Проект М30, Мадрид , Испан

МЕГАЩИТ XX-L

Самая современная техника для строительства тоннелей

Фирма «Херренкнехт АГ» создала самый большой в мире тоннелепроходческий комплекс с грунтовым пригрузом забоя. В июне 2005 г. «мегамашина» диаметром 15,2 м была поставлена в Мадрид для строительства Северной скоростной автомобильной магистрали М30.

Ротор, состоящий из двух концентрически-режущих рабочих органов и расположенных за ними трех шнековых конвейеров, будет обеспечивать безопасную и экологическую проходку в испанском мегатоннеле в черте города.

Свет в будущее в конце каждого нового тоннеля!

Подрядчик:
Necso Entrecanales Cubiertas S.A.
Ferrvial Agroman S.A.

Характеристики ТПМК:
Диаметр резанья: 15,2 м
Мощность режущей головки:
12 000 кВ + 2 000 кВ
Длина тоннеля :
3 650 м

HERRENKNECHT
Tunnelvortriebstechnik

HERRENKNECHT AG
D-77963 SCHWANAU

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

ЗАО «ХЕРРЕНКНЕХТ ТОННЕЛЬСЕРВИС»
107497, Москва, Россия,
ул. Бирюсинка, д. 4
телефон: (+7) 495 462 38 78
факс: (+7) 495 462 57 44

HTTP://WWW.HERRENKNECHT.DE

Метро и тоннели

Учредители журнала

Тоннельная ассоциация России
Московский метрополитен
Московский метрострой
Мосинжстрой

Редакционный совет

Председатель совета
В. А. Брежнев

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

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

Редакционная коллегия:

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

Главный редактор

С. Н. Власов

Тоннельная ассоциация России
тел.: (495) 208-8032, 208-8172
факс: (495) 207-3276
e-mail: rus_tunnel@mtu-net.ru

Издатель
ООО «ТА Инжиниринг»
Лицензия ИД № 04404
тел.: (495) 929-6482, 929-6574
факс: (495) 929-6548
Отдел рекламы: (495) 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:
А. В. Попов, 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
© ООО «ТА Инжиниринг», 2005

ТА Инжиниринг
РЕКЛАМНО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР

СОДЕРЖАНИЕ

№ 6 2005

Панорама 2

Метрополитены

Новосибирский метрополитен: 20 лет творческого труда и поиска 4
В. М. Кошкин

Организация пассажироперевозок 8
В. П. Псеровский

Микропроцессорная система управления движением поездов 10
Ю. Н. Золотухин, Р. Р. Коглер, Ю. И. Михеев

Система контроля и управления пассажиропотоком на базе электронных карт 12
В. М. Плотников, Г. Ф. Салашин

20 лет сотрудничества 14
Н. А. Попов, А. М. Красюк, Г. Ф. Салашин, А. Н. Чигишев

Подводя итоги за год: содружество метрополитенов и промышленности 16
В. Ф. Иванов

Днепропетровский метрополитен: 10 лет в строю действующих 20
А. В. Пирогов

Минский метрополитен: завершающий участок второй линии 22
В. В. Чеканов

Щитовая проходка

Проходка нефтепровода под рекой 24

Городские тонели

Тоннельный участок железной дороги к московскому аэропорту Внуково 26
С. Н. Туренский, Л. П. Лобанов, Л. Л. Борзенков

Бестраншейные технологии

Горизонтально-направленное бурение. Опыт работы 32
В. А. Бурмистров

Технологии

Применение материалов "MIKRODUR" для инъекционных работ при укреплении грунтов и усилении конструкций 34
О. С. Байдаков

Беспросадочная проходка тоннелей 39
Ю. И. Коломиец

Габионные конструкции 42
В. М. Бульбах, В. Ф. Иванов

Знаменательная дата

Первостроитель Московского метрополитена (к 100-летию со дня рождения В. Л. Маковского) 44

Теория и практика

Расчет вентиляции открытых проемов автодорожных тоннелей на базе методов численного моделирования 46
А. Е. Усачов, Е. Г. Королев, С. А. Исаев, П. А. Баранов

ФОТО НА ОБЛОЖКЕ:
Станция «Берёзовая роща» Новосибирского метрополитена

НИЖЕГОРОДСКОМУ МЕТРОПОЛИТЕНУ 20 ЛЕТ

22 ноября 2005 г. коллектив Нижегородского метрополитена поздравили с юбилеем мэр Нижнего Новгорода Вадим Булавинов, полномочный представитель Президента по Приволжскому федеральному округу Александр Коновалов и губернатор Нижегородской области Валерий Шанцев.

Первая свая ограждения ст. «Ленинская» была забита 17 декабря 1977 г., а 22 ноября 1985 г. состоялось торжественное открытие пускового участка от ст. «Московская» до ст. «Пролетарская». Первая линия из шести станций протяженностью 6,8 км связала Московский вокзал с тремя индустриальными районами Нижнего Новгорода: Канавинским, Ленинским и Автозаводским.

В 1987 г. пущены в эксплуатацию еще две станции – «Автозаводская» и «Комсомольская», а два года спустя подземные тоннели достигли центральной части Автозавода. С открытием станций «Кировская» и «Парк культуры» протяженность линии достигла 12 км.

В декабре 1993 г. Нижегородское метро получило свое дальнейшее развитие. Было положено начало Сормовской линии, на которой открыли «Канавинскую» и «Бурнаковскую» станции. В сентябре 2002 г. пущена в эксплуатацию последняя на сегодняшний день ст. «Буревестник». Общая длина Сормовской линии составляет 4,3 км.

Сегодня Нижегородский метрополитен осуществляет 8,5 % общегородских перевозок, его загрузка составляет менее 20 % от возможной. Эту ситуацию может изменить строительство метромоста, новых станций и линий, которые бы связали заречную и нагорную части Нижнего Новгорода. Дальнейшее развитие метрополитена позволит частично решить проблему излишней загруженности наземных дорожных коммуникаций, существенно облегчить и упростить для горожан путь из верхней части города в нижнюю. Для этих целей мэрия города изыскивает финансовые средства.

Помимо транспортной проблемы тревогу вызывает состояние тоннельной обделки метрополитена. Для решения этой задачи запланировано совещание руководителей тоннеле-обследовательских и испытательных станций (лабораторий) метрополитенов СНГ.

Нижегородский метрополитен включает в себя 13 станций с подземными переходами, 37 км тоннелей, 840 км кабельных сетей, 80 вагонов, депо для обслуживания и ремонта вагонов, 19 тяговых подстанций, 93 стрелочных перевода, 27 вентиляционных шахт. На предприятии работает более 1300 человек. МТ

БЛИЖАЙШИЕ ПЛАНЫ МОСКОВСКОГО МЕТРО

Фото: Алексей Ко[illegible] («Московский метрополитен»)

В Москве начнется строительство новой Кольцевой линии метро. Начальник Московского метрополитена Д. В. Гаев подписал документ на разработку технического задания по строительству нового распределительного луча. По сути, это будет начало Кольцевой линии, которая пройдет на расстоянии в один-два перегона от действующей Кольцевой линии в местах наибольшей загруженности.

Первый участок планируется проложить от будущей ст. «Международная» до Савеловского вокзала. На этом перегоне будет расположено шесть станций, три из которых свяжутся с радиальными линиями.

В 2007 г. планируется пуск новой Строгинской линии. Она призвана снять часть нагрузки с наиболее загруженной Таганско-Краснопресненской линии столичного метрополитена, оцениваемой примерно в 12 тыс. человек.

Для разгрузки метро на час было продлено время, в течение которого электропоезда следуют с минимальными интервалами: с 7 до 10 часов, а не до 9, как ранее.

Сейчас пассажиров метро обслуживают 70 современных поездов «Русич». В самое ближайшее время на линии выйдут еще 40 новых поездов. Кроме того, в течение 10 лет на станциях полностью будут заменены эскалаторы, введенные еще в период 30–50-х гг. прошлого века.

В числе важных итогов уходящего года надо отметить ускоренное внедрение технических систем обеспечения безопасности перевозок. Семь линий объединены единой системой радиопереговоров, экстренной связи и оснащены «тревожными кнопками». МТ

ХЕРРЕНКНЕХТ ПОСТАВЛЯЕТ ЩИТ ДЛЯ МЕТРО В АЛМАТЫ

Подписание протокола приемки ТПМК для строительства перегонных тоннелей метрополитена в г. Алматы (Казахстан); слева – М. Херренкнехт, справа – М. Т. Укшебаев

29 октября 2005 г. на фирме «Херренкнехт АГ» в г. Шванау состоялось подписание акта приемки тоннелепроходческого комплекса (проект S-320), предназначенного для строительства перегонных тоннелей Алматинского метрополитена. Новый ТПМК фирмы «Херренкнехт» начнет проходку левого перегонного тоннеля на участке «Алмалы» – «Абая» – «Байконур». В ноябре началась отгрузка оборудования в Казахстан. Начало проходки запланировано на март 2006 г.

Протяженность проходки составит 2,9 км.

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

Физико-механические свойства грунтов предопределяют значительные трудности в разработке и креплении горных выработок, а также при бурении скважин различного назначения. Положительный фактор заключается в отсутствии в зоне строительства грунтовых вод. Крупнообломочные породы являются преобладающим видом на сооружении первой линии метрополитена. Физико-механические свойства грунтов практически не зависят от глубины их залегания. МТ

Химические добавки для торкретирования

MEYCO® - оборудование для торкретирования

Гидроизоляция

Материалы для щитовой проходки и ТПМК

Противопожарная защита

Инъекционные материалы

Материалы и оборудование для горнодобывающей промышленности

Штаб-квартира:

UGC International
Подразделение Degussa (Швейцария)
Вулканштрассе 110
8048 Цюрих Швейцария

телефон +41-44-4382210
факс +41-44-4382246

Европейское подразделение:

Degussa Construction Chemicals (Europe) AG
Вулканштрассе 110
8048 Цюрих Швейцария

телефон +41-44-4382210
факс +41-44-4382246

Оборудование:

MEYCO Equipment
Подразделение Degussa
Хегматтенштрассе 24
8404 Винтертур Швейцария

телефон +41-52-2440713
факс +41-52-2440707

Construction Chemicals

www.degussa-ugc.com

НОВТЕХСТРОЙ

ПОСТАВКА МАТЕРИАЛОВ И ПРОИЗВОДСТВО РАБОТ

БЫСТРОТВЕРДЕЮЩИЕ БЕЗУСАДОЧНЫЕ СУХИЕ БЕТОННЫЕ СМЕСИ И ГЕРМЕТИКИ

МАТЕРИАЛЫ БУДУЩЕГО, СОЗДАННЫЕ СЕГОДНЯ
УЛЬТРАПРОЧНОЕ СОЕДИНЕНИЕ
И ВОССТАНОВЛЕНИЕ БЕТОНА
ТЕХНОЛОГИЯ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ

МОСКВА ВАРШАВСКОЕ Ш. Д.36, КОРП.8 5 ЭТАЖ
ТЕЛ./ФАКС: 933-2754 INFO@NOVTEHSTROY.RU
WWW.NOVTEHSTROY.RU

НОВОСИБИРСКИЙ МЕТРОПОЛИТЕН: 20 ЛЕТ ТВОРЧЕСКОГО ТРУДА И ПОИСКА

В. М. Кошкин, начальник Новосибирского метрополитена, почетный железнодорожник, почетный работник транспорта РФ

Первой сибирской подземке 20 лет. Для Новосибирска с полуторамиллионным населением и третьей по занимаемой, после Москвы и Санкт-Петербурга, площадью строительство метрополитена имело огромное историческое значение. Сегодня вряд ли найдется в городе человек, который бы сомневался или оспаривал правильность принятого решения о необходимости его прокладки. Социальную значимость метро для жителей города просто невозможно переоценить.

Первых пассажиров Новосибирский метрополитен принял в конце декабря 1985 г. Тогда первый пусковой участок Ленинской линии имел всего пять станций, а протяженность составляла 7,3 км. Но какой восторг это событие вызвало в сердцах и душах новосибирцев и гостей города. Сегодня читать хранящиеся в музее метрополитена их отзывы и слова благодарности невозможно без волнения. В 1987, 1991 и 1992 г. новосибирцам довелось испытать чувство радости от появления еще пяти станций.

Казалось бы, сложившийся темп строительства и ввода новых участков вселял надежды на достаточно быстрый темп развития метрополитена, но, к сожалению, эти надежды не оправдались. Только в 2000 г. была введена в эксплуатацию следующая, одиннадцатая станция «Маршала Покрышкина», а в 2005 г. двенадцатая – «Березовая роща». Оглядываясь назад, начинаешь понимать, какой сложный и трудный путь становления пройден.

Вот уже 20 лет первая сибирская подземка успешно оправдывает свое предназначение: метрополитен стал неотъемлемой частью и самой высокоорганизованной структурой в городской транспортной системе. Доля его в общем объеме городских пассажирских перевозок сегодня около 24 %, с момента ввода в эксплуатацию перевезено более 1,5 млрд человек. С самого начала эксплуатации на метрополитене были определены основные приоритетные направления и задачи, от решения которых зависела успешная и устойчивая работа предприятия: безопасность перевозки пассажиров; кадровое направление; направление по созданию эксплуатационной и технологической и ремонтной базы; капитальный ремонт; техническое перевооружение, наука, внедрение новой техники, рационализация; приобретение специализированного крупного оборудования, автотранспортных и восстановительных средств; экономика и финансы.

Сегодня можно сказать, что в целом все эти направления успешно решены. Проделана титаническая работа. Ведь все начиналось, как говорится, с «голых стен». Успешную деятельность любого предприятия определяют его люди, специалисты высокой квалификации. Поэтому кропотливо проведенная на первоначальном этапе комплектования коллектива эксплуатационников работа по набору специалистов создала нам хороший задел на успех. Многие, кто пришел трудиться в метрополитен на первоначальном этапе, трудятся и сейчас. Это специалисты, пришедшие с Западно-Сибирской железной дороги, возглавившие метрополитен, его службы и подразделения: первый начальник метрополитена Лелеков Юрий Сергеевич, Герой Социалистического Труда; на этом посту его сменил опытный специалист Демин Владимир Иванович, возглавлявший метрополитен в течение 13 лет; главным инженером долгое время работал Балаклеевский Николай Павлович; ревизорским аппаратом руководил Лохматов Анатолий Васильевич; Гурков Юрий Николаевич, опытнейший инженер-строитель, возглавил дирекцию строительства метрополитена с момента её образования, а затем, в качестве заместителя начальника метрополитена, руководил работой строительного комплекса и содержания тоннельных сооружений и пути.

Службу подвижного состава возглавил Печунов В. П.; сигнализации и связи – Коглер Р. Р.; электромеханическую – Вергузов Н. А.; материально-технического снабжения – Кодалаев В. И.; службу бухгалтерского учета и финансов – Дрогайкина Л. И. В течение длительного периода плановый отдел возглавлял Зверев А. И., а технический отдел – Салашин Г. Ф.

На плечи этих специалистов легли основные тяжести в пусковой период, время становления метрополитена и после развала Союза. Труд их отмечен разными наградами и званиями. Многие ветераны уже уступили свои посты более молодым и энергичным специалистам, которые продолжают добрые дела старших предшественников, это: Зайко С. В., Евдокимов А. П., Псеровский В. П., Петров В. И., Аткин В. Ф., Плотников В. М. и др.

Конечно, их успех не мог бы состояться без поддержки и самоотверженного труда многих и многих.

Заслуживают самых добрых слов Шиленко Б. А., Чигишев А. Н., Гергерт В. Р., Михеев Ю. И., Кравченко В. Н., Мурашко Ю. И., Нудненко Е. П., Князева Н. И., Гусева Н. В., Пазников Ж. Д., Касабов С. А., Стручков О. Е., Дмитриев В. Н., Ставрова Т. Ф., Баулин В. А. – это специалисты высокой квалификации, вклад в успешную работу метрополитена которых трудно переоценить, их труд отмечен различными наградами.

Одним из наиболее важных направлений в нашей работе является постоянный поиск решения экономических и финансовых вопросов, обеспечивающих жизнеспособность метрополитена.

Находясь в составе МПС, Новосибирский метрополитен создавал свой организационный механизм в рамках единой централизованной системы по общим для всех правилам. С начала эксплуатации Новосибирский метрополитен в составе МПС находился чуть более шести лет (1986–1992). Но уже с 1991 г. МПС прекратило финансирование метрополитенов, а с 14 сентября 1992 г. мет-

Станция «Площадь Маркса»

рополитен получил статус муниципального предприятия. Это положило начало интенсивной разработке совместно с мэрией принципиально новых правовых и экономических основ взаимоотношений метрополитена с органами местного самоуправления и субъектом федерации. Процесс формирования и совершенствования экономических отношений продолжается и сейчас.

В первые два-три года нахождения в муниципальной собственности предпринимались попытки сохранить хозрасчетные принципы во взаимоотношениях с горисполкомом, а потом – с мэрией. Вводились различные варианты финансирования, в том числе по фактическим убыткам, по расчетному тарифу за выполненный объем работы подвижного состава и др. Однако в течение всех 20 лет Новосибирский метрополитен, как и все другие метрополитены, остается планово-убыточным предприятием, дотируемым из городского бюджета. Начиная с 1991 г. тариф за проезд в метро вынужденно увеличивался 29 раз и сейчас его стоимость, введенная 2 августа 2004 г., составляет 8 р.

Инженерный корпус

Можно отметить, что проблемы, стоящие перед Новосибирским метрополитеном, аналогичны проблемам других российских метрополитенов и связаны, преимущественно, с дефицитом средств. С увеличением физического и морального износа основных фондов возрастает потребность в научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах. Если в 1990 г. на эти цели направлялось до 5 % от общей суммы эксплуатационных расходов, то сегодня наши возможности не превышают 0,2–0,3 %.

Метрополитен в настоящее время работает в условиях конкуренции в осуществлении пассажирских перевозок с муниципальным и частным транспортом. Сегодня он перевозит, в зависимости от сезонности, 150–170 тыс. человек в день.

Многие годы фактором, дестабилизирующим финансовое положение метрополитена, являлось постоянно расширявшаяся система льгот по оплате проезда. К 2005 г. более 40 % пассажиров имели право бесплатного проезда в метро.

С введением в действие Федерального Закона от 22 августа 2004 г. № 122-ФЗ практически все пассажиры оплачивают свой проезд в метрополитене. Для социально незащищенных категорий граждан (в основном пенсионеров, ветеранов) введены единые социальные билеты на все виды муниципального транспорта по цене 90 р. в месяц. Кроме того, еще 90 р. компенсируется из областного бюджета. Доля метрополитена от продажи билетов и компенсаций составляет 20,8 %. Сейчас происходит формирование новой структуры пассажиропотока по видам оплаты. Пока перевозка по единым социальным билетам составляет 25–26 % от общей.

По аналитической оценке в 2005 г. перевозка пассажиров, ранее пользовавшихся правом бесплатного проезда, уменьшилась на 40 %. Кроме того, общая масса доходов за счет реализации единых социальных билетов и компенсаций заметно увеличилась, что позволяет рассчитывать на снижение финансовой напряженности и сокращение отставаний в выполнении капитальных работ, приобретении материалов для текущих эксплуатационных нужд.

Все это, конечно, предопределило стратегию нашего хозяйствования в последние годы, заставило вносить определенные коррективы в работу, более экономно и разумно использовать средства, отдавать предпочтение наиболее важным процессам. Несмотря на хронический дефицит средств, работа по обеспечению эксплуатационной надежности устройств и сооружений, безопасности перевозок, повышению культуры обслуживания пассажиров и удобства их пребывания в метро является главным и определяющим направлением деятельности коллектива.

С первых дней Новосибирский метрополитен в своей практике начал использовать технические достижения, прогрессивный опыт других метрополитенов, активно сотрудничать с научными и конструкторскими организациями. На метрополитене внедрен ряд оригинальных разработок, освоены новые виды работ, технологий, осуществлялась реконструкция существующей производственной базы, созданы новые технологические участки. Специалистами служб проделана огромная работа по разработке, освоению, внедрению технологий обслуживания и ремонта, оснащению технологических участков стендовым оборудованием, приспособлениями и приборами. Так, электромеханической службой в 2004 г. завершена длившаяся несколько лет работа по созданию комплекса ремонтной базы для проведения капитального ремонта эскалаторов, запорной арматуры и изготовления нестандартных изделий, а службой подвижного состава освоена технология подъемочного ремонта (ТР-3, средний ремонт) вагонов метро.

Почетные железнодорожники

Осуществлен перевод на телеуправление всех устройств электроснабжения, эскалаторов, санитарно-технических устройств и сигнализации. В настоящее время совместно со специалистами Новосибирского технического университета и Институтом автоматики и телеметрии Сибирского отделения Российской Академии наук ведутся работы по переводу этих устройств на телеуправление с использованием микропроцессорной техники и персональных ЭВМ. Все станции оснащены системой управления с применением промышленного телевидения.

Электромеханической службой произведено оснащение всех эскалаторов современными устройствами контроля параметров. Сдана в эксплуатацию оригинальная автоматизированная система учета потребления тепловой энергии, тепловые пункты переводятся на более эффективные и компактные пластинчатые нагреватели в бойлерных узлах, осуществляется их автоматизация. В этой же службе впервые в практике метрополитенов для плавного пуска тоннельных вентиляторов применены тиристорные станции ТСУ-2.

Впервые в практике метрополитенов на перегоне «Сибирская» – «Маршала Покрышкина» Дзержинской линии успешно эксплуатируется разработанный ВНИИЖТом виброзащитный путь с подрельсовым основанием на лежнях, который принят для внедрения на вновь проектируемых участках как основной вариант верхнего строения.

Путейцами освоена специализированная рельсосварочная машина для сварки рельсов в плети. В перспективе планируется ее использование для сварки плетей непосредственно в тоннелях на вновь строящихся участках, а также при плановой и аварийной замене рельсов. Машина оснащена сварочной головкой, разработанной Институтом электросварки им. Патона.

Одной из оригинальных внедряемых на метрополитене разработок является созданный Институтом горного дела в содружестве с другими проектно-конструкторскими организациями тоннельный вентилятор вертикального исполнения с поворотными на ходу лопатками рабочего колеса и микропроцессорной системой управления.

Специалистами службы сигнализации и связи внедрен и успешно эксплуатируется уже более восьми лет вагон-лаборатория для проверки параметров системы регулирования скорости (АРС) и радиопоездной

Электродепо «Ельцовское»

связи, оснащенный аппаратурой и разработанный учеными Омского института железнодорожного транспорта. Она позволяет автоматически записывать всю информацию и программно обрабатывать ее на вычислительной машине.

Этой же службой осуществлены монтаж на всех станциях и передача в постоянную эксплуатацию системы безмонетного расчета за проезд с использованием электронных карточек, созданной конструкторами фирмы «Радио и микроэлектроника» (РИМ). Система оригинальна и пользуется успехом у пассажиров.

Ведутся интересные работы и по подвижному составу.

В последние годы во всех службах метрополитена значительно активизировался процесс внедрения в производство вычислительной техники, с помощью которой решается широкий круг задач как технологического, так и управленческого плана.

За последнее время на метрополитене опробовано много современных материалов и технологий.

Многолетнее сотрудничество с городским комитетом по экологии и организациями, специализирующимся на решении экологических проблем, позволило метрополитену осуществить ряд организационных и технических мероприятий, выработать стратегию в этом важном направлении. Проведена инвентаризация и экологическая паспортизация всех объектов, разработан экологический паспорт метрополитена, подготовлены и утверждены нормы допустимых сбросов, создается программа для ЭВМ для аналитического учета, анализа и расчета платы за сбросы и водопользование. Особое внимание уделяется очистке промышленных стоков. Так, в электродепо «Ельцовское» для повторного использования воды после мытья вагонов построены очистные сооружения с применением флотаторов.

Большое внимание уделяется созданию комфортных условий труда, проведению оздоровительных мероприятий, улучшению экологической обстановки на объектах, решению социальных проблем.

Проведена работа по оборудованию на станциях комнат приема пищи, оснащению их современной бытовой техникой, благоустройству душевых, раздевалок, внедрению электроподогревателей для обеспечения в летний период душевых горячей водой. В соляной пещере проводятся регулярные оздоровительные сеансы, имеется база отдыха на берегу Обского моря. Особой гордостью метрополитеновцев является наша теплица, где вот уже в течение ряда лет круглогодично выращиваются в достаточном количестве различные овощные культуры.

В год своего 20-летнего юбилея коллектив Новосибирского метрополитена живет и трудится в обстановке заметного экономического оживления, имеет стабильный пассажиропоток, что вселяет надежду на финансовое благополучие, и поддерживает свой высокий авторитет.

АРМ дежурного поста централизации станции «Березовая роща»

Цех по ремонту эскалаторов

Электропоезда

ОРГАНИЗАЦИЯ ПАССАЖИРОПЕРЕВОЗОК

В. П. Псеровский, зам. начальника Новосибирского метрополитена, начальник службы движения

За годы своей работы метрополитен г. Новосибирска подтвердил свой статус и глубоко укоренился как вид городского пассажирского транспорта, так необходимого для жизни города. В сложном процессе организации пассажироперевозок большая доля участия приходится на службу движения. Безопасность, качество и культура обслуживания пассажиров метро напрямую зависит от слаженной и четкой ее работы. Многое изменилось в жизни службы с начала пуска метрополитена. За долгие годы работы отлаживались технологии и совершенствовались технические средства. Организация движения поездов, функционирование станций и перевозки пассажиров с координированием работы всех эксплуатационных служб – главная задача службы, которая сегодня успешно решается. Это самое крупное подразделение Новосибирского метрополитена, в состав которого входят коллективы двенадцати станций, диспетчерский участок и другие подразделения, работа которых направлена на выполнение главной задачи.

Старший поездной диспетчер М. П. Денисов, поездной диспетчер О. В. Лепокуров

Организация работы по обеспечению заданных размеров движения поездов и объемов перевозок пассажиров основана на графике движения. Функционирование линий метрополитена находится под оперативным управлением одного человека – поездного диспетчера, который управляет движением поездов и контролирует выполнение графика, а так же руководит передвижением хозяйственных единиц в ночное время. Постоянно совершенствуется техническая база рабочего места поездного диспетчера. Различные методы оптимизации его труда помогли реализовать целый ряд мероприятий с использованием вычислительной техники и информационных технологий.

Внедрены и успешно действуют системы диспетчерской централизации на Ленинской и Дзержинской линиях с возможностью просмотра записи исполненного движения и автоматической детализацией анализа графика.

Действует система автоматического отображения графика исполненного движения поездов и автоматизирована система регистрации приказов поездного диспетчера, полностью исключающая потерю времени на заполнение приказов вручную.

Доработана, обновлена и выведена на рабочее место диспетчера программа прослушивания записи оперативных переговоров, которая позволяет анализировать свои действия и действия работников в нестандартных ситуациях, контролировать регламент переговоров и влиять на его качество.

Разрабатывается и частично внедрена система видеонаблюдения на станциях с передачей информации поездному диспетчеру и ее сохранение в течение одного месяца.

В стадии разработки находится система тренажера для обучения поездных диспетчеров выходу из нестандартных ситуаций, где на тренировочных занятиях они смогут отрабатывать свое мастерство.

Все эти и другие мероприятия направлены на обеспечение высокой надежности деятельности диспетчерского участка.

Постоянная работа в службе и с коллективами станций проводится по повышению культуры обслуживания пассажиров, поддержанию станционного хозяйства в надлежащем состоянии и повышению уровня комфорта. Это усиливает привлекательность метрополитена для пассажиров, которые сегодня обращают внимание не только на качество перевозки, но и на качество обслуживания, ожидая большего внимания и индивидуального подхода.

Направленная работа на улучшение и доступность информации для пассажиров с использованием информационных маршрутных указателей и пиктограмм нового типа с высоким качеством полиграфии помогают людям легче ориентироваться на станциях и соблюдать Правила пользования метрополитеном, а схемы метрополитена, размещенные в вестибюлях с привязкой к улицам города, – ориентироваться в городском пространстве. Автоматические вещатели, установленные в кабинах контролеров на станциях, где имеются эскалаторы со звуковой информацией, помогают пассажирам соблюдать и придерживаться установленных Правил, предупреждая непредвиденные ситуации и травматизм.

Рост популярности метрополитена у жителей города можно отметить ростом пассажироперевозок в 2005 г. по отношению к 2004 г.

Станция «Октябрьская»

III МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

ПОДЗЕМНЫЙ ГОРОД

25-27 ЯНВАРЯ 2006

КДЦ «ГОСТИНЫЙ ДВОР»

WWW.U-CITY.RU

ОРГАНИЗАТОРЫ: Выставочная компания «Глобал Экспо»,
Тоннельная ассоциация России
При организационной поддержке Правительства Москвы

ПРИ СОДЕЙСТВИИ: Министерства промышленности и энергетики РФ,
Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству,
МГГУ, МГРУ, НИИОСП им. Н.М. Герсеванова

ГЕНЕРАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПОНСОРЫ

Метро и тоннели · МЕТРО и ТРЕСТ · Строительные материалы XXI · Московская Перспектива

119019, Москва, Гоголевский бульвар, 23, оф. 17
Тел: +7 (095) 101 2274 Факс: + 7 (095) 291 2175
www.u-city.ru, info@global-expo.ru

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ

Ю. Н. Золотухин, заведующий лабораторией Института автоматики и электрометрии СО РАН, д. т. н.
Р. Р. Коглер, гл. специалист Новосибирского метрополитена
Ю. И. Михеев, гл. инженер службы сигнализации и связи Новосибирского метрополитена

Новосибирскому метрополитену исполняется 20 лет, это говорит также и о возрасте аппаратуры, обеспечивающей бесперебойность работы метрополитена и безопасность движения. Если устройства маршрутно-релейной централизации (МРЦ) за это время показали свою высокую надежность и функциональную безопасность, то устройства диспетчерской централизации (ДЦ) типа СКЦ-67, разработанные в середине 60-х годов, к настоящему времени морально устарели, к тому же промышленное производство этой аппаратуры прекращено. При вводе в действие новых станций метрополитена возникла необходимость создания современной микропроцессорной системы управления движением поездов.

Это подразумевает решение целого комплекса задач, а именно: разработку собственно системы диспетчерского управления движением поездов, создание систем поддержки принятия решений для поездного диспетчера и оперативного персонала службы сигнализации и связи, а также ряда тренажеров для подготовки и переподготовки работников служб движения и сигнализации и связи метрополитена. Одной из насущных задач является разработка методов и средств диагностики системы.

В 2004–2005 гг. в Институте автоматики и электрометрии СО РАН с участием ведущих специалистов службы сигнализации и связи Новосибирского метрополитена завершено создание автоматизированной системы диспетчерского управления движением поездов (АСДУ АТДП). Система представляет собой гибридную структуру, включающую, с одной стороны, МРЦ на станциях метро и микропроцессорную систему управления – с другой. Общая структура разработанной системы представлена на рис. 1.

Для сохранения высокого уровня безопасности движения основные зависимости между стрелками и сигналами и непосредственное взаимодействие с напольным оборудованием станций и перегонов, как и в типовых проектах, реализованы в схемах маршрутно-релейной централизации. Управление ею производится с помощью автоматизированного рабочего места (АРМа) дежурного поста централизации, а традиционное пульт-табло выполняет функции резервного рабочего места. В состав системы введены технологические АРМы работников службы сигнализации и связи (инженера ДЦ и электромехаников СЦБ).

Автоматизированная система диспетчерского управления движением поездов представляет собой трехуровневую структуру, состоящую из комплекса автоматизированных рабочих мест на базе промышленных компьютеров и программируемых контроллеров, распределенных на значительном пространстве и работающих в темпе реального технологического процесса.

Верхний уровень системы включает в себя оборудование, расположенное на центральном посту управления:

- основное и резервное автоматизированные рабочие места поездного диспетчера центрального поста управления;
- сервер АСДУ с глобальной базой данных;
- автоматизированное рабочее место дежурного инженера ДЦ.

Средний уровень – основные и резервные рабочие места дежурных постов централизации и рабочие места электромехаников СЦБ всех станций, входящих в АСДУ.

Нижний – программируемые логические контроллеры (ПЛК), выполняющие функции устройств сопряжения с объектом (УСО) и реализующие алгоритмы управления напольным оборудованием.

Оборудование первого и второго уровней объединено кольцевой системой передачи данных. Все АРМы центрального поста и станционные являются равноправными абонентами этой высокоскоростной Ethernet-сети. Управляющие команды и известительная информация между диспетчерским постом и станциями передаются по двойному оптоволоконному кольцу с использованием стандартных коммуникационных протоколов.

Автоматизированные рабочие места на каждой станции связаны с программируемыми логическими контроллерами посредством локальной станционной сети с дублированным каналом передачи данных. Примерная конфигурация оборудования типичной станции метрополитена представлена на рис. 2.

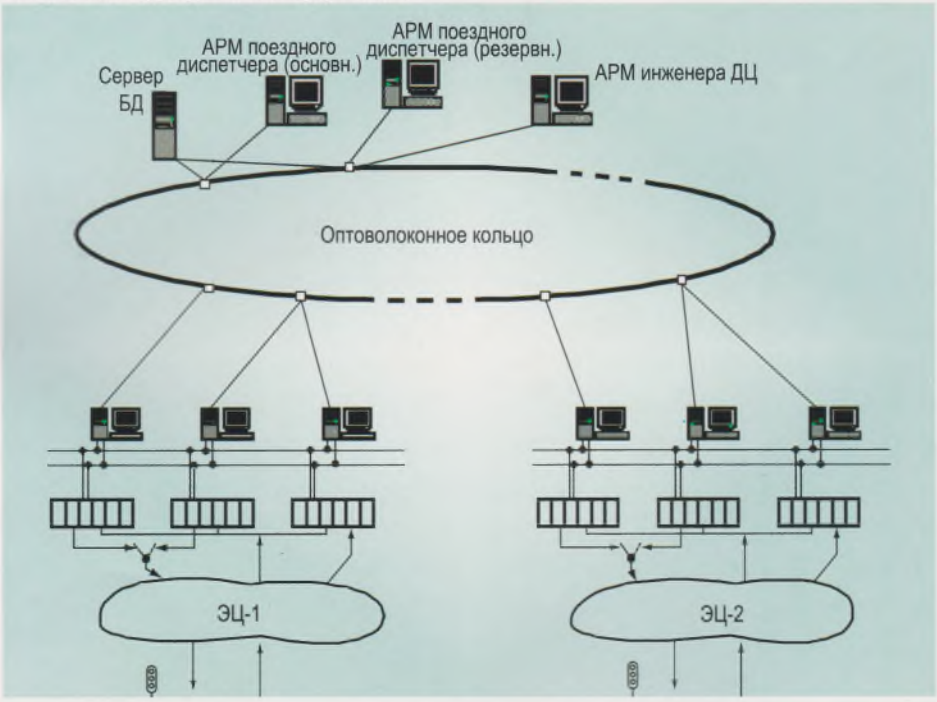
При реализации технических средств использованы программируемые контроллеры и промышленные компьютеры.

В отличие от системы СКЦ-67, имеющей жесткие ограничения на допустимое количество команд и известительных сообщений (не более 840), разработанная система позволяет обращаться к практически неограниченному числу устройств (до 3 тыс. переменных на каждой станции метрополитена в действующей системе). Любое сообщение в новой системе обрабатывается не более чем за 0,1 сек, тогда как соответствующее время в СКЦ-67 составляет порядка 5 сек.

Управление движением поездов осуществляется либо с автоматизированных рабочих мест поездного диспетчера (АРМ ДЦХ), либо с автоматизированных рабочих мест дежурных постов централизации (АРМ ДСЦП). На рис. 3 в качестве примера представлен видеокадр АРМ дежурного поста централизации станции «Березовая роща».

В состав системы диспетчерского управления введен сервер базы данных, используемый для оперативного и долгосрочного хранения данных, связанных с функционированием системы управления движением поездов.

Рис. 1. Общая структура системы управления



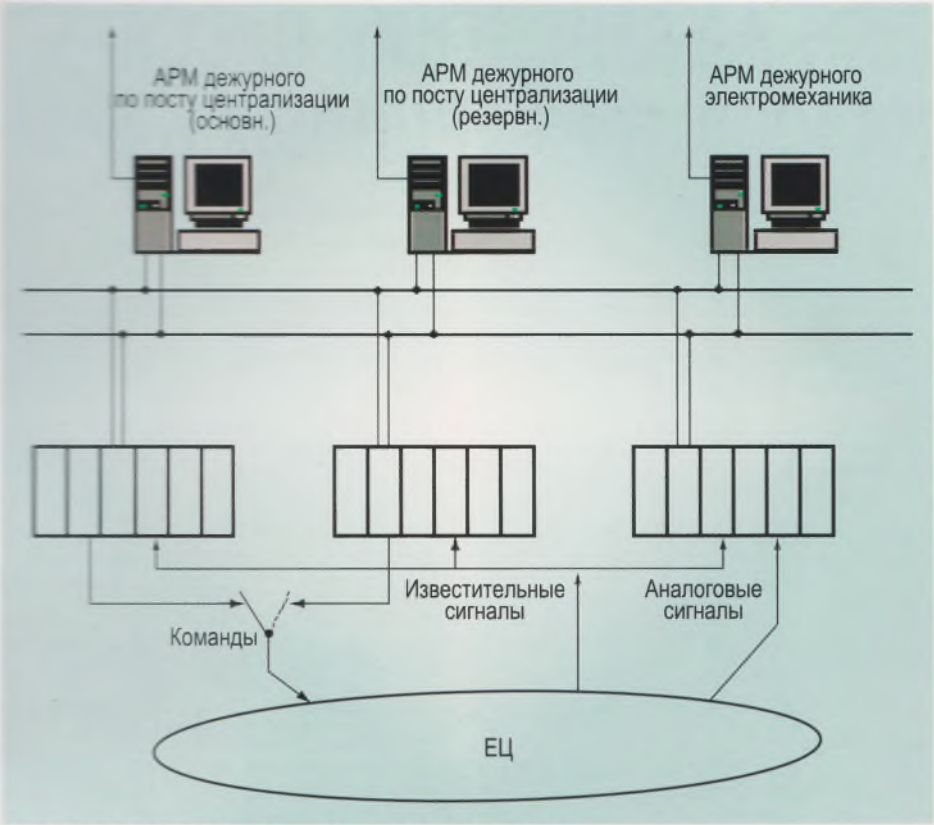


Рис. 2. Конфигурация оборудования типичной станции метрополитена

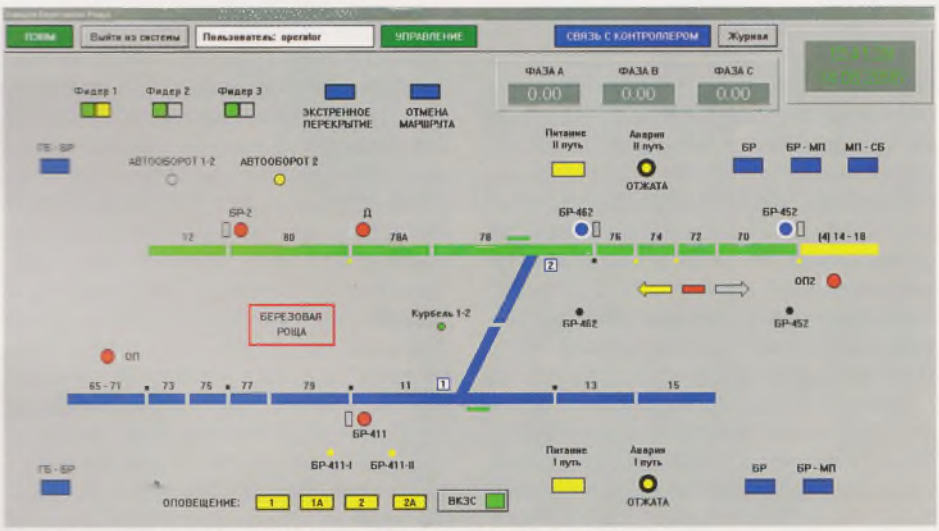


Рис. 3. Пример видеокадра АРМ дежурного поста централизации

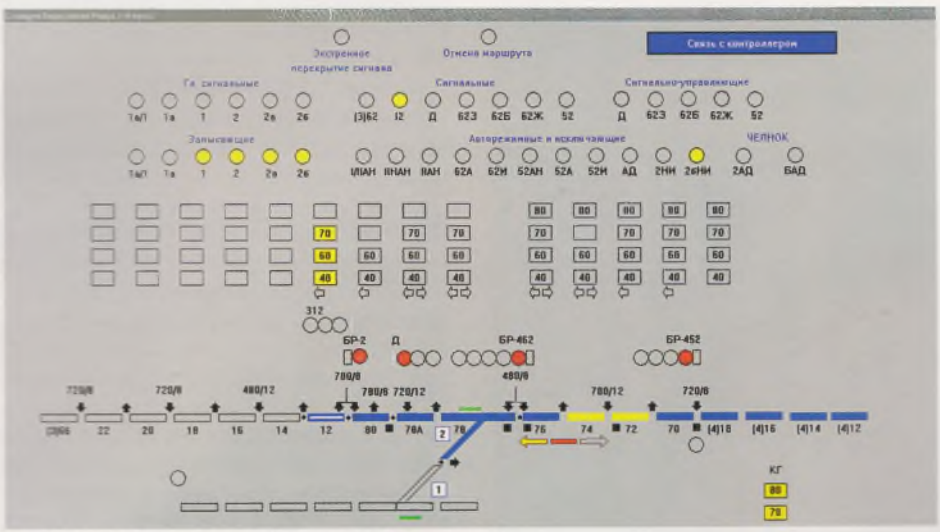


Рис. 4. Пример видеокадра АРМ электромеханика СЦБ

Отличное от традиционного для диспетчерской централизации построение системы обеспечило возможность, наряду с решением задач телеуправления/телесигнализации, реализации ряда новых функций. К важнейшим из них относятся:

- «черный ящик», т. е. протоколирование действий оперативного персонала, внешних событий и состояния аппаратуры МРЦ;
- обеспечение контроля правильности действий оператора (на уровне АРМа) и создание системы алгоритмов возможных действий (подсказок);
- разработка в рамках АРМ электромеханика СЦБ подсистемы автоматизированного измерения параметров устройств (напряжений, токов, интервалов времени и т. п.) и прогноза развития ситуации.

Появление на каждой станции метрополитена вычислительных мощностей предоставляет возможность по-новому организовать процесс обслуживания устройств СЦБ. При используемом в настоящее время способе обслуживания по графику периодичность проверок и осмотров установлена на основе среднестатистических данных об интенсивности отказов и прогнозируемых сроках службы устройств.

С вводом в эксплуатацию процессорной системы диспетчерской централизации, оснащенной измерительной подсистемой, с заданной периодичностью «снимающей показания» с рельсовых цепей, устройств АРС, питающих фидеров, станционной батареи, и «черным ящиком», фиксирующим все происходящие события, в том числе срабатывания реле, время фактического горения светофорных ламп, количество переводов стрелок и т. д., можно перейти к обслуживанию на основе фактических данных об оставшемся ресурсе и тенденциях «ухода параметров» от нормальных значений. Неоценимую помощь в определении и устранении возможных неисправностей в устройствах МРЦ оказывает дополнительная информация о состоянии аппаратуры, выведенная на АРМ электромеханика СЦБ (рис. 4).

Поскольку создание и отладка системы, сочетающей микропроцессорную подсистему и традиционную МРЦ, представляет собой достаточно сложную задачу, специально разработаны программно-аппаратные комплексы, в одном из которых реализована полномасштабная модель МРЦ, в другом – имитируется напольное оборудование.

Разработанная автоматизированная система диспетчерского управления движением поездов отвечает требованиям обеспечения безопасности движения. Она реализована на базе современных аппаратных и программных средств и предусматривает возможность расширения функциональных возможностей, предоставляемых как оперативному, так и обслуживающему персоналу. В июне 2005 г. одновременно с открытием станции «Березовая роща» начат ввод в эксплуатацию системы АСДУ-АТДП на Дзержинской линии, предусматривающий поэтапную модернизацию диспетчерской централизации на всем метрополитене.

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПАССАЖИРОПОТОКОМ НА БАЗЕ ЭЛЕКТРОННЫХ КАРТ

В. М. Плотников, начальник службы сигнализации и связи Новосибирского метрополитена
Г. Ф. Салашин, заместитель начальника отдела технической политики Новосибирского метрополитена

Существовавшая до начала «перестройки» система расчета за проезд в метрополитенах бывшего Союза была ориентирована на использование в качестве платежного элемента пятикопеечной монеты. Неразбериха в экономике не обошла стороной и Новосибирский метрополитен. При расчете за проезд пассажир рассчитывался и набором монет в разном сочетании, и жетонами разных калибров. Метрополитен едва успевал менять и перестраивать оборудование пассажирской автоматики. Ни о какой сколько-нибудь отлаженной системе контроля и управления пассажирскими перевозками не приходилось и думать.

Однако создавшаяся ситуация не могла долго продолжаться и заставила по-новому посмотреть на перевозочный процесс, его управляемость. Начался поиск новых форм расчета за проезд и контроля за пассажиропотоком, тем более, что количество льготных пассажиров росло лавинообразно. Сколько и каких пассажиров перевезено? Существующая система не могла дать на этот вопрос ответа, анализ провести было невозможно.

На помощь пришел могучий интеллектуальный потенциал военно-промышленного комплекса Новосибирских предприятий, оказавшийся без работы.

В начале 1992 г. в метрополитен обратились несколько организаций с предложением разработать и создать систему безмонетного расчета за проезд. Наиболее интересной показалась система, предложенная ЗАО «Радио и Микроэлектроника» (РИМ). В ее основе лежала электронная карточка со встроенной микросхемой памяти, которую можно неоднократно перезаписывать. Не последнюю роль сыграл и тот факт, что все предполагалось разработать и изготовить в Новосибирске. Все сотрудники РИМа являлись выходцами с завода «ВОСТОК» – одного из крупнейших научно-технических предприятий того времени. Руководил РИМом Евгений Валерьевич Букреев – умный и энергичный организатор. Идеологом системы был главный конструктор Виктор Валентинович Горбунов, конструкторские и технологические проблемы успешно решал технический директор фирмы Сергей Павлович Порватов.

Совместная работа специалистов метрополитена и РИМа позволила уже через полтора года после первой встречи смонтировать на станции «Площадь Ленина» первый экспериментальный турникет для прохода по электронным расчетным картам и вручить их первым пользователям. Еще через полтора года были оборудованы все станции, и началась промышленная эксплуатация этой системы. Мы были очень горды тем, что одними из первых в СНГ внедрили такое новшество, особенно если учесть, что эти работы велись в условиях недостаточного финансирования. Не все было гладко. Аппаратура давала сбои, выходили из строя электронные карты, пробитые статическим электричеством. Жалобы пассажиров тоже не давали расслабляться. Приходилось искать новые, нестандартные решения. В конечном счете, система была отработана и успешно эксплуатируется по сегодняшний день.

Турникеты, оборудованные устройствами для считывания БСК

В середине 2003 г. при проработке вопроса о социальной карте горожанина в мэрии г. Новосибирска была затронута тема использования этой карты в метрополитене. И уже в начале 2004 г. мэрией было организовано целевое финансирование внедрения бесконтактной карты для расчета за проезд на метрополитене.

Использование бесконтактных смарт-карт

С точки зрения функциональных возможностей и повышения надежности безальтернативным вариантом являются электронные бесконтактные карты, обмен с которыми происходит на дистанции 2–10 см от считывающего устройства посредством модулированного электромагнитного поля. Из существующего множества наиболее оптимальным вариантом являются карты, основанные на технологии MIFARE® 1 S50 IC или MIFARE® Standard (в дальнейшем карты MIFARE® или БСК).

Этот выбор основывается на следующих положениях:

- широкое распространение этого типа карт в мировой практике для самых разных целей, преимущественно там, где требуется надежное и очень быстрое обслуживание держателей карт (транспортные, идентификационные, дисконтные приложения). Фактически стандарт MIFARE® 1 S50 IC является самым распространенным для бесконтактных смарт-карт. Он имеет более 30 млн пользователей и занимает 90 % рынка бесконтактных смарт-карт. Наиболее известны примеры массового использования карт MIFARE® в метрополитенах Сеула, Москвы и Санкт-Петербурга, на пригородных поездах Московской железной дороги, в качестве социальной карты жителей Москвы и Челябинска;
- БСК является многофункциональной смарт-картой с объемом памяти до 1 Кбайта. Она допускает размещение в своей памяти сразу несколько независимых приложений и характеризуется весьма высоким уровнем защиты данных от несанкционированного изменения, индивидуально для каждого приложения;
- технология MIFARE® позволяет производить обмен данными по радиоканалу между считывателем и БСК с очень высокой скоростью – до 106 Кбод, что сокращает время проведения типичной транзакции в большинстве приложений до 0,1 сек;
- большим достоинством БСК является отсутствие механического контакта с устройством, обрабатывающим данные с карты. По сравнению с другими электронными картами исключается механическое контактное устройство, которое в условиях интенсивной эксплуатации наиболее подвержено отказам из-за механического износа деталей, попадания пыли и посторонних предметов. Последнее обстоятельство приводит к существенному снижению эксплуатационных расходов по сравнению с аналогичными системами, использующими смарт-карты с внешними контактами.

Массовое производство этих карт освоено московской фирмой «РОЗАН ФАЙНЭНС», которая обеспечила производство карт MIFARE® Standard для нужд Московского, Санкт-Петербургского метрополитенов и осуществляет поставку карт для Минского и Новосибирского метрополитенов.

Технические средства системы

С целью снижения затрат на внедрение и эксплуатацию системы за основу принят широко распространенный турникет типа АКП-73, в котором заменяются электронный блок управления, система фотодатчиков и передняя панель с узлом светофора.

Встраиваемый в турникет АКП-73 контроллер обеспечивает полное управление турникетом, включая обработку фотодатчиков и управление створочным механизмом, поддерживает работу с ридером карт MIFARE® Standard с интерфейсом RS-232 и осуществляет обработку контактных карт типа SLE4404. Контроллер посредством интерфейса RS-485 обеспечивает обмен данными и командами со станционным компьютером. Для расширения функциональных возможностей контроллер содержит ЖК индикатор и интерфейс токовая петля.

В кассах по продаже жетонов и электронных карт устанавливаются терминалы обработки карт (ТОК), предназначенные для обработки БСК и контактных карт. ТОК включает ридер карт MIFARE® Standard с интерфейсом RS-232, считыватель контактных карт типа ISO7816, табло покупателя, клавиатуру PS/2 и выполнен, за исключением выносного табло покупателя, в виде моноблочной конструкции в пластиковом корпусе.

Посредством интерфейса RS-485 производится обмен данными и командами со станционным компьютером (сервером станции).

Все турникеты и кассы в пределах одной станции подключены к станционному компьютеру (УПД) через интерфейс RS-485, а УПД через оптоволоконный канал связи – к серверу Центра сбора и обработки информации, расположенному в здании управления метрополитена.

Программное обеспечение

Сервер БД (база данных) состоит:

- из компьютера «Pentium III», ОЗУ 1 Гбайт, RAID-массив 5 × 36 Гбайт;
- источника бесперебойного питания.

Операционная система – «Windows W2K/2003 server». Режим работы – круглосуточный. На сервере БД установлено программное обеспечение:

- SQL Server 2000;
- база данных «Metro» на SQL Server;
- рабочая программа для приема данных (допускается устанавливать на отдельном рабочем месте).

Сервер БД:

- хранит БД ЦСОИ – центра сбора и обработки информации («Metro»);
- в реальном режиме времени производит пополнение БД по мере поступления информации со станций;
- обрабатывает запросы со стороны пользователей (рабочих мест), выдавая требуемую информацию.

Рабочее место администратора:

- операционная система – «Windows 2000/XP»;
- режим работы – сменный;
- связь с сервером БД – через локальную вычислительную сеть.

Администратор:

- контролирует работу всей системы в целом;
- осуществляет внесение изменений в конфигурацию программного обеспечения для ЦСОИ (корректировка, добавление или удаление составных частей и т. д.);
- проводит изменение критических параметров системы и ее составных частей (изменение тарифов за проезд, залоговых цен за электронные карты, ведение «черных» списков и т. д.);
- устанавливает уровни привилегий и профили для пользователей ЦСОИ.

В настоящее время система безмонетного расчета на Новосибирском метрополитене – это мощный комплекс, который позволяет не только обеспечить гибкую политику расчета за проезд и отследить перемещение каждой карты, но и дает возможность вести статистический учет пассажиропотоков по каждой станции отдельно и по всему метрополитену в целом, что в конечном итоге помогает управлять перевозочным процессом.

20 ЛЕТ СОТРУДНИЧЕСТВА

Н. А. Попов, д. т. н.
А. М. Красюк, д. т. н., доцент, ИГД СО РАН
Г. Ф. Салашин, **А. Н. Чигишев**, Новосибирский метрополитен

Ростом г. Новосибирска обострилась проблема наземных транспортных коммуникаций. Средняя скорость движения наземного транспорта находится в пределах 15–20 км/ч. Поэтому строительство метрополитена явилось эффективным решением проблемы перевозки пассажиров. В 1979 г. в Новосибирске началась прокладка метро.

Основным звеном системы жизнеобеспечения подземных тоннелей и станций является вентиляция и весь комплекс проблем, связанных с ней. Учитывая, что опыта проектирования и строительства метрополитенов в условия воздействия низких и отрицательных температур атмосферного воздуха не было, перед проектировщиками систем вентиляции тоннелей первого в Сибири — Новосибирского — метрополитена стояла сложная задача. На помощь им пришли учёные лаборатории рудничной аэродинамики Института горного дела Сибирского отделения Академии наук.

К моменту начала строительства Новосибирского метрополитена под научным руководством профессора Н. Н. Петрова этой лабораторией были выполнены исследования по динамике движения воздуха в сетях горных выработок и созданию эффективных средств вентиляции шахт и рудников. В результате был создан большой научный задел в этой области.

Предложение ИГД СО РАН о сотрудничестве поддержал первый начальник метрополитена Ю. С. Лелеков. Большую помощь учёным института оказывали руководители Дирекции строящегося метрополитена Гурков Ю. Н. и Рузаев Г. С. Привлекательной стороной для них явилось, в первую очередь, снижение более чем в два раза затрат на сооружение подземных вентиляционных камер. Содействие институту оказывали и специалисты метрополитена: Балаклеевский Н. П. - бывший главный инженер, Салашин Г. Ф. – начальник технического отдела и Чигишев А. Н. - главный инженер электромеханической службы. Была разработана долгосрочная программа по созданию новой вентиляционной техники для метрополитенов, которую в 1985 г. утвердил Главметрополитен Министерства путей сообщений СССР. На первом этапе работ была спроектирована и построена уникальная опытная вентиляционная камера на перегоне между станциями «Октябрьская» и «Речной вокзал». В ней, в условиях действующего метрополитена, проводились комплексные исследования новых образцов вентиляционной техники. На этом этапе в работу включились эксплуатационники – Новосибирский метрополитен и, в первую очередь, его технический отдел и электромеханическая служба. Был выполнен комплекс исследовательских работ и испытаний двух опытных образцов вертикальных вентиляторов с поворотными на ходу лопатками рабочего колеса. Полученные положительные результаты легли в основу создания вентиляторов проектируемой второй очереди метрополитена. Так, для станции «Маршала Покрышкина» научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт «Аэротурбомаш» разработал документацию, а на Уральских заводах была изготовлена партия новых вентиляторов.

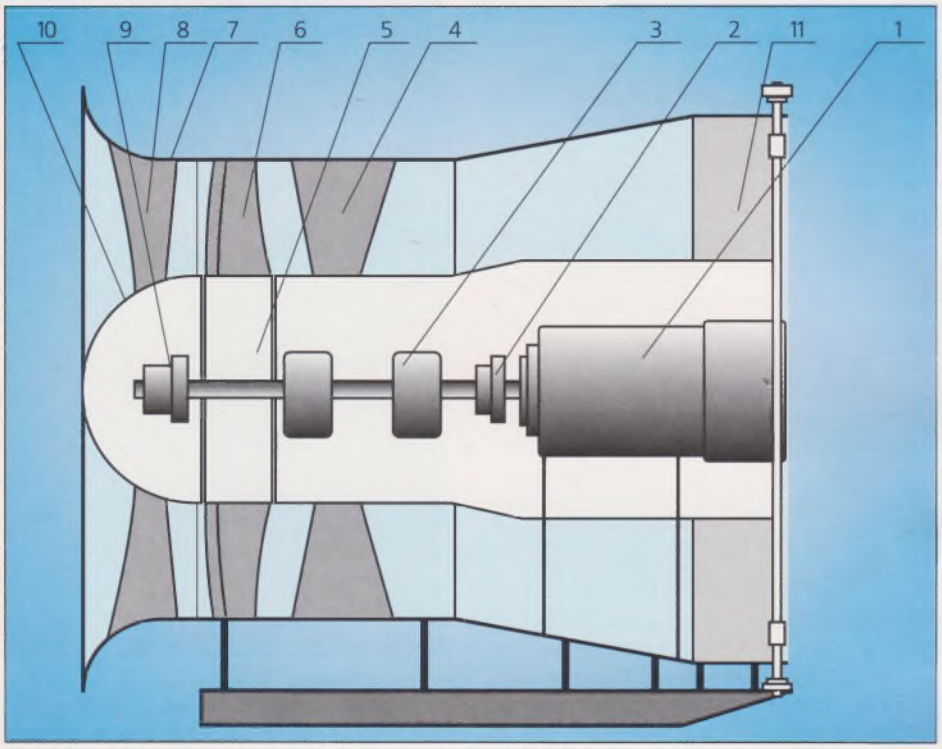


Рис. 1. Конструктивная схема вентиляторного агрегата ВО-21К(т):
1 – электродвигатель; *2* – пальчиковая (эластичная) муфта; *3* – подшипниковая опора; *4* – неподвижные лопатки спрямляющего аппарата; *5* – рабочее колесо; *6* – сдвоенная листовая лопатка; *7* – коллектор; *8* – неподвижные лопатки направляющего аппарата; *9* – ИМ ПЛРК (исполнительный механизм поворота лопаток рабочего колеса); *10* – обтекатель входной; *11* – шиберующее устройство

На разных этапах работ в создании новых машин участвовали ЗАО «Новосибметропроект», СКБ Гидроимпульсной техники СО РАН, Артемовский машиностроительный завод и АО «НИПИгормаш» (Екатеринбург). В 1997 г. ИГД СО РАН совместно с Институтом гидродинамики СО РАН решил задачу по созданию принципиально новых аэродинамических схем вентиляторов, в том числе и для метрополитенов. Это открывает широкие перспективы по разработке нового ряда регулируемых на ходу вентиляторов и модернизации действующего парка машин. Кроме высокой экономичности они позволяют обеспечить эффективный аварийный режим вентиляции, т. к. подача воздуха при реверсировании воздушной струи составляет 94–96 % от прямого режима работы, а время реверса – 18–24 с. Первая реализация новейших разработок была использована при

Основные технические показатели вентилятора ВО-21К(т)

Номинальная подача, $м^3 \times с^{-1}$	45
Максимальный, полный коэффициент полезного действия	0,87
Номинальное давление, Па:	
полное	686
статическое	490
Подача в пределах рабочей области, $м^3 \times с^{-1}$:	
минимальная	21
максимальная	84
Давление в пределах рабочей области, Па:	
минимальное	180
максимальное	650
Номинальный диаметр рабочего колеса, мм	2100
Частота вращения, об/мин	500
Мощность электропривода, кВт	55
Число лопаток рабочего колеса, шт.	6
Диапазон углов поворота лопаток рабочего колеса, град	15–135 195–315
Число неподвижных листовых лопаток направляющего аппарата, шт.	23
Число листовых лопаток спрямляющего аппарата, шт.	15
Масса, кг, не более	6500
Габаритные размеры, мм, не более	
длина	3277
ширина	3020
высота	2962

сооружении станции «Березовая роща», введённой в эксплуатацию в июне 2005 г.

Удачная компоновка и компактность новой машины даёт, несомненно, существенное сокращение объемов подземного строительства, а ее высокие адаптивные свойства позволяют более чем в два раза снизить затраты электроэнергии на вентиляцию при эксплуатации метрополитена.

Вентиляторный агрегат ВО-21К(т) (рис. 1) имеет одно рабочее колесо (РК) *5*, размещенное на валу посредством радиального и радиально-упорного подшипников *3*, установленных в опорах корпуса – рамы. Лопатки РК *6* в количестве 6 шт. выполнены сдвоенными – листовыми (цельносварными) и поворотными на ходу рабочего колеса посредством кривошипно-шатунного механизма с электромеханическим приводом *9*. Электродвигатель вентилятора *1* размещен во внутреннем обтекателе диффузора, на выходе которого установлено шиберующее устройство *11* с электроприводом створок шиберующего аппарата.

Механизм поворота лопаток рабочего колеса оснащен серийным электромеханическим приводом типа МЭО, содержащим конечные выключатели (для угла установки РК Θ=15°, 45° и 135°). Вентагрегат оснащен неподвижными лопатками спрямляющего *4* и направляющего *8* аппаратов.

Вентилятор ВО-21К(т) изготовлен в реверсивном исполнении. Реверсирование воздушной струи производится путем одновременного изменения углов установки лопаток рабочего колеса с помощью ИМ ПДРК. На рис. 2 представлен один из вентагрегатов производства Новосибирского энергомашиностроительного завода «НЭМЗ ТАЙРА», установленного в венткамере на перегоне между станциями «Берёзовая роща» и «Маршала Покрышкина».

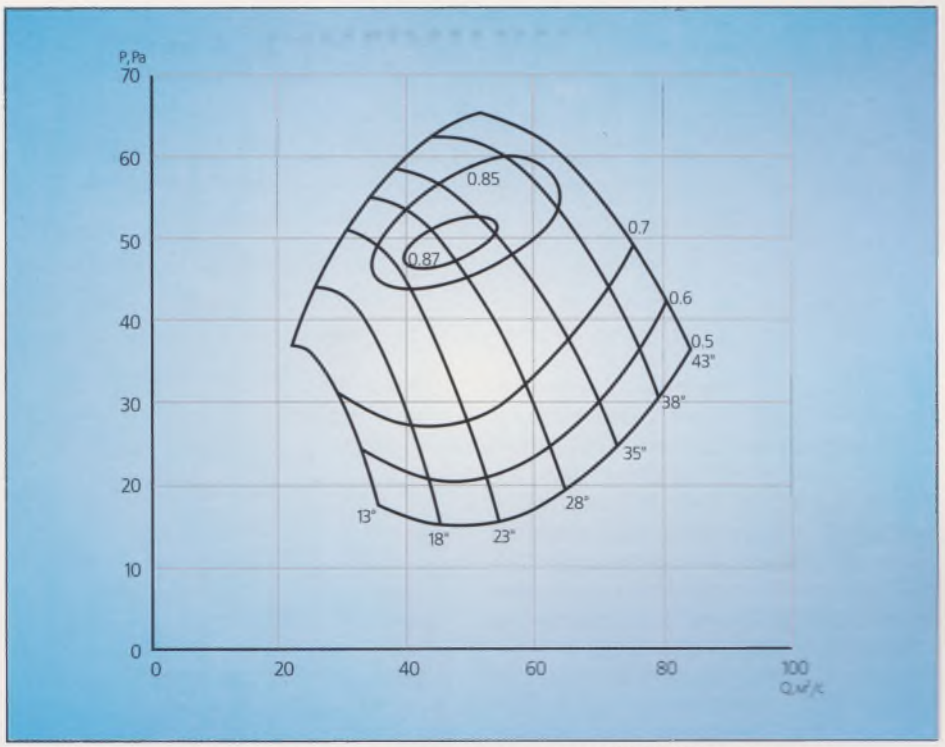


Рис. 3. Расчетные аэродинамические характеристики вентилятора ВО-21К(т) со сдвоенными листовыми лопаткам

Расчетные аэродинамические характеристики вентилятора со сдвоенными листовыми лопатками приведены на рис. 3.

Сотрудничество института с метрополитеном не ограничивается созданием новой техники. С 1999 г. ИГД СО РАН проводит комплекс исследований, направленных на совершенствование работы системы тоннельной вентиляции в штатных и аварийных режимах, учитывающих специфические проблемы метрополитена мелкого заложения в условиях резко континентального климата Западной Сибири. Проведены исследования аэродинамических параметров поршневого действия движущихся поездов, разработан пакет компьютерных программ, позволяющих моделировать вентиляционные сети метрополитенов. На основе результатов численных экспериментов были разработаны штатные режимы работы тоннельных вентиляторов, позволившие снизить их энергопотребление на 28–55 %.

Предложенные схемы работы вентиляции при задымлении станций показали на противопожарных учениях высокую эффективность для обеспечения безопасных путей эвакуации и были включены в «Инструкцию о режиме работы шахт тоннельной вентиляции в случае задымления или загазованности на объектах Новосибирского метрополитена». В 2004 г. ИГД СО РАН совместно с электромеханической службой начат мониторинг температуры обделок тоннеля и заобделочного грунта, что даст возможность определить тепловой баланс в подземных сооружениях метрополитена. В 2005 г. завершена разработка компьютерной программы, позволяющей моделировать системы местной вентиляции служебных помещений станций.

Более чем 20-летнее содружество специалистов института и метрополитена, несомненно, принесло большую пользу как учёным, так и эксплуатационникам и, конечно, проектировщикам. На основе материалов проведённых исследований и опыта внедрения новых разработок были защищены две докторские и две кандидатские диссертации.

В заключение поздравляем всех работников Новосибирского метрополитена с 20-летним юбилеем, желаем дальнейших творческих успехов, неуклонного процветания и повышения благосостояния.

Выражаем надежду на продолжение многолетнего сотрудничества.

Рис. 2. Вентиляторный агрегат ВО-21К(т)

ПОДВОДЯ ИТОГИ ЗА ГОД: СОДРУЖЕСТВО МЕТРОПОЛИТЕНОВ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В. Ф. Иванов, главный технолог Международной Ассоциации «Метро»

Общеизвестно, что одним из главных критериев обеспечения безопасной перевозки пассажиров является безопасная и безаварийная работа технологического оборудования: подвижного состава, вентиляционных и насосных установок, эскалаторов, а также устройств пути, сетей электроснабжения и др. Решение этих вопросов только силами служб эксплуатации метрополитенов, без помощи промышленности, малоэффективно. Понимая это, МА «Метро» регулярно проводит семинары-совещания ведущих специалистов метрополитенов и предприятий-изготовителей оборудования для метро.

2005 год, являющийся юбилейным для большинства метрополитенов СНГ, стал в этом отношении знаковым в укреплении содружества метрополитеновцев с промышленными предприятиями.

В предыдущих номерах журнала «Метро и тоннели» уже публиковалась информация о взаимовыгодном сотрудничестве метрополитенов с некоторыми предприятиями: ОАО «Крюковский вагоностроительный завод» (производство эскалаторов); НПО «СКАД» (производство систем управления к эскалаторам и вентиляторам), ЗАО «Метро-Кампозит» (производство трубопроводов), ГК «Снага» (термитная сварка рельсов), ОАО «Муромский стрелочный завод», фирма «Прософт» (внедрение передовых технологий автоматизации) и др.

И такая работа продолжается.

В период август-октябрь 2005 г. по планам МА «Метро» состоялся ряд семинаров-совещаний на базах Крюковского вагоностроительного завода, ЗАО «Ливгидромаш», Артемовского машиностроительного завода «Вентпром», Новокузнецкого металлургического комбината и других, на которых, наряду с вопросами повышения безопасной эксплуатации установленного оборудования, обсуждались перспективные образцы новых изделий, разработанных с участием всех метрополитенов СНГ.

Вагон метро разработки АО «КВСЗ»

На базе Крюковского вагоностроительного завода (г. Кременчуг) прошло совещание специалистов служб подвижного состава метрополитенов, АО «КВСЗ», ЗАО «Динамо» (Москва), ЗАО «Метровагонмаш» (г. Мытищи), ЗАО «Вагонзавод» (Санкт-Петербург) по вопросам качества ремонта вагонов в условиях электродепо, модернизации действующего и разработки нового подвижного состава, а также пересмотру ряда положений действующей нормативной документации.

Участниками совещания была отмечена большая работа специалистов дирекции МА «Метро», метрополитенов и ЗАО «Метровагонмаш» по подготовке окончательной редакции технических требований на новую раму тележки вагона, предложений по корректировке «Норм допусков и износов оборудования вагонов метро», разработке «Инструкции по ремонту рам тележек вагонов». Заводами **ЗАО «Динамо» и ЗАО МТЗ «Трансмаш»** подготовлены ремонтные бюллетени новой тормозной системы и модернизации электрооборудования вагонов, находящихся в эксплуатации.

Была отмечена положительная работа АО «КВСЗ» по разработке и изготовлению новых вагонов метро, поворотной и шпинтанной рам тележек, а также запасных частей подвижного состава.

В тоже время участники совещания обратили внимание на участившиеся случаи обнаружений трещин в рамах тележек эксплуатируемых вагонов и необходимости уделять особое внимание своевременному выявлению дефектов с использованием современных средств неразрушающего контроля. Предприятиям-изготовителям вагонов («КВСЗ», «Метровагонмаш», «Вагонмаш») было предложено внести необходимые изменения в конструкцию рамы серийно выпускаемых вагонов, исключающих образование трещин в шкворневых и хребтовых балках вагона.

Предприятиям **ЗАО «Метровагонмаш» и ЗАО «Вагонмаш»** было поручено рассмо-

Участники V совещания «Комиссии по качеству рельсовой продукции для метрополитенов»

Главный конструктор АМЗ «Вентпром» В. И. Кутаев отвечает на вопросы приемочной комиссии

Ознакомление с конструкцией вентилятора ВОМ-20

треть вопрос модернизации вагонов 81-й серии с обеспечением продления срока службы кузова на 25 лет, с учетом разработки современного интерьера салона, установки прогрессивного тягового привода и другого оборудования, позволяющего увеличить межремонтные циклы и сократить затраты на техническое обслуживание.

На базе Новокузнецкого металлургического комбината состоялось V совещание «Комиссии по качеству рельсовой продукции для метрополитенов», в работе которого приняли участие представители ведущих метрополитенов, металлургических комбинатов (НКМК, НТМК, МК «Азовсталь»). Муромского стрелочного завода, ФГУП ВНИИЖТ РЖД, ГНЦ РФ ОАО «УИМ», ряда других организаций и предприятий.

Члены комиссии рассмотрели предложенный дирекцией МА «Метро», Петербургским, Киевским, Московским и Бакинским метрополитенами анализ дефектов, выявляемых в рельсах и стрелочных переводах, причины их зарождения и развития, работу служб эксплуатации по обеспечению безопасности путевого хозяйства. Также был заслушан анализ ЦКЛК ОАО «НКМК» по имевшим место изменениям технологии плавок рельсовой стали.

В результате обсуждения проблемы появления дефектов в рельсовой продукции участниками совещания были приняты конкретные рекомендации по их снижению. Основными из них являются следующие.

Металлургическим комбинатам:

· ускорить работу по внедрению современного прокатного оборудования и новых средств неразрушающего контроля, в т. ч. современных установок, обеспечивающих прямолинейность рельсов на уровне Европейского стандарта EN13674-1:2003, класс А по прямолинейности;

· по замене шестироликовой правильной машины девятироликовой, обеспечивающей производство рельсов точной геометрии с благоприятным распределением остаточных напряжений.

ФГУП ВНИИЖТ РЖД, ГНЦ РФ ОАО «УИМ», УкрНИИМет.:

· провести исследования рельсов, изъятых из эксплуатации метрополитенов по причине выкрашивания металла по рабочей выкружке головки рельса, с целью определения причин зарождения и механизма развития контактно-усталостных дефектов;

· рассмотреть степень влияния выхлопных газов автомобильного транспорта (попадают в тоннель через вентшахты) на интенсивность коррозионного износа рельсов.

Муромскому, Новосибирскому и Днепропетровскому стрелочным заводам:

· ускорить проведение модернизации (реконструкции) производственных мощностей с выводом их на современный технический уровень;

· рассмотреть предложения метрополитенов по изменению конструкции выпускаемой стрелочной продукции, в частности, по установке возвышения наружного рельса.

Метрополитенам:

· в обязательном порядке проводить шлифовку (фрезеровку) всех рельсов, вновь уложенных в путь, а также тех, на которых были обнаружены контактно-усталостные дефекты;

· усилить работу по локализации и устранению мест протечек тоннельной обделки. Шире использовать опыт Киевского, Харьковского и Московского метрополитенов по применению современных ремонтных строительных материалов и технологий;

· рассмотреть опыт Московского и Бакинского метрополитенов по защите элементов верхнего строения пути от воздействия влаги (применение защитных покрытий на подкладках и крепеже, применение укороченного крепежа и др.);

· применять рельсы, изготовленные согласно:

· ТУ- 0921-164-01124328 – 2003 (производство НТМК),

· ТУ 0921-154-001124328 – 2003 (производство НКМК), в т. ч. из марки Э76ХФ для кривых радиусом 400–600 м;

· ТУ У 27.1-00190319-1324 – 2004 (производство МК «Азовсталь»)

Соответствующие рекомендации были приняты после обсуждения опыта эксплуатации бесстыкового пути Бутовской линии Московского метрополитена, в т. ч. применения алюмино-термитной сварки рельсов в подземных условиях.

ООО «АТ сварка», ГК «СНАГА», ФГУП ВНИИЖТ РЖД:

· предложено рассмотреть вопросы установления гарантийного срока службы стыка рельса, сваренного алюмино-термитным способом, по количеству пропущенного тоннажа не менее 650 млн т;

· установить безопасную величину стрелы прогиба в стыке рельса относительно стыка, сваренного электроконтактным способом.

По завершении работы V совещания «Комиссии по качеству рельсовой продукции для метрополитенов» ее участниками была выражена заинтересованность в продолже-

Обсуждение конструкции вагона

нии и углублении сотрудничества между метрополитенами СНГ и производителями рельсовой продукции.

Одним из важнейших условий безопасной эксплуатации метрополитенов является устойчивость систем жизнеобеспечения (вентиляция, водоснабжение, водоотведение и др.), что подразумевает, в первую очередь, безаварийную работу насосного и вентиляционного оборудования. Решая эту задачу, метрополитены находятся в постоянном контакте с производителями оборудования. Много что уже сделано, но и многое предстоит сделать. На состоявшихся в сентябре 2005 г. совещаниях в г. Ливны (Орловская обл.) и г. Артемовский (Свердловская обл.) обсуждались вопросы углубления сотрудничества служб эксплуатации и производственников по модернизации и разработке нового, более надежного оборудования.

На совещании-семинаре, прошедшем в сентябре на базе ОАО «Ливгидромаш», рассматривался ход выполнения ранее принятых совместных решений как по совершенствованию и повышению качества серийно выпускаемого насосного оборудования, так и постановке на производство новых, разработанных специально для метрополитенов, насосных агрегатов.

После ознакомления с производством и технологией изготовления насосного оборудования на ОАО «Ливгидромаш» и ОАО «Ливнынасос», а также обсуждения причин возникновения отказов в его работе в период эксплуатации, участники совещания отметили, что за последнее время для повышения качества продукции на этих заводах были проведены серьезные мероприятия, направленные на повышение надежности работы насосного оборудования и облегчения их обслуживания и ремонта:

- на **ОАО «Ливгидромаш»**: улучшилось качество литых деталей и повышения их размерной точности и увеличение ресурса сальниковых уплотнений;
- на **ОАО «Ливнынасос»** (производитель насосов типа ЭЦВ): повысились износостойкости проточной части двигателя и прочность кабельного ввода в корпус насосного агрегата.

На обоих предприятиях для понижения уровня вибрации и увеличения срока службы насосных агрегатов внедрена технология высокоточной балансировки рабочих колес и роторов.

В тоже время представители метрополитенов, опираясь на анализ работы насосного оборудования на метрополитенах России и стран СНГ, предложили ввести ряд доработок в конструкцию насосов типов Д, СМ, «Гном», ЭЦВ, которые были приняты. В настоящее время эти насосы внедряются в производство.

На совещании были рассмотрены вопросы разработки и производства нового оборудования, создаваемого специально для метрополитенов по их техническим требованиям.

Учитывая положительный безаварийный опыт эксплуатации (более одного года) девяти насосов ЦМФ 50-25 на Петербургском метрополитене, было рекомендовано:

Обсуждение замечаний метрополитенов к насосному оборудованию

Метрополитенам России и СНГ:

- применять в качестве дренажного и фекального погружной электронасос ЦМФ 50-25;
- использовать схему установки насоса с подставкой и резинокордовым рукавом Dy = 66 мм с гайкой типа «Богданова».

Данный вид установки обеспечивает надежность присоединения к напорному трубопроводу и простоту обслуживания насоса (без спуска обслуживающего персонала в зумпф), а закрепляемая к фильтру подставка исключает проворот насоса при запуске. Таким образом исключается необходимость монтажа направляющих элементов.

ОАО «Ливгидромаш»:

- для замены горизонтальных насосов, с целью повышения надежности водоотлива и снижения эксплуатационных расходов, приступить к разработке погружного насоса ЦМФ 160-80 на параметры: подача – 160 м/ч, напор – 80 м.

На совещании были также приняты рекомендации по замене насосов, снятых с производства, новыми и корректировке нормативов обслуживания эксплуатируемого насосного оборудования.

В сентябре 2005 г. на базе Артемовского машиностроительного завода «Вентпром» прошли заводские приемочные испытания вентилятора ВОМ-20 в комплекте с системой управления АО «Промавтоматика», предназначенного для проветривания как новых линий, так и замены выработавших свой ресурс вентиляторов, в т. ч. ЦАГИ.

Основными отличиями данного вентилятора, разработанного по заданию Московского метрополитена, с учетом требований всех метрополитенов СНГ являются:

- конструкция вентилятора допускает его разборку на монтажные узлы и сборочные единицы для транспортировки и установки в условиях метрополитенов. Максимальная масса отдельных монтажных единиц не превышает 1000 кг;
- рабочее колесо вентилятора установлено непосредственно на вал электродвигателя;
- обеспечивает пониженный уровень шума;
- вентилятор должен выдерживать работу в аварийном режиме при температуре 250 0С в течение 1 ч.

По результатам данного этапа испытаний разработчикам было предложено изменить конструкции ряда узлов вентагрегата с целью удобства их обслуживания и ремонта, более тщательно проработать вопросы, связанные с пожарной сертификацией, ознакомить с материалами испытаний все метрополитены СНГ и проектные организации, занимающиеся созданием тоннельной вентиляции и др.

В настоящее время опытные образцы ВОМ-20 отправлены на Московский метрополитен для проведения эксплуатационных испытаний в условиях одной из действующих шахт.

Закачивается 2005 г. – год подведения итогов в развитии большинства метрополитенов СНГ, год 70-летия ввода в эксплуатацию первого отечественного метрополитена в г. Москве, начала эксплуатации «легкого» метро, мини-метро и монорельсовой транспортной системы.

2005 г. ознаменован пуском Казанского метрополитена, который открывает список городов, где в скором времени должны появиться новые подземные магистрали: Омск, Красноярск, Челябинск, Алматы, Донецк и др.

Понимая свою ответственность за будущее развитие подземного и надземного («легкое» метро) скоростного транспорта, метрополитены СНГ вкладывают весь свой опыт в подготовку повышенных требований к применяемому оборудованию, призванному обеспечить безопасную, год от года все возрастающую, перевозку пассажиров, а также их комфортность. Уверенность в решении этой задачи дает крепнущая взаимосвязь метрополитенов с промышленными предприятиями – изготовителями подвижного состава, эскалаторов, устройств пути, систем энергоснабжения и жизнеобеспечения и многого другого. МТ

КОНЦЕРН «КРЮКОВСКИЙ ВАГОНЗАВОД»

КРУПНЕЙШИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ УКРАИНЫ

Разрабатывает и производит эскалаторы собственной конструкции:

- поэтажные: с высотой подъема от 3 до 6 м;
- тоннельные: с высотой подъема от 15 до 45 м

с различным исполнением балюстрад

39621, Украина, г. Кременчуг, ул. Ивана Приходько, 139
тел: +38 (0536) 76-94-74; 76-93-13
факс +38 (0532) 50-14-21
e-mail: kvsz@kvsz.com
www.kvsz.com

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА-ФОРУМ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ ДЛЯ ТРАНСПОРТА И ТРАНСПОРТНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

Электроника → Транспорт 2006

20—22 февраля 2006 года

Москва, Центр международной торговли, Краснопресненская набережная, д.12

ТЕМАТИКА ВЫСТАВКИ:

СИСТЕМЫ, ТЕХНОЛОГИИ, РЕШЕНИЯ:

Системы диспетчеризации движения
Системы автоведения, системы сигнализации
Системы и компоненты для связи и навигации
Средства обеспечения безопасности движения
Транспортные охранные и противопожарные системы
Компьютеры для бортовых и встраиваемых систем
Мобильные компьютеры и ноутбуки
Приборы для контроля и диагностики
Автоматика, Телемеханика
Учет и управление энергопотреблением
Ресурсосберегающие технологии
Климат—контроль
Обеспечение комфортности

КОМПЛЕКТУЮЩИЕ, МОДУЛИ И КОМПОНЕНТЫ:

Защищенные корпуса
Модули памяти
Модули преобразования сигнала
Кабели и клеммники
Дисплеи и индикаторы
Клавиатуры, указательные устройства
Источники питания и вторичные преобразователи
Полупроводниковые приборы, микроэлектроника
Световые и звуковые приборы
Датчики
Двигатели и электроприводы
Аккумуляторы, генераторы

ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА:

20 февраля — День электроники для метрополитена

- системы автоведения поездов
- системы безопасности
- системы управления вентиляционным, эскалаторным хозяйством
- системы диагностики деталей, узлов, агрегатов
- информационные системы
- автоматизированные системы контроля и учета электроэнергии

21 февраля — День электроники для наземного железнодорожного транспорта

- средства железнодорожной автоматики и телемеханики
- системы автоведения поездов
- оснащение и переоборудование кабин машинистов
- диспетчерские системы железнодорожных узлов и станций
- системы связи и навигации
- системы контроля, учета и распределения электро— и теплоэнергии, управления тяговыми подстанциями
- системы диагностики деталей, узлов, агрегатов
- информационные системы
- системы обеспечения безопасности движения
- системы обеспечения комфорта и экологичности

22 февраля

- Автоэлектроника
- Электронные компоненты и модули для бортовой электроники
- Услуги по разработке и производству изделий электроники для транспорта

CHIP EXPO
Организатор:
ЗАО «ЧипЭКСПО»
http:// www.chipexpo.ru

Заказ пригласительных билетов
для специалистов: www.chipexpo.ru/transport
E-mail: transport@chipexpo.ru, тел./факс: (095) 368-1039

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ МЕТРОПОЛИТЕН: 10 ЛЕТ В СТРОЮ ДЕЙСТВУЮЩИХ

А. В. Пирогов, главный инженер Днепропетровского метрополитена

Станция «Металлургов»

О. Н. Котляров, начальник метрополитена

Город Днепропетровск – один из крупнейших промышленных, деловых и культурных центров Украины с численностью населения более миллиона человек.

Интенсивная застройка новых жилых массивов: Победа, Сокол, Тополя, Парус, Красный Камень, Коммунар, Левобережный, Фрунзенский требовала развития городского пассажирского транспорта. В конце 70-х гг. была разработана Программа развития транспортного обслуживания населения города, которая предусматривала прокладку метрополитена. Началом реализации Программы считается 15 марта 1982 г., когда Распоряжением Совета Министров СССР № 456-р был утвержден проект строительства 1-й очереди метрополитена в г. Днепропетровске.

Разворот работ в начале 80-х гг. на сооружении метро был впечатляющим. Главтоннельметрострой, возглавляемый Героем Социалистического труда Кошелевым Юрием Анатольевичем, в кратчайший срок со спецстроек Сибири передислоцировал большую группу специалистов-проходчиков в Днепропетровск. Со своими материальными ресурсами приступило к практической работе Управление «Харьковметрострой» во главе с начальником Братчуном Григорием Александровичем. Был создан городской штаб по прокладке Днепропетровского метро, которым руководил первый секретарь Горкома партии Ошко Владимир Петрович.

С Дальнего Востока был передислоцирован строительно-монтажный поезд № 720. Начальником назначили Лобанова Николая Васильевича.

В декабре 1980 г. была создана Дирекция строительства метрополитена, во главе с начальником Денисенко Борисом Антоновичем и главным инженером Марносовым Евгением Михайловичем.

До этого периода координатором выступало Управление капитального строительст-

Станция «Вокзальная»

на горисполкома, руководимое Шевченко Анатолием Ивановичем.

Разработчиком рабочей документации на основании утвержденного технического проекта являлся институт «Харьковметропроект» (директор Бевз Игорь Александрович). Главным инженером проекта был назначен Штучкин Василий Дмитриевич, который возглавил отдел комплексного проектирования в г. Днепропетровске.

Ввод первой очереди предусматривался двумя участками.

В связи с расположением объектов метрополитена в крепких и весьма крепких скальных породах, проходка выработок осуществлялась с применением буровзрывных работ. Кроме того, из-за сильной трещиноватости и обводненности горных пород на многих участках пришлось применять специальные методы проходки: цементацию, замораживание грунтов.

Для выполнения специализированных работ были привлечены большие силы субподрядных организаций. Повсеместно продолжали помогать шефствующие организации города.

Период строительства 1992–1995 гг. пришелся на распад Союза. Связи между бывшими союзными республиками, а, соответственно, и предприятиями-поставщиками оборудования для метрополитенов были прерваны. Пришлось столкнуться с большими трудностями по комплектации пускового объекта всем необходимым, а после перехода на региональное финансирование начали возникать проблемы с выделением необходимого количества средств.

В необъятном по масштабу строительстве принимали участие около 100 строительных и промышленных объединений области, большое количество предприятий Украины, ближнего и дальнего зарубежья.

Нескончаемым потоком на метро шли грузы с мрамором и гранитом, цементом, тюбингами и рельсами, вагонами и эскалаторами, насосами и вентиляторами, электрическим оборудованием и электрокабелями, трансформаторами.

Станция «Проспект Свободы»

В предпусковой период на объектах метрополитена работало около 8 тыс. рабочих, которые ударными темпами завершили строительство первой линии метрополитена на участке длиной 7,1 км с шестью станциями: «Коммунаровская», «Проспект Свободы», «Заводская», «Металлургов», «Метростроителей», «Вокзальная».

29 декабря 1995 г. Днепропетровский метрополитен был пущен в постоянную эксплуатацию. Город получил самый удобный, самый скоростной и экологически чистый городской транспорт.

Эксплуатационный штат был сформирован в 1995 г. за рекордно сжатые сроки. С первых дней коллектив метрополитена возглавил Котляров Олег Николаевич.

Опыт работы специалистов приобретался в процессе эксплуатации, однако это не помешало обеспечить бесперебойность и безопасность перевозки пассажиров.

С этой целью на метрополитен были приглашены специалисты разных служб Киевского и Харьковского метрополитенов, которые оказали неоценимую помощь в предпусковой период и первые месяцы эксплуатации по передаче опыта обслуживания оборудования и устройств метрополитена.

В относительно короткий срок эксплуатации приобретено и изготовлено собственными силами технологическое оборудование.

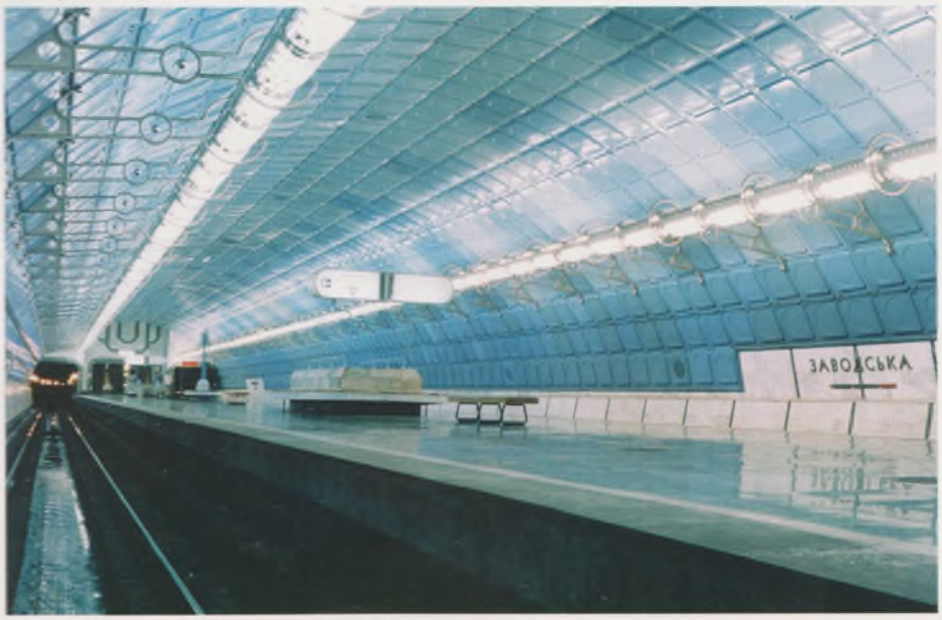
Освоена технология обслуживания подвижного состава, электроснабжающего оборудования, электромеханических устройств, эскалаторов, устройств автоматики и телемеханики, тоннелей, железнодорожных путей и станционных комплексов.

Днепропетровский метрополитен признан равноправным среди метрополитенов не только городов Украины, но и стран СНГ.

Сегодня метрополитен продолжает развиваться. Работы ведутся на втором участке первой линии от ст. «Вокзальная» до ст. «Центральная» с двумя перегонами протяженностью 2,1 км и двумя станциями «Театральная» и «Центральная».

Завершение строительства этого участка метрополитена позволит частично решить транспортную проблему в центре города. МТ

Станция «Заводская»



Управление метрополитена

МИНСКИЙ МЕТРОПОЛИТЕН: ЗАВЕРШАЮЩИЙ УЧАСТОК ВТОРОЙ ЛИНИИ

В. В. Чеканов, директор ОАО «Минскметропроект»

Строительство метрополитена в г. Минске ведется с 1977 г. В настоящее время эксплуатируются две линии протяженностью 25,2 км с 20 станциями и двумя электродепо.

В ноябре 2005 г. сдан в эксплуатацию участок от ст. «Пушкинская» до ст. «Каменная Горка», который является завершающим на второй линии. Протяженность участка 3,93 км с тремя станциями: «Спортивная», «Кунцевщина» и «Каменная Горка».

Трасса участка на всем своем протяжении проходит под ул. Притыцкого от площади Пушкина до пересечения с ул. Кунцевщина и Лобанка в направлении жилых массивов Кунцевщина-1, Кунцевщина-2, Каменная Горка и жилого района Красный Бор, завершая их соединение с центром города и через пересадочный узел «Октябрьская» – «Купаловская» с другими районами. Станции расположены в основных пассажирообразующих узлах.

«Спортивная» возведена на пересечении ул. Притыцкого с ул. Жудро и Бельского, в непосредственной близости от Ледового дворца спорта.

«Кунцевщина» размещена на пересечении ул. Притыцкого с ул. Лещинского и Якубовского в головной части жилых массивов Кунцевщина. В зоне пешеходной доступности расположены: универсам «Западный», рынок и проходные Завода автоматических линий.

«Каменная Горка» расположена на пересечении ул. Притыцкого с ул. Кунцевщина и Лобанка в центре жилых массивов Кунцевщина и Каменная Горка.

Градостроительная обстановка позволила применить радиусы кривых в плане не менее 600 м. Максимальный уклон в профиле – 33 ‰, что обусловлено рельефом местности.

В настоящее время Минский метрополитен ежедневно перевозит до 700 тыс. пассажиров, что составляет 33 % общего объема пассажироперевозок городским общественным транспортом. С пуском нового участка пассажирооборот второй линии увеличился на 320 тыс. пассажиров в сутки. Максимальный составит 24 300 человек в час пик. Для его перевозки потребуется 38 пар четырехвагонных поездов, состоящих из вагонов И81-714, И81-717.

Инженерно-геологические условия строительства участка линии характеризуются как сложные. Осложняющими факторами являются:

- распространение над сводом тоннелей толщи неустойчивых песчаных грунтов, на отдельных участках рыхлых; грунтов с гравием, галькой до 10–20 % с включением крупных валунов до 0,5 м в диаметре и более, затрудняющих проходку тоннелей и устройство свайного крепления котлованов;
- распространение по трассе лессовидных и озерно-болотных отложений, залегающих в основании тоннелей и станций, характеризующихся низкими значениями прочностных свойств, способностью к тиксотройному разуплотнению при увлажнении, а при промерзании – к набуханию;
- залегание мощных толщ торфа и заторфованных грунтов;
- агрессивность грунтов и подземных вод по отношению к бетонным и железобетонным конструкциям;
- наличие «верховодки» в понижениях кровли глинистых грунтов, а также подземных вод и вод спорадического распространения.

Кроме того, строительство участка линии осуществлялось в сложных градостроительных условиях: пересечение трассой нескольких основных городских магистралей с интенсивным движением городского транспорта; большое количество подземных коммуникаций, целый ряд из которых неперекладываемых и требующих специальных мероприятий для их сохранности.

В объемно-планировочных решениях станционных комплексов использованы традиционные для Минского метрополитена принципы, позволяющие сократить их длину: максимальное использование подземного пространства и рациональная блокировка станционных сооружений друг с другом.

Станция «Спортивная» включает в себя:

- вестибюль, связанный с подуличным пешеходным переходом;
- платформу – колонная, трехпролетная с шагом колонн 6 м в продольном и поперечном направлениях;
- вместо второго вестибюля – блок служебных помещений (БСП), в объеме которого размещаются понизительная подстанция, станционная венткамера, вентсбойка, необходимые служебные и технические помещения для обслуживающего персонала, а также аварийный выход для пассажиров. Они размещены в трех уровнях с максимальным использованием подземного пространства, что позволило сократить длину станционного комплекса на 64 м.

Станция «Спортивная»

Станция «Кунцевщина»

Станция «Каменная Горка»

На ст. «Кунцевщина» вестибюль № 1 сблокирован со станционной венткамерой, а № 2 – с совмещенной тягово-понизительной подстанцией (СТП). Это позволило уменьшить длину станционного комплекса на 41,6 м.

Станция – двухпролетная, с центральным рядом колонн с шагом 6 м в продольном направлении.

На станции «Каменная Горка» вестибюль № 1 частично расположен над станционной венткамерой и камерой съезда четырехпутного тупика, который размещен за станцией и предназначен для оборота поездов, а вестибюль № 2 сблокирован с СТП и вентсбойкой. Это решение обеспечило сокращение общей длины станции и четырехпутного тупика с 538 до 472 м (на 66 м).

Платформа – колонная, трехпролетная, с шагом колонн 6 м в продольном и поперечном направлениях.

Конструкции станционных комплексов и притоннельных сооружений (венткамер тоннельной вентиляции, водоотливных установок, санузлов) приняты, в основном, из сборных железобетонных элементов по типовым проектам ТС-109, ТС-110, ТС-114 или индивидуальных элементов, изготавливаемых в опалубочных формах указанных типовых проектов.

Обделка тоннелей, возводимых закрытым способом, сооружена из железобетонных блоков заводского изготовления или чугунных тюбингов, а тоннелей, пройденных открытым способом – из железобетонных элементов заводского изготовления по ТС-110. Для наружных конструкций использован бетон класса В30, для внутренних – класса В25 или В15. Для обделок сооружений, возводимых открытым способом, в соответствии с требованиями ВСН 104—79 предусмотрена оклеечная гидроизоляция с применением гидростеклоизола, наклеиваемого способом оплавления воздушно-пропановыми горелками. Защита гидроизоляции стен от механических повреждений выполнена бетонными плитами 500 × 500 × 70 мм, а покрытия – слоем цементно-песчаного раствора В7,5 толщиной 40 мм, армированного стальной сеткой, или бетоном В7,5 толщиной 100 мм с армированием двумя сетками (в зависимости от высоты засыпки).

Станционные сооружения и два участка тоннелей (120 и 180 м) на перегоне между станциями «Спортивная» – «Кунцевщина», в основании которых залегают торфы и заторфованные грунты с содержанием органики (до 40 %), построены на свайном основании из буронабивных свай диаметром 630 и 720 мм.

В архитектурном оформлении станций использованы природные материалы (гранит, мрамор) в сочетании с изделиями из металла, стекла и металлокерамики.

Интерьер станции «Спортивная» выдержан в холодном цветовом колорите, ассоциируясь с переносом холода Ледового дворца спорта в подземное пространство метро. Голубой потолок, белый мрамор колонн и путевых стен с активным включением нержавеющей стали – тема воздуха, льда и металла коньков.

Интерьеры станции «Кунцевщина» выполнены в теплой солнечной охристо-золотистой гамме: охристый колер подвесного потолка двух оттенков, бело-желтые круглые колонны, белая путевая стена с включением охристо-коричневого и зеленого мрамора создают атмосферу солнечной осени.

При разработке интерьера станции «Каменная Горка» были использованы новейшие компьютерные технологии трехмерного моделирования, что позволило найти нужные пропорции и масштабность объема станции, соответствующие нормальному восприятию человеческого глаза, а это, в свою очередь, создает комфортные условия для пребывания «под землей». Станция также интересна своими деталями: рисунками полов, графикой путевых стен, уникальной облицовкой колонн – все это поддерживается гармонией цветовых оттенков и света.

Информационный дизайн выполнен в едином стиле, принятом для второй линии метрополитена. Станции оборудованы малыми архитектурными формами, органично вписывающимися в их интерьеры (скамьи, урны, поручни, ограждения и т. д.).

Станционные комплексы возводились открытым способом в котлованах глубиной 10–14 м. Для крепления их вертикальных стен применялись буронабивные сваи диаметром 630 мм или металлические балки из широкополочного двутавра. Наличие гравелистых и гравийных грунтов и большая глубина котлована затрудняли погружение металлических балок обычным ударным способом, поэтому выполнялось бурение лидерных скважин до дна котлована, в которые опускались металлические балки и добивались сваебойной установкой до проектной отметки. Грунт в котловане разрабатывался ярусами экскаваторами «драглайн» или «обратная лопата» с погрузкой в автосамосвалы. По мере разработки грунта устанавливались расстрелы или грунтовые анкеры.

Монтаж конструкций станционных комплексов производился козловыми кранами грузоподъемностью 20 т, а пешеходных переходов и притоннельных сооружений – автомобильными стреловыми кранами грузоподъемностью 25–40–63 т.

После возведения конструкций выполнялись обратная засыпка песком и местным песчаным грунтом, а затем – благоустройство территории.

Проходка перегонных тоннелей, в основном, велась закрытым способом с использованием немеханизированных щитов типа ЩН-1. Грунт в тоннеле разрабатывался вручную отбойными молотками. По мере разработки грунта выполнялось крепление лба забоя. Грунт породопогрузочной машиной грузился в вагонетки и вывозился из забоя электровозами. После разработки грунта блокоукладчиком монтировалась железобетонная или чугунная обделка. Растворонагнетателем СО-126 производилось первичное нагнетание за обделку и чеканка швов. Скорость сооружения тоннелей составляла до 48 м в месяц.

Строительство участка метрополитена началось в 1994 г. а завершилось – в 2005 г. Основные строительно-монтажные и горнопроходческие работы выполнены УП «Минскметрострой», а монтажные, электротехнические и сантехнические работы – специализированными организациями.

Проектно-сметную документацию, за исключением некоторых разделов, разработало ОАО «Минскметропроект».

ПРОХОДКА НЕФТЕПРОВОДА ПОД РЕКОЙ

НПО «Мостовик» (г. Омск) завершило первый этап строительства подводного перехода магистрального нефтепровода «Тихорецк-Туапсе» под рекой Белая в Краснодарском крае. Протяжённость тоннеля 736 м, максимальная глубина проходки 19 м.

Это первый в России тоннельный переход нефтепровода под рекой, построенный методом щитовой проходки. Имея широкое применение во всём мире, метод тоннельной прокладки коммуникаций с использованием тоннелепроходческих комплексов получает признание и в России, как экономически целесообразный, позволяющий устранить экологические проблемы и уменьшить угрозу террористических актов.

Необходимость применения тоннельной технологии на этом объекте обусловлена сложными геологическими условиями в зоне строительства. Неоднородные, сильно обводнённые галечниковые грунты с валунами, а также широкая пойма реки Белая с её блуждающим руслом, периодическими процессами переформирования донного рельефа и береговой линии убедительно свидетельствовали в пользу тоннелирования. Этот метод обеспечивает укладку трубы в проектное положение, защищает нефтепровод от негативных внешних воздействий и обеспечивает технологические режимы эксплуатации на расчётный период. Если же говорить о традиционной траншейной технологии, то её использование создаёт проблемы на этапах строительства и эксплуатации нефтепровода, а метод наклонно-направленного бурения в грунтах р. Белая обречён на неудачу.

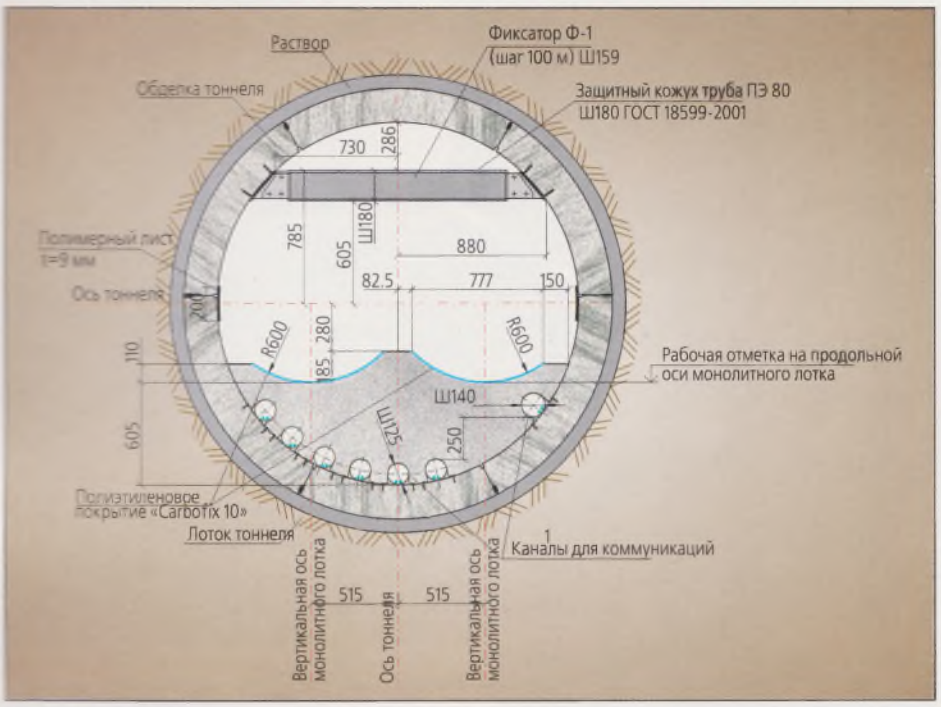
Ориентируясь на основное требование заказчика, – наименьшая длина трассы с учётом линий предельных размывов и сроком эксплуатации 30 и 50 лет, проектировщики проработали варианты тоннельного перехода: 1200 и 736 м. В конечном итоге протяжённость была сокращена до 736 м, а разработанная конфигурация тоннеля позволяет трубе нефтепровода работать в упругом изгибе и беспрепятственно выходить на поверхность без строительства глубоких котлованов. В соответствии с данной технологией стартовый и приёмный котлованы устраиваются в естественном грунте и искусственной насыпи без проведения буровзрывных работ. Заметим, что при сооружении котлованов в галечниках с валунами была реализована достаточно новая технология струйной цементации грунтов JET GROUTING.

Начальный и конечный участки тоннеля, запроектированные на уклонах 75 промиль, сократили длину перехода и одновременно усложнили задачу транспорта на период строительства. На этапе проектирования существовала уверенность в возможностях локомотива английской фирмы «Clayton» обеспечить транспорт на проектных уклонах. К сожалению, опытная эксплуатация на специально созданном полигоне с участием представителей «Clayton» показала, что локомотив не обеспечивает тяговых усилий, необходимых для его применения на выбранных уклонах и не адаптирован к существующим требованиям безопасной эксплуатации,

Старт тоннелепроходческого комплекса «Ловат»

Завершение проходки первого этапа строительства

План тоннельного пересечения р. Белая



Сечение тоннеля

Готовый участок тоннеля под р. Белая

т. е. не соответствует требованию контракта. Специалистам Мостовика пришлось вернуться к проверенному на прежних объектах французскому локомотиву, изначально поставленному вместе с ТПМК Lovat, и разработать дополнительную систему страховки с помощью лебёдок.

Проблема транспорта в тоннеле была достаточно серьёзной, но не единственной при сооружении тоннеля. Многочисленные несоответствия геологии инженерным изысканиям, на которые не была рассчитана машина, привели к падению скорости проходки, резкому увеличению водопритока при вскрытии отдельных горизонтов, заиливанию тоннеля, увеличению силовых нагрузок на механизмы и другим серьёзным последствиям.

Если говорить о конкретных примерах, то в числе таковых – сцементированный слой, отсутствовавший в материалах инженерно-геологических изысканий, лес-«топляк» диаметром до 500 мм. Но полной неожиданностью стали обсадные металлические трубы, оставшиеся после изысканий, проведённых более 15 лет назад. При первом столкновении старая толстостенная труба обмотала рабочий орган щита и серьёзно повредила его. Присутствие трубы на рабочем органе ощущалось долго: в общей сложности она сопровождала проходческий комплекс на протяжении 70 м. При повторном столкновении всё завершилось более благополучно, т. е. без остановки проходки: рабочий орган, в результате неоднократных попыток, разорвал и отодвинул трубу. К сожалению, экстремальные условия проходки приводили к отказам оборудования, которые устранялись путём замены отдельных узлов щита в забое.

И всё же тоннель под р. Белой был построен строго в заданных геометрических параметрах. Этому способствовал удачный выбор тоннелепроходческого оборудования – современного механизированного комплекса Lovat RMP105SE, способного работать в галечниковых водонасыщенных грунтах, имеющего закрытый забой и выполняющего проходку в режиме грунтопригруза забоя. Запас прочности, заложенный в проекте данной машины, во многом определил успешное завершение проходки.

Как важный фактор успеха следует отметить упорство и настойчивость специалистов НПО «Мостовик», сооружавших тоннель, их умение работать со специальной техникой и оборудованием в сложнейших условиях, мастерство и опыт тоннельного строительства, приобретённые на разных объектах.

Строители уверены, что задержки в выполнении проходки тоннеля на 42 дня, вызванные объективными причинами, не приведут к срыву окончательных сроков сдачи объекта. В соответствии с графиком, все строительно-монтажные работы планируется завершить 25 декабря 2005 г.

Проходка на р. Белая еще раз убедительно продемонстрировала возможности и преимущества тоннелирования как метода строительства, гарантирующего реализацию проекта в любых геологических условиях.

Вместе с тем, анализ осложнений при проходке позволил сделать ряд выводов. При производстве инженерно-геологических изысканий необходимо увеличивать количество скважин, проводить отбор образцов как из проектного профиля, так и из масс вблизи кровли тоннеля, выполнять минералогический анализ глин и устанавливать гидродинамические связи с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, осуществлять привязку литологии к горно-геологическим комплексам, выделять на разрезе гидрогеологические комплексы и их взаимосвязи.

Опыт проектирования и строительства перехода магистрального нефтепровода через р. Белая позволил критично отнестись к отдельным техническим решениям и вопросам организации прокладки подобных тоннелей и найти новые решения, которые находят отражение при разработке проекта сооружения подобного объекта в Восточной Сибири протяжённостью около 3 км и с уклонами на входе и выходе более 100 промилей.

ТОННЕЛЬНЫЙ УЧАСТОК ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ К МОСКОВСКОМУ АЭРОПОРТУ ВНУКОВО

С. Н. Туренский, вице-президент ОАО «Метрогипротранс»
Л. П. Лобанов, гл. инженер проекта
Л. Л. Борзенков, гл. архитектор проекта

7 августа 2005 г. был введен в эксплуатацию тоннельный участок железной дороги протяженностью 1429,8 м на подъезде к аэропорту Внуково с подземным станционным комплексом «Аэропорт Внуково».

Аэропорт Внуково, введенный в эксплуатацию в 1941 г., расположен в 11 км от Московской кольцевой автомобильной дороги. Одной из многих его составляющих является аэровокзальный комплекс. Современный вид он приобрел в результате расширения и реконструкции в 1979–1980 гг. Аэровокзал решен по одноуровневой схеме, т. е. прилетевшие и улетающие пассажиры выходят и входят в здание вокзала с уровня земли. На привокзальной площади организованы автостоянки, построены два четырехуровневых паркинга.

В 2004 г. Москомархитектурой разработана «Концепция развития аэропорта Внуково», одобренная Постановлением правительства Москвы от 03.08.2004 г. № 541-ПП.

В ее составе даны предложения по развитию аэровокзального комплекса «Внуково» и прилегающей к нему привокзальной площади. При этом мощность комплекса может быть доведена до максимальной пропускной способности.

В Концепции принята двухуровневая функционально-технологическая схема аэровокзала, позволяющая разделить потоки прибывших и улетающих пассажиров.

Привокзальная площадь призвана играть роль крупного транспортно-пересадочного узла города, для связи с аэропортом будет существовать несколько видов скоростного внеуличного транспорта.

К аэровокзальному комплексу аэропорта Внуково проектируются три линии скоростного внеуличного транспорта: легкого метрополитена (ЛМ), скоростной транспортной системы (СТС) и монорельсового транспорта (МТ).

Линия скоростной транспортной системы обеспечит пассажирское сообщение между аэропортом и Киевским вокзалом, а в перспективе – с новым городским центром ММДЦ «Москва-Сити» и аэропортом Шереметьево. Линии легкого метрополитена и монорельсового транспорта свяжут аэропорт с сетью метрополитена.

В августе 2004 г. для обслуживания авиапассажиров организовано движение электропоездов с использованием существующих возможностей МЖД от Киевского вокзала до платформы «Аэропорт» в поселке Внуково. При этом доставка авиапассажиров от платформы «Аэропорт» до аэровокзала до

Торжественное открытие станции

настоящего времени осуществлялась наземным транспортом.

На выездном совещании мэра Москвы 29.07.2004 г. было принято решение о необходимости организации доставки авиапассажиров электропоездами непосредственно до аэровокзала в кратчайшие сроки.

Во исполнение данного решения был назначен генеральный проектировщик – ОАО «Метрогипротранс», который и разработал проект на тоннельный участок железной дороги на подъезде к аэропорту Внуково. Генеральной подрядной организацией выступило ОАО «Корпорация Трансстрой».

Станция «Аэропорт Внуково» стала первой подземной железнодорожной станцией, построенной в России. Для данного проекта силами НИЦ «Тоннели и метрополитены» ЦНИИС были разработаны специальные Технические условия на проектирование объекта.

Тоннельный участок состоит из станционного комплекса, трех железнодорожных двухпутных тоннелей с двумя открытыми участками между ними. Открытые участки между тоннелями позволили отказаться от принудительной системы вентиляции перегона.

Станционный комплекс «Аэропорт Внуково» размещен под привокзальной площадью аэропорта вдоль проезда между существующими паркингами с одной стороны и пассажирскими терминалами и техническими зданиями аэропорта с другой.

Трасса перегона проходит, в основном, по технической зоне аэропорта в непосредственной близости от взлетно-посадочной полосы, и лишь рамповый участок длиной 160 м расположен вне территории аэропорта между существующими железнодорожными путями и Заводским шоссе. Рельеф земной поверхности по трассе ровный с плавным повышением отметок от 185,7 на рамповом участке и до 204,4 в районе станции.

Грунты по трассе представлены насыпным слоем толщиной 0,5–2,0 м, подстилаемых слоями тугопластичных, местами полутвёрдых и мягкопластичных суглинков и глин с линзами водонасыщенных песков и супесей с включением валунов, размером до 0,5 м. С глубины 30–35 м залегает слой водонасыщенных супесей. Учитывая, что уровень грунтовых вод расположен значительно ниже основания тоннеля, гидроизоляция лотковой части и стен тоннеля не выполнялась.

Подземная железнодорожная станция возведена с островной платформой шириной 8,7 м с двумя приемоотправочными путями. Междупутье по станции составляет 12,54 м.

Длина станционной платформы рассчитана на прием 6-вагонного электропоезда и расположена на высоте 1,3 м от уровня головки рельса. Подплатформенное пространство используется для прокладки кабелей.

Станционный комплекс располагается на нулевом уклоне, поэтому для устройства водоотвода лотковая часть основной конструкции искусственно заглублена.

Высотный габарит станции предусмотрен для поездов с верхним токосъемом.

Строительство подходов к станции «Аэропорт Внуково»

Строительство двухпутного тоннеля на территории аэропорта. Камеры съездов

Рамповый участок тоннеля

Наземный павильон

Кассовый зал

Эскалаторный спуск и лифт на платформенный участок станции

Торцы платформы связаны с вестибюлями тремя лентами эскалаторов с высотой подъема 5,9 м.

Из вестибюля № 1 (первого по ходу пикетажа) сооружен подземный пешеходный переход длиной 45 м с выходом по трем эскалаторам с высотой подъема 8,6 м на привокзальную площадь.

Из вестибюля № 2 (второго по ходу пикетажа) запроектирован выход по подземному пешеходному переходу длиной около 40 м и трем эскалаторам высотой 5,9 м на привокзальную площадь в зону перспективных паркингов. Строительство этого выхода выносится за 1-й пусковой комплекс.

В перспективе после сооружения нового аэровокзального комплекса (конец 2007 г.) из вестибюлей будут организованы выходы непосредственно в терминалы аэропорта.

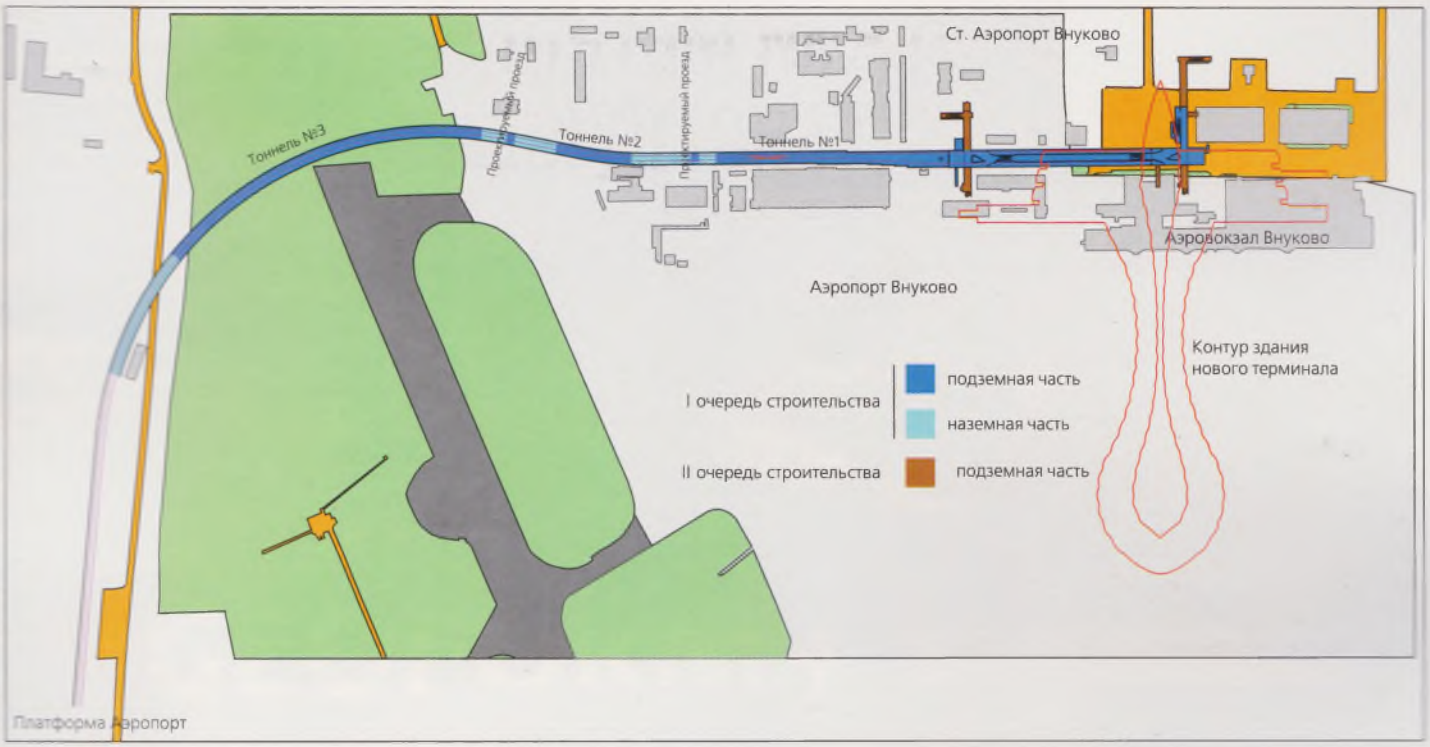
Вертикальные связи в станционном комплексе, а также связи самого комплекса с пассажирскими терминалами, паркингами и с поверхностью обеспечены лифтами для подъема инвалидов и маломобильных групп населения.

Решение интерьеров подчинено современному дизайну нового аэровокзального комплекса, неотъемлемой частью которого станет и станционный комплекс.

Свод и стены платформенной части облицованы панелями Luxalon и Alucobond на металлическом каркасе, на относе от основных конструкций станции. Панели имеют перфорированную поверхность, за которой установлены шумопоглащающие маты Isover толщиной 100 мм. Основная часть шумопоглащающих панелей располагается на своде, их перфорация составляет не менее 40 % их поверхности. В пространстве между потолком и подвесным сводом размещаются вентиляционные короба системы подачи воздуха и дымоудаления. Между основной конструкцией стены и облицовкой предусмотрен воздушный зазор для пропуска воды в случае проникновения ее сквозь несущую стену станции. Пол платформы и цоколь станции облицованы полированными гранитными плитами. На платформе в пассажирской зоне установлены скамьи и урны. Освещение выполнено по нормам метрополитена точечными подвесными светильниками индивидуального изготовления, расположенными в два ряда вдоль платформы.

В первом вестибюле располагаются: распределительный зал багажного отделения, станционный вентиляционный комплекс, работающий на приток, помещения СЦБ и связи (ТП, релейная, аппаратная, связевая), щитовая и насосная. Во втором – в среднем уровне размещаются станционный вентиляционный комплекс, работающий на вытяжку и дымоудаление, и помещение водоотливной установки.

В верхнем уровне вестибюлей находятся кассовые залы. От пешеходного перехода они отделяются одним рядом дверей, закрывающихся в период ночных окон для обеспечения проведения регламентных работ в тоннеле. В кассовых залах обоих вестибюлей установлены турникеты на вход и выход с кабиной контролера, кассовые блоки, помещения оператора эскалаторов и милиции. Рядом с кассами размещаются стенды с информацией.



План трассы

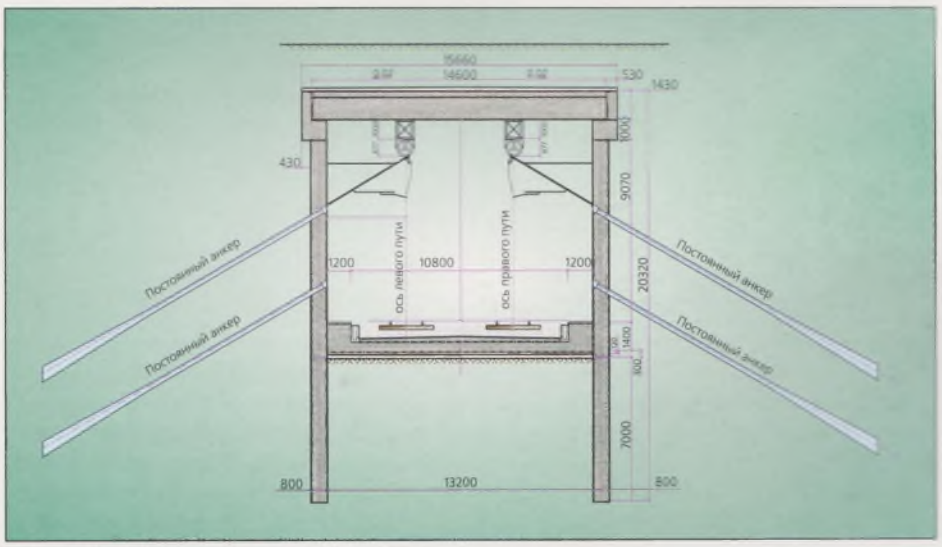
Стены пешеходных переходов и кассовых залов облицованы плитами из полированного мрамора, полы – полированными гранитными плитами, потолки – алюминиевыми панелями Alucobond и алюминиевым профилем Luxalon со встроенными и подвесными люминесцентными светильниками. Ограждения в зоне подхода к эскалаторам, лифтам и разделительные барьеры между турникетами выполнены из нержавеющей стали.

Входные павильоны над эскалаторами и лифтами возведены из легких металлических конструкций. Витражи – алюминиевые с заполнением однокамерными стеклопакетами из витринного стекла. Глухие участки стен, цоколь и встроенный венткиоск облицованы гранитом полированным, полы – гранитными термообработанными плитами.

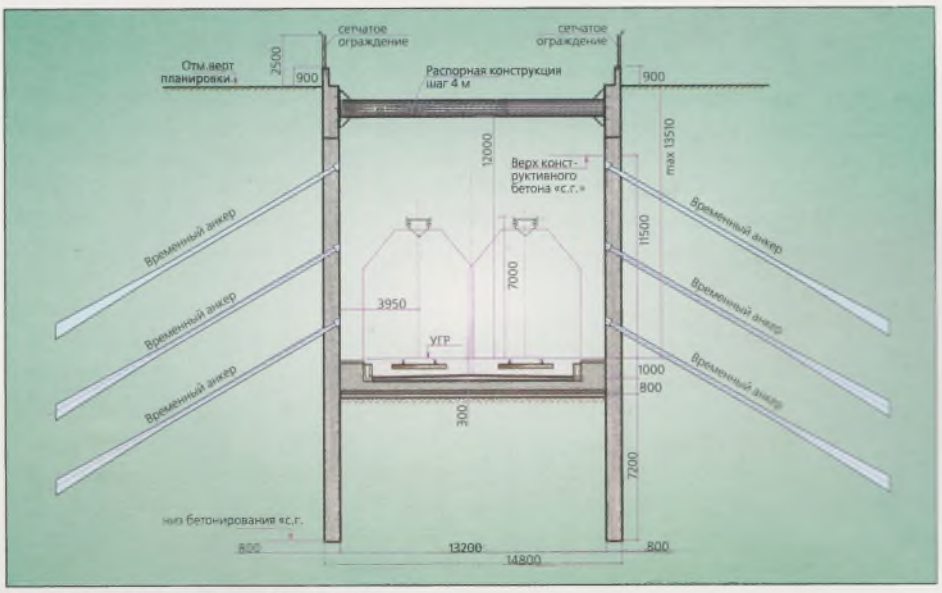
Для оборота составов на перегоне перед станцией размещен перекрестный съезд. Перегонные железнодорожные тоннели и открытые участки между ними проложены с междупутьем 5,3 м. Над каждым из открытых участков предусмотрен проезд шириной 10 м для спецтехники аэропорта.

Для придания станционному комплексу легкости и увеличения пространственного объема конструкция станции принята однопролетной с перекрытием из предварительно-напряженных балок (высотой 1,55 м и длиной 20 м), опирающихся на несущие «стены в грунте» через монолитные железобетонные обвязочные балки. «Стены в грунте» приняты толщиной 800 мм с заглублением около 6,5 м ниже дна котлована.

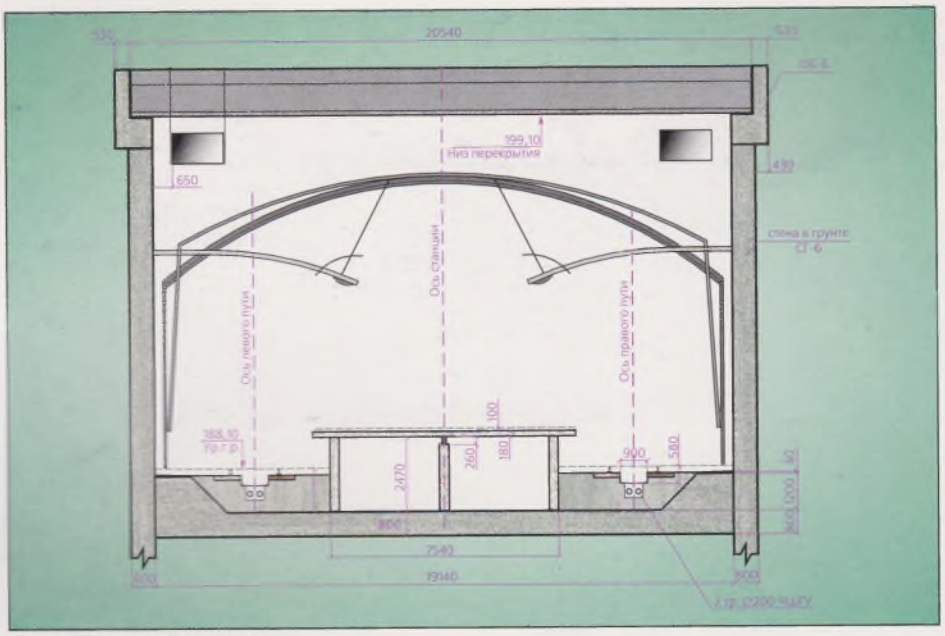
По всему тоннельному участку для восприятия бокового давления от грунта на «стену в грунте» при разработке котлована было применено анкерное крепление, что позволяет более эффективно по сравнению с распорным типом крепления организовать вывоз разрабатываемого грунта в тоннеле



Поперечное сечение тоннельного участка



Поперечное сечение открытого участка



Поперечное сечение станции

Общий вид станции

при отсутствии достаточного количества подъездов к площадке, что было важно при сжатых директивных сроках строительства.

В качестве анкерного крепления были приняты анкерные сваи «Титан» (Германия), которые впоследствии использовались в качестве элемента постоянной конструкции тоннеля с целью обеспечения несущей способности «стены в грунте» в период эксплуатации. Данный анкер, как элемент конструкции, работает в условиях отсутствия грунтовых вод, в качестве антикоррозийной защиты принято гальваническое цинкование стали. Лотковая плита выполнялась из монолитного железобетона толщиной 800 мм с шарнирным соединением со «стеной в грунте». Шарнир достигался за счет забуривания арматурных стержней в «стену в грунте» по типу анкеров «HILTI».

Особые условия предъявлялись к конструкции перегонного тоннеля, проходящего в зоне взлетно-посадочной полосы. Данная конструкция рассчитывалась на нагрузку от самолета «Боинг-777» при его аварийном сходе с полосы в радиусе 150 м от ее краев в обе стороны. Для этой же зоны была проведена научно-исследовательская работа специализированными организациями по разработке мероприятий, исключающих влияние движения электропоездов на системы аэронавигационного оборудования аэропорта и приземляющихся самолетов.

Сооружение всего тоннельного участка велось открытым способом в условиях действующего аэропорта в непосредственной близости от технологических зданий, имеющих важное значение в работе служб аэропорта (командно-диспетчерский пункт управлением полетами, авиационно-техническая база, комплекс заправки самолетов и др.). Поэтому особое внимание при разработке проекта организации строительства уделялось сохранности зданий и обеспечению бесперебойной работы всех служб аэропорта.

В зоне разрытия котлована располагалось большое количество действующих коммуникаций аэропорта различного назначения, вынос которых из зоны строительства до начала основных работ не представлялся возможным из-за сжатых сроков, отведенных на все строительство (10 месяцев при нормативе 22 месяца). Поэтому до начала земляных работ была выполнена временная подвеска коммуникаций, включая и подвеску колодцев кабелей связи. Для этих целей ЗАО «Проекттрансстрой» была разработана специальная рамная металлоконструкция. В дальнейшем коммуникации были переложены по постоянной схеме с учетом перспективы развития аэропорта Внуково.

Учитывая большую стесненность при проведении работ, а также весьма ограниченные зоны въезда-выезда на стройплощадку, особое внимание в проекте было уделено схемам по разработке грунта, доставке балок на стройплощадку, складирования и монтажу балок. Изготовление сборных железобетонных балок производилось на трех ЖБК. Доставка на стройплощадку осуществлялась с двух ЖБК по железной дороге. Для этого от существующей железнодорожной ветки за станцией «Аэропорт» был сооружен разгрузочный тупик с площадкой складирования балок.

Стены котлована были выполнены совмещёнными со стенами конструкции и возведены с помощью специализированного оборудования фирмы «Bauer» методом «стена в грунте». По всей длине на стенах устраивалась монолитная железобетонная обвязочная балка. Для этого на отметку 0,9 м от низа перекрытия отрывался котлован с откосами с внутренней стороны тоннеля, и возводилось ограждение из свай-труб диаметром 273 и 325 мм с деревянной затяжкой и анкерами с внешней стороны тоннеля. Для увеличения несущей способности свай-труб их заполнили цементно-песчаным раствором М100. Далее разрабатывался грунт до проектной отметки с установкой стержневых инъекционных анкеров «Титан» в 1–3 яруса для обеспечения устойчивости стен котлована.

После устройства монолитной железобетонной лотковой плиты осуществлялся монтаж сборных железобетонных балок перекрытия массой от 20 до 36 т стреловыми кранами грузоподъемностью 100–400 т при их стоянке на бровке котлована.

На стесненных участках, где ширина стройплощадки не позволяла работать кранами на бровке, монтаж балок производился стреловыми кранами грузоподъемностью 400 т при их размещении на смонтированном перекрытии методом «от себя». В отдельных случаях, при невозможности использования кранов, монтаж балок осуществлялся методом продольной надвижки по обвязочным балкам.

После устройства по плитам перекрытия оклеечной гидроизоляции и её защиты производилась засыпка конструкции с послойным уплотнением песком. Пазухи у обвязочных балок заполнены легкомарочным бетоном.

На XIII Международном архитектурном фестивале «Зодчество – 2005», проходившем в Москве в октябре 2005 г., подземный железнодорожный терминал «Аэропорт Внуково» награжден призом «Общественное признание».

MVK

www.MVK.ru

995-05-95

GEOFORM+

3-й Международный промышленный форум

2006

14–17 марта
Россия, Москва
КВЦ «Сокольники»

Объединяет специализированные выставки

GeoMAP
Геодезия
Картография
Геоинформационные системы

GeoTECH
Технологии и оборудование для инженерной геологии и геофизики

GeoTUNNEL
Технологии и оборудование для строительства тоннелей

GeoWAY
Интеллектуальные транспортные системы и навигация

> геология
> геодезия
> картография
> навигация

Последние новости
и информация для специалистов
на www.geoexpo.ru

Выставочный холдинг MVK
Дирекция форума:

T F (095) 105-34-86, 268-99-04

E ksv@mvk.ru

ГОРИЗОНТАЛЬНО-НАПРАВЛЕННОЕ БУРЕНИЕ. ОПЫТ РАБОТЫ

В. А. Бурмистров, генеральный директор ООО «Сентябрь»

Установка «Херренкнехт» HK-250 TS

В последние годы вполне закономерно и экономически обоснованно находят самое широкое применение бестраншейные технологии при строительстве новых инженерных коммуникаций, а так же при ремонте и реконструкции существующих изношенных либо поврежденных сетей.

При прокладке новых сетей используются методы микротоннелирования и горизонтального направленного бурения (ГНБ), при санации существующих – пневмопробойники и различные виды так называемых «чулков». В зависимости от стоящих задач и гидрогеологических условий возможны различные комбинации применения бестраншейных методов, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки и должен выбираться с учетом ряда определяющих факторов, например, назначение трубопровода, его диаметр, возможность размещения на поверхности того или иного оборудования.

Исходя именно из этого, сегодня применяются:

- микротоннелирование – для прокладки новых самотечных трубопроводов и защитных экранов;
- горизонтально-направленное бурение для прокладки напорных трубопроводов и защитных футляров для газопроводов, электрокабелей, телефонной канализации, для прокладки нефте-и газопроводов большой протяженности, дюкерных переходов;
- пневмопробойники и «чулки» – для санации существующих инженерных коммуникаций.

По мере развития бестраншейных технологий, совершенствования используемого оборудования, сфера применения их расширяется, и сегодня только в Москве и Московской области ежемесячно прокладывается и санируется более 100 км трубопроводов различного назначения.

Повсеместное внедрение новых технологий во всех регионах сдерживается только наличием денежных средств в коммунальном хозяйстве, недостатком информации о возможностях новой техники, отставанием нормативной базы от темпов развития технологий и оборудования, особенно на федеральном уровне, консерватизмом отдельных чиновников.

Но, несмотря на все сложности, поддержка административных инспекций, природоохранных органов, прогрессивных руководителей различных уровней способствует все более широкому внедрению новейших технологий в практику подземного строительства.

Конечно, для успешного продвижения технологий чрезвычайно важно качественно и своевременно сдавать объекты, что не всегда получается у начинающих осваивать новую технику фирм. Кажущаяся простота обманчива и расплата за допущенные ошибки и просчеты следует незамедлительно. Хорошо, если работу возможно переделать, а если нет? Сорванные заказы, аварии на коммуникациях и т. п. – следствия недостаточной квалификации при инженерной подготовке строительства объектов, недостатка опыта при обслуживании современной высокотехнологической техники. И чем она мощнее и производительнее, тем выше должен быть уровень подготовки персонала на всех стадиях реализации проекта, поскольку цена ошибок возрастает многократно.

Наше предприятие одним из первых в России стало широко применять метод горизонтально-направленного бурения при

прокладке инженерных коммуникаций. Работая на установках фирмы «Вермеер» Д24×40, Д33×44 «Навигатор» с усилиями подачи до 15 т, постепенно набирались опыта, повышали квалификацию. Это позволило освоить более мощную установку Д80×100 «Навигатор» с усилием подачи до 40 т.

Следующим этапом в техническом развитии предприятия стало приобретение установки фирмы «Херренкнехт» НК-250 TS с тяговым усилием 250 т, способной прокладывать трубопроводы до 2 м в диаметре и протяженностью до 2 км. По сути, это мобильный завод, продукция которого – проложенные трубопроводы.

В текущем году завершена первая экспериментальная работа новой установкой, на которой я хотел бы остановиться более подробно, поскольку для ее реализации применялись нестандартные технические решения и постоянно требовалась техническая помощь специалистов фирм «Херренкнехт», «Бароид», «Вермеер», и, конечно, очень помогала поддержка и вера в нас ООО «Организатор».

Проект закрытого перехода для электроснабжения строительства Серебряноборских тоннелей и вантового моста в составе автомагистрали от Краснопресненского проспекта до МКАД выполнен ООО «Сентябрь».

Из-за большого количества существующих коммуникаций и камер особую сложность представлял выбор места установки бурового комплекса, для чего в итоге потребовался вынос двух водоводов диаметром 1200 мм и перенос камеры их переключения. Основная проблема для проектирования заключалась в том, что русло является искусственным сооружением и до известняков, находящихся на глубине 12–13 м ниже дна, можно было встретить любые препятствия, а провести детальную разведку не представлялось возможным из-за наличия дюкерных переходов канализации и водопровода, пересекаемых по трассе переходов.

Было принято решение прокладывать в двух скважинах диаметром 1200 мм 20 труб из ПВП-100 Д225 мм производства финской фирмы «КВХ-Пайп» над известняками на глубине 10–12 м ниже дна реки. Длина трассы составила 585 пог. м.

Поскольку работы проводились в зимний период, над буровым комплексом было смонтировано тентовое укрытие 30 × 40 м и высотой в «коньке» 8 м, в котором поддерживалась положительная температура воздушными пушками.

В первую пилотную скважину из-за больших помех в локации существующими коммуникациями и невозможности выноса контура локационной системы на лед, проложили стальную трубу диаметром 219 мм для возврата бентонита на регенерационную установку.

Вторую пилотную скважину, отнесенную от первой в плане на 5 м, последовательно расширили до 1200 мм и успешно протянули в неё 11 труб из ПВП-100 диаметром 225 мм, одну из которых в последующем использовали для обратной подачи бентонита.

Установка «Вермеер» Д80×100 «Навигатор»

Определенная трудность заключалась в извлечении технологической стальной трубы с прицепленными к ней штангами. Юрские глины «приклеились» к трубе и при усилии 130 т она рвалась, но с места не двигалась. Пришлось изготавливать специальное приспособление для размыва глин вокруг трубы, и только после этого извлекли ее и восстановили став буровых штанг. К сожалению, на этом проблемы не закончились.

При протяжке второй плети из 10 труб через 130 м произошли заклинивание расширителя и отрыв прицепного устройства. Расширитель был извлечен, но на зубках его остался кусок корабельной обшивки с заклепками (видимо от затопленной баржи). Сложнее было извлечь трубы с прицепным устройством, но с помощью установки Д80×100 и системы полиспастов и эта задача была решена.

Затем вновь была пройдена пилотная скважина, проведена очистка всей скважины, ее калибровка и предпринята вторая попытка протяжки плети труб. В районе предполагаемой баржи прекратилась рециркуляция бентонитового раствора, но усилия оставались в пределах нормы. Протяжка продолжалась успешно до 460-го метра (хотя «успешно» можно сказать условно, т. к. безвозвратно было потеряно более 300 т бентонита – вероятно затомпонировали баржу, т. к. выхода его в реку не было отмечено).

На 460 метре было отмечено резкое увеличение нагрузки на протяжку и отчетливый металлический скрежет, чего при расширении и калибровке скважины в этом месте ранее не было. Здесь размещалась большая береговая водопроводная камера. Мы проходили ниже ее дна более чем на 5 м. Но, видимо, при ее строительстве применялось шпунтовое ограждение, которое не извлекли. Останавливаться в данной ситуации было недопустимо, и мы продолжили и завершили протяжку плети труб. Результат оказался печальным: семь труб из десяти были подмяты на длине 115–120 м, а три – разорваны. После проведенного телекамерами мониторинга было принято решение вести проходку по деформированным трубам раскатывающим устройством с последующим затягиванием в них стальных труб диаметром 180 мм и длиной 130 м. В них на всю протяженность – 585 пог. м проложить трубы ПВП-100 диаметром 160 мм, а три протянуть вновь в существующей скважине рядом с остальными трубами. Но поскольку нагрузки при протяжке отдельных труб велики и неизбежен их отрыв, то решили три трубы выполнить из стали с внутренней полиэтиленовой трубой.

Их изготовили в Первоуральске, одновременно со специальной оснасткой типа раскатчиков, зацепов и т. д. После поступления и сварки стальных и полиэтиленовых труб завершили работу по второму блоку.

Трубопровод был успешно сдан эксплуатирующим организациям, а специалисты ООО «Стройэкология» завершили уникальную работу прокладкой кабелей.

В заключение хочу сказать, что о реализации подобных проектов в мировой практике информации я еще не встречал, и полученный богатейший опыт по проведению работ в «большом бурении» в условиях крупнейшего мегаполиса уникален. Было решено множество технических и технологических проблем, подготовлены уникальные кадры, способные в дальнейшем принимать нестандартные решения и реализовывать их. Подобные работы возможны только при тесном сотрудничестве многих фирм и специалистов. Поэтому отдельно хочу поблагодарить Муравина Г. И., Кобзева Г. Н., Елистратова А. А., Шастика В. Ф., Кнотте Т., Пейсоченко М. Л., специалистов Мосводопровода и многих, многих других, кто оказал помощь и поддержку при реализации этого проекта.

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ «MIKRODUR» ДЛЯ ИНЪЕКЦИОННЫХ РАБОТ ПРИ УКРЕПЛЕНИИ ГРУНТОВ И УСИЛЕНИИ КОНСТРУКЦИЙ

О. С. Байдаков, научный сотрудник филиала ОАО ЦНИИС НИЦ «Тоннели и метрополитены»

Особо тонкодисперсные минеральные вяжущие (ОТДВ) «*MIKRODUR*» – новые инъекционные материалы, имеющие широкую географию применения в Европе и относительно недавно появившиеся в России. Экологически чистые, с высокой проникающей способностью инъекционные материалы предназначены для укрепления малопроницаемых песчаных грунтов, ремонта и повышения прочности каменных и железобетонных конструкций.

Характеристика сухих ОТДВ «*MIKRODUR*»

ОТДВ являются тонкомолотыми гидравлическими минеральными вяжущими, не содержащими органических добавок, и получаются путем воздушной сепарации пыли при помоле минеральных компонентов (сырья) – портландцементного клинкера, доменного шлака и регуляторов срока твердения (например, гипса) и других минеральных добавок.

«*MIKRODUR*» сравнимы с цементами по прочностным характеристикам укрепленных грунтов, но существенно отличаются от них гранулометрическим составом и максимальным размером частиц. Размер частиц d_{95} стандартного портландцемента, мельче которых в его составе содержится 95 % по массе, составляет более 40 μм (рис. 1).

ОТДВ характеризуются постоянным и плавно изменяющимся гранулометрическим и стабильным химико-минералогическим составом, а специальная обработка препятствует агломерации частиц вяжущего при хранении.

В зависимости от вида исходного клинкера и добавок, ОТДВ «Mikrodur» подразделяются на следующие типы:

P – группа вяжущих, основной частью которых является портландцементный клинкер;

R – группа вяжущих с повышенным содержанием специально подобранных гранулированных доменных шлаков, что обеспечивает их повышенную сульфатостойкость;

AP и ***AR*** – группа вяжущих с повышенным содержанием специально подобранных минеральных добавок и граншлака.

На цементных заводах по специально разработанной технологии производится четыре основные марки ОТДВ (табл. 1).

Разнообразие марок «*MIKRODUR*» позволяет использовать их для решения различных строительных задач и ремонтно-восстановительных работ, в том числе:

Рис. 1. Соотношение размеров частиц стандартного портландцемента и ОТДВ «MIKRODUR»

Таблица 1

Разновидность ОТДВ «MIKRODUR»

Марка ОТДВ	Размер частиц ОТДВ d_{95} (μм)	Удельная поверхность см²/г	Тип особо тонкодисперсного минерального вяжущего (ОТДВ) «MIKRODUR»			
			P	***R***	***AP***	***AR***
«S»	≤ 24	8 000	P-S	R-S	AP-S	AR-S
«F»	≤ 16	12 000	P-F	R-F	AP-F	AR-F
«U»	≤ 9,5	16 000	P-U	R-U	AP-U	AR-U
«X»	≤ 6	24 000	P-X	R-X	AP-X	AR-X

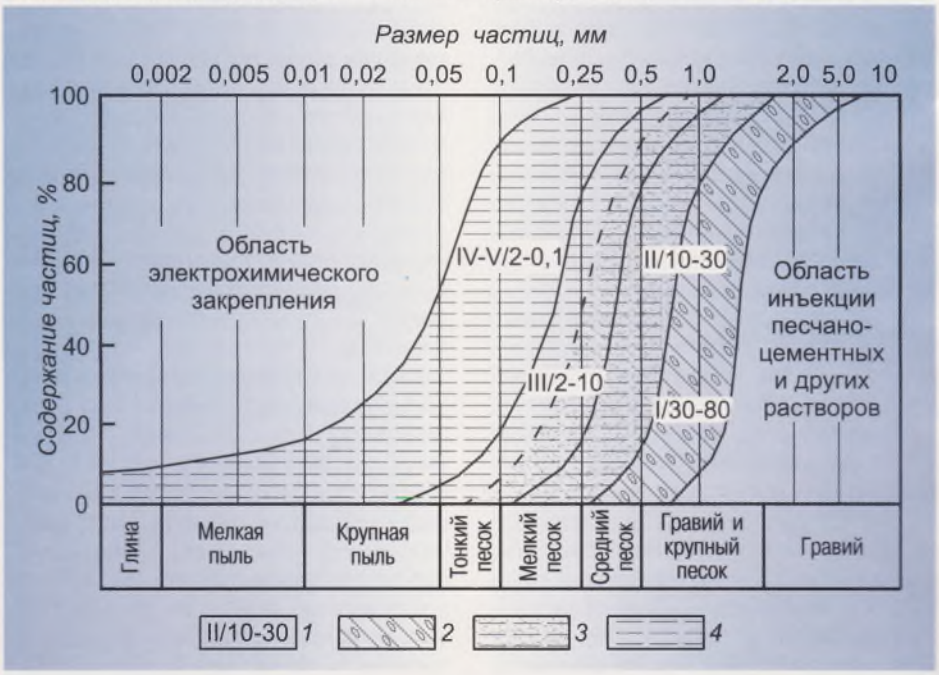
- повышения несущей способности (упрочнение и/или уплотнение) грунтов оснований и конструкций фундаментов зданий и сооружений;
- повышения водонепроницаемости (фильтрационной плотности) грунтов;
- усиления (повышение прочности) и повышение водонепроницаемости бетонных, железобетонных и каменных конструкций.

Суспензии на основе ОТДВ «*MIKRODUR*». Границы применения и свойства

Суспензии на основе ОТДВ «*MIKRODUR*» предназначены для инъекции в несвязные (пористые) грунты и предопределяют использование этих минеральных вяжущих для инъекции грунтов, укрепление которых с помощью обычных цементов невозможно.

Благодаря высокой дисперсности и плавному изменению гранулометрического состава, приготовленная суспензия обладает низкой вязкостью (сопоставимой с вязкостью воды), близкой к проникающей способности растворов бездисперсных вяжущих (например, водорастворимых полимерных смол), что обеспечивает возможность укрепления мелкозернистых песчаных и пылеватых песков, а также заполнения волосяных трещин в бетонных, железобетонных и каменных конструкциях. Ины-

Рис. 2. Области укрепления грунтов в зависимости от дисперсности растворов и проницаемости грунта: *1* – в числителе – вид песчаных пород, в знаменателе – диапазон значений водонепроницаемости, м/сут.; *2, 3, 4* – грунты, обрабатываемые соответственно: суспензиями, коллоидными растворами с вязкостью 5–10 МПа × с, коллоидными и истинными растворами с вязкостью менее 5 МПа × с



ми словами, суспензии на основе «*MIKRODUR*» используются для любых грунтовых условий, где возможно применение цементных суспензий, растворов силикатов и полимерных материалов. Границы их применения для обработки различных видов грунтов показаны на рис. 2.

ОТДВ являются минеральными продуктами, твердеющими, как и обычные цементы, при реакции с водой. Водоцементное отношение (В/Ц) суспензии определяется конкретными задачами инъекции и гранулометрическим составом инъектируемого грунта. Наиболее оптимальное значение В/Ц, при сохранении приготовленной суспензией высокой водоудерживающей способности и реологических параметров (в течение 1,5 ч), варьируется от 0,5 до 6,0.

По сравнению с цементными и химическими растворами для инъекционного укрепления грунтов, в условиях, когда область распространения последних постепенно сужается по экологическим требованиям, суспензии на основе «*MIKRODUR*» обладают следующими преимуществами:

- долговечностью укрепленного (уплотненного) грунтового массива, повышенной стойкостью к химической агрессии и вибрационным воздействиям;
- прочностью укрепленного грунта от 0,5 до 30 МПа и повышением прочности бетонных, железобетонных и каменных конструкций на 10–50 МПа, в зависимости от марки ОТДВ и водоцементного отношения суспензии (рис. 3);
- высокой технологичностью, характеризуемой жизнеспособностью суспензии (2,5–4 ч), быстрым набором прочности (70 % от марочной на 2 сут.), возможностью проведения инъекционных работ при отрицательных температурах (с предварительным подогревом воды до 20 °С и утеплением инъекционных шлангов), твердением суспензии в условиях нулевой температуры и т. д.;
- экологической и санитарной безопасностью материалов «*MIKRODUR*»;
- несмотря на относительно высокую стоимость, экономической эффективностью, которая достигается обеспечением требуемых прочностных характеристик укрепленного грунта при минимальном расходе ОТДВ и оптимальном соотношении расхода раствора и укрепляемого массива грунта.

Укрепляемые грунты и определение их фактических характеристик

Эффективность инъекции ОТДВ «*MIKRODUR*» (минимальный расход материала и трудозатраты) достигается в тех случаях, когда имеет место равномерное и однородное распространение суспензии в грунте. Такой характер инъекции зависит от технологических параметров укрепления, определенных на стадии проектирования инъекционных работ в зависимости от характеристик инъектируемых грунтов.

Для их определения на участке проводят дополнительные или специальные инженерно-геологические исследования для уточнения фактического литологического строения грунтов и лабораторные исследования для выявления следующих характеристик:

- гранулометрического (зернового) состава грунта и степени его неоднородности, модуля крупности;
- структуры, текстуры грунта, плотности и пористости в естественном состоянии;
- водопроницаемости (коэффициента фильтрации).

Фактическое литологическое строение и определение характеристик грунтов может устанавливаться проходкой шурфов или бурением скважин с отбором кернов.

При необходимости, для уточнения инженерно-геологических условий, могут проводиться специальные изыскания, например *электроконтактное динамическое зондирование (ЭДЗ)* грунтов, сочетающее в себе динамическое зондирование и токовый каротаж, являющееся прямым методом изучения свойств песчаных и глинистых грунтов в их естественном залегании по всей глубине исследования.

Гидрогеологические характеристики грунтового массива в натурных условиях определяются ***гидравлическим опробованием*** разведочных скважин: проницаемость грунта (удельное водопоглощение, коэффициент фильтрации) и условия, при которых в процессе нагнетания воды или раствора происходит гидравлический разрыв грунтов. На основании данных гидроопробования назначаются параметры раствора и режимы инъекции.

Перечисленные выше методы исследования фактического состояния грунтового массива дают необходимые исходные данные для проектирования инъекционных работ и назначения характеристик раствора и технологических параметров инъекции.

Проведение исследований на инъектируемость в лабораторных условиях

ОТДВ «*MIKRODUR*» являются минеральными продуктами, поэтому контроль качества вяжущих и суспензий на их основе осуществляется по методикам испытаний растворов на минеральной основе.

Лабораторные исследования проводятся на отобранных с каждого литологического слоя образцах песчаных грунтов, при этом:

- определяется возможность их инъектирования суспензиями «*MIKRODUR*» (проверка проникающей способности суспензии);
- подбираются параметры суспензии – марки ОТДВ и водоцементного отношения;
- приготавливаются образцы для испытаний образцов укрепленного грунта на прочность и деформативность.

Рис. 3. Влияние В/Ц на прочность при сжатии

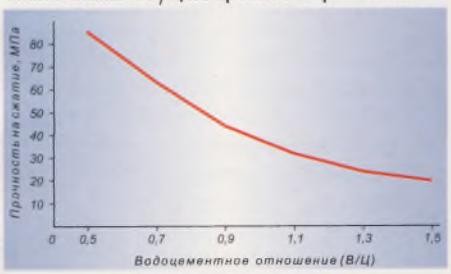


Рис. 4. Лабораторная установка по исследованию (испытанию) инъекционных растворов

Испытания проводятся на лабораторной установке, состоящей из шнекового насоса с манометром, емкостей для суспензии и воды, электронных весов, магнитного активатора, плексигласовой колонки для образов грунта (рис. 4).

Суспензия приготавливается при помощи высокоскоростного смесителя, после чего определяются ее плотность, условная вязкость и седиментация.

На лабораторной установке моделируется процесс укрепления грунтов инъекцией – колонка грунта определенной плотности, несколько раз пропитывается суспензией. В течение всего процесса инъекции контролируется расход, давление, время проведения испытания и характеристики суспензии, прошедшей через образец с грунтом. Возможность инъектирования грунтов суспензией с заданными В/Ц и маркой ОТДВ устанавливается по результатам испытаний.

Образцы укрепленного в лабораторных условиях грунта испытываются по действующим нормативам на прочность и деформативность (рис. 5). Полученные при испытаниях результаты – модуль деформации, прочность на сжатие, коэффициент Пуассона – используются в расчетах для определения размеров зоны укрепления и несущей способности системы «сооружение – укрепленный грунт» с использованием специализированных программных комплексов для геотехнических исследований.

Рис. 5. Определение прочности на сжатие и модуля деформации образцов укрепленного грунта

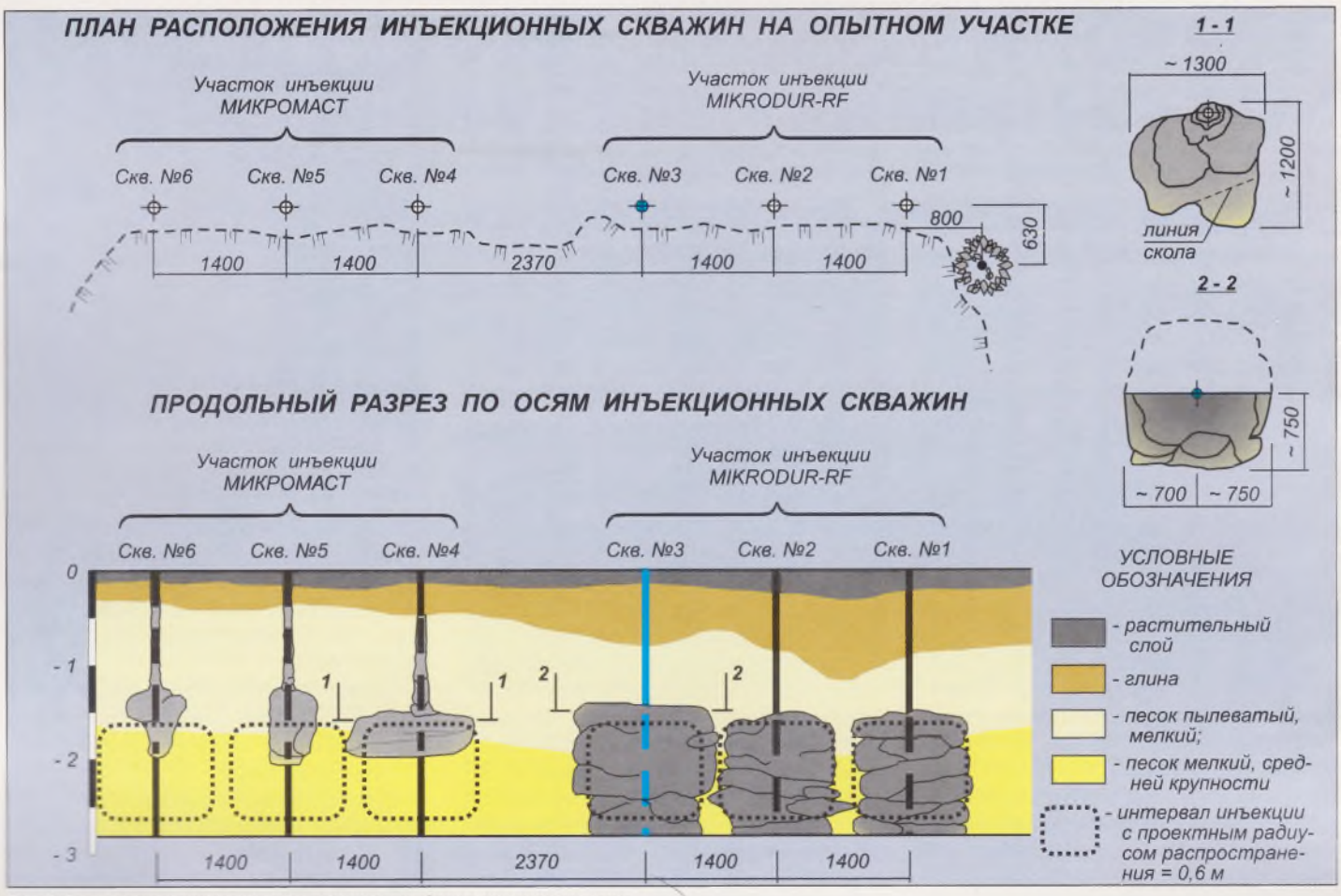


Рис. 6. Результаты проведения инъекционных работ на опытном участке

Проведение опытно-производственных работ с применением технологии укрепления грунтов суспензиями на основе ОТДВ «*MIKRODUR*»

Опытно-производственные работы для проверки и корректировки проектных решений являются необходимым условием эффективности производства инъекционных работ на объекте. Например, при проведении инъекционных работ для обеспечения эксплуатационной надежности станции «Ленинский проспект» Московского метрополитена при сооружении объектов 3-го транспортного кольца на площади Гагарина. При укреплении водонасыщенных песчаных грунтов в основании станции предусмотренные проектом материалы «*MIKRODUR*» были заменены строительной фирмой аналогичными (по информации производителя) мелкодисперсными отечественными материалами «*Микромаст*». В результате проведения контрольных работ на станции было выявлено, что грунт, заинъектированный материалом «*Микромаст*», в одном случае укреплен на глубину 0,15 м вместо проектной глубины 2 м, в остальных – укрепление отсутствовало, при этом наблюдался выход из пробуренной скважины водонасыщенного песка.

Для подтверждения полученных данных по контрольным работам, проверки эффективности и сравнения результатов укрепления тем и другим инъекционным материалом, в поселке Купавна Московской области на участке с грунтовыми условиями, близкими к условиям станции метро (водонасыщенные мелкозернистые пески с $K_ф$ = 1 м/сут.), были проведены опытно-производственные работы.

В качестве инъекционных материалов на опытном участке использовались ОТДВ «*MIKRODUR-RF*» и разные виды мелкодисперсных цементов «*Микромаст*» отечественного производства.

Инъекция суспензий на основе «*MIKRODUR-RF*» выполнялась через скважины № 1–3, инъекция суспензий на основе материала «*Микромаст*» – через скважины № 4–6.

Инъекционные скважины расположены в ряд с шагом 1,4 м и расстоянием между участками ≈2,4 м, интервал инъектирования грунтов по глубине – от 2,7 до 1,7 м от поверхности земли (рис. 6).

Инъекционные скважины глубиной L = 3,0 м проходились с помощью шнекового бурения, оснащались металлическими манжетными колоннами ($Ø_{ВН}$ = 32 мм, расстояние между манжетами 250 мм), затрубное пространство замывалось песком. В скважине № 3 устанавливалась манжетная колонна из ПВХ.

Технологические параметры инъекции (количество заходок инъектирования 2×0,5 м, консистенция суспензии В/Ц=4,5 при объеме нагнетания раствора на заходку/скважину – 300/600 л, максимальный расход раствора при нагнетании – 10 л/мин, максимальное давление нагнетания – 0,5 МПа) определялись из принципов инъекции грунта суспензиями на основе «*MIKRODUR*» в режиме пропитки.

Вскрытие котлована с обнажением и очисткой целиков укрепленного грунта, фиксацией параметров и отбором образцов грунта на обоих участках было выполнено через 10 сут. после проведения инъекционных работ. Освидетельствование целиков (рис. 6) показало следующее.

1. При инъекции грунтов суспензией «*MIKRODUR*» были образованы массивы из укрепленного грунта с характеристиками, близкими к расчетным – равномерным распределением суспензии в поровом пространстве грунта, радиусом укрепления 0,7–0,75 м и объем от одного инъектора ≈1,5 м³.

Укрепленный грунт однороден по площади и высоте целика, прочность достаточно высокая (отбор кернов для испытания образцов на прочность прошел без проблем) и примерно одинаковая для различных точек массива, что говорит о хорошей проникающей способности материала.

Прочность образцов при сжатии в возрасте 14 сут. составила по ГОСТ 28570-90 в пределах 4–5 МПа.

2. При инъекции грунтов суспензией «*Микромаста*» не удалось получить массив, близкий по объему к расчетному. Пропитка грунта цементным раствором минимальна, инъекция прошла в режиме гидроразрыва – в скважине № 4 распространение суспензии происходило в одну сторону от инъектора и от плоскости гидроразрыва не превысило 0,20–0,25 м, в скважинах № 4 и 5 распространение цементной суспензии от инъекторов происходило также на расстояние 0,20–0,25 м.

Рис 7. Манжетные ПВХ-колонны

Прочность укрепленного грунта по мере удаления от инъектора или от линии гидроразрыва резко снижается – при отборе образцов укрепленный грунт разрушался в короне, образуя пластичную субстанцию (отбор кернов для испытания образцов на прочность был осуществлен только по линии гидроразрыва, где концентрация нагнетаемой суспензии была максимальной).

Технология проведения инъекционных работ с применением ОТДВ «*MIKRODUR*»

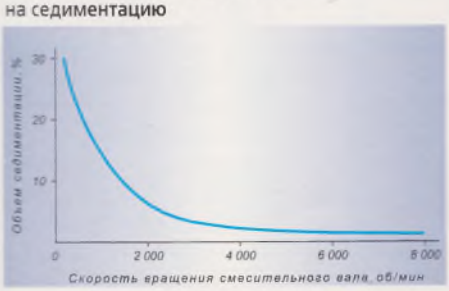
Для проведения буровых работ, приготовления и нагнетания инъекционных суспензий на основе ОТДВ «*MIKRODUR*» применяется серийно выпускаемое отечественное и зарубежное оборудование.

Бурение инъекционных скважин производится шнековыми станками типа *УГБ* или *УКБ*, станком *СКБ-4М* или оборудованием типа *КБУ* (станок для забивки и извлечения перфорированных инъекторов в грунт).

Контролируемым и эффективным процессом укрепления песчаных грунтов является инъекция растворов (суспензий) через металлические или ПВХ-колонны (рис. 7) с устроенными в них с шагом 0,25–0,5 м манжетами. Для предотвращения выхода раствора на поверхность, как правило, затрубное пространство манжетной колонны замывается песком или заполняется цементо-бентонитовым раствором. Нагнетание инъекционных растворов осуществляется через двойной гидравлический или пневматический пакер, установленный (по глубине или длине скважины) на требуемой для инъекции заходке. Инъекция через манжетные колонны позволяет укреплять разные по своей структуре и характеристикам грунты, применяя в данном процессе оптимальные, для конкретного литологического слоя, составы инъекционных растворов и материалы (марки ОТДВ) для их приготовления.

Только интенсивное перемешивание ОТДВ с водой с помощью высокоскоростных смесителей придает суспензии высокую пенетрационную способность, поэтому к смесителям для приготовления растворов предъявляются особые требования. Зависимость качества суспензии от скорости и времени перемешивания представлена на рис. 8 и 9.

Рис 8. Влияние скорости вращения на седиментацию



Российскими строительными фирмами для этих целей, в основном, применяется модернизированная растворомешалка *РМ-350* со скоростью вращения установленного на ней диспергатора 3000 об/мин. Время перемешивания, как правило, составляет не менее 5–7 мин.

Нагнетание приготовленной суспензии по полуциркуляционной схеме в инъекционные скважины производится винтовыми насосами (типа *СО-169*) или трехплунжерными насосами *НБ4-160/63* (*НБ3*). Инъекция песчаных грунтов суспензиями ОТДВ «*MIKRODUR*» осуществляется в режиме пропитки, исключающем появление разрывов в укрепляемом грунтовом массиве, при давлении нагнетания, как правило, не более 0,5 МПа.

Большими преимуществами обладает импортное оборудование, создаваемое зарубежными фирмами и отвечающее всем требованиям технологии приготовления и нагнетания различных видов инъекционных материалов. Одним из примеров может служить немецкое буровое и инъекционное оборудование, приобретенное и успешно применяемое фирмой ЗАО «Спецтрансмонолит».

Новый комплекс бурового и нагнетательного оборудования позволил отработать на опытных участках, а затем и на производственных объектах (при укреплении грунтов под действующими инженерными коммуникациями и фундаментами зданий) технологию укрепления песчаных грунтов суспензиями на основе ОТДВ «*MIKRODUR*».

Бурение скважин выполняется многоцелевыми установками вращательного (колонкового) бурения *Deltabase 120* и малогабаритным станком *Deltabase 515* через кондукторы с глинистой промывкой. Инъекционная скважина оснащается манжетной колонной с перфорированными участками (согласно проектной зоне укрепления), и заполняется обойменным цементо-бентонитовым раствором. После выдержки обоймы (от 1 сут. и более) осуществляется инъектирование грунтов суспензиями на основе ОТДВ «*MIKRODUR*» через манжеты восходящими заходками с помощью двойного пакера (обтюратора), (рис. 10). Раствор нагнетается двухплунжерными насосами с регулируемой производительностью типа *DP 36-2-B (DP 63-4-G)*, оснащенными «гребенками» (для одновременной инъекции грунта через несколько скважин) и универсальными измерителями давления и расхода.

Проектирование и производство инъекционных работ с применением ОТДВ «*MIKRODUR*» в России

НИЦ «Тоннели и метрополитены», помимо научно-исследовательских работ в области инъекционного укрепления грунтов и усиления конструкций, занимается разработкой проектной документации на такие виды работ, в частности, в последнее время было подготовлено несколько проектов на укрепление грунтовых массивов и усиление конструкций с применением растворов на основе ОТДВ «*MIKRODUR*», в т. ч. по следующим объектам.

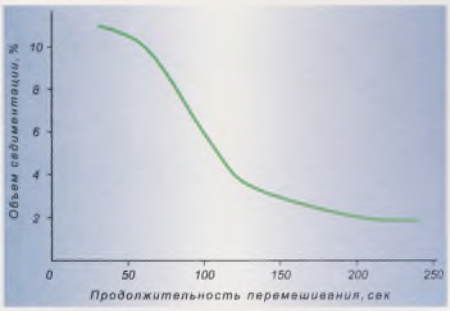


Рис 9. Влияние продолжительности перемешивания на качество суспензии

1. Станция метро «Ленинский проспект». Цель работ – обеспечение сохранности конструкций станции при сооружении объектов 3-го транспортного кольца на площади Гагарина.

Фактическое состояние станционного комплекса характеризовалось ухудшением напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкций до сложного, а на отдельных участках – до предельного.

Геология представлена естественными насыпными грунтами, песками средней крупности с прослоями суглинка, песками мелкими и пылеватыми водонасыщенными (в основании станции).

Для предотвращения возможных деформаций и восстановления проектных параметров НДС конструкций станционного комплекса проектом предусмотрено уплотнение грунтов вдоль боковых стен станции на всю высоту, ликвидация пустот и разуплотнений на контакте «обделка – грунт», укрепление грунтов суспензиями на основе ОТДВ «*MIKRODUR*» в основании станции (рис. 11).

2. Школа на 640 мест в поселке Тарко-Сале Ямало-Ненецкого автономного округа. Цель – укрепление грунтов в основании свайных фундаментов при строительстве школы.

Ошибки проектирования и брак при строительстве здания привели к тому, что на участке с неблагоприятными инженерно-геологическими условиями (наличие грунтов вялотекущей и вечной мерзлоты слоистой структуры), значительное число

Рис. 10. Конструкция двойного пакера

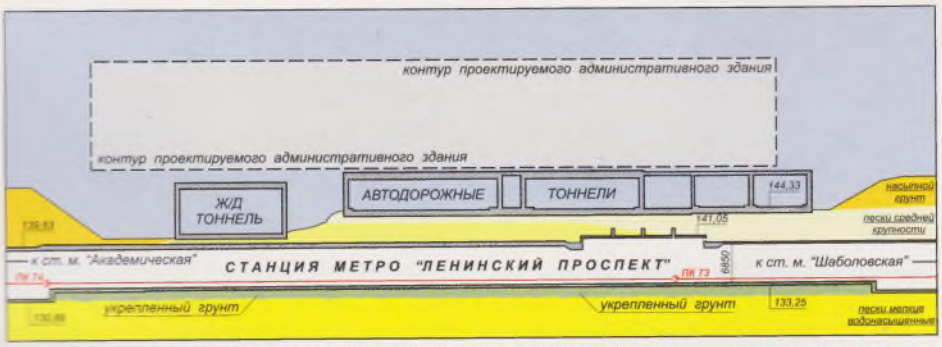


Рис. 11. Укрепление грунтов в основании станции метро «Ленинский проспект» при сооружении объектов 3-го транспортного кольца

свай (до 70 % от общего количества) не несет проектной нагрузки.

Геология представлена песками мелкими и средней крупности с редкими линзами супесей, преимущественно водонасыщенными, до глубины 2,7–8,9 м мерзлыми.

Для повышения несущей способности свайных фундаментов запроектировано укрепление грунтов суспензиями ОТДВ «*MIKRODUR*» в основании свай с предварительным оттаиванием паром мерзлых грунтов (рис. 12) и с вялотекущей мерзлотой с замещением линзы вечной мерзлоты (патенты на изобретение № 2236507 и 2246585).

3. Действующие инженерные коммуникации по трассе проходки Лефортовского автодорожного тоннеля. Цель – устройство над сводом тоннеля защитной плиты из укрепленного грунта и уплотнение его в основании коммуникаций.

Расчетами с использованием специализированных программных комплексов для геотехнических исследований и учетом технического состояния коммуникаций и инженерно-геологических условий участка работ было установлено превышение расчетных осадок над прогнозируемыми.

Геология представлена песками мелкими от средней плотности до плотных, водоносными, с маломощными прослоями песка пылеватого.

Для исключения сверхнормативных деформаций основания под действующими коммуникациями проектом предусмотрено устройство над сводом тоннеля защитной плиты из укрепленного грунта толщиной 2–3 м путем инъекции суспензии на основе ОТДВ «*MIKRODUR*» и уплотнение грунтов в основании коммуникаций растворами на основе цемента.

4. Жилой дом в поселке Мечниково (Петрово-Дальнее). Укрепление грунтов основания при сооружении бассейна в цокольной части здания.

При разработке грунта под бассейн возникло опасение выпора его из-под фундаментов несущих стен и нарушение устойчивости конструкций здания.

Геология представлена насыпными грунтами, песками разнозернистыми от пылеватых до гравелистых, влажными, с включениями гравия и щебня.

Для обеспечения стабильности грунтового основания под фундаментами запроектировано устройство ограждающей конструкции (стены) из укрепленного суспензиями на основе ОТДВ «*MIKRODUR*» грунта для безопасной разработки котлована под бассейн.

5. Замковый блок кольца № 246 обделки Лефортовского автодорожного тоннеля. Восстановление несущей способности (ликвидация трещин) железобетонного блока обделки.

Во время проходки автодорожного тоннеля, при передвижке щитового комплекса на очередное кольцо, от давления домкратов в замковом блоке возникли сверхнормативные напряжения, послужившие причиной образования силовых трещин и сколов защитного слоя с оголением арматуры.

Для восстановления несущей способности замкового блока в качестве ремонтных мероприятий была проведена инъекция суспензии на основе ОТДВ «Mikrodur» в тело блока.

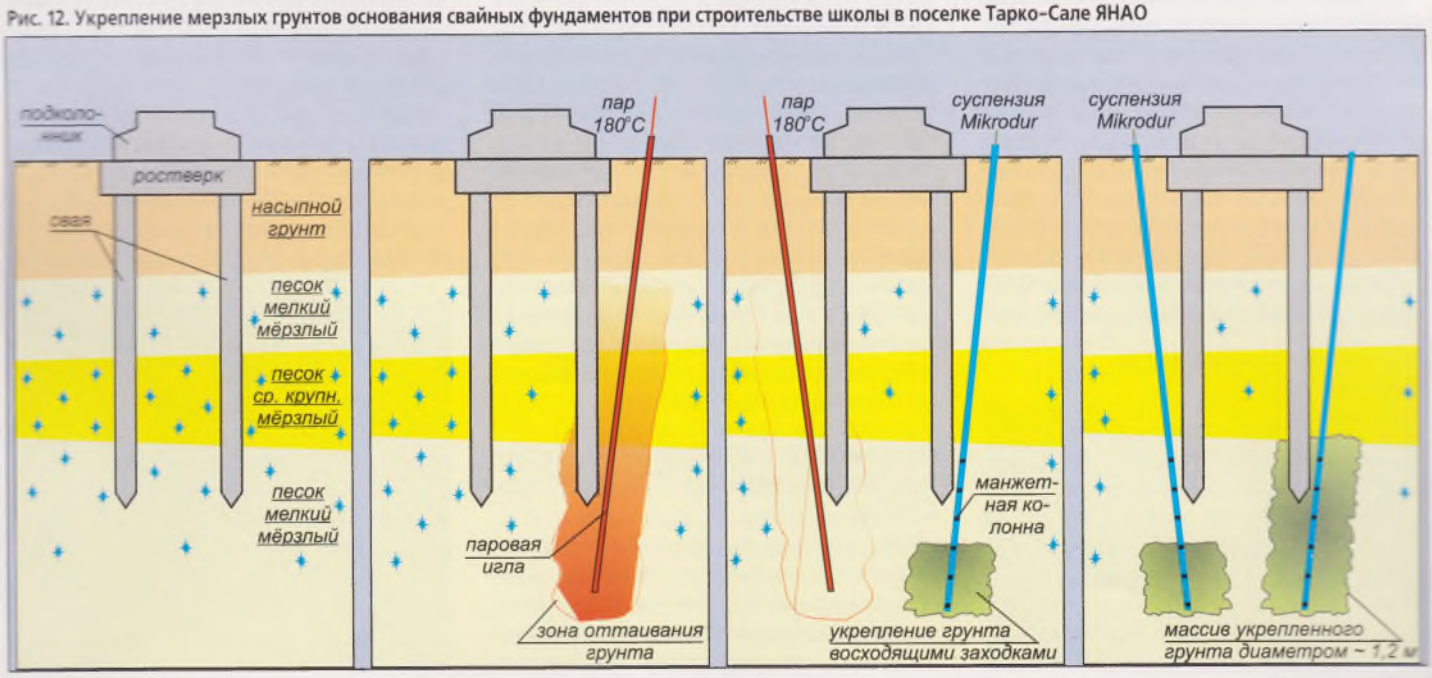
6. Здание церкви Покрова и Успения Богоматери в зоне сооружения Лефортовского автодорожного тоннеля (тоннельно-эстакадный участок). Цель – обеспечение сохранности здания церкви и ограды.

При строительстве открытого участка тоннеля, в результате динамического и вибрационного воздействия и разуплотнения водонасыщенных песчаных грунтов основания при устройстве «стены в грунте», здание церкви получило дополнительные осадки (max ≈ 61 мм), плановые перемещения (max ≈ 40 мм), увеличилось раскрытие имевшихся и образование новых трещин. Общая оценка состояния здания церкви – *неудовлетворительное* или *предаварийное* (III или IV категория состояния), ограда церкви – *аварийное*.

В основании фундаментов церкви залегают пески мелкие, средней плотности, местами рыхлые, ниже расположены мягкопластичные и тугопластичные суглинки с ослабленными зонами в слое.

Для обеспечения сохранности здания церкви проектом предусмотрено устройство ограждения из буронабивных и грунтоцементных свай, цементация контакта «фундамент – грунт» по наружным стенам и усиление фундаментов буроинъекционными сваями, укрепление грунтов в основании стен подвала и устоев четверика здания, а также лечение трещин в конструкциях свода церкви суспензиями на основе ОТДВ «*MIKRODUR*».

Рис. 12. Укрепление мерзлых грунтов основания свайных фундаментов при строительстве школы в поселке Тарко-Сале ЯНАО



БЕСПРОСАДОЧНАЯ ПРОХОДКА ТОННЕЛЕЙ

Ю. И. Коломиец, технический директор ООО «Протонподземстрой»

В 2005 г. в Белгородской области силами ООО «Протонподземстрой» была решена одна инженерная задача. Способы ее решения, по мнению автора, должны заинтересовать специалистов метро- и тоннелестроения. Этой теме и посвящена настоящая статья.

Для перевозки железной руды со строящегося в настоящее время рудника, расположенного вблизи поселка Яковлево (30 км севернее Белгорода), необходимо проложить железнодорожную ветку от рудника до станции Беленихино (перегон Курск – Белгород), а также автомобильную дорогу, по которой будет доставляться из карьера к закладочному комплексу песок для заполнения выработанного пространства по мере рудодобычи.

Железнодорожная и автодорожная линии пересекаются с федеральной автомагистралью Москва – Харьков. Строительство перекрестка и переезда в одном уровне исключалось. Врезка в автомагистраль моста для прокладки под ним этих линий требовала сооружения полуторакилометрового объезда с параметрами, необходимыми для пропуска автомобильного потока федерального масштаба, а также дополнительного отчуждения пахотных земель (белгородские черноземы), и, как следствие, многомиллионных по конечным результатам бросовых затрат.

Решить возникшую, достаточно серьезную проблему взялись специалисты ООО «Протонподземстрой».

Предприятие создано в ноябре 2004 г. рядом специалистов ОАО «Протонтоннельстрой», которые понимали, что предстоящая ликвидация этого предприятия из-за консервации строительства Ускорительно-накопительного комплекса протонов (УНК) в г. Протвино Московской области может снять с вооружения тоннелестроителей целый ряд уникальных новшеств, родившихся при возведении этого объекта для фундаментальных исследований в области физики высоких энергий.

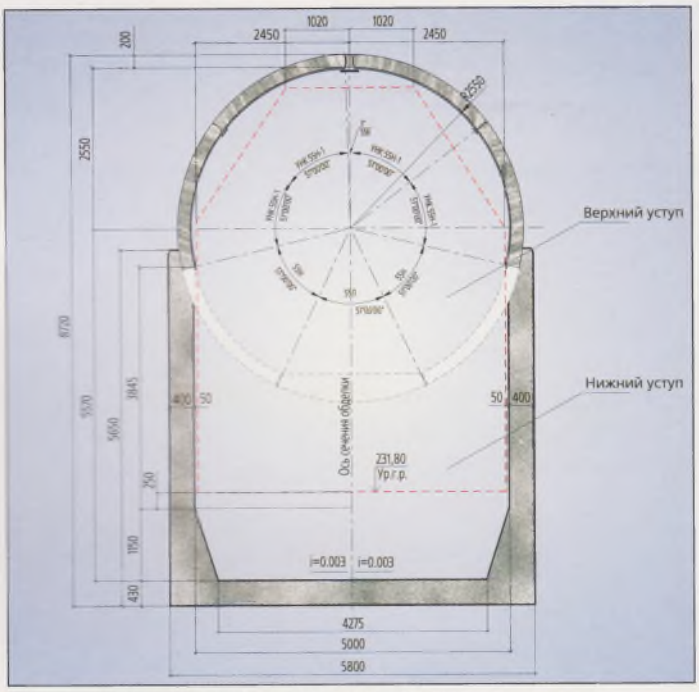
Разработанная Метрогипротрансом для УНК сборная железобетонная обделка с внутренним металлическим экраном успешно использована как основная несущая конструкция регулярной (наиболее протяженной) части УНК. Кроме того, эта конструкция достаточно широко применяется и на других объектах. Повторяя полностью геометрические размеры сборной железобетонной унифицированной обделки, УНК-55, будучи обваренной по радиальным и кольцевым стыкам ее сборных элементов, по жесткости не уступает чугунной обделке, обладает 100 % водонепроницаемостью, а изготовление ее возможно практически на любом заводе железобетонных изделий, и не только в цеховых условиях, но и на полигоне.

Будучи определенным образом доработанной, УНК-55 использовалась как обжатая в породу на УНК, на мини-метро к Международному деловому центру «Москва-Сити».

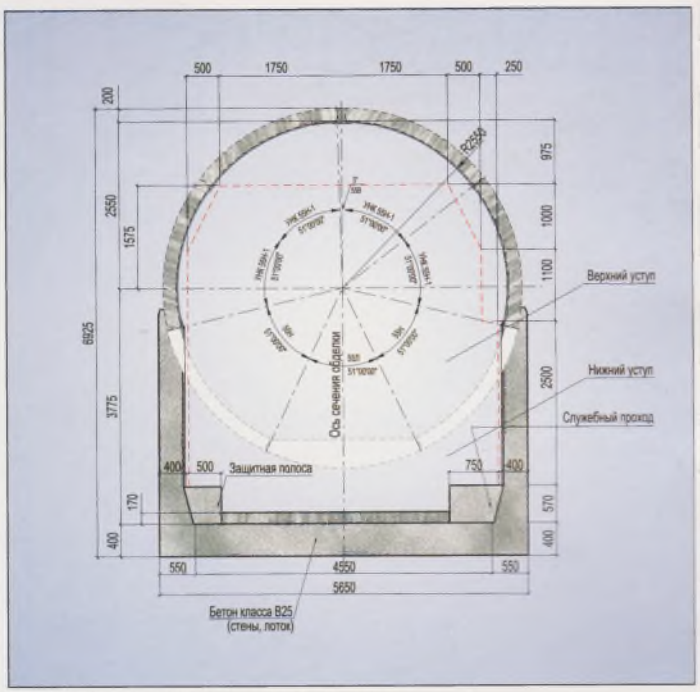
В 1999–2000 гг. ОАО «Протонтоннельстрой» применило эту обделку для беспросадочной проходки двух полногабаритных автодорожных тоннелей под тремя нитками железной дороги Москва – Нижний Новгород в ближнем Подмосковье, г. Железнодорожный, пассажирская платформа Кучино. Проходка была выполнена без временного отвода движения поездов методом двух уступов. Первоначально сооружался тоннель кольцевого очертания, далее выполнялась его перепроходка в подковообразную форму.

Опираясь на опыт, накопленный при сооружении автодорожных тоннелей в г. Железнодорожном, владельцу Яковлевского рудника (ООО «Металл-Групп», Санкт-Петербург) была предложена проходка тоннелей под автомагистралью Москва – Харьков без временного отвода автотранспорта на период строительства. По одному тоннелю пропускалась колея железной дороги, по второму – автомобильная, на одну полосу движения.

Естественно, белгородский проект имел ряд отличий от подмосковного. Длина тоннеля в г. Железнодорожном – 55 м, на Яковлевском руднике – 26 м. Если в первом слу-



Поперечное сечение железнодорожного тоннеля



Поперечное сечение автодорожного тоннеля

чае проходка осуществлялась через насыпь, значительно превышающую отметки окружающей местности, то во втором – проезжая часть автомагистрали расположена практически вровень с прилегающими лесозащитными полосами и пахотными землям. Преимущества первого варианта – котлован для врезки тоннелей имел заглубление не более 2 м. Недостаток – кольцевой тоннель верхнего уступа от свода до горизонтального диаметра располагался в песках, расстояние от головки рельса действующей железной дороги до шелыги свода составляло 1,7–2,0 м. Во втором варианте входной котлован требовал глубины 10 м, но кольцевой тоннель верхнего уступа в своде располагался в полутвердых суглинках, остальная часть поперечного сечения тоннеля – в твердых коричневых глинах. Целик от свода до верха дорожного покрытия – 3,2 м.

Чрезвычайно малая длина белгородских тоннелей делала неэкономичной использование проходческого щита. Одна только перевозка его деталей (120 т металлоконструкций) из Москвы на стройплощадку и назад с погрузкой и разгрузкой стоила бы 250 тыс. р., не говоря о монтаже машины, наладке и перемонтаже на параллельный тоннель.

В таких ситуациях часто выручает накопленный опыт. В 70-х гг. на строительстве первой очереди Харьковского метрополитена возникла необходимость пройти закрытым способом ветку в депо. Взаиморасположение депо и трассы метрополитена определяло сложную конфигурацию трассы левого и правого тоннелей ветки в депо, например, радиус их поворота в плане на отдельном участке составлял всего 120 м. Было решено не применять проходческий щит.

В тот период Харьковметрострой располагал только немеханизированными щитами типа ЩН-1, ограниченная маневренность которых и отсутствие оснастки для изготовления поворотных колец сборной железобетонной унифицированной обделки, продиктовали необходимость сооружения тоннелей ветки в депо методом ручного забоя.

Участок трассы, где тоннели ветки в депо от свода до лотка располагались в глинах, был пройден ручным забоем под четырьмя нитками железнодорожных путей станции Харьков-Балашевский на глубине 4–5 м от уровня головок рельсов, даже не устанавливая на рельсовых путях страховочные пакеты. Просадки дневной поверхности составили не более 20 мм.

Опираясь на этот опыт, а автор непосредственно руководил производством работ по строительству ветки в депо, было принято решение проходку верхнего уступа в виде тоннеля кольцевого очертания вести методом ручного забоя (горным способом). Монтаж блоков сборной железобетонной обделки осуществлялся укладчиком для коротких выработок УКВ-1, разработка породы – отбойными молотками, крепление забоя – инвентарными аркой и балками (два яруса). Кровля заходки до горизонтального диаметра затягивалась всплошную необрезной доской толщиной 40 мм, а лоб забоя – до уровня горизонтального диаметра такой же доской. Затяжка кровли оставалась за обделкой, лба забоя переносилась с заменой досок, пришедших в негодность. Уборка породы производилась породопогрузочной машиной ППН-1С, которая с полным ковшом выезжала на припортальный участок входного котлована и сбрасывала породу во временный котлован, специально разработанный в подошве припортального участка. Объем котлована вмещал породу с метровой заходки, далее в процессе монтажа, первичного нагнетания и обварки очередного кольца грунт из временного котлована выбирался экскаватором (обратная гидравлическая лопата), грузился в самосвалы и вы-

Верхний уступ тоннеля

возился в отвал. Эти работы выполняло ОАО «Мехколонна № 62» (Адыгея).

Сразу же по замыкании кольца осуществлялось первичное нагнетание каждого элемента кольца цементно-песочным раствором 1:3, наиболее применяемым в тоннелестроении для этих целей.

Далее следовала обварка экранов четырех сводовых элементов кольца стальными полосами шириной 100 мм, толщиной 6 мм. Она производилась по кольцевым и радиальным стыкам. Для обварки кольцевых стыков полоса предварительно вальцевалась под радиус 2,55 м. Радиальные стыки сводовых блоков и замков обваривались одной широкой полосой металла.

С подходом тоннеля непосредственно под проезжую часть автомагистрали в каждое третье от забоя кольцо, в четыре сводовых элемента, а также в швы или монтажные отверстия трех нижних элементов кольца, не снабженных металлическим экраном, закачивалось цементное молоко до выхода его в забой.

По состоянию на ноябрь 2005 г. пройдены оба тоннеля кольцевого очертания для железнодорожного и автодорожного тоннелей. Железнодорожный сдан под укладку рельсошпальной решетки.

Просадки проезжей части наблюдались только при проходке верхнего уступа и не превышали 8 мм (практически предел точности наблюдения). Два репера просели на 11 и 18 мм, но это произошло из-за срыва производственного процесса. В первом случае – из-за несвоевременной поставки тоннельной обделки одно кольцо простояло незамкнутым в двух сводовых блоках в течение 4-х суток при обильных дождях. Во втором – в трех кольцах не было выполнено первичное нагнетание из-за отсутствия цемента.

Нижний уступ железнодорожного тоннеля сооружался с входного котлована. Для этих целей на припортальном участке разработали котлован до черной отметки лотка и нарастили на эту глубину монолитные железобетонные конструкции портала. Далее с одной стороны подрабатывались и демонтировались плоский лоток и предлотковый блок в трех кольцах. Обваренный по стыкам элементов свод без каких-либо деформаций держал 3-метровый пролет, порода вырабатывалась на 3 м по длине тоннеля на высоту от пяты свода до черной отметки лотка и на толщину стены 400 мм. Заходка армировалась, устанавливались и обваривались листы металлоизоляции с анкерами, которые через вертикальные пояса (швеллер № 14) распирались от противоположной стены деревянными стойками. Пневмобетононагнетателями ПБН-1.5 подавался бетон. По заполнению заходки бетоном она выдерживалась в течение 10 ч. Далее стойки и пояса снимались, и начиналась разработка заходки под противоположную стену.

Порода грузилась ППН-1С в контейнер, который откатывался по рельсовым путям (колея – 900 мм) к порталу и выгружался автомобильным краном во временный отвал.

Укрепление лобового откоса

Доставка грузов к порталам и вывоз породы производились по временному съезду с уклоном 60 ‰. Временная подъездная дорога, съезд в котлован и днище котлована на уровне подошвы верхнего уступа были отсыпаны слоем скальной и полускальной породы от проходческих работ рудника. Толщина слоя – 30 мм.

Отдельно следует сказать о входных и выходных порталах тоннелей. Поскольку участок железной и автомобильной дорог в районе их пересечения с автомагистралью располагались в выемке глубиной до 10 м, ограниченной естественными фланговыми откосами 1:1,5, было решено не делать входной котлован с вертикальными стенами. Для этого понадобились бы дорогостоящие сваезабивные работы, ручная доработка грунта и затяжка межсвайных промежутков лесом, сооружение входных проемов в свайной лобовой стене, искусственное удлинение тоннелей при проходке портальных участков, возведение постоянной достаточно протяженной лобовой стены (расстояние между осями тоннелей – 17,5 м). Тогда решили при разработке грунта оформить входной и выходной лобовые откосы под углом 45° к горизонтальной плоскости. Откосы укреплялись укладкой по ним железобетонных плит размером 3 × 1,5 × 0,15. Их изготавливали в оснастке для дорожных плит, но с ослабленным армированием (одна сетка), поскольку в рабочем положении не подвергались нагрузкам. Плиты укладывались на длинный бок, рядами от дна котлована. Для входного и выходного порталов оставлялись проемы шириной 6 м. Для врезки тоннелей грунт в пределах проемов извлекался экскаватором. Обнаженные породные бока в проемах крепились вертикальными монолитными железобетонными стенами, превышающими плоскость плит на 0,3 м. Входная лобовая стена проема выполнялась сразу с круговым отверстием под первое прорезное кольцо верхнего уступа тоннеля. По мнению автора, лобовой откос, закрепленный рядами дорожных плит с врезанными порталами, имеет оригинальный архитектурный облик, и применим для художественного оформления как в виде различных цветовых решений (покраска раствором цветных цементов, фасадной краской), так и для облицовки.

В заключение с чувством глубокой благодарности хочу отметить инженерно-технических работников Яковлевского горнопроходческого участка: Куклича Р. В., Завального Н. М., Задорожного Н. С., Малахова Н. А., Богана А. М., Волкова А. В., опытных рабочих высочайшей квалификации: Белозерова Ю. В., Голубева А. А., Жука Н. Ф., Кобзева А. А., Колесника В. И., Максименко В. А., Максименко Н. А., Мицая Н. П., Павлова А. А., Павлика А. И., Пархоменко И. А., Ткаченко Г. В., Трухачева И. В., Порохняча А. И., Шматко М. И.

Особо следует отметить Ивана Александровича Трусова – шахтера, тоннельщика, метростроевца. В 71 год, имея за плечами десятки построенных объектов от Владивостока до Украины, он работал лопатой и отбойным молотком, передавая свой опыт Андрюхину А. М., Выходцеву В. В., Гончарову А. Г., Кирюхину Е. П., Попову С. А., Якубовскому М. Ю.

Автор выражает глубокую благодарность сотрудникам Яковлевского рудника: Плащинскому В. Ф., Агееву А. Е., Жидкову А. А., Клемичеву А. С., Баранову А. В., Бельтюкову В. А., Глотову Ю. П., Поротникову В. Л., Морозову С. Ю., Стрижаку А. В., Малых А. А., Ришко Л. Ю.

Формируя Яковлевский горно-проходческий участок, ООО «Протонподземстрой», находящееся также в фазе формирования, регулярно ощущало действенную, своевременную поддержку строителей рудника.

Особая благодарность начальнику Промбазы Харьковметростроя Александру Сергеевичу Мозелю.

ГАБИОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

В. М. Бульбах, генеральный директор ООО «ФСК «МГЦ»
В. Ф. Иванов, гл. специалист Международной Ассоциации «Метро»

Лет десять назад мало кому из специалистов путевого хозяйства, занимающихся проблемами, вызванными дефектами и деформациями земляного полотна автомобильных, железных дорог и метрополитенов, было известно слово «габионы». Сегодня габионные конструкции уже применяются практически на всех стальных магистралях России, заняв достойное место среди традиционных способов ремонта и усиления полотна, а также для защиты берегов рек и водохранилищ от размыва.

В отличие от верхнего строения пути, земляное полотно не подлежит замене в течение всего срока эксплуатации магистрали. Лишь в случае необходимости оно должно быть усилено или капитально отремонтировано.

Испытывая нагрузки от верхнего строения пути, проходящих поездов и автотранспорта, собственного веса, грунты, слагающие земляное полотно, изменяют свои характеристики. Возникающие при этом остаточные деформации могут представлять угрозу безопасности движения и неизбежно приводят к ограничению скорости на таких участках пути.

Наиболее распространенными видами дефектов и деформаций земляного полотна являются осадки насыпи, сплывы откосов, балластные мешки, оползания откосов и размывы.

Несмотря на значительное сокращение протяженности дефектных участков, их доля по-прежнему высока. Поэтому ликвидация дефектных и деформирующихся мест земляного полотна остается существенным резервом снижения затрат в путевом хозяйстве.

При относительно небольшой протяженности «больного» земляного полотна на Московской железной дороге имеется немало случаев сплыва высоких насыпей, приведших к полному или частичному его отказу (140 деформаций по данным МИИТа за период с 1963 по 1992 г.). Причем, 55 раз они происходили на участках, ранее не числившихся ни деформирующимися, ни дефектными. Это свидетельствует не только о недостаточно точной оценке их технического состояния, но и о необходимости продолжения работ по ремонту и усилению земляного полотна. Такой вывод подтверждается и новыми случаями сплывов, произошедшими на дороге за последние пять лет.

В масштабах сети автомобильных и железных дорог России, открытых участков метрополитенов отсыпка контрбанкетов из дренирующего грунта является традиционным способом усиления эксплуатируемых деформирующихся насыпей. Однако этот способ имеет ряд недостатков: он требует отвода значительных площадей под основания контрбанкетов, больших объемов дефицитных дренирующих грунтов, выделения «окон» в движении поездов, выноса коммуникаций, а в ряде случаев ведет к большим затратам средств и времени и практически неосуществим в стесненных условиях.

За последние 25 лет на Московской дороге по такой технологии было оздоровлено много «больных» мест на Курском и Ярославском направлениях, а также на Большом окружном кольце.

Для решения вопроса усиления земляного полотна и стабильной защите береговых опор мостов и берегов рек и водохранилищ от размыва предлагается использование габионных сетчатых конструкций. Основное их назначение – стабилизация грунтов и защита от эрозионных процессов любого рода. Объемные сетчатые конструкции относятся к классу капитальных сооружений: они воспринимают возможные осадки грунта, реагируя на это незначительными прогибами. При этом разрушения самой структуры конструкций не происходит, и сооружение продолжает выполнять своё основное функциональное назначение.

Аккумулируя внутри себя частички грунта, габионные конструкции со временем приобретают максимальную прочность и устойчивость, становятся частью природного ландшафта.

Что же такое габионы?

Это конструкции различной формы из металлической сетки двойного кручения с шестиугольными ячейками заводской готовности (развертки конструкций сложены в пакеты) с цинковым, гальфановым или поливинилхлоридным покрытием. Собираемые в объемную конструкцию и заполняемые камнем на месте строительства, по краям габионы усиливаются проволокой, имеющей больший диаметр, чем

Состояние земляного полотна перегона до реконструкции

проволока сетки. Габионы могут быть разделены на секции с помощью диафрагм, которые служат для упрочнения конструкции, облегчения работ по их установке и удобства эксплуатации. При монтаже объемные конструкции из проволочной сетки связываются между собой и заполняются камнем, отвечающим требованиям по фракционному составу, прочности и морозоустойчивости, в зависимости от функционального назначения сооружения.

Металлическая сетка двойного кручения с переменной разрывной нагрузкой 3500–5000 кг/м позволяет противостоять любому типу нагрузок без разрыва. Сетчатые конструкции поглощают возможные осадки грунта без разрушения самого сооружения. Даже сильный эрозионный размыв грунта в основании габионного сооружения приводит, чаще всего, лишь к незначительным деформациям конструкции, не вызывающим потери прочности и разрушения.

Высокая прочность и устойчивость сетчатых конструкций обусловлена качеством сетки двойного кручения, являющейся армирующим элементом; способностью конструкции воспринимать значительные нагрузки (эрозионные волновые, ледовые, давление грунтовых масс и пр.) без разрушения. Прочное соединение каждого элемента с соседними при помощи оцинкованной проволоки превращает конструкции в монолитные сооружения, прочность которых с годами возрастает, благодаря процессу естественной консолидации.

Высокая водопроницаемость (дренажность) исключает возникновение гидростатических нагрузок, в результате чего сетчатые конструкции являются идеальными для защиты склонов, при этом не нужны дополнительные затраты на устройство дренажных систем. Исключен так же разрыв связи грунтовых и поверхностных вод, поэтому практически исключается суффозия под подошвой берегоукрепительных сооружений. Высокие дренажные свойства данных конструкций позволяют также в большинстве случаев строить подпорные стенки без дополнительного дренажа.

Эффективность сетчатых конструкций с годами возрастает, так как со временем происходит уплотнение наносов грунта в пустотах и начинается рост растительности.

Отделка подпорной стенки из габионных конструкций

Сетчатые конструкции более экономичны, чем традиционные жесткие или полужесткие. Экономия средств при применении габионов составляет от 10 до 50 %.

Благодаря тому, что сетчатые конструкции не препятствуют росту растительности и сливаются с окружающей средой, они представляют собой естественные строительные блоки, взаимодействующие с ландшафтом.

Срок их службы практически не ограничен.

Габионы широко применяются в мировой практике для усиления и стабилизации откосов высоких насыпей и глубоких выемок с применением подпорных армогрунтовых габионных стен, стабилизации почвенной эрозии и защиты от плоскостного и линейного размывов, укрепления русел, защиты берегов рек и водохранилищ, конусов и опор мостов от размыва, укрепления склонов и откосов, камнеобвальных косогоров и т. д.

Начиная с 1994 г. в России и бывших республиках Советского Союза построено несколько тысяч сооружений с применением габионов. На первых же порах стало ясно: по техническим и экономическим показателям они являются более привлекательными, чем бетонные и железобетонные защитные сооружения.

На Московской дороге габионы впервые использовали в 2003 г. при реконструкции участка Москва – Мытищи. Общая стоимость ремонтно-восстановительных работ составила около 50 млн руб.

Внушительный старт внедрения габионов позволил по достоинству оценить их преимущества: минимальная потребность в привозных дренирующих материалах; простота и снижение трудоемкости строительства (для сооружения из габионов не требуется возведение фундамента); возможность обходиться обычными строительными машинами (спецтехника тут не нужна) и, что немаловажно, отсутствие «окон» в движении поездов. Перестали быть актуальными климатические и сезонные проблемы. Габионы можно устанавливать при любой погоде на сухом месте и в воде. Не нужны дополнительные затраты на устройство дренажных систем. Работы ускорились. Сооружения приобрели привлекательный внешний вид.

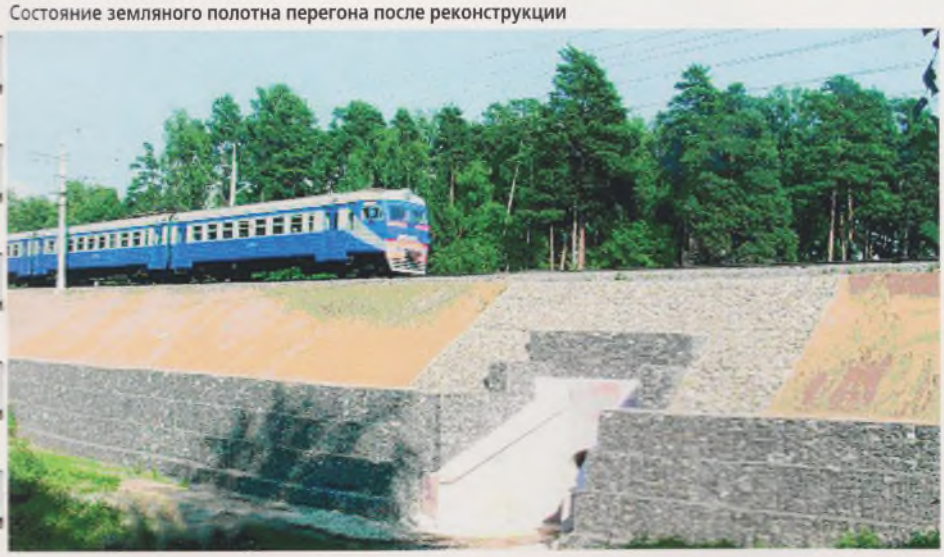
Конкретной иллюстрацией несомненных преимуществ габионных конструкций стал ремонт правого откоса насыпи на 44 км перегона Пресня – Серебряный Бор Московско-Окружной дистанции пути. Он был выполнен в марте-июне 2004 г. силами специализированного предприятия в структуре ООО «Финансово-строительной компании «МостГеоЦентр» строительной компанией «Геотрест».

Принимая во внимание высокую эффективность и экономичность защитных сооружений из габионов, руководство ОАО «РЖД» привлекло ООО «ФСК «МГЦ» для выполнения Программы реконструкции земляного полотна на 2005–2007 гг.

На прошедшем в мае 2005 г. в г. Новосибирске совещании руководителей служб пути и тоннельных сооружений метрополитенов городов России и стран СНГ габионные конструкции, учитывая положительный опыт их применения на Российских железных дорогах, были рекомендованы для рассмотрения возможности их внедрения на объектах метро.

В настоящее время обсуждается вопрос об использовании этих конструкций для ремонта открытых участков Филевской линии Московского метрополитена, а также для укрепления опор метромостов. МТ

Состояние земляного полотна перегона после реконструкции



ПЕРВОСТРОИТЕЛЬ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

(к 100-летию со дня рождения В. Л. Маковского)

Имя Вениамина Львовича Маковского, лауреата Государственной премии, доктора технических наук, профессора, первостроителя Московского метрополитена, основателя школы метро- и тоннелестроения в ЦНИИСе, стоит в ряду известнейших и авторитетнейших создателей отечественного метростроения, чьи труды и достижения до сих пор оказывают решающее влияние на теорию и практику этой сложнейшей отрасли строительства в нашей стране.

Молодой инженер с первых шагов своей профессиональной деятельности проявил незаурядную глубину проникновения в проблематику возведения сложных инженерных сооружений. В 1930–1931 гг. он – старший инженер и заместитель начальника проектно-исследовательского отдела треста по устройству сложных оснований, фундаментов и подземных сооружений «Фундаментстрой». По предложению Вениамина Львовича трест был реорганизован в Научно-исследовательский институт оснований сооружений (НИОС).

С 1931 г., с момента организации Мосметростроя, Вениамин Львович переходит на работу в эту организацию и прочно, окончательно связывает свою жизнь с метростроением. Здесь он занимает должности начальника отдела основных работ, начальника технического отдела, затем переходит в Метропроект на должность главного инженера проекта. Этот период жизни В. Л. Маковского характеризуется максимальной реализацией его творческого потенциала, поистине звездным часом, когда в острой борьбе идей ему удается на самом высоком партийно-государственном уровне отстоять концепцию сооружения тоннелей метрополитенов в крупных городах с плотной застройкой и сложной системой подземных коммуникаций на глубоком заложении.

При разработке проектной документации развернулась нешуточная дискуссия между сторонниками и противниками открытого способа работ. Фаза проектирования затянулась до начала 1932 г., когда между инженерами Метростроя вспыхнула полемика о способе строительства. Молодой инженер технического отдела В. Л. Маковский выразил несогласие с решением о строительстве открытым способом и предложил руководству Метростроя прокладывать линии по американскому образцу на большой глубине щитовым методом. Его предложение не встретило одобрения других инженеров. Большинство стояло на стороне П. П. Ротерта, меньшая часть поддерживала профессора Розанова, склоняясь к парижскому способу.

Маковский обратился, минуя непосредственное начальство, к городскому комитету ВКП(б) и смог увлечь своей идеей возглавлявшего московскую парторганизацию Н. С. Хрущева. 1 марта 1932 г. в газете «Правда» была опубликована статья Маковского, вызвавшая оживленную дискуссию. Автор отстаивал щитовой метод проходки тоннелей на глубине 20–30 м, где, по данным геологических изысканий, находились устойчивые пласты осадочных пород юрского периода, и обделку тоннелей – железобетонными тюбингами.

В Метрострое Маковский оказался в полной изоляции. Спустя несколько дней после выхода статьи остальные инженеры приняли резолюцию, в которой отвергли предложение Маковского как нецелесообразное. Московский горком партии, однако, воспринял аргументы Маковского положительно. Л. М. Каганович и Н. С. Хрущев придавали большое значение тому, чтобы строительные работы как можно меньше влияли на жизнь города и движение транспорта в Москве. Щитовая проходка на большой глубине являлась единственным методом, который отвечал этому требованию. Маковского поддерживал и ряд ученых, например, проф. Пассек из Ленинградского института инженеров транспорта, который работал в Метрострое в качестве консультанта.

В середине апреля в Московском горкоме партии состоялось совещание по поводу метода строительства, созванное Кагановичем и Хрущевым. Маковский и Пассек изложили свою позицию и были поддержаны Хрущевым. Ротерт, Шелюбский и другие инженеры отстаивали проект строительства по берлинскому способу, который находился в завершающей стадии. 20 мая 1932 г. горком партии отдал распоряжение Метрострою перестроить работу на принципах прокладки линий глубокого залегания и, не дожидаясь окончания разработки проекта, начать проходку на отдельных, хорошо обследованных участках.

Поскольку П. П. Ротерт продолжал настаивать на прежнем проекте, в дело вмешалось Политбюро. И. В. Сталин отверг довод Ротерта, что строительство метро закрытым способом обойдется чересчур дорого. 23 мая 1932 г. Политбюро постановило сооружать закрытым способом на большой глубине весь участок от Сокольников до пл. Свердлова (ныне Театральной).

Позднее В. Л. Маковский выступил одним из инициаторов использования конструкций односводчатых станций, метода опускных секций при строительстве Канонерского тоннеля в Санкт-Петербурге.

Одновременно с напряженной инженерной работой Вениамин Львович оканчивает Московский Высший инженерно-педагогический институт, получает второе высшее образование (первое – ЛИИЖТ в 1928 г.), защищает и кандидатскую диссертацию.

С 1934 по 1941 гг., совмещая производственную деятельность на Метрострое, В. Л. Маковский ведет научно-педагогическую работу в Московском институте инженеров транспорта, где читает курс лекций по дисциплине «Сооружение тоннелей» на факультете тоннелей и курс лекций «Подводные тоннели» на инженерно-строительном факультете.

Тоннельщики ЦНИИСа

руководит дипломными проектами, выполняет обязанности заместителя заведующего кафедрой метростроения, получает звание доцента по кафедре тоннелей. В 1934–1935 гг. В. Л. Маковский заведует кафедрой оснований и фундаментов Всесоюзного заочно-индустриального института в Москве.

Одновременно В. Л. Маковский консультировал и вел экспертизу по крупнейшим тоннельным сооружениям Советского Союза по заданиям ряда народных комиссариатов. В 1947 г. его назначают экспертом по тоннельным работам Комиссии по Урочному Положению при Совете Министров СССР, а также экспертом по подземным гидросооружениям в Государственном комитете Совета Министров СССР по делам строительства, руководителем секцией экспертизы по организации и механизации работ при сооружении новых линий Московского и Ленинградского метрополитенов.

В 1951–1952 гг. В. Л. Маковский читал лекции и руководил дипломным проектированием по тематике метро- и тоннелестроения в Московском электромеханическом институте инженеров железнодорожного транспорта (МЭМИИТе).

Работа В. Л. Маковского на стройках, в проектных организациях, в ЦНИИСе, глубокие теоретические исследования на высоком научном уровне послужили основой для получения фундаментальных результатов в области метро- и тоннелестроения в нашей стране.

Под научным руководством профессора Маковского защитили кандидатские диссертации 16 аспирантов и соискателей, а четверо впоследствии стали докторами технических наук.

Авторитет В. Л. Маковского общепризнан. Он многие годы состоял членом специализированных советов по присуждению ученых степеней в ЦНИИСе, МАДИ и МГИ, секции Научно-технического совета Министерства транспортного строительства СССР, членом редколлегий журнала «Метрострой» и реферативного журнала «Автомобильные дороги» ВИНИТИ, научным редактором-консультантом Горной энциклопедии, экспертом Госплана и Госстроя СССР. Перу профессора Маковского принадлежит более 200 публикаций, в том числе обширные монографии.

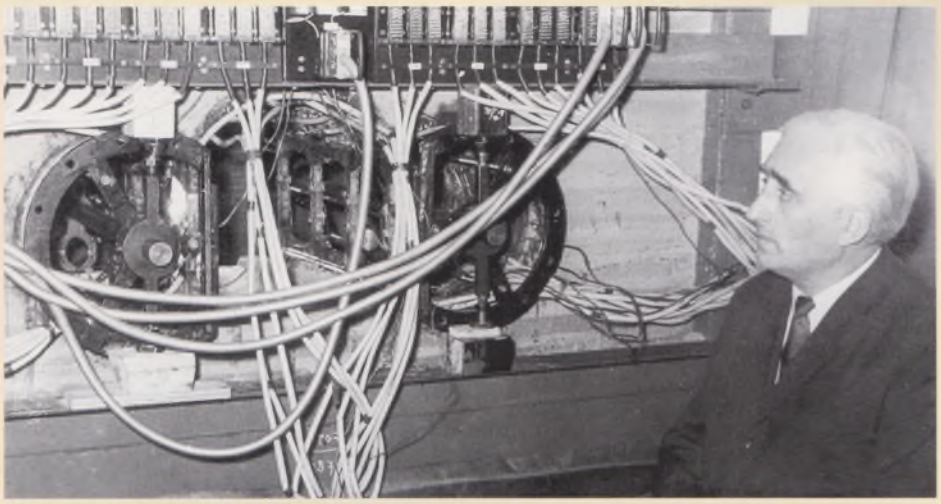
Вокруг Вениамина Львовича в его лаборатории, в отделении Тоннелей и метрополитенов ЦНИИСа сформировался работоспособный творческий коллектив учеников, единомышленников, коллег. Влияние В. Л. Маковского на их профессиональную жизнь, достижения и успехи несомненно.

К 100-летию со дня рождения Вениамина Львовича Маковского опубликована брошюра, – еще одна возможность вспомнить удивительного человека, большого ученого, смелого инженера, чуткого наставника, доброго учителя, настоящего интеллигента. Именно так характеризуют его в своих воспоминаниях те, кому посчастливилось в большей или меньшей степени общаться с ним. Это и ученики профессора, и крупные специалисты в области строительства подземных сооружений, и, наконец, Председатель Совета Министров СССР Н. С. Хрущев, отметивший в своих мемуарах вклад молодого инженера в принятие судьбоносных решений на начальном этапе строительства Московского метрополитена. Публикуются воспоминания детей В. Л. Маковского, сыновья которого пошли по пути отца и стали крупными специалистами в области подземного строительства. Среди авторов воспоминаний не только наши соотечественники, но и представители зарубежья.

На состоявшемся 2 декабря 2005 г. торжественном заседании Ученого совета ЦНИИСа собрались ученики и последователи профессора В. Л. Маковского, крупные ученые, представители учебных, научных, проектных и строительных организаций в области метростроения, становлению и развитию которого отдал все свои творческие силы Вениамин Львович Маковский.

Среди ведущих сотрудников ЦНИИСа (июнь 1961 г.)

Вручение наград в Кремле 13 апреля 1940 г.



У экспериментальной установки в ЦНИИСе

РАСЧЕТ ВЕНТИЛЯЦИИ ОТКРЫТЫХ ПРОЕМОВ АВТОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ НА БАЗЕ МЕТОДОВ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А. Е. Усачов, филиал ЦАГИ, Москва
Е. Г. Королев, ОАО «Метрогипротранс»
С. А. Исаев, **П. А. Баранов**, Академия гражданской авиации, Санкт-Петербург

Для вентиляции участков автодорожных тоннелей, сооружаемых открытым способом, с целью упрощения схемы вентиляции, сокращения энергетических затрат на её систему могут использоваться открытые проемы, соединяющие транспортную зону тоннелей с атмосферой (рис. 1). Такие проемы выполнены в Лефортовском автодорожном тоннеле и будут сооружены в строящихся автодорожных тоннелях участка Краснопресненского проспекта от МКАД до проспекта Маршала Жукова.

Вентиляция через открытые проемы тоннелей может осуществляться за счет естественной конвекции, применения поршневого эффекта движущегося автотранспорта и установки струйных вентиляторов вблизи открытого проема. Движения потоков воздуха как загрязненного, так и чистого на участке тоннеля вблизи открытого проема не могут быть описаны с помощью одномерных математических моделей как, например, для расчета вентиляции тоннелей, так как носят существенный пространственный характер. Поэтому в предлагаемой работе сделана попытка смоделировать движение воздуха на базе решения полных уравнений Навье-Стокса, осредненных по Рейнольдсу (RANS–Reynolds-Averaged-Navier-Stokes) и замкнутых с помощью дифференциальной модели турбулентности.

Согласно современному подходу при численном моделировании аэродинамических задач общепризнанно, что данная математическая модель наиболее точным образом позволяет рассчитать характеристики течения вязкого газа в отрывных турбулентных течениях. На базе данной методики, как правило, проводится, так называемый, «вычислительный эксперимент», когда с помощью расчетов на ЭВМ описываются физические процессы, которые происходят в натурном течении.

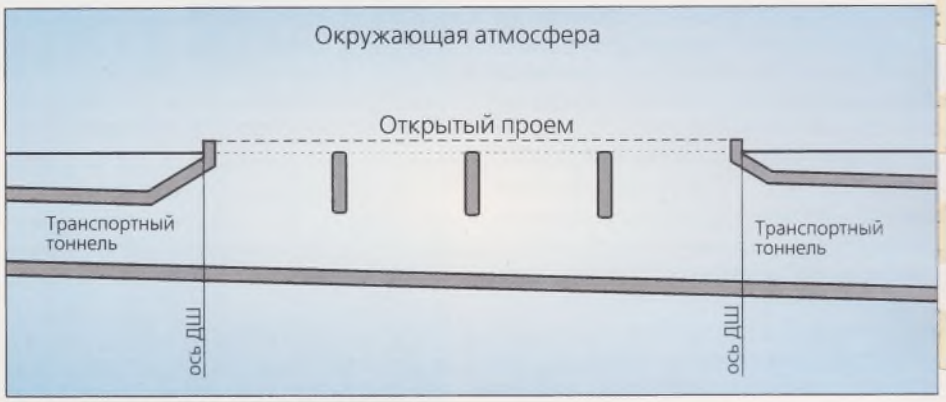


Рис. 2. Продольный разрез открытого проема

Математическая модель

В качестве основной математической модели использовались полные уравнения Навье-Стокса, осредненные по Рейнольдсу (RANS–Reynolds-Averaged-Navier-Stokes) и замкнутые с помощью дифференциальной k-w модели турбулентности в модификации Ментера, дополненные уравнениями сохранения энергии и для концентраций составляющих газовой смеси при малых скоростях движения.

Рис. 1. Проем, сооруженный на тоннельном участке Краснопресненского проспекта

Дифференциальные уравнения в частных производных математической модели решались конечноразностным методом, при котором использовался хорошо зарекомендовавший себя метод контрольного объема. Он позволяет получить устойчивое сходящееся решение для широкого круга задач аэродинамики. В разработанном алгоритме решения применялись высокоточные конечноразностные схемы, повышающие эффективность и точность расчетов. Чтобы подтвердить достоверность численного моделирования, были проведены методические расчеты. В них моделировались турбулентные течения, для которых имеются надежные экспериментальные данные. Результаты расчетов сравнивались с результатами экспериментов и показали точное совпадение.

Поршневой эффект от движения автомобилей учитывался как внешняя сила, создаваемая лобовым сопротивлением движущихся автомобилей, равномерно распределенная по поперечному сечению тоннеля. Поршневой эффект вводился согласно рекомендациям PIARC для одномерного расчета. В первом приближении предполагается, что поршневой эффект создает силу, воздействующую на поток воздуха, пропорциональную среднему лобовому сопротивлению автомобиля, местному значению скоростного напора, с учетом спутного потока, и средней площади поперечного сечения автомобиля. Исходя из этих соображений, поршневой эффект вычислялся как средняя сила, рассчитанная на единицу длины, действующая в каждой плоскости поперечного сечения тоннеля.

Известно, что при численном моделировании турбулентных течений конечноразностным методом для описания разномасштабных

физических процессов необходимо использовать сетку с различными геометрическими размерами ячеек, которые уменьшаются при приближении к твердым стенкам. В данном случае, при такой сложной геометрии расчетной области создать единую структурированную сетку с измельченными ячейками вблизи твердых стенок практически невозможно. Поэтому был использован разработанный метод многоблочных сеток, позволяющий описать любую геометрию расчетной области с помощью системы пересекающихся произвольных сеток. Основным преимуществом многоблочных сеток является возможность сгущения ячеек в проблемных областях для повышения точности и эффективности расчетов.

Открытые проемы тоннеля, как правило, имеют сложную геометрическую форму. На рис. 2 изображено продольное сечение в плоскости симметрии проема одного из транспортных тоннелей.

На рис. 3 показана трехмерная система блочных сеток, позволяющая описать геометрию открытого проема транспортного тоннеля и расчетные области, примыкающие к нему. Все моноблочные сетки сгущаются к твердым поверхностям. Красным цветом на рисунке изображены сетки, которые покрывают пространство транспортной зоны, зеленым – покрывающие область открытого проема, голубым – сетки, находящиеся в примыкающем воздушном пространстве. Отдельный случай расчета – это численное моделирование течения в проеме с расположенным на стенке проема струйным вентилятором. В этом случае пространство вблизи него покрывается специальной сеткой (на рисунке она показана желтым цветом).

Результаты расчетов

Одним из главных преимуществ численного моделирования является возможность широко варьировать геометрическими и физическими параметрами течения, то есть изменять размеры обтекаемых сооружений, скорость течения, параметры воздуха, движущегося в тоннеле. В результате численного моделирования вычисляются все основные параметры течения: поля скорости, давлений, концентрации компонентов газовоздушной смеси, характеристик турбулентности. Это позволяет сравнивать эффективность вентиляции для различных вариантов конструктивных решений, искать различные способы её повышения и проверять эти решения в ходе «численного эксперимента».

Результаты численного моделирования дают возможность определять расходы воздуха, вытекающие через проем, втекающие в него, а также концентрацию чистого и загрязненного воздуха, втекающего в проем и вытекающего из него.

Одним из способов визуального расчета течения является трехмерная картина траекторий виртуальных меченных частиц, движущихся вместе с течением воздуха. По их траекториям можно понять направления движения потоков воздуха при обтекании объекта. На рис. 4 дан разрез вдоль продольной плоскости симметрии участка автодорожного тоннеля вблизи проема.

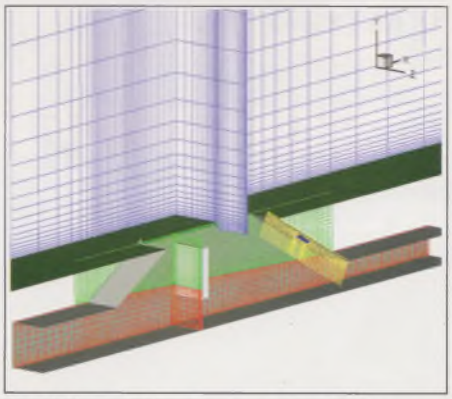


Рис. 3. Система блочных сеток для описания геометрии открытого проема

Воздух в тоннеле движется в направлении слева направо. Как видно из рисунка, часть загрязненного воздуха из основного тоннеля, которая движется слева, разворачивается вверх, попадая на поперечную балку, и выходит в атмосферу. При этом некоторое количество воздуха попадает в проем через его правую часть. Более ясное представление дает двумерная картина течения в продольном сечении проема по его плоскости симметрии. Поле вертикальной составляющей скорости V в продольном сечении проема и линии траекторий меченных частиц изображены на рис. 5, где различные значения V показаны различным цветом (соответствие между численными значениями вертикальной составляющей скорости V и цветом дано на цветовой палитре, расположенной справа). Для большей наглядности поверх поля вертикальной составляющей скорости V нанесены и траектории меченных частиц. Схема течения остается прежней, поток движется слева направо и его часть попадает в атмосферу, делая разворот на поперечной балке. Анализируя полученную картину, можно сделать вывод, что в зоне поступления свежего воздуха в проем из атмосферы наблюдаются рециркуляционные течения, что в общем случае осложняет вентиляцию тоннеля. Это хорошо видно на трехмерной картине поля концентрации загрязненного воздуха, представленной на рис. 6. Как видно из рисунка доля свежего воздуха, попадающего в проем, относительно невелика.

Одним из способов интенсифицировать течение может быть установка струйного вентилятора на стенке проема. Тогда можно будет организовать принудительную подачу чистого воздуха в проем. Такая схема численно проверялась на его модельной геометрии. На рис. 7 показано как изменяется поле концентрации загрязненного воздуха вблизи проема после установки струйного вентилятора на правой наклонной стенке проема. Видно, что структура течения меняется, рециркуляционные зоны разрушаются и количество чистого воздуха, поступающего в проем, увеличивается.

Таким образом, использование современных методов численного моделирования позволяет произвести анализ сложных трехмерных течений воздуха при вентиляции различных объектов и на основании этого анализа предложить возможные методы решения поставленных проблем, а затем сделать оценку эффективности предложенных решений.

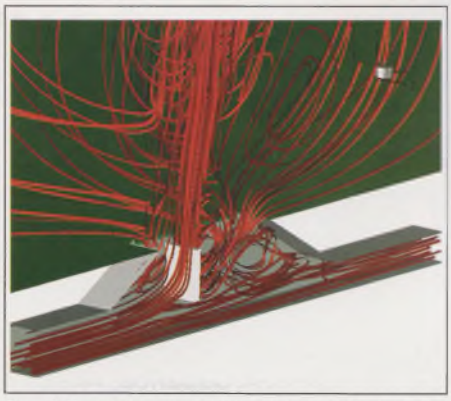


Рис. 4. Трехмерная картина траекторий меченных частиц в течении воздуха для модельной геометрии проема без струйных вентиляторов

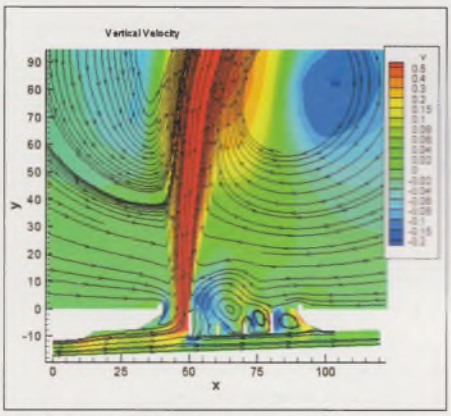


Рис. 5. Линии тока и поле вертикальной составляющей скорости при течении воздуха в проеме

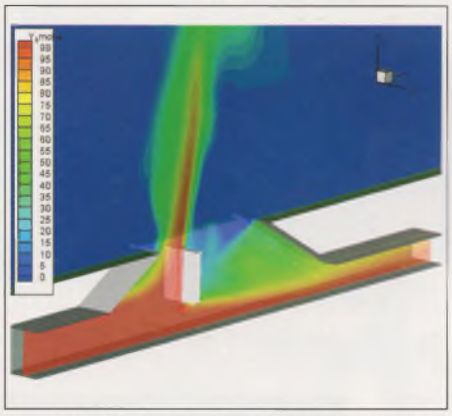


Рис. 6. Трехмерная картина поля концентрации загрязненного воздуха в продольном сечении модельной геометрии проема без струйных вентиляторов

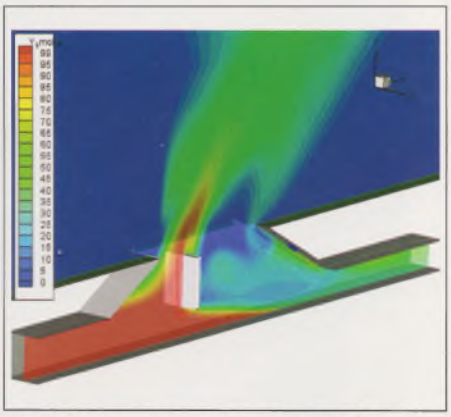


Рис. 7. То же после установки струйного вентилятора

ВЕНТПРОМ

АРТЕМОВСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД

ВЕНТИЛЯТОРЫ

- для вентиляции тоннелей и станций метрополитенов;
- для вентиляции угольных шахт, в том числе, опасных по газу и пыли;
- для проветривания тупиковых выработок шахт;
- для удаления метановоздушных смесей из шахт.

А также вентиляционное оборудование для предприятий горной, металлургической, химической, энергетической, целлюлозно-бумажной промышленности и народного хозяйства.

КОНВЕЙЕРЫ

- для транспортирования калийных солей, горной массы, строительных материалов в подземных условиях и на поверхности.

ПЫЛЕУЛОВИТЕЛИ

- для очистки воздуха сухим и мокрым способом.

Выпускаемая продукция имеет сертификаты соответствия по системе ГОСТ Р, гигиенические сертификаты на соответствие санитарно-гигиеническим нормам, разрешения Госгортехнадзора России на применение на угольных шахтах и рудниках опасных по газу и пыли.

623785, Свердловская область, г. Артемовский, Садовая, 12
Телефон: (34363) 3-18-75, 3-24-35, 3-13-19, 3-27-18 **Факс: (34363) 3-18-80, 3-19-91**
Web: www.ventprom.com **e-mail: ventprom@ventprom.com**

CCT специальная строительная техника

ПРОДАЕМ комплект технологического оборудования для производства работ по **струйной цементации грунтов**, б/у, в составе:
- Цементировочный насос TW 351 (Tecniwell, Италия), цена 85 000 Евро;
- Миксерная станция с силосом для приема цемента, цена 19 000 Евро;
- Малогабаритный станок СБГ-ПМ2 "Стерх", модифицированный для производства работ по струйной цементации, цена 11 000 Евро;
- Запчасти для оборудования по струйной цементации: форсунки, буровые штанги, мониторы и др.

ВЫПОЛНЯЕМ шеф-монтаж технологического оборудования.
ПРОВОДИМ обучение персонала.

Тел./факс: (342) 219-61-45, 293-14-05, 219-61-03
www.cct.perm.ru **e-mail: cct@perm.ru**

НОВАЯ КНИГА, ВЫПУЩЕННАЯ ИЗДАТЕЛЬСТВОМ «ТА ИНЖИНИРИНГ»

ВНИМАНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ, УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ И СПЕЦИАЛИСТОВ, ЗАНЯТЫХ В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА ТОННЕЛЕЙ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Издательство «ТА Инжиниринг» выпустило книгу известных специалистов по тоннельному строительству В.П. Абрамчука, С.Н. Власова и В.М. Мосткова «Подземные сооружения».

В книге в систематизированном виде дано описание всех современных видов подземных сооружений различного назначения, не связанных с добычей полезных ископаемых. По каждому из видов приводятся основные сведения по области применения, практикуемым объемно-планировочным и конструктивным решениям. Указаны требования к инженерно-геологическим изысканиям, а также к материалам подземных конструкций. Описаны современные способы строительства подземных сооружений без вскрытия и со вскрытием дневной поверхности и способы проходки микротоннелей и скважин направленного бурения.

Книга красиво оформлена, отпечатана на офсетной бумаге в формате 165×236. Объем — 464 страниц в жестком переплете. Иллюстрирована цветными и черно-белыми фотографиями и чертежами.

Стоимость книги без пересылки составляет 700 рублей, включая НДС 10%.

Книгу можно приобрести в Тоннельной ассоциации России по адресу:
107078, Москва, ул. Новорязанская, дом 16, офис 80, код 25
тел.: (495) 208-80-32, 208-80-34
Исполнительная дирекция ТА России

compactfiltertechnic

Все из одних рук:
Проветривание и обеспыливание в тоннелестроении и горном деле (осевые вентиляторы, обеспыливатели сухого и мокрого принципа действия, гибкие вентиляционные трубы, инжиниринг для вентиляции и обеспыливания)

НАШЕ ПРЕДПРИЯТИЕ - ВОЗДУХ

ОБЕСПЫЛИВАНИЕ

compactfiltertechnic

www.cft-gmbh.de

ВЫРАБОТКА

Korfmann
Lufttechnik GmbH

www.korfmann.com

СБЫТ ЧЕРЕЗ ФИРМУ

CFT GmbH
compactfiltertechnic
Beisenstraße 39 - 41
D-45964 Gladbeck

Tel. +49 2043 4811-0
Fax +49 2043 481120
E-Mail mail@cft-gmbh.de
Internet www.cft-gmbh.de

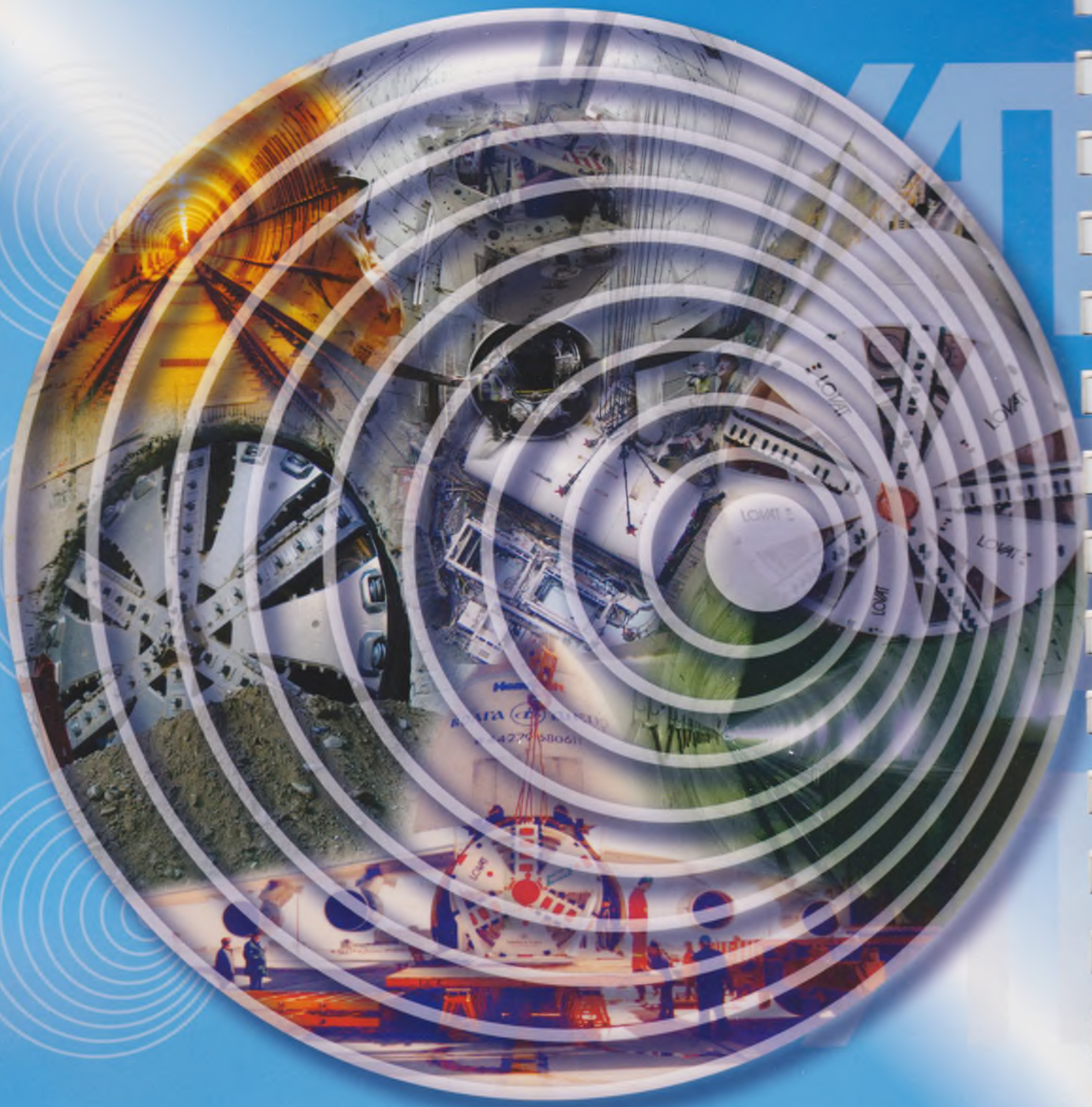
НАПРАВЛЕНИЕ

Schauenburg
Tunnel Ventilation GmbH

www.tunnel-ventilation.de

Приглашаем Вас на стенд А10 выставки «Подземный город»
Москва, 25–27 января 2006 г.

Тоннелепроходческие комплексы



LOVAT Inc.

Ловат Инк. представлен в России

«Интерторг Инк.»: 123056, Москва, Грузинский пер., 3, оф. 63
тел.: (495) 250-0367, 254-2008, 254-6924, 254-3162
факс: (495) 253-9771

ИНТЕРТОРГ