее.

При наличии в ней блока БСТ повышается надежность работы вспомогательных цепей при проезде метropоездами токоразделов. Возможные в этом режиме броски тока от вагона к вагону не превышают 5-6 А.

Существует в эксплуатации и такая проблема: вагоны с ББЭ и БПСН не могут нормально работать в составе одного метropоезда. При их включении в один состав часто срабатывает поездная защита. После установки блока БСТ этот вагон становится «универсальным» и его можно включать как в состав из вагонов с БПСН, так и из вагонов с ББЭ. Он везде будет работать нормально и не вызовет никаких ложных срабатываний защиты на других вагонах. А это очень удобно для эксплуатации.

Выводы

Установка блоков БСТ, через которые вагоны метropоезда могут упорядоченно «общаться» друг с другом и с общей поездной сетью, позволяет следующее.

1. Выровнять нагрузки источников питания собственных нужд вагонов метropоезда с точностью до 1-2 А.
2. Практически исключить токи перетечки между вагонами метropоезда в нормальном режиме эксплуатации, сократить расход электроэнергии на собственные нужды и продлить срок службы аккумуляторных батарей.
3. Обеспечить равномерную загрузку источников питания собственных нужд вагонов метropоезда при выходе из строя ББЭ (БПСН) на одном из них.
4. Включать вагоны с БПСН и ББЭ в один состав без опасения иметь ложные срабатывания поездной защиты во время выезда метropоездов из депо на линию и в период их эксплуатации, особенно при проезде токоразделов.
5. Исключить появление в поездных цепях метropоездов «мертвых» зон и обеспечить надежную защиту вагонных и поездных цепей от токов коротких замыканий.
6. Избежать возникновения на метropоездах пожароопасных ситуаций, связанных с недостаточной надежной работой защиты вспомогательных цепей от токов коротких замыканий.
7. При включении в состав метropоезда промежуточных безмоторных вагонов не устанавливать на них блоки бортового электроснабжения (ББЭ), а запитывать их низковольтные вспомогательные цепи от ББЭ соседних вагонов.

ПРОГРЕССИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ СТРЕЛОЧНЫХ ПЕРЕВОДОВ ДЛЯ ПУТЕЙ МЕТРОПОЛИТЕНОВ

С. О. Сурин,

главный конструктор проекта

М. Ю. Хвостик,

старший научный сотрудник, к. т. н.

На главных путях и путях для оборота и отстоя электроподвижного состава метрополитенов эксплуатируются стрелочные переводы типа Р50 и Р65 марки 1/9, которые укладываются на деревянные брусья и щебеночный балласт. Конструкции этих стрелочных переводов были разработаны более двадцати лет назад и практически не претерпели изменений.

На железных дорогах МПС за это время были внедрены стрелочные переводы нового поколения. Их отличает наличие упругих промежуточных рельсовых скреплений, противоугольных и вибрирующих устройств острижков стрелки, крестин с удлиненными рельсовыми окончаниями, модернизированных контррельсовых узлов. Эти технические решения повышают комфортность и безопасность движения по стрелочным переводам, снижают расходы на текущее содержание, увеличивают сроки их службы.

Заводы освоили выпуск модернизированных стрелочных переводов типа Р65 для магистральных железных дорог, которые обладают улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Созданная новая элементная база позволила приступить к освоению аналогичных стрелочных переводов типа Р50 для метрополитенов.

Условия их эксплуатации на путях метрополитенов имеют ряд особенностей, к которым относятся: реализация движения на главных путях преимущественно только по прямому или только по боковому направлению; движение электропоездов в режиме разгона или торможения; постоянное обращение только пассажирских вагонов с осевой нагрузкой до 150 кН; высокая интенсивность движения. Эти факторы определяют необходимость специальных разработок при проектировании стрелочных переводов для путей метрополитена.

Лабораторией Стрелочного хозяйства ВНИИЖТа было проведено обследование стрелочных переводов Московского и Петербургского метрополитенов, выполнен анализ условий их эксплуатации и содержания за последние 10 лет. На основании этой работы были подготовлены рекомендации для корректировки типовых проектов стрелочных переводов, укладываемых в метрополитенах. Отделом Верхнего строения пути ПТКБ ЦП МПС была разработана конструкторская документация, а Муромский стрелочный завод изготовил опытные экземпляры узлов стрелочных переводов, которые были уложены в Петербургском метрополитене. За этими образцами была установлено наблюдение.

Трехлетний опыт эксплуатации показал хорошие результаты. Проведенные испытания элементы и узлы были включены в конструкцию разрабатываемого специально для специфических условий эксплуатации метрополитенов стрелочного перевода.

В 2003 г. в ПТКБ ЦП МПС был создан новый проект стрелочного перевода типа Р50 марки 1/9 колеи 1520 мм для метрополитенов (проект № 2891), в котором использованы все современные

конструкторские и технологические решения. По основным геометрическим параметрам он полностью взаимозаменяем с ранее выпускавшимися переводами проекта № 2160. Полная длина перевода по прямому пути составляет 31057 мм, наименьший радиус бокового пути – 200 м, максимальная скорость движения по прямому участку пути 100 км/ч, по боковому – 40 км/ч.

Основные особенности стрелочного перевода заключаются в следующем.

В переднем вылете рамные рельсы закреплены на подкладках с приварными высокими ребордами с помощью упругих пластинчатых клемм КДП-С. Три подкладки перед острием острия – удлиненные и крепятся к шпалам шестью шурупами, что уменьшает отбой рамных рельсов в переднем вылете.

Использование в конструкции стрелочного перевода раздельных рельсовых скреплений с упругими клеммами, «П»-образными пружинными скобами и амортизирующими резиновыми прокладками обеспечивает упругое прикрепление рельса к подкладкам, уменьшает динамические нагрузки на рельсовые элементы стрелочных переводов, повышает плавность хода электроподвижного состава.

Применение стрелочных башмаков с приварными подушками, вместо подушек на заклепках, повышает надежность узла, продлевает его безотказную работу.

В острие острия рамные рельсы соединены связной полосой и прикреплены к подкладкам двухболтовыми шиповыми упорками, обеспечивая стабильность колеи.

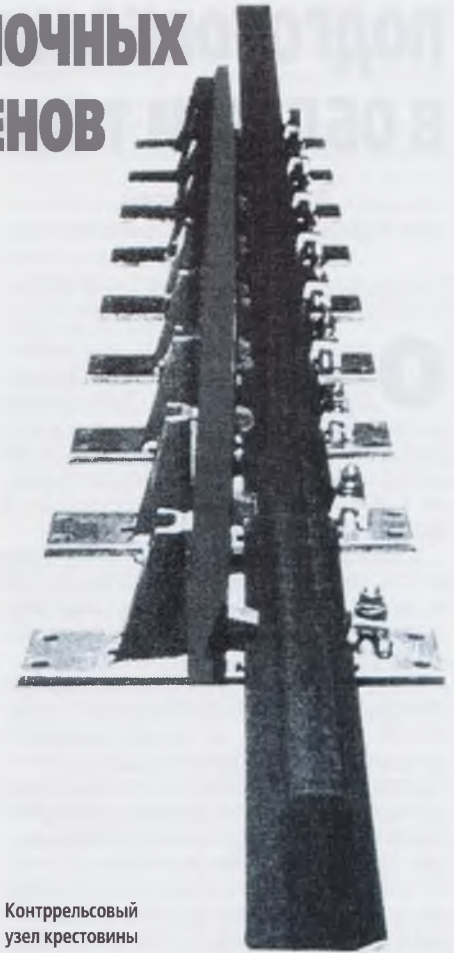
Поворотные острия имеют вкладыше-накладочное крепление в корне и расположены на подушках и мостике. Между остриями и корневыми вкладышами расположена распорная втулка, которая отличается от типовой тем, что имеет буртик со стороны вкладыша. Такая конструкция исключает врезание втулки в отверстие вкладыша при натяжке болтов корневого крепления.

Острия соединены между собой двумя тягами, при этом вторая тяга выполнена регулируемой, что позволяет улучшить прилегание острижков к рамным рельсам и упорным накладкам.

Удлиненные подкладки с высокими ребордами и креплением шестью шурупами, укладываемые в переводной кривой в зоне соединительных путей, обеспечивают стабильность ширины рельсовой колеи при движении на ответвленное направление перевода.

Изолирующие стыки перевода с полимерными накладками типа АпАТэк.

В контррельсовых узлах крестовины контррельс выполнен из специального профиля с обработкой рабочих поверхностей для получения требуемых желобов. Он не связан болтами и вкладышами с путевым рельсом. Контррельс закреплен болтами на упорах, приваренных к подкладкам. Крепление путевого рельса осуществлено с помощью упругих клемм и «П»-образных скоб. Контррельс располагается на шести подкладках, а не на пяти, как в типовой конструкции с рельсами РК50. Новая конструкция контррельсового узла позволяет производить регулировку ширины желобов с помощью специальных металлических прокладок, устанавливаемых между контррельсом и упорами. На рисунке показан контррельсовый



Контррельсовый узел крестовины

узел крестовины. Использование этого технического решения исключает обрывы контррельсовых болтов и упрощает замену рельсовых элементов.

Все металлические части стрелочного перевода прикреплены к брусьям и шпалам шурупами.

Стрелочный перевод монтируется на деревянных шпалах и переводных брусьях комплекта Б2 по ГОСТ 8816-70.

Новая конструкция позволяет уменьшить расходы на ее содержание и продлить срок службы.

Для снижения интенсивности бокового износа криволинейных острижков в их тонких сечениях и износа рамных рельсов при движении по переводу в противоположном направлении на боковой путь в состав перевода может быть включена конструкция контррельса-протектора. Он устанавливается в переднем вылете рамного рельса и крепится аналогично контррельсу крестовины. Конструкция контррельса-протектора также успешно прошла испытания на путях Петербургского метрополитена.

Помимо прогрессивных типов стрелочных переводов, для повышения плавности хода электроподвижного состава на участках примыкания рельсовых плетей к стрелочным переводам и на самих переводах целесообразно использовать алюминотермитную сварку рельсов. Ее технология позволяет производить сварку рельсовых элементов в тонких металоуплотнителях без применения путевого техники. Гарантийный срок алюминотермитных сварных стыков составляет 120 млн т брутто, а фактический срок службы превышает 320 млн т брутто, что сопоставимо со сроками службы рельсовых элементов стрелочных переводов.

Службам Пути метрополитенов при замене полустрелок, крестовин, подкладок и пр. рекомендуется укладывать стрелочные переводы и узлы улучшенной конструкции, входящие в состав новых проектов.

ПОДГОТОВКА ИНЖЕНЕРОВ И НАУЧНЫХ РАБОТНИКОВ В ОБЛАСТИ ТОННЕЛЕСТРОЕНИЯ В МАДИ (ГТУ)

Л. В. Маковский,

зав. кафедрой Мостов и транспортных тоннелей, МАДИ (ГТУ)
профессор, член-корреспондент РАЕН

Обучение студентов Московского автомобильно-дорожного института (Государственного технического университета) тоннельному делу ведется на факультете мостов и транспортных тоннелей более 50 лет. За это время многие выпускники стали крупными специалистами в области проектирования, строительства и эксплуатации автодорожных тоннелей.

В последние годы наблюдается повышенный интерес студентов к тоннельной профессии, что во многом обусловлено расширением масштабов подземного строительства в крупнейших городах нашей страны.

Обучение студентов специальности «Мосты и транспортные тоннели» предусматривает преподавание комплексных дисциплин тоннельного профиля, в которых отражены вопросы проектирования трассы и поперечного сечения горных и подводных автодорожных тоннелей, инженерных изысканий, конструирования и расчета тоннельных обделок, организации и технологии проведения работ, технической и экологической безопасности, эксплуатационных устройств и оборудования и др. Уделяется внимание достижениям современного опыта и перспективам отечественного и зарубежного тоннелестроения.

В 1978 г. в МАДИ на кафедре мостов и транспортных тоннелей была создана новая специализация «Городские транспортные сооружения», в рамках которой студенты изучают вопросы проектирования, прокладки и эксплуатации городских автодорожных и пешеходных тоннелей, подземных автостоянок, гаражей и транспортных комплексов.

По каждой специализации в течение четырех семестров предусмотрено изучение студентами теоретического курса, выполнение двух курсовых проектов и курсовой работы, а по завершении обучения – дипломного проекта, бакалаврской работы или магистерской диссертации.

В разные годы тоннельные дисциплины на кафедре преподавали: проф., д-р техн. наук В. П. Волков; доц., канд. техн. наук К. А. Вахуркин; канд. техн. наук О. Ю. Антонов; ст. препод. А. В. Лушников. В настоящее время: проф., чл.-корр. РАЕН Л. В. Маковский (с 1969 г.), доц. С. В. Чеботарев (с 1986 г.).

Автором статьи созданы фундаментальные учебники: «Городские подземные транспортные сооружения», 1979 и 1985 гг., «Проектирование автодорожных и городских тоннелей», 1993 г., монографии «Аварийные ситуации при строительстве и эксплуатации транспортных тоннелей и метрополитенов» (соавторы С. Н. Власов и В. Е. Меркин), 1997 и 2000 гг., «Прогрессивный опыт и тенденции развития современного тоннелестроения» (соавтор В. Е. Меркин), 1998 г., а также учебные и методические пособия по основным разделам тоннельных дисциплин.

На кафедре осуществляется подготовка аспирантов-тоннельщиков и стажеров из СНГ и зарубежных стран.

Научно-исследовательская деятельность ведется в рамках госбюджетных и хозяйственных работ в тесном сотрудничестве с научно-исследовательскими, проектными и производственными организациями и включает разработку научных и методоло-

гических основ проектирования и строительства тоннелей и городских подземных сооружений с минимальными нарушениями окружающей среды.

Проводятся обобщение и анализ мирового опыта тоннелестроения, теоретические и экспериментальные исследования в лабораторных и натуральных условиях по совершенствованию конструкций и методов расчета тоннельных обделок, безосажденной проходки с применением опережающих крепей, сооружению подводных тоннелей методом опускных секций, рациональному использованию городского подземного пространства, экологической безопасности подземного строительства, анализу аварийных ситуаций в тоннелестроении и др.

Теоретические исследования ведутся с использованием аналитических методов механики подземных сооружений и численных методов математического моделирования. Экспериментальные исследования выполняются в лабораторных условиях методами физического моделирования на грунтовом и роликовом (стержневом) стендах, методом фотомеханики, а также в натуральных условиях.

Ниже приводятся основные результаты исследований, в которых принимали участие бывшие аспиранты кафедры Чеботарев С. В., Асратян Д. Р., Юркин О. В., Саласар Э. (Колумбия), Мохаммед Эль Азаб (АРЕ).

Совершенствование конструкций и методов расчета тоннельных обделок

На кафедре разработана и защищена авторским свидетельством (№ 1191590) конструкция обделки с продольными и поперечными ребрами жесткости, забетонированными в грунтовых разрезах (рис. 1).

Исследование работы обделок с продольными ребрами жесткости на статические воздействия проводилось методом математического моделирования с использованием компьютерных программных комплексов «Лира» и «SAP-80», реализующих метод конечных элементов.

По результатам расчетов разработаны рекомендации по расположению ребер жесткости и установлению их оптимальных геометрических параметров, а также ускоренный метод расчета обделок на статические воздействия.

Результаты теоретических исследований были подтверждены лабораторными исследованиями моделей обделки с продольными ребрами на объемном силовом стенде.

Обделки с поперечными ребрами жесткости испытывались на пространственной конечно-элементной модели бинарной системы «обделка-грунт». При этом учитывалась последовательность производства работ по разработке грунта и возве-

дению конструкции (рис. 2). Моделирование осуществлялось с помощью программного комплекса «BASYS», разработанного на кафедре строительной механики МАДИ.

Была создана объемная конечно-элементная модель, в которой обделка имитировалась плоскими конечными элементами оболочечного типа, а грунтовый массив – линейно-деформируемой средой. Расчетно-теоретические исследования позволили установить общие закономерности изменения напряженно-деформированного состояния конструкции на стадиях строительства и эксплуатации.

Научно обоснована целесообразность и эффективность применения обделок с наружными ребрами жесткости, установлены их рациональные конструктивно-технологические параметры и тем самым созданы предпосылки для их внедрения в практику тоннелестроения.

В 1992-1993 гг. совместно со СМУ-9 Мосметростроя и ИИЦ «ЗЭСТ» были разработаны и запатентованы в Российской Федерации и за рубежом (патенты РФ № 2056475 и № 2046883, патент EP № 065-7588), а затем внедрены в практику подземного строительства конструкции сборно-монолитных стен в грунте с листовой арматурой (СМСГЛА).

СМСГЛА состоит из несущих железобетонных стеновых блоков условно двутаврового поперечного сечения с полужидрическими боковыми поверхностями, снабженных со стороны подземного сооружения листовой арматурой, и монолитных участков между ними (рис. 3). Такие конструкции могут применяться в качестве несущих и ограждающих или только ограждающих стен при сооружении открытым способом перегонных тоннелей, станций метрополитена, подземных автостоянок, гаражей и комплексов и др.

Впервые СМСГЛА были внедрены на возведении подземных объектов в Москве в 1993 г. С тех пор с использованием таких стен возведено более 50 тыс. м² ограждающих и несущих конструкций на строительстве перегонных тоннелей Московского и Казанского метрополитенов, автодорожного тоннеля на подходе к Сергиеву Посаду, подземных гаражей и подвальных этажей ряда крупных административных зданий в Москве.

На кафедре проведены исследования взаимодействия конструкций тоннелей мелкого заложения со «стенами в грунте» с грунтовым массивом. Теоретические исследования напряженно-деформированного состояния системы «обделка - грунт» выполнены методом конечных элементов в упругопластической постановке на программном комплексе «BAT-PE».

Рис. 1. Конструкции обделок с продольными (а) и поперечными (б) ребрами жесткости: 1 – оболочка; 2 – ребра жесткости; a_p – шаг ребер жесткости



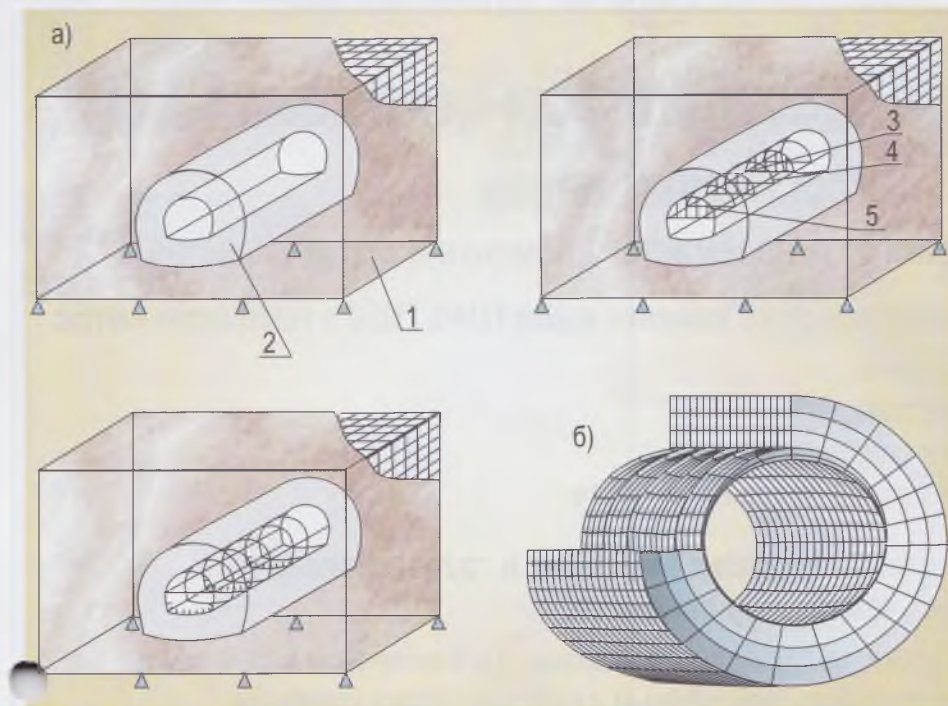


Рис. 2. Этапы расчета обделки (а) и фрагмент конечно-элементной модели (б): 1 – грунтовой массив; 2 – зона влияния выработки; 3 – «снимаемые» напряжения; 4 – ребра жесткости; 5 – обделка

На основе анализа результатов проведенных исследований создана методика расчета конструкций тоннельной обделки, разработаны рекомендации конструктивно-технологического характера, направленные на повышение эффективности строительства тоннелей мелкого заложения.

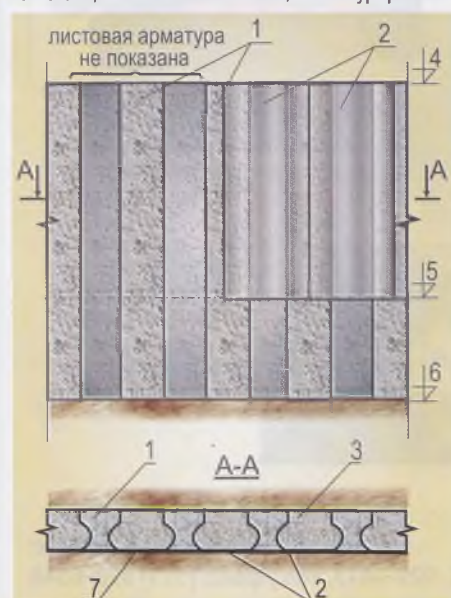
Представляют интерес исследования **безосадочной проходки тоннелей мелкого заложения в нарушенных и слабоустойчивых грунтах с применением опережающих крепей в виде экранов из труб и бетонных сводов.**

Теоретические исследования напряженно-деформированного состояния экранов из труб во взаимодействии с грунтовым массивом предусматривали:

- разделение пространственной системы «крепь-грунт» на две плоские;

Рис. 3. Принципиальная схема фрагмента сборно-монолитной стены в грунте с листовой арматурой:

1 – стеновой блок; 2 – листовая арматура; 3 – бетонное заполнение; 4 – отметка верха стены; 5 – отметка дна котлована; 6 – отметка низа стены; 7 – контур траншеи



- поэлементный расчет конструкции экрана с учетом силового и упругого взаимодействия элементов крепи;

- расчет конструкции труб экрана на заданные нагрузки от веса грунта нарушенной зоны как трубобетонных элементов.

Была разработана расчетная модель экрана из труб и грунтового массива, предусматривающая образование трех характерных зон грунта: обрушающегося внутрь выработки под действием собственного веса, отделяющегося от основного массива и ненарушенного.

Экспериментальные исследования взаимодействия труб экрана и поддерживающих арок на объемном силовом стенде позволили установить особенности совместной работы элементов крепи, влияние деформативности арок на работу экрана. В результате была создана методика расчета экранов из труб во взаимодействии с грунтовым массивом, которая включена в «Рекомендации по применению экранов из труб при проектировании тоннелей».

Теоретические исследования работы опережающей бетонной крепи выполнены на основе положений общей моментной теории упругих оболочек с использованием неоднородных дифференциальных уравнений второго порядка в перемещениях применительно к цилиндрическим оболочкам.

Расчеты по программе «SPLIT» дали возможность получить силовые и деформационные факторы в произвольном сечении крепи как в продольном, так и в поперечном направлениях, выявить влияние геометрических параметров на пространственное напряженно-деформированное состояние крепи. Результаты расчетов были подтверждены лабораторными исследованиями методом фотомеханики и натурными исследованиями на строительстве участка Московского метрополитена.

Выполненные на кафедре мостов и транспортных тоннелей исследования дали возможность подготовить рекомендации практического характера для использования их при проектировании, строительстве и эксплуатации подземных сооружений различного назначения.

Многие рекомендации вошли в федеральные, отраслевые и городские нормативные документы

(«СНиП 32-04-97 Тоннели железнодорожные и автотранспортные», «Рекомендации по применению экранов из труб при проектировании тоннелей», «Рекомендации по проектированию тоннелей мелкого заложения, возводимых методом продавливания», «Рекомендации по проектированию и возведению сборно-монолитных стен в грунте с листовой арматурой», МГСН 5.03-02 «Нормы проектирования городских автотранспортных тоннелей» (проект)).

Результаты научной работы положены в основу изобретений, на которые получены 10 авторских свидетельств и 4 патента.

В МАДИ (ГТУ) создан и функционирует Инженерный центр по проектированию тоннелей, на базе которого преподаватели, аспиранты и сотрудники ряда кафедр, а также студенты старших курсов участвуют в реальном проектировании и научном сопровождении строительства автотранспортных и пешеходных тоннелей.

В тесном сотрудничестве с ведущими проектными институтами (Мосинжпроект, Метроинпротранс, Проекттрансстрой, ПипродорНИИ) выполнены конструктивные разделы проектов автотранспортного тоннеля на проспекте Мира, автотранспортных и пешеходных тоннелей на пересечении Каширского шоссе и Пролетарского проспекта в Москве, автотранспортного тоннеля на подходе к Сергиеву Посаду.

Инженерный центр принимал участие в проектировании строительства второго автотранспортного тоннеля в районе Лефортова в Москве, тоннелей по трассе КАД в Санкт-Петербурге, совместно с НИЦ ТМ АО ЦНИИС в научном сопровождении прокладки тоннеля в г. Перми.

Преподаватели кафедры участвуют в обследованиях и испытаниях городских тоннелей и других подземных сооружений, в работе Тоннельной ассоциации России, экспертизах крупных тоннельных проектов. Кафедра плодотворно сотрудничает с родственными кафедрами московских, иногородних и зарубежных вузов, в которых преподают тоннельные дисциплины.

На кафедре мостов и транспортных тоннелей проводятся теоретические и экспериментальные исследования, в которых принимали участие аспиранты Петрова Е. Н., Щекудов Е. В., Ильевич Д. А., Беловский Ф. М., Капранов Д. А., Эслами Маджид.

Основные направления исследований:

- пространственное взаимодействие защитных экранов из труб с грунтовым массивом при строительстве тоннелей мелкого заложения;

- совершенствование конструкций и методов расчета обделок тоннелей из гофрированных стальных элементов;

- ограничение осадок грунтового массива и фундаментов зданий при использовании компенсационного нагнетания в тоннелестроении;

- рациональные конструктивно-технологические параметры гибких обделок транспортных тоннелей, сооружаемых закрытым способом;

- стабилизация грунта призабойной зоны при проходке тоннелей в слабоустойчивых грунтах;

- новые виды ограждений котлованов из армированных грунтоцементных стен.

Дальнейшее развитие тоннельного направления на кафедре предусматривает:

- организацию целевой подготовки инженеров, бакалавров и магистров по заказам проектных, научно-исследовательских и производственных организаций;

- расширение Инженерного центра по проектированию тоннелей;

- оснащение лабораторной базы современным оборудованием и измерительной аппаратурой для научного сопровождения строительства тоннелей;

- подготовку новой учебной и учебно-методической литературы.



ЗАО «Пашийский металлургическо-цементный завод» **Российский лидер**

по производству уникального глинозёмистого цемента и его производных

Растворы и бетоны на основе глинозёмистого цемента марок ГЦ40, ГЦ50 и ГЦ60 отличаются:

- высокой прочностью и плотностью;
- огнеупорностью и жаростойкостью;
- устойчивостью к агрессивным средам;
- водонепроницаемостью и быстротой набора прочности

Новейшими разработками для цементирования нефтяных и газовых скважин в условиях низких и нормальных температур являются:

- цемент тампонажный арктический, обладающий высокими адгезионными свойствами;
- цемент тампонажный расширяющийся облегчённый для арктических условий, обеспечивающий высокую герметизацию затрубного пространства и газонепроницаемость

Россия, 618824, Пермская обл., Горнозаводский р-н, п. Пашия, ул. Свободы, 43,
тел./факс (34269) 39-732, 39-418, отдел маркетинга; (34269) 39-527 зам. директора;
pmcz@speccement.ru, www.speccement.ru

НУТ HEYMANN Uintertage Technik (Германия)

**Ваш партнер по поставке в Россию
строительного оборудования для подземного строительства**



Дизельные локомотивы



Проходческие комбайны



*Установки для мокрого и сухого
набрызг-бетонирования
производства фирмы «Aliva»*



*Погрузочные машины
с боковым
опрокидыванием
ковша*



*Буровое
оборудование
фирмы «Турмаг»*

Представительство в Москве:
тел.: (095) 929-6482, 929-6673, тел./факс: (095) 929-6548



«КЛЕММ Бортехник» группы БАУЭР

**БУРОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТ
ДЛЯ ВСЕХ ТИПОВ БУРОВЫХ РАБОТ**

KLEMM
Bohrtechnik



Буровая гидравлическая установка KR 804-1



2003 год – год десятилетия представительства «БАУЭР Машинен» в России

БАУЭР Машинен ГМБХ

Московское представительство
103104, Москва, Россия, Спиридоньевский пер., 6, кв. 1
тел/факс: (095) 203 84 86, 203 34 49, 203 36 43
e-mail: bauer-moskau@avallon.ru



Дорога открыта...

Самая современная техника для строительства тоннелей

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

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

Свет в будущее в конце каждого нового тоннеля !



ТПМК для Лефортовского тоннеля \varnothing 14,2 м



Щит с грунтопригрузом, Мадрид, Испания, \varnothing 9,33 м



ТПМК для скальных пород, Готтард, Швейцария \varnothing 8,83 м



HERRENKNECHT AG
D-77963 SCHWANAU

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

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

ЗАО «ХЕРРЕНКНЕХТ ТОННЕЛЬСЕРВИС»

107497, Москва, Россия,
ул. Бирусинка, д. 4

телефон (+7) 095 462 38 78
факс (+7) 095 462 57 44