



ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОПУСКНЫХ КОЛОДЦЕВ VSM 8000

Самая современная техника для строительства тоннелей

Данное оборудование является новой разработкой фирмы «Херренкнехт АГ» для сооружения опускных колодцев, применяемых при проходке с помощью микротоннельных комплексов.

Оборудование состоит из опускающего элемента и стрелы с режущим барабаном. Опускающий элемент – это стальная конструкция, устанавливаемая над шахтой. Она оснащена гидроцилиндрами, которые давят на обделку ствола, вдавливая ее в грунт. Но она также может поддерживать вес обделки ствола штангами растяжения, присоединенными к нижнему кольцу, для того чтобы контролировать скорость погружения. Режущий орган крепится внутри нижней секции обделки ствола. Шахта заполняется водой, чтобы уравновесить гидростатическое давление грунтовых вод. Грунт, разрабатываемый режущей стрелой, транспортируется по трубам в виде пульпы к сепарационной установке на поверхности. Блок управления и энергоблок располагаются на поверхности.

Первые секции ствола бетонируются на месте. Затем предварительно изготовленные бетонные сегменты устанавливаются сверху и сболчиваются с ранее забетонированными секциями погружаемого ствола. Этот процесс может происходить одновременно с разработкой породы в колодце. Когда ствол погружен на требуемую глубину, режущий элемент удаляется, и производится бетонирование дна под водой.

Данная система позволяет контролировать процесс строительства на каждом этапе !



Строительная площадка в Кувейте



Опускание режущего органа



Режущий барабан



HERRENKNECHT AG
D-77963 SCHWANAU

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

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

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

Учредители журнала

Тоннельная ассоциация России
Московский метрополитен
Московский метрострой
Мосинжстрой

Редакционный совет

Председатель совета
В. А. Брежнев

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

Члены совета:

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

Редакционная коллегия:

О. Т. Арефьев, Н. С. Булычев,
Д. М. Голицынский, 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. Пуголов,
В. П. Самойлов, А. А. Севастьянов,
Л. К. Тимофеев, Б. И. Федунец,
Ю. А. Филонов, Ш. К. Эфендиев

Главный редактор

С. Н. Власов

Тоннельная ассоциация России

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

Издатель

ООО «ТА Инжиниринг»

Лицензия ИД № 04404

тел.: (095) 929-6482, 929-6574

факс: (095) 929-6548

Отдел рекламы: (095) 929-6673

103051, Москва,

Цветной бульвар, 17, оф. 217

e-mail: tunnels@metrostroy.ru

Генеральный директор

О. С. Власов

Редактор

Г. М. Сандул

Компьютерный дизайн и верстка:

М. Б. Брилинг, А. В. Попов

Фотографы:

А. В. Попов, М. Б. Брилинг

Журнал зарегистрирован

Минпечати РФ ПИ № 77-5707

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

№ 6 2004

Панорама

3

На строительстве метрополитенов

Пуск ТПМК «Ловат» в Челябинске

К. В. Абрамчук, В. Ф. Шишко

4

Украина: новый участок Сырецко-Печерской линии

6

Юбилеяры отрасли

25 лет профессиональной горноспасательной службе в транспортном строительстве

А. В. Александров, А. Э. Куплис

8

Проектные решения

Путепровод тоннельного типа в Москве

В. В. Варшавский, О. В. Сазанов

14

Технологии

Новые технологии на строительных площадках Москвы

В. А. Бурмистров

15

Микротоннелепроходческий комплекс «Бирюза»

16

Марка для деформационного мониторинга строящихся и действующих тоннелей

М. А. Латышев

18

Коммунальные тоннели

Проблемы проектирования, строительства и эксплуатации канализационных тоннельных коллекторов в Санкт-Петербурге

Е. М. Захаров, В. М. Васильев

20

Теория и практика

Оценка вибрации и структурного шума от Серебряноборского транспортного тоннеля

С. А. Костарев, С. А. Махортых, С. А. Рыбак

22

Метрополитены

Микроклимат вагонов метрополитена

Ю. М. Ракинцев

24

Внедрение и опыт эксплуатации микропроцессорной защиты АЗМ-2 фидеров постоянного тока 825 В

А. Г. Макаров, В. М. Антимиров

27

Опыт эксплуатации конструкции пути на лежнях

В. М. Кошкин

30

Сейсмические исследования грунтов

32

Разработка систем диагностики грунтового массива в приконтактной зоне тоннелей метрополитена

Инженерная компания «Сибгеотех»

34

Пожаробезопасность

Использование передовых технологий пожаротушения

А. С. Чирко, А. В. Карпышев, М. Д. Сегаль


37

СОДЕРЖАНИЕ



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ:

Пуск ТПМК «Ловат»
в Челябинске
(читайте на с. 4)



15 ЛЕТ ТОННЕЛЬНОЙ АССОЦИАЦИИ

Членам Тоннельной ассоциации России

Уважаемые коллеги!

В 2005 г. исполняется 15 лет, когда на учредительном собрании представителей научных, проектных и строительных организаций 20 февраля 1990 г. была создана Всесоюзная ассоциация тоннельщиков, ставшая впоследствии Тоннельной ассоциацией России – Общероссийской общественной организацией. Она объединила организации и специалистов, работающих в разных направлениях подземного строительства: транспортном, коммунальном, гидротехническом, строительстве метрополитенов и подземных сооружений городской инфраструктуры.

Это было связано с тем, что в нашей стране интенсивно развивалось подземное строительство по разным направлениям, имевшим свои особенности и специфику. Поэтому широкий обмен опытом, обсуждение общих научно-технических вопросов, выработка единых подходов к сложным проблемам подземного строительства были крайне необходимы.

Основной целью организованной Тоннельной ассоциации России являлось содействие разными формами и методами ускорению научно-технического прогресса, повышению эффективности и качества строительства и эксплуатации подземных сооружений. Потребность в таком содействии все время возрастает, т. к. в нашей стране продолжается строительство метрополитенов, прокладываются новые железные и автомобильные дороги с тоннельными пересечениями, в городах активно ведется освоение подземного

пространства. Практика прошедших лет показала правильность такого решения. Систематически, с участием большого круга специалистов, проводятся совещания, конференции, семинары по различным вопросам тоннельного и подземного строительства. Активно разрабатываются различные нормативные документы для всех направлений подземных работ, проводятся консультации и разрабатываются экспертные заключения по промышленной безопасности для различных объектов повышенной опасности. Издается журнал Ассоциации «Метро и тоннели».

Тоннельная ассоциация России является членом Международной тоннельной ассоциации. Это позволяет участвовать в мировом процессе развития подземного строительства.

В настоящее время Тоннельная ассоциация объединяет крупнейшие организации России по проектированию и строительству подземных сооружений из 38 городов России и городов Белоруссии, Украины, Грузии, Азербайджана, Казахстана, Франции, Германии и Канады. Свыше 400 специалистов являются членами Тоннельной ассоциации России. Это большой инженерно-технический потенциал, способный активно работать по ускорению научно-технического прогресса по строительству тоннелей и подземных сооружений в России.

Поздравляем вас с 15-летием Тоннельной ассоциации России и наступившим Новым 2005 годом. Желаем крепкого здоровья и успешной работы на благо отечественного тоннелестроения.

*Президиум правления
Тоннельной ассоциации России*

УСТАНОВКА VSM 8000 ФИРМЫ HERRENKNECHT: НОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СООРУЖЕНИЯ ОПУСКНЫХ КОЛОДЦЕВ

В ноябре 2004 г. в Кувейте всего за одну неделю впервые с помощью механизированного тоннелепроходческого щита VSM фирмы Herrenknecht было осуществлено строительство стартовой шахты глубиной 25 м и диаметром 8 м для дальнейшей прокладки коллектора методом микро-тоннелирования. Из общей протяженности объекта около 100 км, которые нужно построить в течение трех лет, 38 км должны быть уложены трубами диаметром от 200 до 2500 мм методом продавливания.

Уровень грунтовых вод в Кувейте во многих местах расположен на глубине всего 3 м от дневной поверхности, при этом в геологическом строении преобладают песок, сцементированный песок, суглинок и известняк. Предстоит построить порядка сорока стартовых и приемных шахт глубиной от 8 до 28 м внутренним диаметром от 6 до 8 м. Примерно 15 из них устраиваются в слож-

ных геологических и гидрогеологических условиях. Сжатые сроки строительства определили применение механизированного щита VSM 8000 по технологии, разработанной совместно фирмой Herrenknecht и подрядчиком KBC Greenline.

В технологическом процессе задействованы два основных элемента – погружной комплекс массой 78 т и шахтопроходческий комплекс массой 59 т и мощностью 300 кВт. Шахтопроходческий комплекс разрабатывает грунт механическим способом при скорости вращения рабочего органа 85 об/мин, а блочная обделка погружается с помощью установок продавливания мощностью 10,000 кН погружного комплекса. Для того чтобы компенсировать давление грунтовых вод и избежать вымыва грунта, шахта была затоплена водой.

Материал разрабатывается по всему основанию шахты вращающимся режущим барабаном, по-



ложение которого регулируется стрелой рабочего органа, и с помощью насосов откачивается на поверхность в отстойник для сепарации.

Аналогичная установка работает в Индонезии на острове Ява, где с помощью VSM 2500 ведется строительство шахты глубиной 100 м. Третья установ-

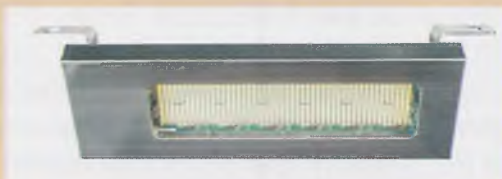
ка, VSM 7700, в настоящее время изготавливается фирмой Herrenknecht, и будет использоваться в Санкт-Петербурге. Рассматривается возможность применения этой техники для устройства стартовых приемных шахт при строительстве станций метрополитенов в других городах мира.



ДИОДЫ ЛЕГКОЙ ЭМИССИИ ДЛЯ ОСВЕЩЕНИЯ ТОННЕЛЕЙ

Разработав свою высокотехнологичную прогрессивную систему Tunnel Lighting™ (ITL), основанную на использовании диодов легкой эмиссии (ДЛЭ), канадская фирма Dellux Technologies, несомненно, бросила вызов традиционным стандартам освещения тоннелей. Новая система, управляемая полностью дистанционно с помощью компьютера через удобный для пользования интерфейс Интернета, способна анализировать освещенность всего тоннеля от участка к участку. Это позволяет снизить расход электроэнергии по сравнению с традиционными системами освещения (люминесцентными или натриевыми высокого давления) на 40–80 % и буквально отказаться от ее содержания на 15 лет (130 тыс. часов), в течение которых не потребуются менять дорогие лампы и фурнитуру и не тревожить окружающую среду.

Выигрыш для эксплуатирующей тоннель организации неизмеримо велик: предсказуемость эксплуатационных затрат, отпадает необходимость в установке



Разработанная фирмой Dellux Technologies лампа ITL™ на основе ДЛЭ

и обслуживании сложных проводных систем; поддерживается равномерное освещение проезжей части по всей длине тоннеля, что до минимума снижает у водителей чувство дискомфорта; исключена вероятность перерыва подачи электроэнергии (вполне вероятный случай); никакого перерыва в освещении, вызванного переключением, что чрезвычайно важно с точки зрения безопасности в тоннеле; постоянная световая индикация полос движения; автоматическое извещение об аварийных условиях и т. д.

Разработчик утверждает, что система ITL™ обладает высокой эффективностью и надежностью, она – саморегулирующаяся, ей не вредит проникновение грунтовых вод (в течение сезона допустимы 50 циклов замо-

раживания-оттаивания), система выдерживает экстремальные погодные условия (от -40 до +55 °С).

Ввиду низких затрат на электроэнергию, отсутствия затрат на содержание и неограниченности срока службы, применение ДЛЭ гарантирует быстрый возврат вложений. Средний расход светильника ITL™ – 32 Вт. Для того чтобы помочь водителю принять решение, Dellux Technologies разработала компьютерную программу, учитывающую параметры конкретного тоннеля, что также способствует быстрому возмещению затрат при использовании технологии ITL™ по сравнению с



Тоннель Этуотер после полной реконструкции, эффективно освещенный системой ITL™

традиционными системами освещения.

Все эти достоинства оказались достаточно убедительными для того, чтобы администрация Монреаля приняла вариант ITL™ для тоннеля Этуотер. Открытый для движения в 1929 г., этот двухствольный тоннель мелкого заложения проходит под каналом Лачин юго-восточнее города. Стволы, имеющие по две полосы проезжей части шириной по 3,65 м, отделены друг от друга сервисной галереей. Полная реконструкция тоннеля была закончена в октябре 2004 г.





К. В. Абрамчук,
генеральный директор
ОАО «Челябметрострой»



В. Ф. Шишко,
главный инженер
ОАО «Челябметрострой»

Строительство метрополитена в г. Челябинске было начато в 1992 г. За это время выполнены работы по подготовке стройплощадок, дополнительных сооружений по всей трассе 1-й очереди метрополитена, состоящей из пяти станций. В 1996–2000 гг. значительно сократились темпы работ в связи с экономическими трудностями, после чего ряд объектов был законсервирован, по другим объектам работы пришлось приостановить. Так же в 1996 г. было принято решение о выделении 1-й пусковой очереди, состоящей из трех станций: «Торговый центр», «Площадь Революции», «Комсомольская площадь» и ветки портала «Электродепо».

В этот период основные работы сконцентрировались на площадке «Торговый центр». Сооружение перегонных тоннелей производилось буровзрывным способом с применением буровых установок фирмы «Тамрок» (Финляндия) и откаткой породы до ствола вагонами ВПК-7.

Трасса тоннелей

Особенностью 1-го пускового участка является его трасса. Тоннель со ст. «Торговый центр» глубокого заложения (42 м) выходит на ст. «Комсомольская площадь» мелкого заложения. На участке перегонных тоннелей от «Площади Революции» до «Комсомольской площади» трасса пролегает в Челябинском разломе. Для проходки в сложных геологических условиях в 1996 г. был заключен контракт на поставку ТПМК «Ловат», чтобы увеличить темпы строительства и сократить финансовые вложения. В 2003 г. проводится ряд совещаний под руководством губернато-



«ЛОВАТ» НАЧАЛ ПРОХОДИТЬ

11 ноября 2004 г. состоялся запуск тоннелепроходческого комплекса LOVAT RME222SE Series 17300 на строительстве Челябинского метрополитена. Торжественное мероприятие открыл губернатор Челябинской области П. И. Сумин. Он пожелал дальнейших успехов метростроителям и выделил финансовую поддержку для освоения новой техники. На церемонии присутствовали глава г. Челябинска В. М. Тарасов и президент компании «ЛОВАТ» Рик Ловат.

ра П. И. Сумина и главы города В. М. Тарасова о ходе строительства метрополитена. Были рассмотрены перспективы развития и окончания строительства 1-го пускового комплекса с учетом применения ТПМК «ЛОВАТ». После детального рассмотрения плана была разработана программа строительства с вводом 1-го пускового комплекса в 2010 г.

В 2004 г. активно начались работы по освоению и подготовке площадки портала для запуска.

Запуск ТПМК планируется произвести с портала «Электродепо» в сторону «Комсомольской площади». Протяженность подходной ветки составляет 847 м, имеет обратный уклон 0,04 % и радиус поворота 160 м. Первые метры перегонных тоннелей проходят под действующими железнодорожными путями пяти веток. При проходке первого пути расстояние от оболочки ТПМК до головки рельса составляет 3 м. Это создает дополнительные сложности при старте комплекса и усилении железнодорожных путей. При-

чем с применением ТПМК удалось отказаться от сооружения мостовых переходов над трассой метрополитена.

Подготовительные работы

Монтаж комплекса в первоначальном варианте должен был произведен в котловане у места старта, но при проектировании упора выяснилось, что понадобится соорудить дополнительно восемь свай диаметром 1 м и глубиной 6 м под основание упора. Эти работы в первоначальном проекте были не учтены. Поэтому встал вопрос о сроке ввода ТПМК «ЛОВАТ». Специалистами ОАО «Челябметрострой» было предложено оригинальное решение сокращения срока запуска: монтаж щита произвести не в котловане, а за 140 м от старта, после чего надвинуть ТПМК на забой.

Дополнительные сложности заключались еще и в том, что ТПМК до места старта должен продвигаться с обратным уклоном и по кривой. Для этой операции были изготовлены специальные «ложементы» с направляющими балками и съемными упорами. Эта операция



У ТОННЕЛЕЙ

была успешно выполнена за пять рабочих дней.

Параллельно выполнялись работы по креплению стартового котлована, бетонированию основания котлована и упора. Всего было принято более тысячи кубов бетона. Все это позволило сократить срок запуска ТПМК на полтора месяца.

Клиновидная обделка

За основной вид обделки приняты облегченные чугунные тубинги повышенной прочности Ч51АНСК10 с канавкой для резиновых прокладок, выпускаемые заводом «Сиблитмаш» г. Новосибирска.

При проходке в зоне разлома предполагается использовать совершенно новый вид обделки – высокоточную чугунную. Конструкция и технические условия на изготовление высокоточной чугунной тубинговой обделки разработаны НИЦ ТМ ОАО «ЦНИИС».

Кольцо обделки – универсальное, клиновидное, наружным диаметром 5,5 м, внутренним – 5,1 м. При минимальной длине кольца 980 мм и максимальной – 1020 мм обеспечивается радиус кривой тоннеля 150 м. Количество тубингов в кольце – 12 шт. При этом наличие двух ключевых тубингов с разнонаправленной клиновидностью дает возможность использования кольца в качестве «правого» и «левого».

Герметизация стыков тубингов выполняется резиновыми уплотнительными прокладками, вклеиваемыми в специальные пазы на торцевых поверхностях тубингов. В качестве



Представитель фирмы «Интерторг Инк.» Т. В. Соболева и президент фирмы «Ловат Инк.» Рик Ловат

резервного способа герметизации предусмотрены обычные чеканочные канавки.

Выпуск высокоточной обделки планируется организовать на Магнитогорском металлургическом комбинате, после соответствующего технического перевооружения имеющегося производства обычных чугунных тубингов.

Сложность изготовления и сравнительная дороговизна обделки такого класса компенсируются технологичностью ее монтажа и повышенными скоростями сооружения тоннелей. После монтажа обделки с резиновыми уплотнениями и выполнения первичного нагнетания оборудованием ТПМК, отсут-

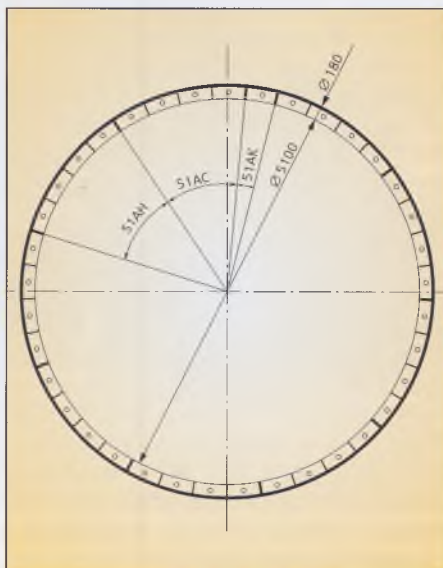
ствует необходимость в выполнении обычных для сборных обделок гидроизоляционных работ: контрольного нагнетания, чеканки швов, замены болтовых креплений и т. д.

Сегодня работы по строительству метрополитена идут высокими темпами. Разрабатывается программа строительства и комплекса мероприятий по запуску 1-й очереди метрополитена.

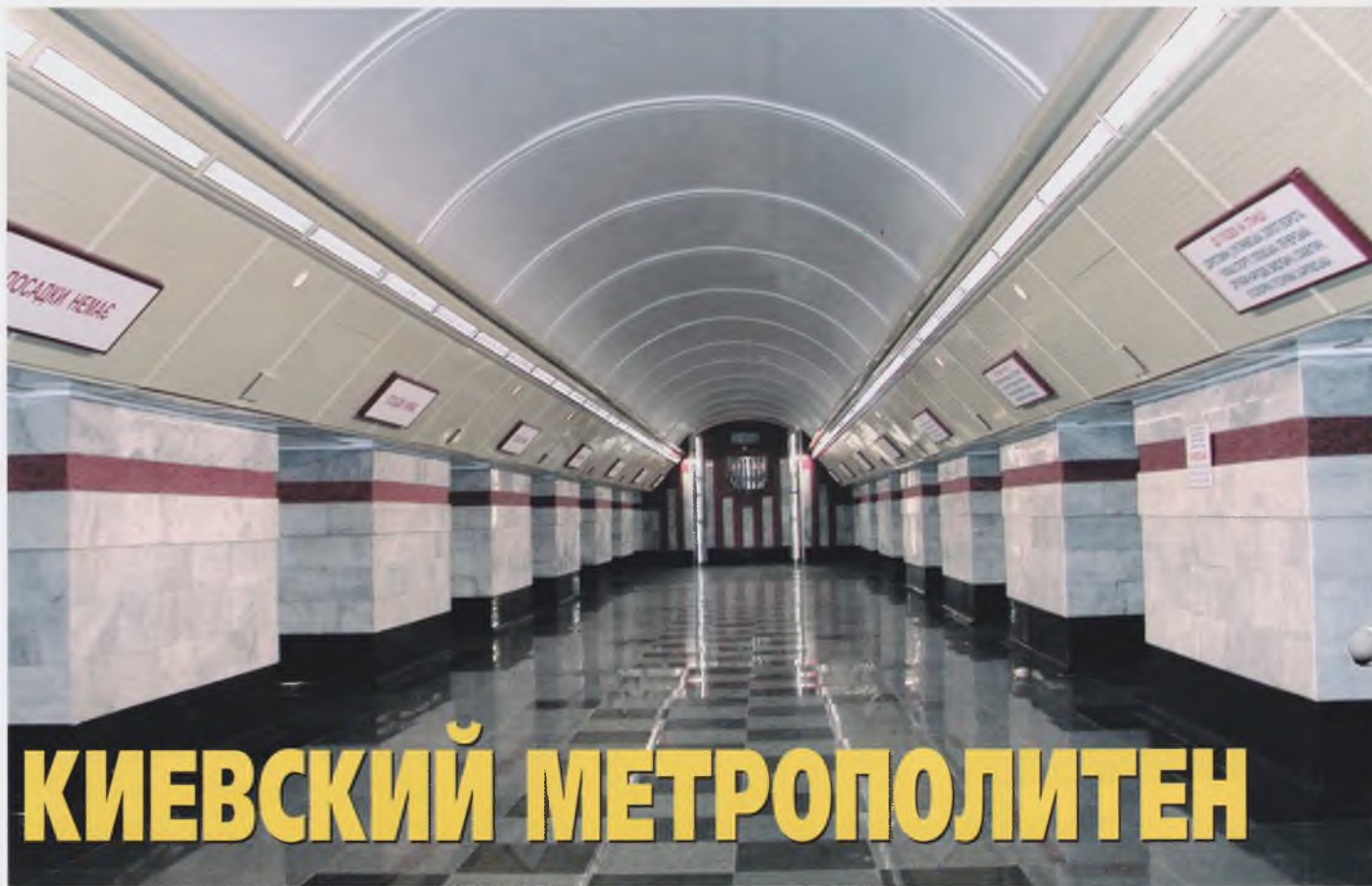
Увеличиваются объемы финансирования и выполнение строительно-монтажных работ. Коллектив ОАО «Челябметрострой» уверенно смотрит в будущее и готов к выполнению поставленных задач.



Технические характеристики обделки



Диаметр наружный, мм	5460
Диаметр внутренний, мм	5100
Толщина спинки кольца, мм	12 (14)
Объем по наружному очертанию, м ³	23,4
Площадь нагнетания раствора, м ²	172
Количество болтовых креплений, шт.	77
Длина чеканочных швов, м	26,1
Количество тубингов в кольце,	10
в том числе:	
нормальных	7
смежных	2
ключевых	1
Масса тубингов	3997 (4320)
Материал чугуна	СЧ35 (СЧ30)



КИЕВСКИЙ МЕТРОПОЛИТЕН

НОВЫЙ УЧАСТОК СЫРЕЦКО-ПЕЧЕРСКОЙ ЛИНИИ

Общая длина трех линий метрополитена составила 62,12 км с 45-ю станциями, из которых 43 – действующие и 2 – транзитные. По длине линий Киевского метрополитена Украина сегодня уверенно входит в первую десятку европейских государств.

На участке метрополитена в районе вестибюля станции «Сырец» реализована классическая схема транспортных пересадочных узлов г. Киева: метрополитен – железная дорога – городской пассажирский транспорт. Сооружение этого участка стало первым этапом строительства основного вида городского транспорта в направлении северо-западного района г. Киева жилого массива Виноградарь.

Одновременно с введением в действие участка была осуществлена реконструкция посадочной платформы «Сырец», внешнего освещения и контактной сети в районе вестибюля станции.

В комплекс участка входят перегонные тоннели, станция с пристанционными сооружениями, эскалаторный тоннель и наземный вестибюль.

«Сырец» – временная конечная станция с оборотными тупиками и путевым направлением. Она представляет собой трехсводчатую пилонную конструкцию с обделкой из сборных железобетонных блоков с монолитными железобетонными балками. Это последняя станция глубокого заложения на Сырецко-Печерской линии. Сборная обделка боковых и среднего станционных тоннелей

Согласно программе развития Киевского метрополитена на период до 2010 г., а также решению общего заседания коллегий Министерства транспорта Украины и Киевской государственной администрации по вопросу транспортного обеспечения и развития инфраструктуры г. Киева (принятому в ноябре 2002 г.) 14 октября 2004 г. был введен в действие участок Сырецко-Печерской линии метрополитена от станции «Дорогожичи» до станции «Сырец» протяженностью 1,57 км.



Наземный вестибюль ст. «Сырец» запроектирован в конструкциях из сборного и монолитного железобетона с металлическими колоннами

лей выполнена из железобетонных блоков $D_{\text{внешн.}} / D_{\text{внутр.}} = 8,5 / 7,5$ м. Внутренние конструкции запроектированы в сборном и монолитном железобетоне. Длина платформенного участка станции, исходя из условия эксплуатации пятивагонных составов, составляет 102 м с межпутевым расстоянием 22 м. На станции предусмотрен один эскалаторный выход.

Эскалаторный тоннель сооружен в сборном железобетоне $D_{\text{нар.}} / D_{\text{вн.}} = 10,1 / 9,2$ м. Обделка принята из условия размещения в нем четырех эскалаторов. Использование сборного железобетона с резиновым уплотнением обусловлено трудными гидрогеологическими условиями залегания наклонного тоннеля, что пересекает толщю обводненных неустойчивых грунтов.

Перегонные тоннели нового участка выполнены в сборной железобетонной обделке $D_{\text{нар.}} / D_{\text{вн.}} = 5,65 / 5,25$ м, обжатой в породу. Проходка их велась киевским механизированным щитовым комплексом КМ-24.

Архитектурное решение интерьера станции базируется не на абстрактной декоративности, а на выявлении эстетических качеств конструкций и эстетичной ценности отделочных материалов. Станция выполнена в простых и лаконичных формах. На платформенном участке предусмотрено размещение элементов визуальной информации (световые указатели, телеэкраны, часы, рекламносители). На этой станции использованы такие отделочные материалы, как гранит, мрамор, майолика, перфорированный металл, окрашенный в теплые тона. Мягкое закарнизное освещение дополняет архитектурное решение станции, органично завершая художественное оформление интерьера.

Наземный вестибюль ст. «Сырец» (диаметром 30 м) запроектирован в конструкциях из сборного и монолитного железобетона с металлическими колоннами. Стены и перекрытия вестибюля смонтированы из сборных железобетонных элементов. Лотковая плита, не требующая установления опалубки, выполнена в монолитном железобетоне.

В связи с наличием в основании вестибюля слабых грунтов пришлось заменить грунт основания слоем щебня $\delta = 2$ м. Уровень «чистого» пола вестибюля расположен выше уровня земли, поэтому было необходимо выполнить подсыпку слоя пескобетона от основания конструкции до уровня земли строительной площадки. Для защиты сооружений использовалась клеенчатая гидроизоляция, а также двухслойная битумная модифицированная латексом эмульсия «FLEXIGUM», наносимая на конструкцию путем холодного распыления. Особенности этого гидроизоляционного материала являются надежность, водонепроницаемость, значительная эластичность и отсутствие швов.

Объемно-пространственное и архитектурное решение вестибюля разработано с учетом особенностей окружающего ландшафта. В связи с тем, что в районе вестибюля станции «Сырец» проходила воз-



На открытии новой станции присутствовал Президент Украины Л. Д. Кучма

душная ЛЭП 110 кВ, то было принято решение ее демонтировать, и проложить кабельную трассу под землей. При проектировании учитывался трудный рельеф местности, поэтому вестибюль находится на своеобразном пьедестале, который подчеркивает отдельно расположенную конструкцию как парковое сооружение. Со стороны восточного фасада двухэтажный вестибюль «перерастает» в трехэтажное здание прямоугольной формы. Освещение кассового зала в дневной период суток осуществляется световым зенитным фонарем. Конструкции, ограждающие вестибюль, – это витражи, выполненные из алюминиевых профилей и стекла. Несмотря на асимметрию положения оси наклонного хода эскалаторов относительно кассового зала вестибюля, есть возможность использования относительно глухих частей для размещения дополнительных помещений. А в целом, вестибюль выдержан в хороших пропорциях и ощущается компактным симметричным сооружением. В интерьере использованы природные отделочные материалы: гранит, мрамор. Для придания некой своеобразности для облицовки колонн применили перфорированный металл. Благоустройство территории предусматривало комфортную входную площадку, пандус, размещение малых архитектурных форм.

Работы по сооружению объектов участка были начаты в 2002 г. Строительство осуществлялось в трудных геологических условиях в сжатые сроки, поэтому работы велись круглосуточно по скользящему графику. Разработка велась сплошным забоем. Скорость проходки составила 30 колец в месяц. Наземный вестибюль станции был возведен за три месяца. В процессе строительства специалистами Киевметростроя и Укрметротоннельстроя были предложены и реализованы организационно-технические решения, которые позволили выполнить работы в наикратчайшие сроки с высоким качеством. Среди них следует отметить:

- проходку тоннелей большого диаметра на полный профиль без пилот-тоннелей;

- замену чугуна, который имеет высокую стоимость, на сборный железобетон при сооружении стволов и наклонных тоннелей;

- внедрение в производство высокоточного постоянного крепления тоннелей различных диаметров и высокого качества для обеспечения технических требований сборной железобетонной обделки с резиновым уплотнением для сооружения эскалаторных тоннелей в неустойчивых водонасыщенных грунтах;

- монтаж сборной железобетонной обделки с резиновым уплотнением для проходки перегонных тоннелей в неустойчивых водонасыщенных грунтах;

- устройство контактного рельса на сборных железобетонных блоках БККК и внедрение железобетонных опор БПО, позволивших исключить использование дефицитной древесины, значительно ускорить темпы строительства и снизить стоимость работ по монтажу.

Впервые в истории метростроения Украины (по заданию председателя Киевской городской государственной администрации А. А. Омельченка по решению вопроса об организации изготовления эскалаторов на Украине) в наклонном тоннеле станции «Сырец» были смонтированы четыре эскалатора, изготовленные отечественными специалистами на концерне «Крюковский вагонозавод», г. Кременчуг.

При сооружении объектов пускового участка было разработано 113 тыс. м³ грунта, смонтировано 20 тыс. м³ сборного железобетона, устроено 2,7 км верхнего строения пути, проложено 560 км кабельно-проводниковой продукции, смонтировано 27,6 тыс. единиц оборудования, облицовано 4,4 тыс. м² поверхностей гранитом и мрамором.

Благодаря четкой и налаженной работе специалистов Киевметростроя и других субординационных организаций, город приобрел 43-ю станцию метрополитена. За выдающийся личный вклад в развитие транспортной инфраструктуры г. Киева, внедрение современных технологий строительства, а также многолетнюю работу, президент Корпорации «Укрметротоннельстрой» В. И. Петренко удостоен высокого звания «Герой Украины».

25 ЛЕТ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ГОРНОСПАСАТЕЛЬНОЙ СЛУЖБЫ



А. В. Александров,
начальник ГУ «Управление горного надзора и военизированных горноспасательных частей»,
заслуженный строитель России

А. Э. Куплис,
начальник оперативно-технического отдела, почетный строитель России

Профессиональная горноспасательная служба на строительстве подземных сооружений создана на основе принципов, прошедших проверку временем в аналогичных службах горнодобывающих отраслей. История возникновения и развития этих служб, их организационных основ в современных условиях рыночных отношений приобретает новое актуальное звучание.

Известно, что пожары и взрывы «гремучего» газа (метановоздушных и других смесей) в горных выработках рудников и шахт уносили десятки и сотни жизней подземных рабочих. Непринятие широкого круга мер, обеспечивающих устойчивое проветривание, газовый контроль, пожарную

безопасность и т. д. приводило к сложным аварийным ситуациям, перераставшим в ряде случаев в катастрофы.

В России первые спасательные артели численностью 10–20 человек появились на шахтах стихийно, после крупных катастроф на шахтах Донбасса. Публикации статей горных инженеров: И. А. Тимме «Спасательные артели при каменноугольных рудниках» (1899 г.), П. О. Кржижановского «О подземных пожарах» (1896) и «Краткий очерк рудничных пожаров вместе с изложением рациональной системы рудничной противопожарной обороны» (1903) А. А. Скочинского (ряд статей) привлекли внимание широкой общественности к ужасным катастрофам в подземных условиях, к неудовлетворительной организации владельцами шахт и рудников техники безопасности и противопожарной защиты.

Под давлением общественного мнения в 1902 г. вопрос создания горноспасательных станций был рассмотрен на XXVII съезде горнопромышленников Юга России, была создана комиссия с поручением изучить зарубежный опыт по этой проблеме. «Изучение» продолжалось несколько лет, на очередных съездах горнопромышленников обсуждались катастрофические последствия новых аварийных ситуаций, подвергались критике спасательные станции, содержащиеся на средства отдельных рудников, которые не имели необходимого спасательного снаряжения и подготовленного персонала для ведения горноспасательных работ. Только в 1905 г. очередной (XXX) съезд горнопромышленников принял решение по докладу комиссии, и в ноябре 1907 г. в Макеевке (Донбасс) начала функционировать первая в России горноспасательная станция, содержавшаяся на средства съезда. К 1917 г. в России насчитывалось уже 40 горноспасательных станций в горнодобывающей промышленности.

Учитывая сложный характер оперативной работы горноспасательных команд, требующий от личного состава высокой профессиональной подготовки, четкости и слаженности действий, допустимости риска при спасении людей или ликвидации аварий, высочайшей дисциплины и ответственности Совет Труда и Обороны в 1931 г. постановил «...перевести на военизированное положение все горноспасательные станции Союза по типу военизированной охраны промышленных предприятий I категории».

Централизация управления и военизация горноспасательных станций являлись тем началом, которое позволило укрепить оперативную готовность сил и средств сформированных подразделений. Несение службы стало строго регламентироваться «Уставами» и «Положениями», началось целенаправленное изучение тактических приемов ведения горноспасательных работ, формировались методы предупреждения аварий, определялись общие принципы и программы специальной подготовки горноспасателей, получили развитие



Вынос «пострадавшего» из «загазованных» выработок

научное и техническое обеспечение профессиональной горноспасательной службы. В горнодобывающих регионах были созданы военизированные горноспасательные отряды (ВГСО) и взводы (ВГСВ), оперативное управление которыми было сконцентрировано в региональных штабах ВГСЧ. С выделением в 1938 г. отраслей цветной и черной металлургии, началась специализация подразделений горноспасательной службы применительно к особенностям технологии горных работ в угольной и горнорудной промышленности. В 1966 г. окончательно определился характер основных направлений специализации профессиональных горноспасательных служб по их ведомственной принадлежности.

С увеличением во второй половине XX столетия в России объемов строительства подземных сооружений начинают создаваться горноспасательные подразделения на наиболее крупных стройках: в Москве (1968 г.), Харькове (1973), Ереване (1975), на Байкало-Амурской железнодорожной магистрали (1978).

Кажущиеся более комфортными условия труда на возведении подземных объектов по сравнению с условиями работы в горнодобывающих отраслях могут создать у не специалистов иллюзию достаточной безопасности при сооружении транспортных, гидротехнических, коммунальных тоннелей, других подземных объектов специального назначения. Однако горным работам на строительстве указанных сооружений присущ ряд таких специфических особенностей, которые в сравнении с аналогичными работами на шахтах и рудниках значительно повышают опасные последствия аварийных ситуаций (работы в районах плотной городской застройки, относительно на небольших глубинах, вблизи газо- и водо-

ЛЬНОЙ СЛУЖБЕ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ



Инициаторами создания профессиональной горноспасательной службы в транспортном строительстве по праву являются Юрий Анатольевич Кошелев и Сергей Николаевич Власов, возглавлявшие в этот период возведение подземных сооружений в системе Министерства транспортного строительства СССР. Под непосредственным руководством Главтоннельмостростроя этого министерства проходило комплектование руководящего состава, сформированного в 1980 г. в Москве аппарата управления горноспасательной службой, командного состава горноспасательных отрядов по месту их дислокации.

С момента организации и до своей скоропостижной кончины (1987 г.) Управление возглавлял инженер-горноспасатель, кандидат технических наук Михаил Иванович Коваленко, приглашенный Минтрансстроем СССР из Всесоюзного управления ВГСЧ Минуглепрома СССР, где занимал должность заместителя начальника.

Формирование новых подразделений началось с привлечения к их организации квалифицированных специалистов горноспасательного дела, имевших опыт ведения горноспасательных работ на угольных шахтах и рудниках. Всего в 1981–1985 гг. в горноспасательные части с предоставлением квартир было привлечено на командные должности свыше 50-ти специалистов, заложивших основы профессиональной горноспасательной службы на строительстве подземных сооружений.

В числе первых приглашенных организацию горноспасательных отрядов возглавляли: Никулников Иван Иванович (Московский ВГСЧ), Артемов Анатолий Иванович (ВГСЧ 20), Александров Анатолий Васильевич (ВГСЧ 21), Пелагеин Александр Николаевич (Свердловский ВГСЧ) и др.

Инженерной службой горноспасательных частей в организованном Управлении ГН и ВГСЧ руководили инженеры Крохалев Борис Григорьевич и Куплис Андрей Эдгарович, а службой горного надзора – Кильдишев Алексей Яковлевич.

В ретроспективе за прошедшие 25 лет можно выделить несколько этапов развития профессиональной горноспасательной службы:

- 1980–1985 гг. – период организации;
- 1986–1990 гг. – совершенствование структуры, укрепление материальной базы;
- с 1991 г. – адаптация службы к новым экономическим условиям в государстве.

На первом этапе были заложены основы материально-технического обеспечения, определены основные отличительные особенности горноспасательных работ в строительной отрасли от аналогичных в горнодобывающих отраслях, сформировались коллективы подразделений, на объектах строительства подземных сооружений стала осуществляться планомерная профилактическая работа по предупреждению аварийных ситуаций, укреплению подготовленности строи-



Первый руководитель горноспасательной службы И. М. Коваленко

тельных организаций к спасению людей и ликвидации аварий. В подразделениях были созданы газоаналитические лаборатории, для оснащения подразделений за эти годы были приобретены сотни изолирующих кислородных респираторов, около 200 единиц транспортных средств, в том числе специальные автобусы ГАЗ-53Г1. В отличие от других горноспасательных служб, учитывая, что значительные объемы работ на возведении подземных сооружений выполняются открытым способом, подразделения комплектовались специальными пожарными автомобилями-автоцистернами. Опыт тушения пожаров в тоннелях, возникших на участках, где ранее располагались нефтехранилища (Москва, Баку и др.), послужил основанием к комплектованию подразделений мощными средствами порошкового и пенного пожаротушения.

По существу, серьезнейший экзамен на живучесть и оперативную готовность выдержала горноспасательная служба отрасли в 1988 г., большинство подразделений которой одними из первых приняли участие в аварийно-спасательных работах во время землетрясения в Армении. Около 250 горноспасателей самоотверженно занимались спасением людей в руинах г. Ленинакана под руководством начальника Управления. За мужество и стойкость, проявленные горноспасателями, которые приступив к работам с первого дня катастрофы, спасли 39 человек, большая группа личного состава Управления была награждена государственными наградами.

Заложенные в 80-е гг. основы оперативной готовности горноспасательной службы и накопленный опыт ведения горноспасательных работ на объектах строительства подземных сооружений успешно использовались, развивались и совершенствовались в последующие годы.

В связи с преобразованием Минтрансстроя СССР в акционерное общество «Трансстрой», Управление горного надзора и военизированной

проводов, иных коммуникаций, в местах захоронения промышленных отходов и др.). В связи с использованием в период строительства временных схем проветривания на подземных объектах, как правило, существует недостаточный уровень надежности управления аварийными вентиляционными режимами. Привлечение многочисленных субподрядных организаций, особенно на завершающих этапах строительства, интенсивное применение огневых работ в этот период, отсутствие на большинстве объектов постоянной диспетчерской службы и т. д. существенно снижают эффективность реализации первоочередных противоаварийных мероприятий по сравнению с их осуществлением на горнодобывающих предприятиях.

Ряд серьезных аварий на строящихся подземных сооружениях в СССР и за рубежом (пожары, взрывы газа, обрушения и прорывы воды и др.) и принятие в 1975 г. закона «О недрах» послужили основанием для создания профессиональной горноспасательной службы в транспортном строительстве. По распоряжению Совета Министров СССР от 29 ноября 1979 г. № 2599-р приказом по Минтрансстрою СССР с 1 февраля 1980 г. было создано Управление горного надзора и военизированных горноспасательных частей. К исходу 1985 г. в составе этой службы действовало 27 военизированных горноспасательных взводов, которые обеспечивали безопасность на абсолютном большинстве строек. Формирование организационных структур службы было завершено в 1986 г. появлением региональных военизированных горноспасательных частей, в состав которых по территориальному принципу вошли оперативные подразделения (взводы и пункты).

ных горноспасательных частей действует при федеральном органе исполнительной власти в области строительства (в настоящее время Росстрой). В Положении о горноспасательной службе в транспортном строительстве, утвержденном Правительством России в 1993 г. и действующим в настоящее время, впервые четко определен статус этого Управления как юридического лица, структурные подразделения (филиалы) которого на территории Российской Федерации объединены в военизированные горноспасательные отряды (ВГСО) и части (ВГСЧ) регионов.

На всех этапах развития профессиональная горноспасательная служба в транспортном строительстве находилась в области постоянного внимания руководителей строительной отрасли. Своевременно формировались нормативная и материальная базы службы, оказывалась необходимая поддержка на региональном и местном уровне. Например, утвержденные Минтрансстроем СССР в 1989 г. нормы затрат содержания профессиональной горноспасательной службы с течением времени послужили основой ее финансового обеспечения и адаптации сначала к хозрасчетным, а затем к рыночным отношениям. Центральная ведомственная аттестационная комиссия Госстроя России систематически проводила аттестацию горноспасательных подразделений, неизменно подтверждая высокую степень их готовности к выполнению аварийно-спасательных работ в подземных условиях.

В настоящее время проблемные вопросы горноспасательного обслуживания строящихся подземных сооружений на государственном уровне решаются руководителем Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству В. А. Аверченко и заместителями руководителя Ю. П. Тыртышовым и А. А. Поповым.

Подразделения профессиональной горноспасательной службы включены в состав сил и средств функциональных подсистем Росстроя единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычай-



Горноспасательный взвод на строительной площадке объекта по аварийному вызову

ных ситуаций: «Защита городов, населенных пунктов от аварий, катастроф и стихийных бедствий» и «Предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций в организациях (на объектах) по строительству подземных сооружений...». Реализация функциональных подсистем координируется Комиссией Росстроя по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности, которую возглавляет Ю. П. Тыртышов.

В Комиссии по рассмотрению и определению технологически обоснованной потребности в средствах на развитие метрополитенов и других видов скоростного внеуличного пассажирского транспорта, возглавляемой А. А. Поповым, решаются также и вопросы выделения средств на возведение служебно-технических зданий для горноспасательных подразделений, обслуживающих строительство метрополитенов. Такие решения Комиссией уже приняты по результатам рассмотрения проектов экономического обоснования строительства метрополитенов

в Нижнем Новгороде, Красноярске и некоторых других городах.

Создание и функционирование подразделений профессиональной горноспасательной службы неразрывно связано с непосредственным участием в решении этих вопросов руководителей строительных организаций и дирекций заказчиков. Степень этого участия и отношение к службе проявляются, как правило, на первых этапах в решении вопросов размещения подразделения, обеспечения его служебным зданием, отвечающим условиям несения службы, и, в дальнейшем, – условиям финансирования его содержания.

Наиболее удачно решены вопросы размещения подразделений, обслуживающих организации ОАО «Трансинжстрой» (генеральный директор Ю. П. Рахманинов) и ГАО «Управление строительства № 30» (генеральный директор В. П. Абрамчук), для которых еще в 80-е гг. прошлого столетия построены служебно-технические здания с пристроенными гаражами оперативных автомобилей.

Из числа подразделений, организованных в 90-е гг., приспособленными служебными помещениями наиболее удовлетворительно обеспечен горноспасательный взвод в г. Челябинске, что в значительной степени стало возможным благодаря вниманию к решению этого вопроса МУП «Челябметротранстрой» (генеральный директор В. И. Ваганов). Располагают необходимыми служебными площадями подразделения, обслуживающие строительство метрополитенов в Санкт-Петербурге, Самаре, Екатеринбурге, Омске и в большинстве других городов. Например, КУП «Казметрострой» (генеральный директор М. М. Рахимов) в 2004 г. приступил к строительству служебно-технического комплекса для горноспасательного взвода, чему активно содействуют Управление по строительству метрополитена при администрации г. Казани (начальник Г. В. Тулисов) и заместитель главы администрации города О. Д. Антосенко.

В настоящее время назрела необходимость закрепления законами прямого действия организационных основ отраслевых профессиональных горноспасательных служб с целью сохранения достигнутого вы-

Установка порошково-пенного пожаротушения (ППУ)



сокого уровня их оперативной готовности в условиях рыночной экономики. В числе прочих вопросов, учитывая социальный характер целей и задач горноспасательных служб, следует определить четкую систему обязательного финансирования недропользователями содержания этих служб.

В целом профессиональная горноспасательная служба в транспортном строительстве, несмотря на сложности с финансированием содержания, на всех этапах своего развития успешно справлялась с задачами обеспечения безопасности.

Однако в последние годы среди частных горно-строительных компаний прослеживаются тенденции возврата к практике почти 100-летней давности, когда артели горноспасателей создавались на горных предприятиях в каждом случае по произвольно выбранным принципам. Такие команды в настоящее время оформляются в виде обществ с ограниченной ответственностью, им присваиваются любые наименования, в том числе, ка-бы-либо «...военизированный горноспасательный отряд» или «военизированная горноспасательная часть (ВГСЧ)».

В результате происходит неправомерная подмена не только понятий указанных наименований, но и соответствующих принципов обеспечения безопасности на работах, связанных с пользованием недр: вместо предусмотренного Правилами безопасности обслуживания объектов строительства подземных сооружений государственной профессиональной горноспасательной службой строительной отрасли, составляющей систему сил, средств и органов управления, горноспасательные работы перепоручаются отдельным частным формированиям, действующим вне нормативных требований к этим работам и структурам.

Частные подрядные организации, выполняющие строительство подземных сооружений, как правило, за счет инвестиций из бюджетов разных уровней, в погоне за получением сверхприбылей начинают экономить, в первую очередь, на вопросах безопасности производства горных работ, в том числе путем использования средств, предназначенных пользователем недр для содержания профессиональной горноспасательной службы.

В условиях возросшей опасности возможных террористических актов ослабление специализированных отраслевых горноспасательных служб за счет их подмены частными коммерческими формированиями недопустимо. На наш взгляд нельзя также коммерциализировать горноспасательные службы, обеспечивающие безопасность в недропользовании. Содержание последних, применительно к профессиональной горноспасательной службе в строительной отрасли, должно производиться на основе нормируемых затрат, предусматриваемых в сметах строок.

В последние годы усилено техническое вооружение горноспасательной службы за счет внедрения в подразделениях механизированного аварийно-спасательного инстру-



Тушение пожара на практических занятиях

мента типа «Спрут» и аналогичных комплектов, выпускаемых АО «Агрегат».

Изолирующие респираторы личного состава снабжены дыхательными масками, позволяющими вести речевую связь в загазованной среде. Горноспасательные отделения оснащены табельными комплектами в типовых укладках, новыми средствами индивидуальной защиты, позволяющими выполнять работы в условиях химических загрязнений и при высокой температуре.

Среди отраслевых профессиональных горноспасательных служб подразделения строительной отрасли первыми начали внедрение переносных установок импульсного пожаротушения мелкоаэрозольной водой (типа РУПТО).

Для оценки состава воздуха и параметров микроклимата в горных выработках используются современные средства экспресс-анализа: газоанализаторы (типа ОКА, Хоббит и др.) и мультигазоанализаторы (МХ-2000, «МХ 21-Plus» и т. п.), гигрометры и анемометры фирмы «Testo».

В 2004 г. начата планомерная замена в оперативных отделениях подразделений индикаторных трубок на кислород приборами ОХ-2000 (кислородомер) фирмы «Oldnam».

Метрологическая служба ГУ «Управление ГН и ВГСЧ при Госстрое России» с 1999 г. аккредитована Госстандартом России на право производства поверки средств измерения давления и расхода газа, что позволило осуществлять поверку средств измерений (приборов, манометров и т. п.) собственными силами в специализированных мастерских, созданных при штабах ВГСО и ВГСЧ.

Анализ аварийных ситуаций за истекший период на строительстве подземных сооружений на территории России свидетельствует, что из зарегистрированных около двухсот случаев, 65 % были вызваны возникновением пожаров в горных выработках, в наднахтных зданиях и припортовых сооружениях. Основными причинами пожаров и загораний являются, в первую очередь, неисправности электромеханического оборудования и сетей электроснабжения, во-вторых, несоблюдение норм пожар-

ной безопасности при выполнении электрогазосварочных работ.

К числу наиболее серьезных аварийных ситуаций в этот период можно отнести пожар, возникший в горных выработках на строительстве Северомуйского тоннеля в октябре 1992 г., когда в задымленной зоне на расстоянии свыше 3 км от выхода на поверхность оказалось 20 человек. Горноспасатели обслуживающего стройку взвода под руководством своего командира вывели по задымленным выработкам всех застигнутых людей и потушили пожар.

В этом же году личный состав 1-го взвода Московского ВГСО, участвуя в тушении пожара в тупиках Московского метрополитена за станцией «Битцевский парк», оперативно справился с его ликвидацией, несмотря на то, что привлеченные в начальный момент пожарные подразделения в течение нескольких часов безуспешно пытались этого достичь. В аналогичной ситуации успешно действовал личный состав горноспасательного взвода ВГСЧ Востока в апреле 1998 г. при пожаре во временно приостановленном строительстве выработках Новосибирского метрополитена.

В декабре 1996 г. горноспасательный взвод в Екатеринбурге предупредил большой материальный ущерб, оперативно потушив пожар в стволе № 5-бис строящегося метрополитена. В горных выработках шахты находилось более 15 человек, и только благодаря своевременному принятым мерам люди в начальный момент остались в безопасной зоне (в незадымленных выработках) и не пострадали. На этой же стройке в сентябре 2004 г. в результате загорания трансформатора ТСЗИ-40 в горных выработках ствола № 19 был перекрыт сильным задымлением выход из забоя левого перегонного тоннеля двум слесарям ГПК «Вирт». Горноспасательное отделение вывело людей из опасной зоны, предвзительно переключив их в запасные газоаппараты. Обстановка в первоначальный момент осложнилась по причине невозможности выполнения аварийного вентиляционного режима вследствие не-



Автопоезд с мобильным резервом горноспасательного оборудования

штатной остановки вентилятора, проветривающего ЛПТ.

Затопления горных выработок водой и другими текучими массами (обводненными грунтами, пльвунами и т. п.) составляют свыше 20 % аварийных ситуаций и по частоте возникновения занимают второе место после пожаров. Аварийные ситуации возникают, как правило, из-за прорыва грунтовых вод в призабойное пространство тоннелей, сопровождаются выносом песка, разрушением крепи, что приводило, в ряде случаев, к длительной приостановке горно-строительных работ. Прорывы воды с выбросом обводненных грунтов и пльвунов неоднократно происходили на Северомуйском тоннеле, один из которых, в мае 1999 г., существенно повлиял на сроки завершения строительства. Аналогичные аварийные ситуации имеют место на прокладке метрополитена в г. Казани, где в 2001–2004 гг. произошло три инцидента, обусловленных затоплением ТПМК «Ловат».

В большинстве случаев развитие таких аварийных ситуаций происходит постепенно, им предшествует ряд признаков, свидетельствующих о перераспределении горного давления на крепь, постепенный

рост водопритока и др., что обеспечивает своевременный вывод людей из опасной зоны. Более опасными являются ситуации, когда затопление выработок происходит поверхностными водами. Примером может служить ситуация, возникшая в апреле 2002 г. на строительстве тоннеля донного выпуска (ТДВ) Юмагузинского водохранилища в Республике Башкортостан. В результате резкого подъема уровня воды в реке Белая паводковые воды начали поступать в тоннель через транспортно-вентиляционную штольню (ТВШ). Установленные в ТДВ насосные установки не обеспечили откачку водопритока, и началось интенсивное подтопление строящегося тоннеля, в результате которого пять человек, оставшихся не оповещенными о прорыве воды, были выведены дежурной группой горноспасательного подразделения.

До 10 % от общего числа аварийных ситуаций составляют на строительстве подземных сооружений внезапные обрушения горных пород и столько же – загазования горных выработок. На строительстве метрополитена в г. Челябинске в июле 2001 г. произошло загазование выработок на объекте

«Ствол 252» продуктами взрывных работ из-за остановки главной вентиляторной установки (ГВУ) в момент их проведения в связи с отключением электроснабжения объекта. На протяжении почти двух суток горноспасательное подразделение выполняло обслуживание насосных установок и вело мониторинг состава воздуха до полного разгазования выработок.

Кроме аварийных горноспасательных работ подразделения на обслуживаемых объектах систематически выполняют работы в изолирующих респираторах неаварийного характера, связанные, главным образом, с вскрытием и обследованием временно остановленных изолированных горных выработок, количество и общая протяженность которых в последние десять лет возросли.

Ежегодно подразделения выполняют десятки выездов на отдельные несчастные случаи как на обслуживаемые объекты строящихся подземных сооружений, так и для оказания помощи людям в городах и населенных пунктах по месту своей дислокации. Подразделения горноспасательной службы в Москве участвовали в ликвидации последствий террористических актов (в августе 2000 г. в подземном переходе между станциями метро «Тверская» и «Пушкинская», в феврале 2004 г. на перегоне от ст. «Автовзводская» до ст. «Павелецкая»); в Новосибирске и Нижнем Новгороде – в ликвидации аварийных ситуаций на хлораторных участках водозаборных станций; в г. Самаре в мае 2000 г. проводились спасательные работы на территории Самарской области по поиску студентов, оставшихся в горных выработках заброшенного рудника по добыче известняка; подразделение, обслуживающее Баксанскую Нейтринную обсерваторию, вело работы в июле 2000 г. при ликвидации последствий схода селевого потока по реке Герхожан в Кабардино-Балкарской Республике.

При выполнении горноспасательных работ в аварийных ситуациях, связанных в основном с задымлением, загазованностью или затоплением выработок, за прошедшие годы горноспасатели спасли 314 человек, находившихся в опасных зонах.

Горноспасательные подразделения комплектуются в основном из рабочих ведущих

Аналитическая лаборатория 1-го ВГСВ Московского ВГСО.

Компьютерная обработка результатов замеров состава воздуха мультигазоанализаторами



горных профессий, имеющих опыт работы в подземных условиях, кадры командного состава – из числа специалистов с высшим и средним техническим образованием в области технологии подземных горных работ.

В январе 1986 г. в Днепропетровске было создано учебное подразделение, в котором за пять лет (1986–1991) прошли обучение свыше 500 человек-респираторщиков и младших командиров. В дальнейшем курсовое обучение проводилось в среднем по 60–80 человек в год в учебном взводе при Московском ВГСО (1994–1998) и продолжается в настоящее время в учебном центре Отряда быстрого реагирования (ОБР) Центрального штаба ВГСЧ Минпромэнерго России.

Выполнение горноспасательных работ в горных выработках предполагает не только высокий уровень физической подготовки и психологической устойчивости личного состава, но и разносторонний практический опыт тактических приемов выполнения работ в условиях непригодной для дыхания атмосферы, ограниченной видимости и высокой температуры (при подземных пожарах). Успешное выполнение горноспасательных работ свидетельствует о высокой квалификации личного состава военизированных подразделений горноспасательной службы.

В составе этих подразделений проходят службу 136 человек, награжденных знаком «Ветеран горноспасательной службы», в числе которых кавалеры орденов «Трудового Красного Знамени», «Дружбы народов» и других государственных наград, а также награжденные ведомственными знаками отличия в труде «Почетный строитель России», «Почетный транспортный строитель», «Шахтерская слава» и почетными грамотами Госстроя России. Более 20 лет посвятили горноспасательному делу участники ликвидации многих аварийных ситуаций на строительстве подземных сооружений, ветераны горноспасательной службы Безрядин Валерий Андреевич, Берлизова Галина Валентиновна, Бокарев Анатолий Андреевич, Востряков Георгий Алексеевич, Гнатюк Михаил Афанасьевич, Козлов Виктор Иванович, Мовчан Дмитрий Михайлович, Малков Анатолий Семенович, Навалихин Леонид Геннадьевич, Федичев Александр Алексеевич, Пкин Хирбей Махайдович, Чаплыгин Евгений Михайлович и многие другие, чей многолетний труд во благо безопасности метро- и тоннелестроителей отмечен по достоинству ведомственными почетными знаками отличия и государственными наградами.

Подразделения горноспасательной службы осуществляют многоплановую работу по предупреждению возможных аварийных ситуаций в среднем на 110–115 объектах строительства подземных сооружений: ежегодно вскрывается свыше тысячи нарушений Правил безопасности, рассматриваются планы ликвидации аварий, проверяется состояние противоаварийной защиты и готовность персонала обслуживаемых организаций к действиям при авариях.



Специализированные мастерские ВГСО 21. Канатно-испытательная станция (Москва)



Классные занятия

В организованной при ВГСО 21 в 1994 г. канатно-испытательной станции ежегодно испытывается свыше 200 шахтных подъемных канатов; в аналитических лабораториях выполняются анализы около 10 тыс. проб, на объектах проводится около ста учебных тревог в год. В целом профессиональное горноспасательное обеспечение безопасности строящихся подземных инженерных сооружений на протяжении последних 25-ти лет соответствовало своему назначению, накоплен опыт тактических приемов ликвидации аварийных ситуаций и их последствий, определены оптимальные организационные формы, утверждена нормативная база. Однако непрерывно изменяющиеся условия экономики предопределяют необходимость дальнейшего совершенствования службы.

В планах развития горноспасательной службы в транспортном строительстве предусматривается дальнейшее расширение круга обслуживаемых предприятий, эксплуатирующих опасные производственные объекты по месту дислокации действующих подразделений (подземные сооружения, находящиеся

в эксплуатации: метро, коммунальные, гидротехнические, транспортные тоннели и сооружения, химически опасные производства и т. п.), а также участие в ликвидации лесных и торфяных пожаров и в других аварийноспасательных работах при стихийных бедствиях и катастрофах.

Одновременно в перспективах развития службы планируется совершенствование технической оснащенности и мобильности подразделений, оптимизация системы специальной подготовки кадров, укрепление нормативной базы службы и оперативной готовности подразделений к выполнению горноспасательных работ.

Многолетний путь отраслевой профессиональной горноспасательной службы, пройденный вместе со строителями метро, тоннелей, других подземных сооружений, подтвердил ее необходимость и значимость в противоаварийной защите объектов горно-строительных работ в подземном пространстве, эффективность действующей системы сил и средств ее обеспечения и актуальность дальнейшего совершенствования и развития.

ПУТЕПРОВОД ТОННЕЛЬНОГО ТИПА В МОСКВЕ

В. В. Варшавский,
начальник мастерской № 7
ГУП «Мосинжпроект»
О. В. Сазанов,
ГИП

Существующее положение

В настоящее время Боровское шоссе пересекает железнодорожный путь ветки Киевского направления МЖД в одном уровне с автоматическим шлагбаумом.

Институтом «Мосгипротранс» ведётся проектирование (реконструкция) железнодорожного полотна с устройством второго (перспективного) ж-д пути. При проектировании новой трассы Боровского шоссе необходимо устроить пересечение в разных уровнях с двумя железнодорожными путями и разворотными автопроездами рядом с полотном железной дороги.

Проектные решения института «Мосинжпроект»

Проектируемый путепровод тоннельного типа состоит из трёх отдельных частей:

- железнодорожного путепровода;
- автодорожного путепровода;
- рамповой части.

Железнодорожный путепровод

Под каждый железнодорожный путь запроектировано отдельное сварное металлическое пролётное строение с ездой понизу с минимальной строительной высотой. Расчётный пролёт состоит из двух главных балок двутаврового сварного сечения и системы поперечных и продольных балок в уровне мостового полотна.

Главные балки, продольные и связи выполняются из мостовой стали 16Д, а поперечные балки – из стали 15ХСНД. Все монтажные соединения приняты на высокопрочных болтах диаметром 22 мм.

Расстояние в осях главных балок $B = 5,6$ м, высота $h = 2,48$ м, полная длина $L = 34,22$ м. Поперечные $h = 470$ мм, сварные двутаврового сечения, опираются понизу главных балок по схеме $2,0 \times 4 + 2,2 \times 8 + 2,0 \times 4 = 33,6$ м. Продольные аналогичного сечения имеют расстояние в осях $B = 1,9$ м.

Мостовое полотно запроектировано на металлических поперечинах $h = 200$ мм, $L = 2400$ мм. Рельсовые подкладки крепятся к ним болтами по месту после укладки пути. На мостовом полотне также укладываются охранные и контруголки, тротуарный столик. Металл покрывается защитным покрытием «Steel-paint» в три слоя.

Тротуары отделены от мостового полотна и располагаются на железобетонных ребристых плитах $B = 1,26$ м.

Фундаменты устоев выполнены методом «стена в грунте» толщиной 80 см из бетона класса В30 F200 W8. Монолитная обвязка, открылки, переходная плита – из бетона класса В40 F300 (в солях) W12. На пере-

ходные плиты укладывается щебёночная подушка.

Земляное полотно и пути устраиваются по проекту Мосгипротранса.

Автодорожный путепровод

По обеим сторонам от железнодорожного полотна устроены автодорожные проезды, под каждый из которых запроектированы рамные двухчковые железобетонные конструкции со схемой $2 \times 16,7 = 33,4$ м.

Крайние и промежуточная стенки возводятся методом «стена в грунте» толщиной 80 см.

Пролётные строения высотой $h = 80 \div 105$ см из бетона класса В40 F300 (в солях) W12 жёстко объединены со стенками. На пролётном строении вдоль автопроезда устроены парапеты и монолитные железобетонные ограждения. Мачты освещения устанавливаются на усиленных приливах. Видимые железобетонные поверхности проезжей части покрываются защитным покрытием НПО «Космос». Нижние поверхности железобетонного перекрытия окрашиваются краской ПХВ в два слоя.

Рамповая часть

Подпорные стенки рамповых частей выполняются также методом «стена в грунте» толщиной 80 см. После вскрытия и срубки некачественного бетона поверх стены устра-

ивается обвязочный брус с парапетом из бетона класса В30 F300 (в солях) W10.

Концевые участки рамповых частей запроектированы корытообразного типа на естественном основании из бетона класса В30 F300 (в солях) W10.

Монолитный бетон со стороны засыпки гидроизолируется одним слоем «Изопласта» с защитой «Дренаж-1».

В уровне низа дорожной одежды устраивается система поясов и распорок из бетона с обмазкой горячим битумом.

Стены рамп и путепроводов облицовываются стеклофибробетонными панелями, прикреплёнными к металлической сетке через забуренные анкеры.

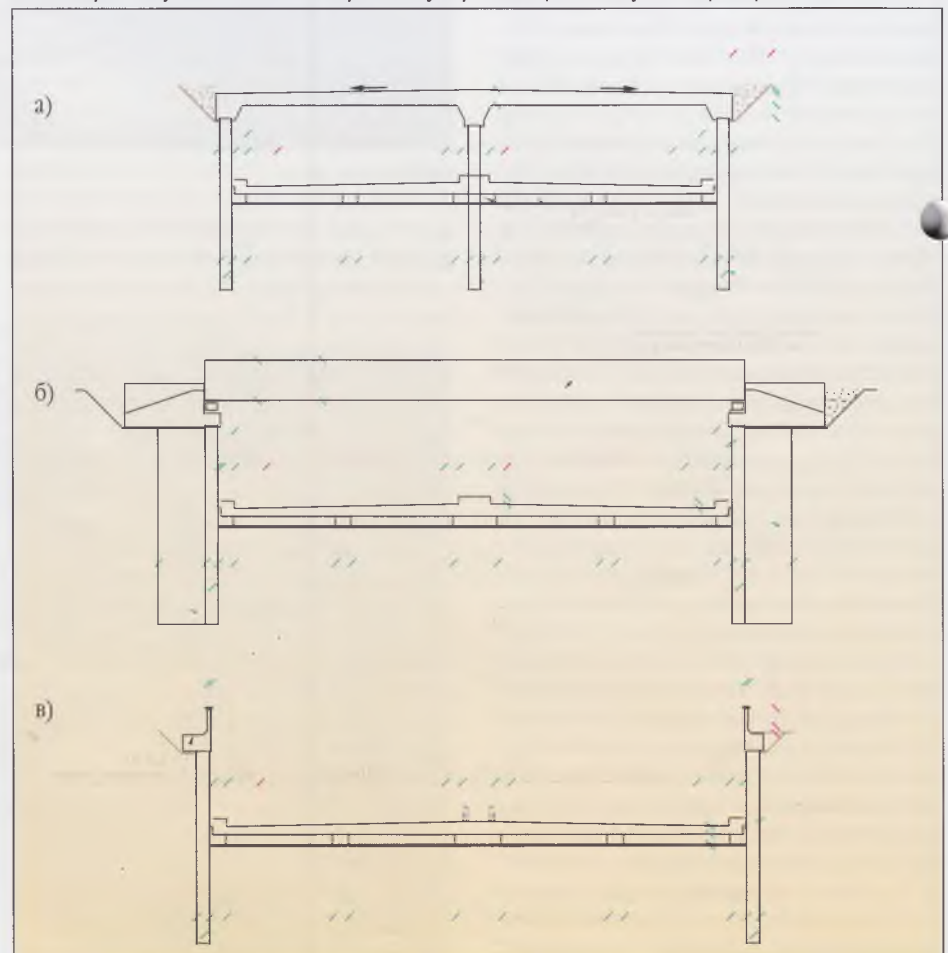
Поверхность «стены в грунте» после очистки покрывается обмазочной гидроизоляцией и защищается слоем «Дренаж-1». В уровне верха распорок устроен пристенный дренаж с отводом воды в дорожный слив.

Поверхность стеклофибробетонных плит покрыта защитным покрытием «Силор».

Парапеты рамповых частей и автодорожных путепроводов облицовываются гранитом.

Освещение подмостового пространства осуществляется боковыми светильниками на закладных деталях. К верхней части стен крепятся кронштейны с кабелями освещения, уложенными в трубы.

Поперечное сечение отдельных участков тоннеля, сооружаемых методом «стена в грунте»: а – автодорожный участок; б – железнодорожный путепровод; в – рамповые участки с распорками



НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА СТРОИТЕЛЬНЫХ ПЛОЩАДКАХ МОСКВЫ

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

Иntenсивное освоение подземного пространства, особенно в крупных городах, невозможно без применения новых технологий. В связи с этим бестраншейная прокладка инженерных коммуникаций методами микротоннелирования, горизонтально-направленного бурения быстро из разряда диковинок стала объективно востребованной технологией и сегодня динамично развивается.

Предприятие ООО «Сентябрь» с 1996 г. применяет установки горизонтально-направленного бурения «Навигатор» (фирма «Вермеер») для прокладки трубопроводов различного назначения. Ежемесячно мы прокладываем 5–7 км труб, в основном полиэтиленовых, как в Москве, так и Московской области.

Накопленный опыт работы в области бестраншейной прокладки коммуникаций позволяет нам ставить перед собой новые, более сложные задачи, в частности по освоению технологии строительства трубопроводов большой протяженности (до 2 км) и больших диаметров (до 1,5 м).

Для решения этих задач приобретена установка горизонтально-направленного бурения НК-250 S фирмы «Херренкнехт», развивающая тяговое усилие до 250 т.

Комплекс оборудования подобного класса является фактически мобильным заводом, продукция которого – прокладка труб в любых гидрогеологических условиях.

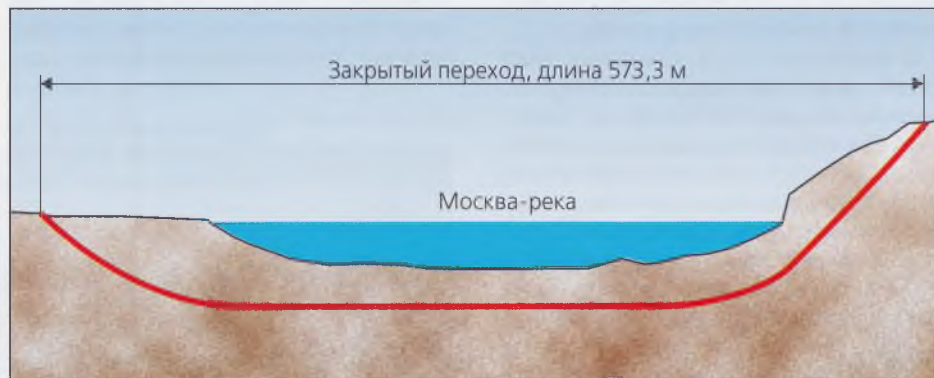
В состав НК-250 S входят, помимо самой буровой установки: силовые блоки по 400 и 67 кВт, установки регенерации и приготовления буровой смеси, лаборатория экспресс анализа качества бентонитового раствора и многое другое.

Компьютерное обеспечение позволяет строго соблюдать и контролировать технологию

ООО «Сентябрь», созданное в 1993 г., является специализированным предприятием по прокладке трубопроводов различного назначения бестраншейными методами.

Каждая установка обеспечена всем необходимым парком специальной техники, укомплектована высококвалифицированным персоналом, что позволяет выполнять заказы под ключ от проекта до сдачи объекта.

Бестраншейная прокладка трубопроводов методом наклонного горизонтально-направленного бурения (ГНБ) стала общепризнанной альтернативой открытому способу, в ряде случаев, и некоторым методам закрытого строительства, благодаря техническим, экономическим и экологическим преимуществам.



Профиль трассы тоннеля


ведения работ и, при необходимости, своевременно осуществлять нужные корректировки.

В настоящее время ведется строительство первого объекта в Москве, где заказчиком является ООО «Организатор», генподрядчиком – фирма «Стройэкология». Проект закрытого перехода выполнен проектной группой ООО «Сентябрь».

Назначение: прокладка под р. Москвой 12-ти футляров диаметром 225 мм в скважине диа-

метром 1200 мм при длине закрытого перехода 578 м для электроснабжения строительства Серебряноборского тоннеля.

Работы выполняются при технической поддержке фирм «Херренкнехт», «Бароид», «Вермеер».

Опыт работы нашего предприятия в области ГНБ и наших именитых партнеров позволяет уверенно смотреть в будущее и уже сейчас вести проработку последующих объектов. 

На выставке «Акватек» в Москве



Установка горизонтально-направленного бурения НК-250 S фирмы «Херренкнехт»





«БИРЮЗА» НОВЫЙ МИКРОПРОХОДЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Компания «Альянс•К» специализируется на конструировании, изготовлении отечественных горнопроходческих комплексов и их освоении на объектах подземного строительства с учетом современных требований к технологиям.

В настоящее время компанией «Альянс•К» разработан микротоннелепроходческий комплекс МТПК-1550 роторного типа «Бирюза». Он предназначен для сооружения тоннелей методом продавливания железобетонных, полимерных и стальных труб в смешанных, в том числе, и водонасыщенных грунтах с коэффициентом прочности $f \leq 6$ по шкале М. М. Протодяконова при гидростатическом давлении до 0,3 МПа.

Главное направление при создании комплекса – это повышение эксплуатационной надежности, производительности щита и упрощение его конструкции.

МТПК-1550 соответствует современному уровню развития техники бестраншейной прокладки трубопроводов, выпускаемой ведущими фирмами мира – «Херренкнехт», «Ловат» и др.

Технические данные

Комплекс полностью механизмирует все операции горнопроходческого цикла – от разработки забоя, транспорта грунта, до возведения тоннеля из секций труб.

С целью обеспечения большей длины сооружаемого тоннеля из одного шахтного ствола, комплекс оснащен двумя промежуточными домкратными установками 1042-06.00.000, разборная конструкция которых позволяет демонтировать их из тоннеля и использовать многократно.

В состав комплекса входят:

- щитовая микромашина;
- гидрооборудование;
- электрооборудование;
- система гидротранспорта;
- установка домкратная силовая;
- установка домкратная промежуточная;
- эстакада грузоподъемная;
- кабелеукладчик;
- уплотнение стартовое;

- контейнер-отстойник;
 - контейнер для воды;
 - контейнер управления;
 - система подачи бентонитового раствора.
- МТПК-1550 оснащен системой ведения щитовой микромашины по трассе, включающей лазерную установку в шахтном стволе

и фотоприемное устройство на щитовой микромашине.

С целью уменьшения трения наружной поверхности продавливаемых секций труб в состав комплекса входит установка по приготовлению бентонитового раствора и подаче его на наружную поверхность труб.

Таблица
Технические данные МТПК-1550 роторного типа «Бирюза»

Наименование показателя	Норма
1. Наружный диаметр прокладываемых железобетонных или полимербетонных труб, мм	1550
2. Внутренний диаметр прокладываемых железобетонных или полимербетонных труб, мм	1200
3. Наружный диаметр прокладываемой стальной трубы, мм	1520
4. Длина секции трубы, мм	3000
5. Наружный диаметр щитовой микромашины, мм	1550
6. Максимальный крутящий момент на роторе, кНм (тсм)	177(18)
7. Скорость вращения режущего органа, мин ⁻¹	0–6
8. Гидроцилиндры управления головной частью, шт.	4
9. Максимальный угол поворота головной части, град.	2
10. Максимальное усилие установки домкратной силовой, кН (тс)	5886(600)
11. Ход гидроцилиндров установки домкратной силовой, мм	1850
12. Максимальное усилие установки домкратной промежуточной, кН (тс)	3727(380)
13. Ход гидроцилиндров установки домкратной промежуточной, мм	350
14. Скорость движения гидроцилиндров установки домкратной промежуточной, м/мин	0–0,316
15. Максимальная производительность водяного и грязевого насосов системы гидротранспорта грунта, м ³ /ч	100
16. Грузоподъемность эстакады, тс	8
17. Номинальное напряжение питающей сети, В	380
18. Частота питающей сети, Гц	50
19. Номинальное напряжение цепей управления, В	24
20. Общая установленная мощность электродвигателей комплекса, кВт	250
21. Масса щитовой микромашины, т	19
22. Масса установки домкратной силовой	13,5
23. Масса установки домкратной промежуточной, т	5
24. Общая масса комплекса, т	60
25. Техническая скорость сооружения тоннеля (в зависимости от горно-геологических условий), м/сут.	12–30

Работа комплекса и его составных частей

Режущий инструмент ротора состоит из стержневых, прорезных и оконтуривающих резцов. Все резцы оснащены твердосплавными вставками, обеспечивающими гарантированное разрушение пород прочностью до 600 кг-с/см².

Крепление резцов быстросъемное, с возможностью замены в промежуточных шахтах, при этом стержневые и оконтуривающие установлены в поворотных обоймах, а прорезные – качающиеся, что позволяет увеличить срок службы режущего инструмента.

Конусная дробилка представляет собой пространство между вращающейся внутренней поверхностью ротора и неподвижным центральным стержнем, на которых размещены продольные пластины – выступы с твердосплавной наплавкой для разрушения твердых включений.

Для более эффективного разрушения породы неподвижный центральный стержень установлен с эксцентриситетом к оси вращения ротора.

Для предотвращения повышенного износа на все рабочие поверхности (забурник, ротор, неподвижный центральный стержень и т. д.), контактирующие с разрабатываемым грунтом, нанесена твердосплавная наплавка и, кроме того, неподвижный центральный стержень выполнен съемным, что позволяет осуществлять его оперативный ремонт или замену.

Главный подшипник, на котором установлен в головной части ротор, – трехрядный и на цилиндрических роликах, что обеспечивает восприятие высоких нагрузок во всех направлениях и передачу крутящего момента сапелитными шестернями на ротор через зубчатую передачу на внутренней обойме подшипника. Такая конструкция обеспечивает универсальность и компактность этого узла.

Для вращения ротора применены три мотор-редуктора, состоящие каждый из планетарного редуктора и гидромотора, с возможностью регулирования скорости вращения ротора в зависимости от прочности грунта по трассе проходки, что позволяет при небольших габаритах добиться высокого крутящего момента на роторе. Для увеличения срока службы зубчатая передача размещена в замкнутом пространстве с постоянной жидкой смазкой и возможностью ее периодической замены.

Головная часть режущей головки щитовой микромашины имеет герметичную камеру, отделенную от грунтового пространства перегородкой, на которой установлен ротор.

Для предотвращения попадания воды, грунта и т. п. в наиболее важные детали микромашины (главный подшипник и зубчатые передачи), на головной части установлены узлы уплотнений между подвижными и неподвижными частями. Уплотнения выполнены из полиуретана со специальными антифрикционными добавками. С целью повышения надежности и увеличения срока службы в уплотнительные узлы через несколько каналов при вращении ротора постоянно нагнетается пластичная смазка под высоким давлением.

Головная часть режущей головки микромашины шарнирно соединена с ее опорной частью и управляется четырьмя гидроцилиндрами, обеспечивающими поворот головной части на необходимый угол. Контроль поворота осуществляется при помощи датчиков перемещения, расположенных между головной и опорной частями и режущей головкой.

Для обеспечения беспросадочности или выпучивания дневной поверхности при проходке на небольших глубинах, на герметичной перегородке головной части установлены два датчика давления грунта в забое. Также по периферии на перегородке размещены четыре специальные форсунки для подачи воды в забой под давлением.

Головная часть совместно с опорной составляют режущую головку щитовой микромашины. В стыке между ними установлены уплотнения, и имеются каналы для подачи консистентной смазки, гидравлически управляемый выдвижной стабилизатор для предотвращения проворота щитовой микромашины от реактивного момента вращения ротора, и фотоприемное устройство (мишень) опико-лазерного устройства ведения щитовой микромашины по трассе сооружения тоннеля.

Ее корпус предназначен для размещения технологического оборудования: системы гидрооборудования с насосным агрегатом и теплообменниками, а также байпаса для переключения потока жидкости гидротранспорта.

На хвостовой части микромашины расположены электрооборудование (силовые шкафы, шкафы управления, и т. д.) и заправочная станция системы консистентной смазки. Для сочленения микромашины и става продавливаемых секций труб предназначен адаптер, соединенный с хвостовой частью с возможностью отклонения его и последующего става от продольной оси.

Для создания усилий для продавливания щитовой микромашины и става секции труб предусмотрена домкратная силовая установка, размещаемая в шахтном стволе. Она состоит из опорной и силовой рам,

упорной плиты, нажимной каретки, гидро- и электрооборудования.

На силовой раме расположены четыре силовых гидроцилиндра с ходом 1850 мм.

Для обеспечения продавливания секции труб длиной 3000 мм предназначена вставка, устанавливаемая между силовыми гидроцилиндрами и нажимной плитой после перемещения секции труб на полный ход выдвижения штоков силовых гидроцилиндров.

Для исключения дополнительного разъедения системы гидротранспорта при установке вставки на нажимной каретке имеются рукава для подачи воды в забой и выдачи пульпы.

Когда усилия домкратной силовой установки недостаточно для преодоления сопротивления перемещения щитовой микромашины и става секции труб сооружаемого тоннеля, между секциями труб монтируют промежуточные домкратные установки.

В зависимости от горно-геологических условий и длины проходки могут применяться дополнительно одна или две таких установки.

Домкратная промежуточная установка представляет собой автономное телескопическое звено, раздвигаемое при помощи гидроцилиндров и оснащенное гидро- и электрооборудованием.

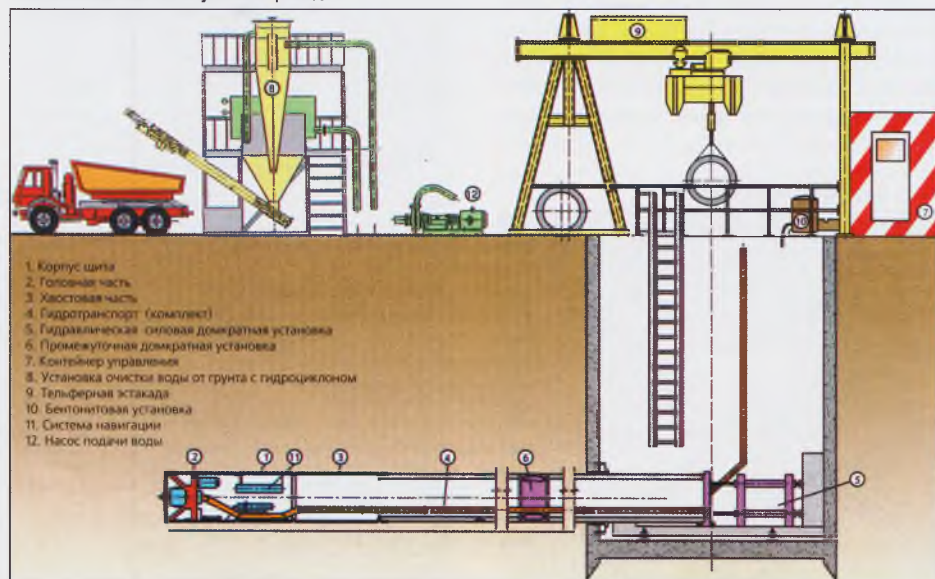
Перемещение подвижной части относительно неподвижной осуществляется по опорам с уплотнением манжетного профиля из полиуретана.

Для подачи воды в забой, откачки пульпы, ее очистки предназначена система гидротранспорта, состоящая из водяного и грязевого насосов с регулируемым производительностями (частотами вращения электродвигателей), трубопроводов по шахтному стволу и сооружаемому тоннелю, контейнера-отстойника, контейнера для воды, байпаса переключения потока жидкости, отверстий и форсунок подачи воды в забой на головной части микромашины.

Водяной насос, контейнер для воды и контейнер-отстойник размещается на поверхности земли у шахтного ствола, а грязевого насос – на дне ствола рядом с силовой домкратной установкой.



Технологическая схема участка проходки



ДЕФОРМАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ СТРОЯЩИХСЯ И ДЕЙСТВУЮЩИХ ТОННЕЛЕЙ

РАЗРАБОТКА ДЕФОРМАЦИОННОГО ЗНАКА (МАРКИ)

М. А. Латышев,
ведущий геодезист
ООО «Радиус-1»

На стадии разработки технологии производства геодезических измерений для деформационного мониторинга строящихся и действующих тоннелей выявлена целесообразность комплексного использования материалов наблюдений за положением тоннельной обделки, полученных из измерений высокоточными тахеометрами на постоянные точки ее поверхности. Комплексное использование материалов наблюдений подразумевает возможность как проведения мониторинга положения (смещения) участков тоннельной обделки, так и одновременно возможность определения текущих геометрических параметров конструкции обделки и их отклонений от проектных значений.

Этот подход нашел свое подтверждение, когда ООО «Радиус-1» получило техническое задание от НИЦ ТМ ОАО «ЦНИИС» на разработку проекта деформационного мониторинга напряженно-деформированного состояния тоннельной обделки Краснопресненской автомагистрали в Москве от МКАД до проспекта Маршала Жукова (Серебряно-борские тоннели), посвященной технологии производства геодезических измерений.

Для решения поставленной задачи необходимо было разработать деформационный знак (марку), который был бы компактным и позволял:

- быть надежно закрепленными по периметру сечения колец без механического воздействия на материал обделки;
- без потери точности производить высокоточные линейно-угловые измерения с обеих сторон марки как по ходу, так и против хода проходки на расстояниях, равных длине стороны основной полигонометрии, т. е. примерно до 50–60 м;

- иметь возможность контроля измерений. С целью обеспечения сохранности знака эти марки не должны иметь сильно выступающих или хрупких частей.

На основании изложенных требований была разработана двусторонняя уголкового деформационная марка.

Она представляет собой инженерную конструкцию из уголкового дюралюминиевого профиля (рис. 1), жестко вмонтированного в текстолитовое основание (платформу), которое изолирует алюминиевую деталь от электрохимической коррозии и температурного воздействия материала тоннельной обделки. Вместо дюралюминиевого профиля можно использовать уголкового профиля из нержавеющей стали, однако он утяжелит конструкцию. На наружные грани уголко-

го профиля нанесена крестообразная насечка – ориентирующие риски, единая для всех марок. Визирными марками (целями) служат пленочные отражатели производства компании Sokkia (Япония), отечественные, производства компании ЗАО «Геостройизыскания» или другие аналогичные им. В связи с развитием высокоточных безотражательных дальномерных технологий в геодезическом приборостроении, можно использовать марки данной конструкции и без наклейки отражающих пленок, но с точно нанесенной, хорошо видимой маркировкой визирных центров. Разумеется, размер марки может варьироваться в зависимости от измеряемых расстояний. Пленочные отражатели наклеиваются по ориентирующим рискам крестообразной насечки на дюралюминиевый про-

Рис. 2. Вид деформационного знака: а – продольное сечение тоннеля, б – поперечное сечение

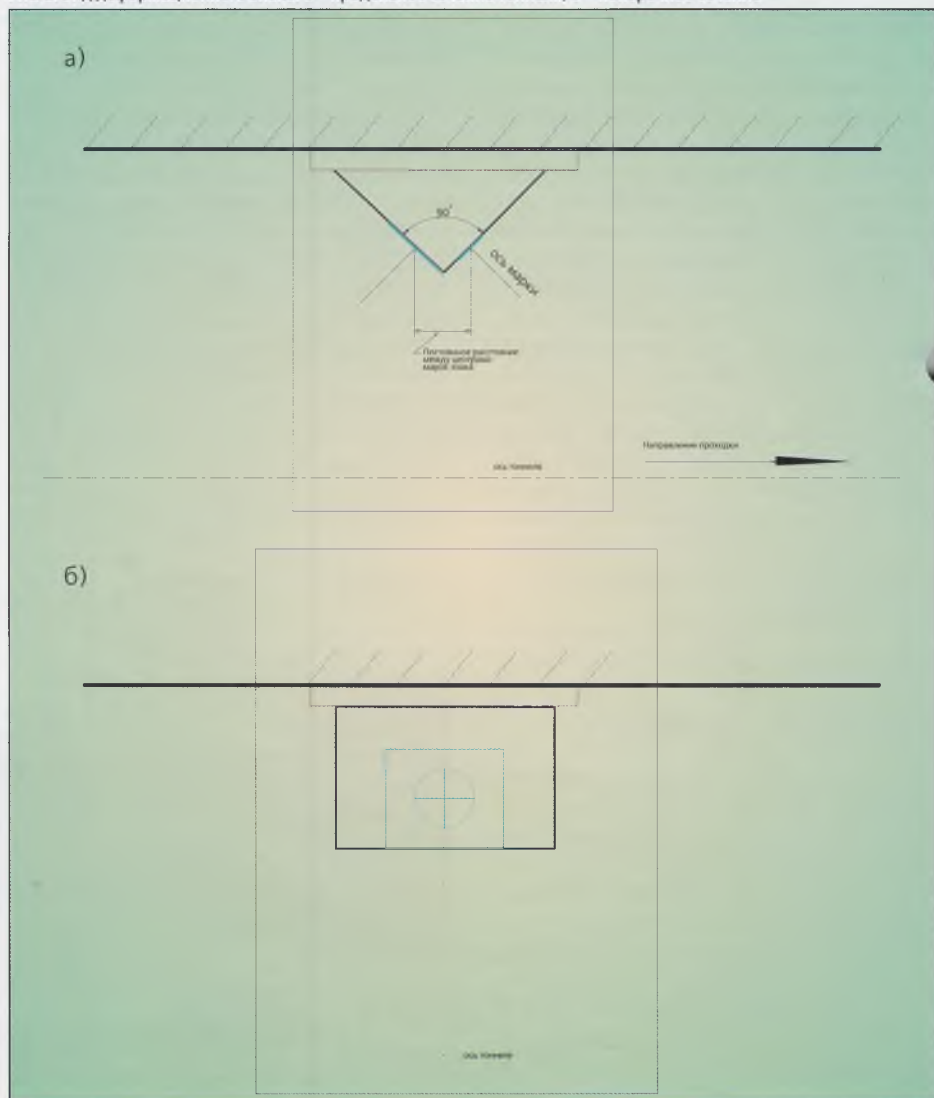
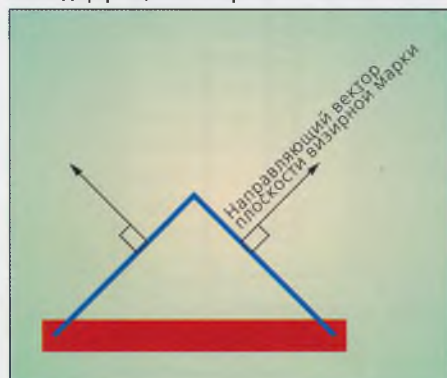


Рис. 1. Деформационная марка



филь. Собранный марка крепится на блок кольца тоннельной обделки по передней грани кольца таким образом, что одна визирная цель видна по ходу проходки, а другая – против (рис. 2, 3).

Единообразная ориентирующая насечка позволяет наклеить визирные марки или нанести маркировку визирных центров для безотражательных дальномеров с высокой точностью, что дает возможность:

- контролировать производство измерений с пунктов, расположенных с разных сторон марки;

- вести контроль над положением «мнимого» пространственного центра марки, получаемого как среднее из координат обеих визирных целей марки. Даже при одностороннем наблюдении можно ввести поправки за приведение к «мнимому» центру, беря в расчет $\frac{1}{2}$ среднего значения стандартного для марки расстояния.

Конструкция марки позволяет визировать на нее с таким расчетом, что угол падения луча светодальномера тахеометра по отношению к направляющему вектору плоскости марки при данных габаритах тоннеля не превысит $30-35^\circ$, что допускает выполнять линейные измерения на нее электронными тахеометрами с высокой точностью (рис. 4, 5).

Специалистами ООО «Радиус-1» в лабораторных и полевых условиях выполнены исследования постоянства размеров марок и стабильности измерений на них высокоточными тахеометрами и их контроля. Промеры по десяти образцам марок были произведены штангенциркулем с точностью отсчета по нониусу 0,05 мм. В разные дни на дистанциях от 7 до 30 м прошли полевые испытания марки. Для испытания была выбрана марка с наиболее близкими к средним значениями промеров. Измерения выполнялись с двух пунктов на визирные цели марки, наклеенные на рабочие грани, а также на контрольную визирную цель на нижней стороне текстолитового основания по центру его симметрии. Полученные результаты показали высокую стабильность и схожесть результатов полевых измерений и средних значений из результатов обмеров серии марок при помощи точного штангенциркуля.

На основе опыта, полученного при работе с марками в строящемся тоннеле на участке Краснопресненской автомагистрали, стало видно, что использование средних координат из двухсторонних измерений для определения положения «мнимого» пространственного центра марки для знаков, расположенных вблизи щита, допустимо при небольшом разрыве во времени наблюдений. Это ограничение следует учитывать при производстве измерений во избежание получения искаженного за счет воздействия нагрузки от домкратов щита положения «мнимого» центра знака, приращений координат и расстояния между центрами визирных целей деформационного знака (марки).

Марки прошли производственные испытания на объектах городского гражданского строительства и в действующих тоннелях Московского метрополитена.



Рис. 3. Схема расположения деформационных знаков на обделке транспортного тоннеля

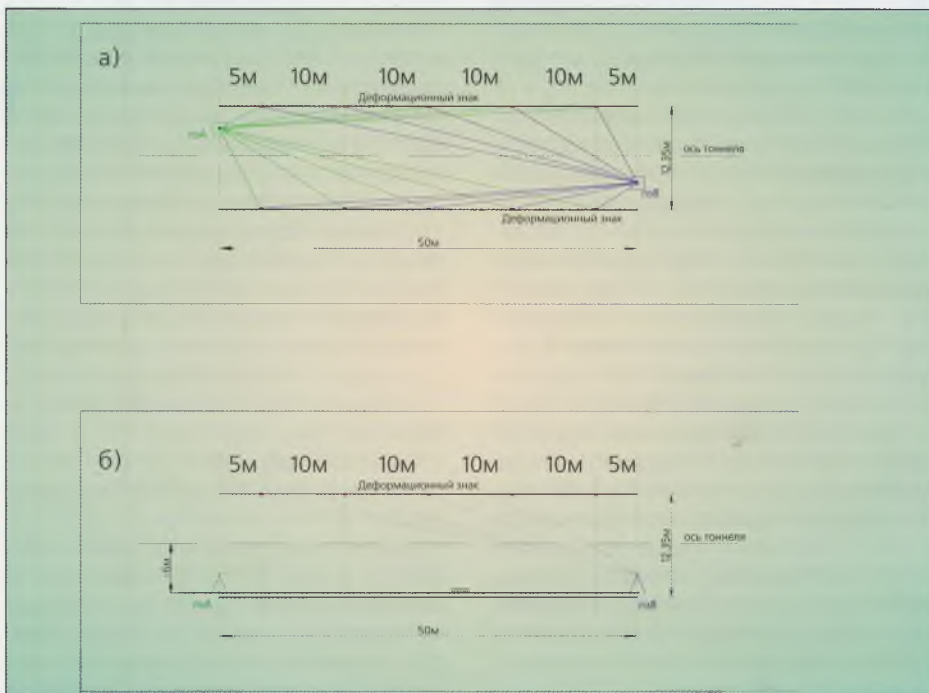


Рис. 4. Схема наблюдения за деформационными знаками, закрепленными в тоннельной обделке: а – горизонтальный разрез, б – вертикальный

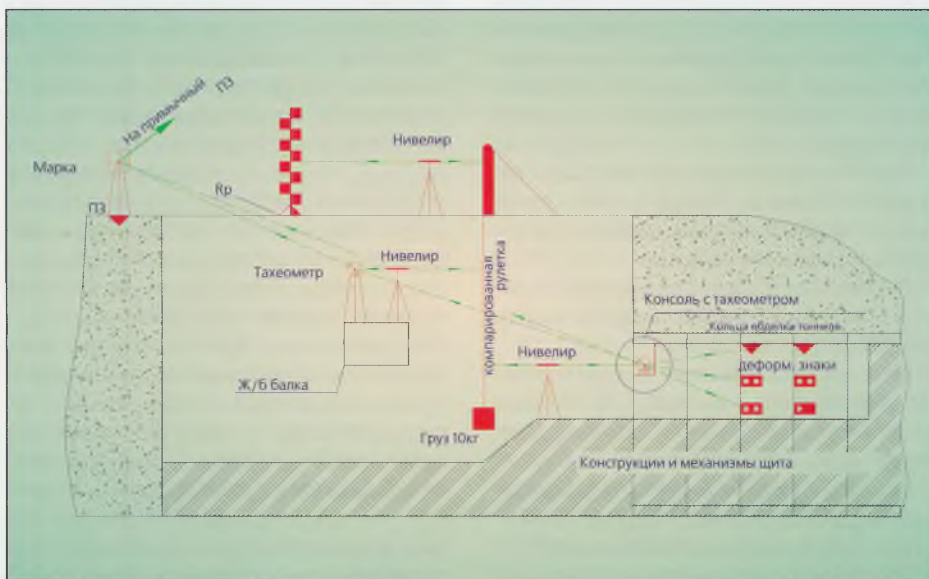


Рис. 5. Схема производства соединительной съемки и передачи отметки на рабочий горизонт

ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ТОННЕЛЬНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Е. М. Захаров,
заместитель директора ГУП
«Ленгипроинжпроект», к. т. н.
В. М. Васильев,
главный специалист, д. т. н.

Государственное унитарное предприятие – институт «Ленгипроинжпроект» – ведущая многопрофильная организация Санкт-Петербурга по комплексному проектированию инженерных сооружений, сетей и коммуникаций.

24 марта 2004 г. исполнилось 30 лет со дня придания институту статуса государственной проектной организации. Фактически институт исполняет роль координирующего центра по комплексу инженерно-транспортной и коммунальной инфраструктуры города, являясь разработчиком документации на всех стадиях проектирования – от генеральных схем развития отраслей инженерного хозяйства (водоснабжения, канализации, газоснабжения) до рабочих проектов.

Одним из основных направлений деятельности института является проектирование канализационных тоннельных коллекторов. В связи с резким увеличением объема работ в 2002 г. был создан специализированный отдел тоннельных сооружений. В предлагаемой статье в определенной мере обобщается опыт Санкт-Петербурга, и рассматриваются проблемы дальнейшего развития системы канализования города.

Современная система водоотведения Санкт-Петербурга является реализацией Генеральной схемы канализации, разработанной в 60–70-е гг. XX века. В данной схеме нашли отражение идеи авторов многочисленных проектов канализации Санкт-Петербурга, после пуска в эксплуатацию городского водопровода в 1863 г.

Наиболее целесообразным считалось отведение сточных вод города по двум (северному и южному) главным коллекторам, сооружаемым горным способом.

Очистные сооружения планировали строить за городской чертой западной города, на берегах Финского залива.

Существующая система водоотведения Санкт-Петербурга – комбинированная: около 70 % территории – это общесплавная система, около 30 % – раздельная.

Главными передаточными устройствами в системе водоотведения Санкт-Петербурга являются коллекторные канализационные тоннели.

Строительство их в Санкт-Петербурге началось в начале 50-х гг. В настоящее время

в городе проложено около 200 км тоннельных коллекторов, а в стадии проектирования и строительства находятся еще свыше 30 км.

Конструктивные решения, принятые на первом этапе строительства, предусматривали различное исполнение – от чугунных тубингов до деревянной обделки с различными типами внутренней рубашки – от нанесения торкрета по арматурной сетке до железобетонной рубашки.

Проездческие цитовые комплексы, с помощью которых сооружались канализационные коллекторные тоннели, имели разные типоразмеры. Минимальный наружный диаметр 1,88 м, максимальный – 5,6 м. В дальнейшем основным конструктивным решением стала обделка из железобетонных тубингов трапециевидной формы с внутренней рубашкой из монолитного железобетона и рабочими диаметрами 1,9, 2,4 и 3,3 м. Все построенные тоннели безнапорные, самотечные, имеющие в основном уклон 0,001 %.

По возрасту тоннели подразделяются:

- от 10 до 15 лет – 15 % от общей протяженности;
- от 15 до 30 лет – 60 %;
- свыше 30 лет – 15 % от общей протяженности.

Условия строительства тоннельных коллекторов в Санкт-Петербурге крайне неблагоприятные. Как правило, в зоне проходки на глубинах до 25 м грунты водонасыщенные лывунного типа (четвертичные отложения). Такие условия требуют проведения специальных мероприятий – глубинного водопонижения, замораживания грунтов или проходки под избыточным давлением (кессон). Все это в итоге отрицательно влияет на качество сооружаемого тоннеля, увеличивает стоимость строительства. Да и работа самого тоннеля, как конструкции, значительно усложняется. Неравномерная осадка шахтных стволов, пройденных в большинстве случаев в замороженном контуре, и тоннелей, возводимых под избыточным давлением, приводят к образованию трещин в местах сопряжения шахт с тоннелями. В таких условиях построено около 100 км.

Как показывает практика эксплуатации тоннелей, все аварийные ситуации создаются на участках, пройденных в сложных гидрогеологических условиях. Незначительное поступление грунтовых вод с выносом плывуна, особенно в лотковой части действующего тоннеля, практически невозможно определить без осушения коллектора. А это приводит к просадкам тоннеля и, в конечном итоге, к разрушению его железобетонных

конструкций. В Санкт-Петербурге подобного типа аварии произошли в 1975, 1979, 1986 гг., на ликвидацию которых потребовались значительные материальные затраты. Анализ аварий на коллекторах выявил, что основными причинами их возникновения явились качество применяемых материалов, нарушение технологии строительства и сложные геологические условия, в которых прокладывается тоннель.

По этим причинам в Санкт-Петербурге с 1975 г. перешли к прокладке тоннельных коллекторов в коренных породах – кембрийских глинах на глубине 30–60 м. Проходка ведется механизированными проходческими комплексами с применением железобетонной обделки, обжатой на породу.

Однако на этих глубинах трассы подземных выработок пересекаются с так называемыми «размывами». Они представляют собой русла Проневы и заполнены осадочными породами различной крупности (гравий, песок, супеси).

Потоки грунтовых вод в «размывах» имеют высокие значения коэффициентов фильтрации и находятся под большим давлением.

В частности, эти условия потребовали проектирования дюкера при строительстве продолжения двух ниток Главного коллектора северной части города длиной 24 км с подключениями по пути.

Учитывая, что канализация Санкт-Петербурга общесплавная, а также расход хозяйственной и бытовой сточной жидкости увеличивается по пути её движения в дюкере, возник ряд проблем, связанных с транспортированием взвеси, плавающих веществ, подключениями расходов жидкости по пути. Эти проблемы решаются за счет разработки конструкции дюкера с применением воздушной подушки, образующейся в подсводовом пространстве тоннеля.

Особые требования при строительстве предъявляются к подключениям сточной жидкости от вышележащей канализационной сети к коллекторам глубокого заложения.

В отдельных точках высота падения сточной жидкости достигает 40 м и более при расходе жидкости свыше 20 м³/с.

На канализационной сети города имеются практически все известные перепады, которые можно классифицировать на трубчатые, многоступенчатые, быстротоки, практического профиля. Наилучшими из рассмотренных следует считать трубчатые с гашением энергии падающей жидкости соударением потоков.

Долговечность канализационных коллекторов зависит как от качества их сооруже-

ния, так и от физико-химического воздействия на конструкции тоннеля.

Накопленный на сегодняшний день опыт эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций коллекторных тоннелей, анализ их преждевременного разрушения, предъявляют повышенные требования к обеспечению их долговечности и эксплуатационной надежности.

Если при расчете тоннелей на силовые воздействия задача надежного проектирования в большинстве случаев решена, то вопрос прогнозирования изменения свойств железобетона во времени под воздействием среды, контактирующей с поверхностью материала, остается открытым.

Канализационные тоннели, транспортирующие хозяйственные и промышленные сточные воды на десятки километров, относятся к искусственным сооружениям, в которых трудно предвидеть возможность реконструкции в течение расчетного периода эксплуатации. Сложность заключается в многофакторности воздействия среды на конструкцию.

В общем случае можно выделить три основные группы факторов, влияющих на кинетику разрушения бетонной обделки:

- физико-химические особенности материала обделки, гранулометрический состав вяжущего и заполнителей, технологические особенности приготовления бетонной смеси, состояние поверхности;
- физико-химические свойства среды;
- технологические параметры транспортирования, заполняемость, скорость движения жидкости, наличие или отсутствие вентиляции.

Основными причинами сокращения сроков службы тоннельных коллекторов являются:

- истирание и износ лотка;
- влияние газовой среды;
- выщелачивание (растворение и вынос компонентов цементного камня);
- химическое воздействие веществ, растворенных в сточной воде (кислот, сульфатов, солей, органических кислот);
- коррозия арматуры и металлоконструкций.

И если первая причина связана, в основном, с механическими процессами, то все остальные могут быть отнесены к коррозионным процессам:

- химико-биологическая под воздействием газовой среды;
- под воздействием агрессивных сточных вод.

Как показали проведенные обследования, повреждения верхнего свода коллектора в значительной степени зависят от состава сточной жидкости, времени ее протекания по канализационной сети, контакт с кислородом воздуха, условий подключения к железобетонному коллектору, а также гидравлического режима в самом коллекторе.

В частности, на многоступенчатых перепадах процессы коррозии идут более интенсивно, чем на трубчатых. Это обстоятельство позволило нам разработать и начать строительство подключений в виде перепадов закрытого типа, где источник газового выделения либо локализуется, либо может быть использован в схеме воздухооб-

мена в коллекторе, как побудитель движения воздуха.

Замеры газа в коллекторе по движению жидкости подтверждают зависимость концентраций газов от гидравлического и аэродинамического режимов движения жидкости и воздуха.

Анализы микробиологической среды на стенке коллектора показывают, что основной причиной разрушений стенки коллектора является наличие на ней различных бактерий, в частности тионовых, грибов, мицелий, которые в процессе жизнедеятельности выделяют вещества, разрушающие тело бетона.

В условиях технической эксплуатации конструкции, контактирующие с агрессивной средой, должны быть выполнены из материала, непроницаемого для воды. Но бетон – материал пористый и весьма неоднородный. При этом на структурную неоднородность цементного камня накладываются факторы неоднородности макроструктуры железобетонной конструкции, обусловленные технологией изготовления конструкции и условиями ее работы. Каверны неоднородного уплотнения, микротрещины усадочного и силового происхождения – неизбежные спутники технологии изготовления железобетонной обделки и рубашки тоннельных коллекторов.

Придание водонепроницаемости конструкции, находящейся под односторонним гидростатическим давлением, неизбежно приводит к устройству гидроизоляционного покрытия, которое должно защищать конструкцию от просачивания через нее воды, и бетон – от агрессивного воздействия среды.

Таким образом, для обеспечения долговечности и эксплуатационной надежности тоннельных коллекторов, необходимы конкретные требования к бетонным конструкциям. Бетон и его составляющие, включая добавки, должны обеспечивать необходимую водонепроницаемость. Изоляция поверхности бетона от агрессивной среды должна быть из стойких непроницаемых полимерных материалов (футеровочная изоляция или уплотняющие пропитки бетона). Уплотняющие пропитки бетона привлекают вероятностью длительного защитного действия и возможностью, без привлечения значительных капитальных вложений, возобновления их в процессе эксплуатации.

ГУП «Ленгипроинжпроект» разработал программу научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, связанных с надежностью канализационных тоннелей системы водоотведения города.

В эксплуатируемых тоннельных коллекторах для обеспечения долговечности и надежности конструкции наиболее реальным является организация вентиляции.

Данный способ, кроме защиты коллектора, также позволяет удалять загрязненный воздух из низких слоев атмосферного воздуха и, таким образом, защищать здания от разрушения, улучшая экологическую обстановку в городе. Однако данный воздух должен быть очищен до концентраций, допустимых к выбросу в атмосферу.

Ведутся также поиски материалов, способных защитить конструкции тоннеля от воздействия агрессивной среды. В частнос-

ти, используются добавки, уплотняющие бетон, и уплотняющие покрытия.

Следует отметить, что все канализационные коллекторы, построенные в Санкт-Петербурге, в настоящее время не имеют дублеров, отсутствует кольцевание бассейнов, что исключает возможность их периодических осмотров и проведения, при необходимости, ремонтов без сброса сточных вод в водные протоки.

При эксплуатации тоннельных коллекторов есть определенные затруднения при оценке их состояния. Имеющиеся телеустановки, приборы геофизического контроля не дают полного представления о состоянии конструкций тоннельных коллекторов; степени их износа, особенно в затопленной части сечения; степени консолидации или разуплотнения грунтов, вмещающих тоннельные коллекторы.

Эти проблемы нашли отражение в разработке новой Генеральной схемы канализации Санкт-Петербурга. В ней предусмотрено общее увеличение протяженности тоннельных коллекторов до 260 км, в том числе строительство:

- связующих тоннельных коллекторов между бассейнами городских КОС (Северной, Центральной и Юго-Западной станциями аэрации) – 54 км;
- тоннельных коллекторов-дублеров, обеспечивающих техническое обслуживание и ремонт без сброса неочищенных сточных вод в водоемы – 41 км.

При осуществлении мероприятий по Генеральной схеме представится возможность маневрировать потоками сточных вод, направляя их на станции очистных сооружений.

Проблемы, стоящие перед городским хозяйством Санкт-Петербурга, полностью совпадают с проблемами больших городов всего мира, а именно:

- необходимость сохранить существующую застройку без нарушения ее функций, особенно в центральной исторической части города;
- необходимость максимального сохранения дорожных конструкций, а также существующих транспортных потоков города;
- минимальный экологический ущерб при проведении строительных работ, особенно на существующих системах канализации.

Такого рода работы планируются уже в настоящее время. Начаты проектирование и бестраншейные прокладки в центральной части города. В составе программы переключения прямых выпусков на городскую канализацию Санкт-Петербурга предусмотрена прокладка коллекторов бестраншейным способом на 52-х участках улиц Санкт-Петербурга общей протяженностью 42 км.

На одном из интервалов продолжения Главного коллектора канализации северной части Санкт-Петербурга, сооружен участок тоннеля тоннелепроходческим комплексом канадской фирмы «Ловат» диаметром 4 м длиной 1 км в зоне «Размыв».

Завершается строительство дублера тоннеля к очистным сооружениям ЦСА и коллектора к Юго-Западным очистным сооружениям.

ОЦЕНКА ВИБРАЦИИ И СТРУКТУРНОГО ШУМА ОТ СЕРЕБРЯННОБОРСКОГО ТРАНСПОРТНОГО ТОННЕЛЯ

С. А. Костарев,

Тоннельная ассоциация России

С. А. Махортых,

Институт математических проблем
биологии РАН

С. А. Рыбак,

ГНЦ «Акустический институт
им. Н. Н. Андреева»

Особенностью конструкции рассматриваемого участка является двухъярусное строение с организацией движения поездов метрополитена по нижнему ярусу и автомобильного транспорта по верхнему. Общая схема поперечного сечения представлена на рис. 1. Далее, в качестве базовой, будет рассматриваться конструкция верхнего строения пути метрополитена с рельсами, опирающимися на полушпалки из композитных материалов, утопленные в бетон.

Предлагается метод оценки, основанный на достаточно простых физических схемах определения амплитуд отдельных акустических мод и их относительного вклада в суммарное вибрационное поле.

Для однородной среды получаемые уравнения просты и допускают аналитическое решение. В более сложных случаях, если получаемые выражения громоздки, можно достаточно полно исследовать физические аспекты задачи, рассматривая различные предельные случаи.

Оценки будут вестись с учетом того обстоятельства, что точность натурных измерений в городе из-за сильной зашумленности составляет:

$$\Delta L = 20 \lg \frac{\Delta w}{w} \sim 2 \text{ дБ},$$

где Δw – точность измерений,

w – абсолютное значение вибрации (в единицах перемещения, скорости или ускорения).

В данной статье решается задача численного описания колебаний цилиндрической оболочки и возбуждаемого поля в граничащей с нею среде. В качестве исходной рассматривается проектируемая конструкция тоннеля на трассе Краснопресненского проспекта от МКАД до проспекта Маршала Жукова в Москве.

Поэтому естественным требованием к расчетной модели является обеспечение данной точности. Достижение более высокой точности ведет к излишним вычислительным затратам, неоправданным с точки зрения необходимой проверки результатов вычислений.

С учетом рис. 1 будем исследовать задачу в следующей физической постановке (рис. 2). На цилиндрическую оболочку, помещенную в упругую среду (грунт) радиуса R , действуют три сосредоточенные силы: одна радиальная от движущегося по нижнему ярусу поезда и две радиально-тангенциальные в точках стыковки плиты, разделяющей ярусы цилиндрической обделки. Значения и направления сил F_2, F_3 зависят от значений текущих по времени проекций на радиальную и тангенциальную оси. Далее будет считаться, что значения вышеупомянутых трех сил статистически независимы, что приводит к энергетическому правилу сложения вкладов от рассматриваемых отдельно от других составляющих воздействия на обделку тоннеля.

Запишем уравнения колебаний цилиндрической оболочки (обделки) в виде:

$$\begin{aligned} L_{11}u + L_{12}v + L_{13}w &= S_1, \\ L_{21}u + L_{22}v + L_{23}w &= S_2 + f_2, \\ L_{31}u + L_{32}v + L_{33}w &= S_3 + f_3, \end{aligned} \quad (1)$$

здесь u, v, w – суть x ,

φ , и r – компоненты смещения по поверхности оболочки,

L_{ij} – заданные дифференциальные операторы,

f_2 и f_3 – проекции сил, выражающиеся через F_1, F_2, F_3 .

Выражение в правой части (1) для реакции на сдвиг

$$S_j = \gamma \Sigma_j (\gamma = (1 - \nu^2) / (Eb))$$

записывается в виде:

$$\begin{aligned} \Sigma_1 &= \mu \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial r} \right), \quad \Sigma_2 = \mu \left(R^{-1} \frac{\partial w}{\partial \varphi} + \frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r} \right), \\ \Sigma_3 &= (\lambda + 2\mu) \frac{\partial w}{\partial r} + \lambda \left(\frac{w}{r} + \frac{1}{R} \frac{\partial v}{\partial \varphi} + \frac{\partial u}{\partial x} \right). \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь λ и μ – коэффициенты Ляме,

ν – коэффициент Пуассона,

ρ – плотность окружающей среды.

Если окружающая среда является жидкостью, то все значения S_j равны нулю.

В зависимости от характера внешней силы в системе могут возбуждаться структурно различные колебания. Как правило, имеет место возбуждение нескольких типов колебаний (мод). В силу этого, возникает вопрос: какие моды являются главными, а какими можно пренебречь и тем самым обеспечить дальнейшее упрощение постановки задачи. При этом оценка главных мод, по сути, решает задачу, этот подход и будет реализован в дальнейшем.

Чтобы учесть влияние сил F_2, F_3 рассматривается возбуждение плиты междуярусного

Рис. 1. Схема поперечного сечения конструкции тоннеля

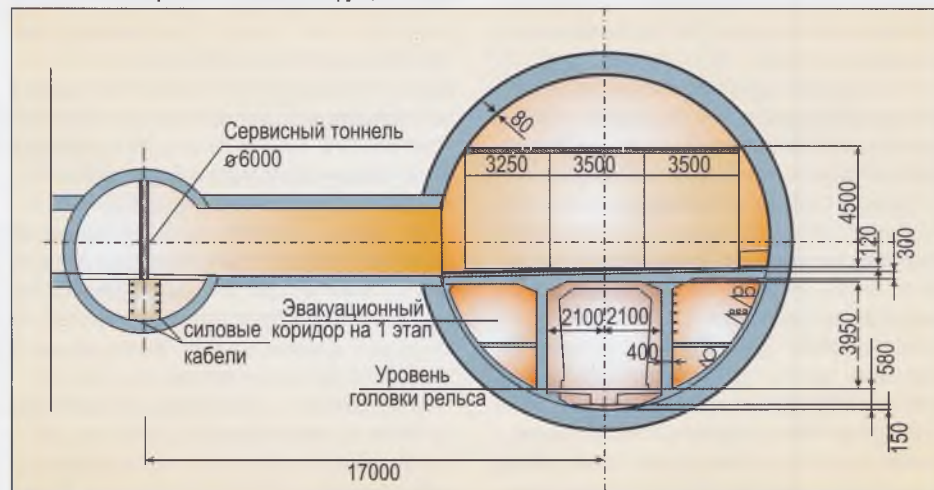
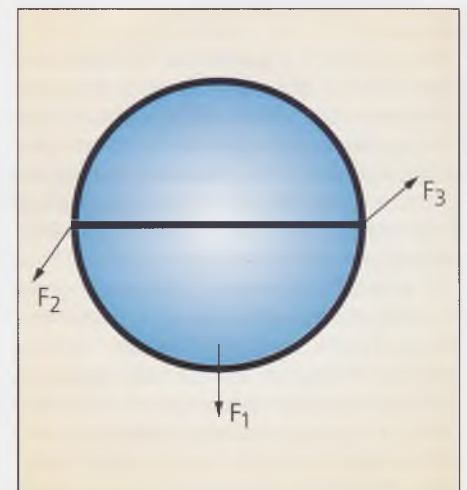


Рис. 2.



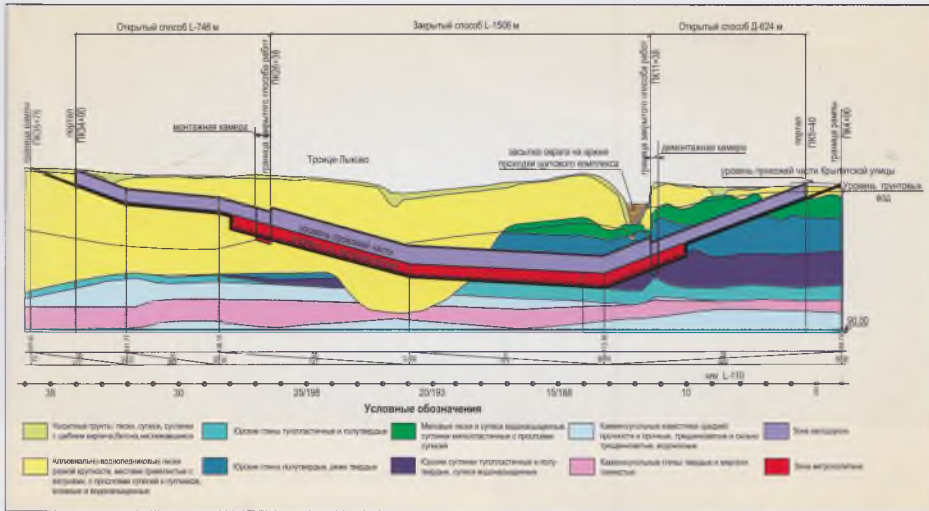


Рис. 3. Продольный разрез трассы

перекрытия движущимися транспортными средствами в виде:

$$\rho \frac{\partial^2 \zeta}{\partial t^2} + Db^{-1} \Delta^2 \zeta = F_2 + F_3 + \sum_i f_i, \quad (3)$$

$$D = \frac{Eb^3}{12(1-\nu^2)}$$

В правой части

$$f_i = F_i b^{-1} \delta \left(\frac{x-x_i}{L} \right) \exp(jky - j\omega t)$$

– вынуждающее воздействие на плиту от *i*-го транспортного средства,
 Δ – оператор Лапласа,
 ρ – масса плиты на единицу площади,
 ω – циклическая частота,
 h – толщина,
 L – ширина плиты,
 k – продольное волновое число.

Оценка сил f_i проводилась с использованием экспериментальных данных.

Решая совместно уравнения (1) – (3) находим амплитуды вибрации обделки тоннеля, получаем поле вибрации в окружающем грунте в виде суммы главных гармоник (волновых мод).

Продольный разрез вдоль трассы тоннеля приводится на рис. 3 (там же размечены общие грунтовые условия, которые использовались в расчетах). Прогнозируемые значения виброскорости на поверхности грунта над тоннелем (приводится вертикальная компонента максимальной вибрации) представлены на рис. 4 для шести нормируемых октавных диапазонов 2, 4, 8, 16, 31,5, 63 Гц. Для сравнения предельно допустимые согласно санитарным нормам СН 2.2.4/2.1.8.566-96 значения виброскорости для октавных диапазонов 2–63 Гц составляет $v_{сн} = 0,035$ мм/с (для жилых помещений в ночное время суток).

Выводы

Предложена модель расчета вибрации от цилиндрического движения двухъярусного тоннеля с организацией движения автотранспорта по верхнему ярусу и поездов метрополитена по нижнему. В качестве примера проведен расчет для условий проектируемого Краснопрес-

ненского автодорожного тоннеля в Москве. Получены зависимости значений виброскорости вдоль трассы тоннеля для шести нормируемых октавных диапазонов. В частности, для этого случая делается вывод, что подобная конструкция является достаточно хорошо виброзащищенной, и при глубинах залегания тоннеля от выхода на поверхность до 40 м избыточной вибрации не прогнозируется. Отдельного рассмотрения требует случай генерации вибрации на открытом участке (рампа). Необходимо заметить, что рассматриваемая модель не учитывает влияния сервисного тоннеля и эвакуационных коридоров, что,

впрочем, не должно привести к занижению ожидаемых величин вибрации. Использование в верхнем строении пути композитных полушпалков несколько завышает величину вибрации, применение стандартных деревянных и тем более демпфирующих элементов (виброизоляторов, амортизаторов) в конструкции должно снизить ожидаемые величины (во втором случае – существенно).

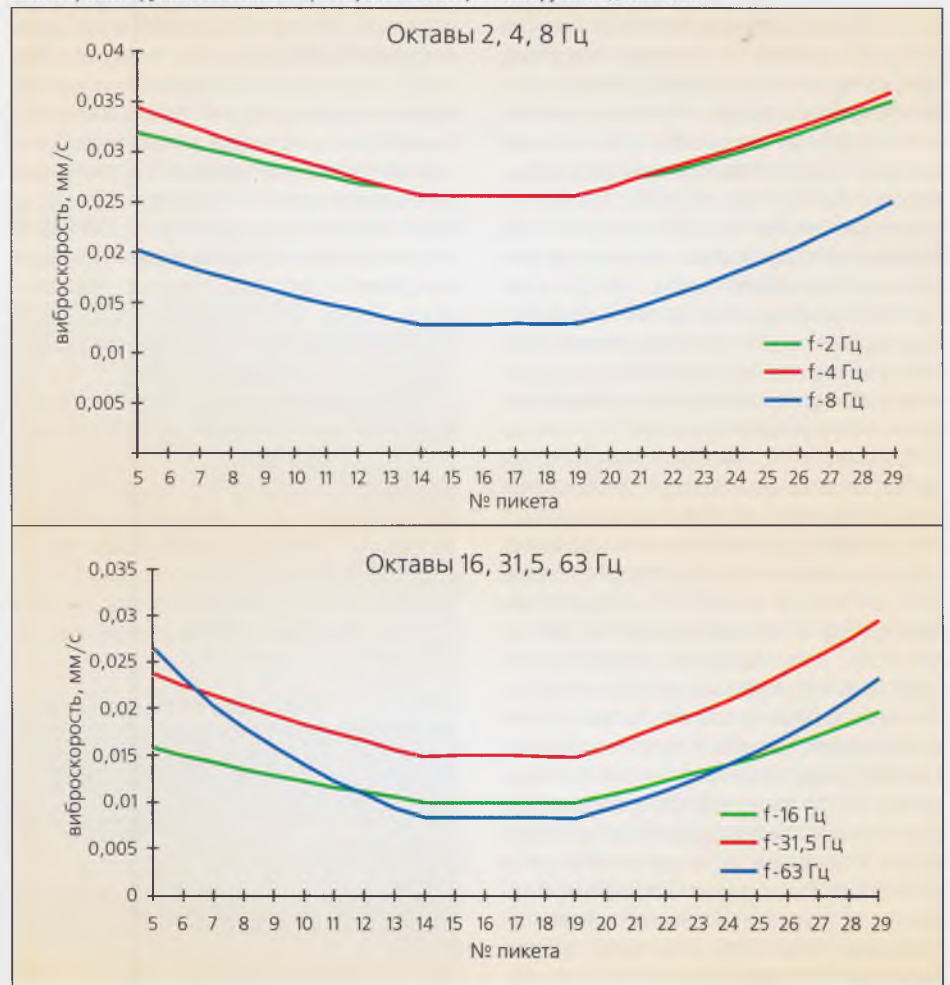
Что касается структурного шума, вызванного движением транспорта в тоннеле, в данной статье не приведены результаты расчетов, но, согласно сложившейся практике, можно заключить, что и по этому параметру превышения соответствующих санитарных норм не ожидается. Связано это с тем, что нормативные требования в диапазоне 63 Гц заведомо выполнены (см. результаты по вибрации), а на более высоких частотах поглощение вибрации в грунте не приводит к возбуждению заметного структурного шума.

Таким образом, рассмотренная конструкция может быть принята в качестве начальной в задаче оценки вибраций отдельных элементов проектируемого тоннеля – обделки, перекрытий, внутренних стен, перегородок и т. д. Дальнейшие исследования с учетом принятой конструкции позволят уточнить прогноз вибрации в окружающем грунте благодаря более детальному описанию динамики тоннеля.

Теоретическая часть работы частично поддержана РФФИ, проекты № 02-02-17143 и 04-02-17368.



Рис. 4. Прогнозируемое значение виброскорости на поверхности грунта над тоннелем



МИКРОКЛИМАТ ВАГОНОВ МЕТРОПОЛИТЕНА

Ю. М. Ракинцев,
ВНИИ железнодорожной
гигиены, к. т. н.

Внутригородской и пригородный транспорт, особенно в больших городах, стал местом, где большое число людей проводят все больше и больше времени. При этом увеличивается и средняя длительность поездки, которая, например, в Москве только в поезде метрополитена составляет 35–40 мин, а часто и больше. Пересадки с одного вида транспорта на другой или с одной линии на другую в целях экономии времени все более сближаются, что позволяет поездку даже на нескольких видах транспорта – метро, трамвае, автобусе, пригородных поездах – рассматривать как практически непрерывную.

Для комфорта пассажиров вагоны поездов метрополитена обязательно вентилируются. А с наступлением холодного времени года должны ещё и отапливаться вагоны, эксплуатируемые на открытых линиях, а так же в подземных, с недостаточными теплоаккумулирующими возможностями вентиляционных шахт и тоннелей из-за мелкого заложения (Сибирский регион). Однако как специалист, много лет занимающийся вопросами обеспечения микроклимата в различных помещениях, считаю, что здесь допускается существенная ошибка. Разумеется, не в том, что вагоны вентилируются и отапливаются, а в том какими нормативами при этом руководствуются и к чему в гигиеническом отношении это приводит.

Известно, что с физиологической точки зрения оптимальная температура, а точнее говоря, комплекс метеорологических условий (температура, влажность и подвижность воздуха) зависят от двух факторов – мышечной активности человека и носимой им одежды. Что касается мышечной активности человека, пользующегося транспортным средством в качестве пассажира, ясно, что она минимальная (если не считать подчас значительных усилий и энергозатрат на «втискивание» и проталкивание в переполненном вагоне; но при этом его теплопродукция сразу резко увеличивается). Обычно же люди входят в транспорт после какой-либо работы, в простейшем случае – ходьбы, и когда они после этого садятся на место, то постепенно разогреваются за счет образующегося после работы тепла.

Что касается одежды, то здесь надо считать с тем, что в подавляющем большинстве люди, выходя из дома, одеваются не столько по погоде, сколько по сезону. Осенью – плащ или демисезонное пальто, зимой – теплое пальто или шуба. При этом самая распространенная тенденция – одеваться скорее, теплее, чем нужно и ориентироваться на температуру наружного воздуха, ветер и осадки.

Однако при этом как-то не учитывается то, что в этой одежде человек не столько будет ходить по улице, сколько ездить в транспорте.

Каковы же условия теплообмена человека с окружающей средой в вагоне поезда метрополитена?

Хорошо известно, что главными путями отдачи человеком образующегося в его организме тепла (а тепла даже в условиях полного мышечного покоя, сидя, выделяется около 100 ккал/ч; этого достаточно, чтобы довести до кипения 1 л ледяной воды) являются конвекция и радиация. То есть перепад между температурой наружного слоя его одежды и температурой обтекающего его воздуха, а также между температурой поверхности его тела (в одежде!) и температурой окружающих его предметов. Для условий теплообмена человека со средой в вагоне почти решающую роль играет плотность заполнения или, как говорят, «населенность» вагона. Очень высокая в часы «пик», на протяжении большей части дня она достигает почти предела (см. табл.).

Сегодня метрополитены страны перевозят в рабочие дни в час «пик» 10–12 % пассажиров (например, в Москве это более миллиона человек), и создание нормальных условий проезда именно этого контингента пассажиров должно быть приоритетной задачей.

Куда же и как может пассажир отдать образующееся в его организме тепло? Со всех сторон окруженный людьми, имеющими та-

кую же температуру своего тела, он почти полностью лишен возможности отдать тепло путем радиации. Даже если он сидит на диване или в кресле, то при крайне малой теплопроводности их покрытий (и это хорошо!) человек почти лишен возможности использовать радиационный путь теплоотдачи.

Ясно, что при большой плотности заполнения вагона даже поступающий через на четверть открытые окна (в переходный период года) и через верхние вентиляционные каналы в крыше вагона воздух, имеющий температуру 15–20 °С, не может свободно обтекать поверхность тела ни стоящего, ни сидящего пассажира. В лучшем случае обтекает их головы и лица, снова выходя наружу. Людям небольшого роста и сидящим пассажирам приходится хуже всего.

Применение механической вентиляции вагонов с раздачей воздуха сверху или снизу на оконные стекла, также не приводит к существенному увеличению конвективной теплоотдачи, поскольку поступающий из верхней зоны воздух по-прежнему не может свободно обтекать поверхность тела пассажиров.

В зимнее время года окна в вагоне вообще не открываются, так как через них поступал бы чрезмерно холодный воздух.

Единственный способ вентиляции вагонов – это открывание дверей на несколько десятков секунд на каждой остановке. Однако в часы «пик» загромождение дверного проема пассажирами так велико, что воздухообмен между салоном вагона и станцией практически равен нулю.

Отмечу еще один момент. В вагонах поездов метрополитена, как правило, очень высокая влажность воздуха из-за выделения людьми значительного количества водяных паров при дыхании. При сырой погоде влажность достигает точки росы. А это также очень затрудняет условия теплоотдачи.

Количества пассажиров в вагоне при эксплуатационных испытаниях

Время суток	Число пассажиров в вагоне		
	от	до	среднее
Утренние часы (до 10 утра)	110	240	175
Дневные часы (с 10 до 16.00)	110	214	127
Вечерние часы (после 16.00)	110	230	170

Каковы же единственно возможные способы обеспечения нормальных условий теплоотдачи в вагонах метрополитена? Конечно, это увеличение поверхности обтекания тела и поддержание температуры воздуха на таком уровне, при котором конвекция могла бы снять почти все выделяющееся за время поездки людями тепло. Понятно, все это значительно проще и надежнее осуществить при соблюдении нормальной наполняемости вагонов. Но и в противном случае (а это положение в силу ряда объективных причин сохранится всегда, и не учитывать его было бы большой ошибкой) можно путем разумной воздухоотдачи и воздухораспределения, учитывающими неравномерность «населенности» вагона и «поведение» пассажиров, значительно усилить конвекцию.

Это значит, что температура воздуха в вагоне должна регулироваться в некоторой связи с сезонами года (может быть, погодой дня), но ни в коем случае не может и не должна быть близкой к комнатной температуре, как то требуется в «Санитарных правилах эксплуатации метрополитенов» СП 2.5.1337–03, где допустимая температура воздуха в салонах вагонов должна быть от $+16(\pm 2)^\circ\text{C}$ при наружной температуре равной и ниже $+10^\circ\text{C}$ (холодный период года). Это значит, что температура воздуха, выходящего из калориферов, ни в коем случае не должна быть слишком высокой, так как люди, оказывающиеся в факеле воздушной струи, вследствие этого придут в совершенно ненормальное тепловое состояние. Конечно, приятно в очень морозный день сразу войти в жарко натопленный салон и быстро согреться. Но всякая поездка в транспорте рано или поздно кончается, и человек в том тепловом состоянии, в каком он оказался к концу поездки, почти сразу и без всяких переходов оказывается на наружном воздухе. И тут чрезмерно нагретая влажная кожа, покрасневшее от жары лицо и т. д. непосредственно подвергнется воздействию холодного воздуха и ветра.

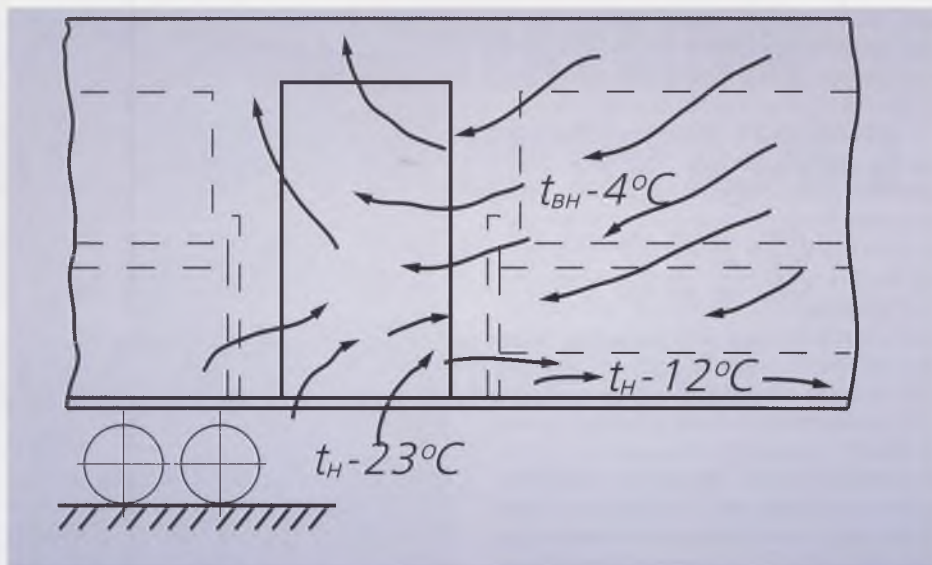


Рис. 2. Схема потоков воздуха в проеме дверей и в салоне, и температура воздуха при открывании дверей на остановках

В результате – десятки тысяч дней нетрудоспособности из-за простуды, способствующей заболеванию гриппом, катаром верхних дыхательных путей, бронхитами и пр.

Таким образом, чрезмерная температура воздуха в вагонах поездов метрополитена, несоответствующая гигиеническим требованиям и физиологическим условиям теплообмена, нездоровый микроклимат, по моему убеждению, являются одной из существенных причин повышения заболеваемости городского населения. Известно, что механическая вентиляция и отопление вагонов метрополитена в условиях нашего климата – дело дорогое. Так стоит ли эти средства употреблять не столько с пользой, сколько с ущербом для здоровья населения?

Вопрос об оптимальной температуре в вагоне в холодный период года наукой давно решен. Опираясь на имеющиеся литературные данные и результаты работы ВНИИЖТа можно определить оптимальные параметры микроклимата в салоне подвиж-

ного состава метрополитена в зависимости от наружной температуры.

На рис. 1 приведены оптимальные уровни температуры воздуха в салонах вагонов метрополитена при различной наружной температуре воздуха с учетом теплоизоляции одежды пассажиров. Предлагаемые параметры позволят обеспечить, прежде всего, здоровый микроклимат для пассажиров, а также снизить теплопроизводительность системы отопления вагонов, работающих в различных климатических зонах страны.

Представляет интерес рассмотрение принципиально возможных методов обеспечения приемлемого микроклимата в салонах вагонов метрополитена.

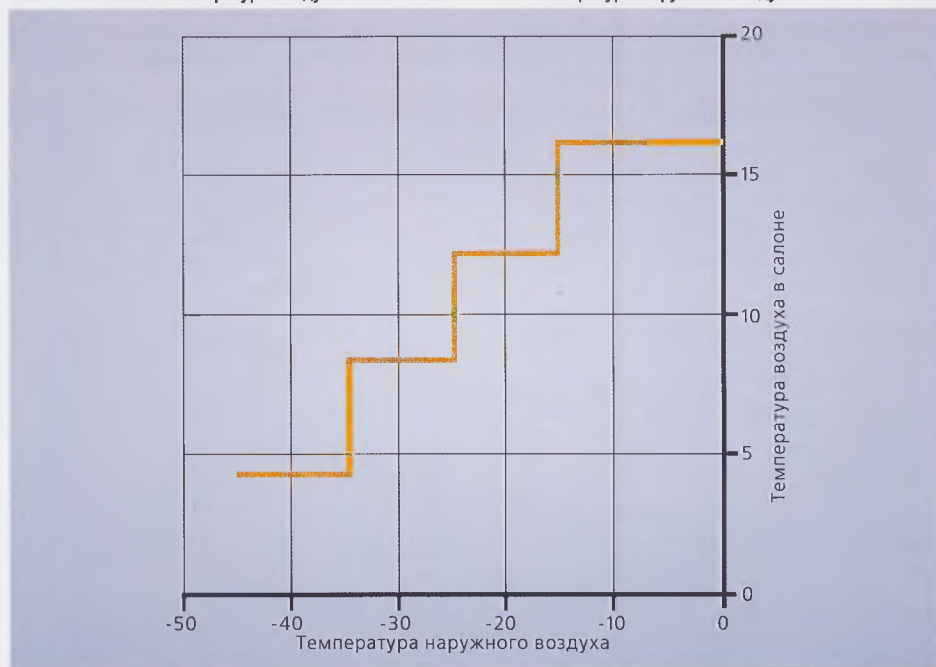
В настоящее время отопление салонов городского транспорта осуществляется методом конвекции (нагреванием воздуха) с применением двух систем: радиаторами и нагретым воздухом с верхней подачей воздуха в салон. Многолетние изучения микроклимата в салонах поездов в отопительный период показывают, что при этих системах гигиенические нормативы никогда не выполняются (рис. 2).

Основная трудность в создании оптимальных микроклиматических условий в салоне вагонов метрополитена обусловлена спецификой его работы – частым открыванием дверей при посадке-высадке. Использование в городском транспорте для создания допустимых климатических условий тех же принципов отопления, что и в междугородных автобусах или поездах дальнего следования не дает желаемого результата, так как при этом не учитывается отрицательное влияние воздухообмена на остановках.

Воздухообмен через открытые двери определяет два состояния воздушных масс в салоне:

- *двери открыты*: под действием гравитационных сил и ветра воздух в салоне приходит в движение. Скорости движущихся потоков весьма значительны и достигают в нижней части салона 0,8–2 м/с (в зависимости от наружных температур, которые в разных регионах страны колеблются от -10 до -50°C). В нижней части дверей происходит приток наружного воздуха, в верхней – его

Рис. 1. Зависимость температуры воздуха в салоне от изменения температуры наружного воздуха



вытяжка из салона. Потери тепла с уходящим воздухом весьма значительны, они быстро растут с ростом разности температур воздуха внутри и снаружи салона;

• *двери закрыты*: исчезают причины, вызывающие движение воздуха. Он в салоне мало подвижен, резко разделен на два слоя с разной температурой. Выравнивание температуры идет в основном за счет теплопроводности, так как в воздухе отсутствует поле тяжести, что исключает возникновение конвекционного перемешивания. Благодаря теплопроводности с течением времени температура воздуха в объеме салона выравнивается.

С гигиенической точки зрения время изменения температуры воздуха в салоне – решающий фактор, ибо ощущения дискомфорта могут возникать у людей даже при кратковременном изменении температуры, отражающимся на характере теплообмена организма с внешней средой. В реальных условиях в салоне время изменения температуры воздуха, связанное с воздухообменом через открытые двери, значительно больше максимально допустимого времени изменения температуры из условия сохранения комфорта. Это объясняется преобладанием процесса теплопроводности, при котором время Z выравнивания температур в области с линейными размерами L пропорционально квадрату этих размеров и обратно пропорционально коэффициенту теплопроводности a , $Z = L^2/a$.

Время Z можно резко сократить, если организовать интенсивное перемешивание слоев воздуха (конвекцию) за счет повышения температуры, скорости струи и расхода воздуха системы отопления. В салоне вагона, по условиям безопасности, температура воздуха, поступающего из системы отопления, не должна превышать $65-70^\circ\text{C}$, а во избежание сквозняков скорость воздуха не должна превышать $1,0$ м/с. Остается одно – изменить объемный расход воздуха, для чего необходимо предусмотреть автоматическое регулирование объемного расхода воздуха и тепла, подводимого к воздуху.

Однако данная схема неосуществима при отоплении салонов поездов метрополитена, поскольку из-за воздухообмена при открытии дверей не могут быть выполнены требования – удовлетворительное распределение температуры в салоне и исключение обдува термостатов воздухом. Кроме того, для обеспечения эффекта регулирования, т. е. исключения ощутимых отклонений от «характерной средней» температуры, необходимо чтобы регулируемая система отопления была достаточно мощной, обладала возможно меньшей тепловой инерцией и возможно большей чувствительностью.

Проведенный анализ показывает, что покрывать тепловые потери с воздухообменом на остановках посредством отопления неэкономично, да и без отставания во времени практически невозможно, а это значит, что создать оптимальные метеорологические условия в салонах поездов метро без качественного изменения системы отопления не представляется возможным.

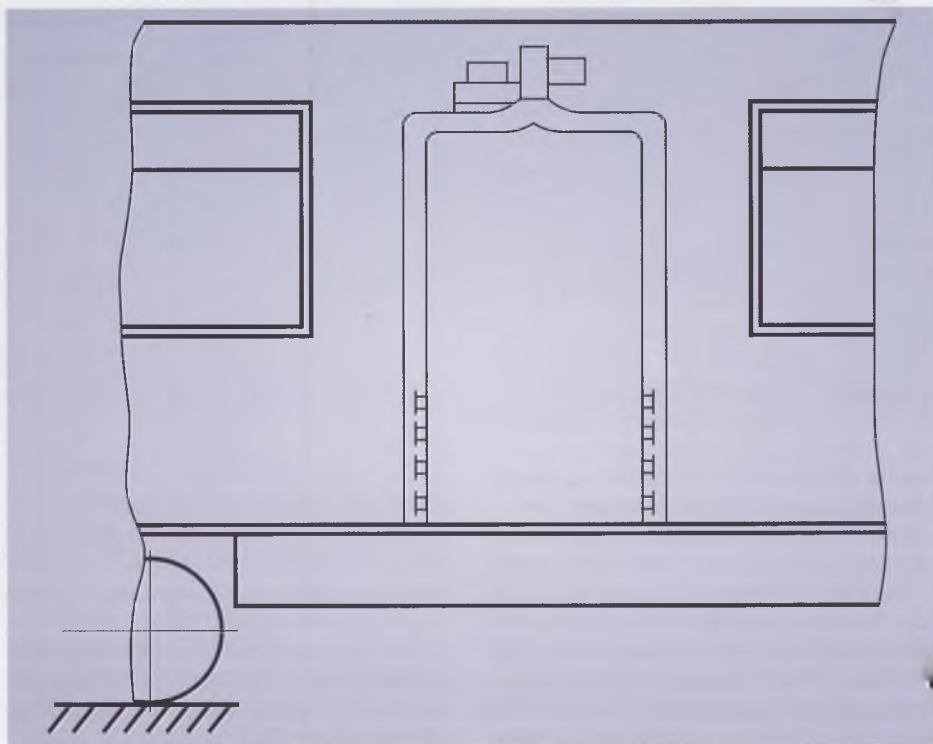


Рис. 3. Устройство воздушной боковой двусторонней завесы в дверях салона вагона

Теоретически необходимые параметры и принципиальная схема такой отопительной установки предлагается автором. Принцип ее работы заключается в следующем. Когда двери закрыты, она работает как обычное воздушное отопление, при открывании дверей – как воздушная завеса (взаимодействие естественного потока с принудительной струей воздуха).

Это условие предполагает использовать боковую завесу, рис.3, 4.

Расчет показал, что мощность системы отопления значительно меньше, чем при работе в режиме воздушной завесы. Таким образом, расчетная мощность отопления определяется мощностью, необходимой при работе системы в режиме воздушной завесы.

Следует отметить, что, наряду с обеспечением нормального микроклимата, применение воздушной завесы в салонах подвижного состава метрополитена уменьшает необходимую

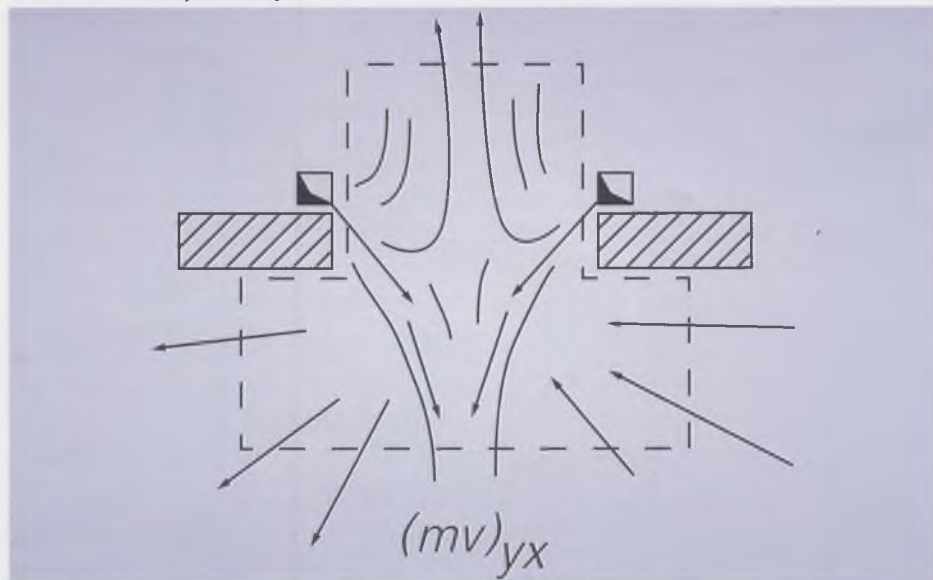
мощность системы по сравнению с обычными способами отопления примерно в 4 раза.

Итак, для обеспечения здорового микроклимата в вагонах метрополитена необходим дифференцированный подход к установлению соответствующих нормативов в зависимости от наружной температуры. Полученные значения оптимальных температур следует рассмотреть и утвердить в качестве нормативных.

Для эффективной вентиляции салона необходим приток свежего воздуха, прежде всего, в нижнюю зону на уровне $0,3-0,4$ м от пола.

Создать здоровый микроклимат в салоне без качественного изменения системы отопления не представляется возможным. Теоретически необходимые параметры и принципиальная схема такой установки найдены – это схема отопления с двумя режимами работы (воздушного отопления и воздушной завесы).

Рис. 4. Истечение воздуха из воздушной завесы



ВНЕДРЕНИЕ И ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ЗАЩИТЫ АЗМ-2 ФИДЕРОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА 825 В НА МОСКОВСКОМ МЕТРОПОЛИТЕНЕ

А. Г. Макаров,
 Московский метрополитен
В. М. Антимиров,
 ОАО «Автоматика», г. Екатеринбург

С увеличением числа вагонов в составе и заменой старого подвижного состава на новый с более мощными тяговыми двигателями возникает необходимость повышения до 10–12 кА статических уставок РДШ, являющихся единственным датчиком тока для отключения фидерного выключателя БДВ.

При коротком замыкании (к. з.) вблизи тяговой подстанции ток может достигать 50 кА, реле РДШ надежно на 100 % срабатывает и разрывает цепь держащей катушки выключателя, а через 6–8 мС (от момента размыкания контактов РДШ до начала движения главных контактов) начинает отключаться выключатель. В то же время установившиеся токи удаленных к. з. (в середине фидерной зоны и на кабельных перемычках контактной сети) достигают 3–5 кА, т. е. становятся меньше или соизмеримы с токами нагрузки, в результате чего БДВ не отключается. Малые токи удаленных к. з. представляют особую опасность, т. к. в большинстве случаев в месте к. з. возникает электрическая дуга с выделением большого количества тепла и возможностью возникновения пожара в тоннеле. В настоящее время некоторые фидера имеют мертвые зоны до 400 м и до семи кабельных перемычек.

Отличить малые токи к. з. от соизмеримого с ними тока нагрузки реле РДШ не в состоянии. При совпадении по времени пусков 2–3 поездов (ток фидера при пуске одного поезда 3–3,4 кА) тяговый ток на длинных участках достигает 10 кА в рабочем режиме. При этом возникают ложные срабатывания выключателей, т. к. железо РДШ предвари-

тельно насыщено от тока одного или двух поездов, поэтому при наложении пуска третьего поезда реле РДШ ложно срабатывает на небольшой скачок тока.

Частые ложные отключения выключателей приводят к их преждевременному износу и возрастанию эксплуатационных затрат, а также нарушению графика движения. Чтобы избежать ложных срабатываний выключателей (т. е. РДШ), приходится увеличивать его уставку по току, что приводит к появлению незащищенных «мертвых зон» между питающими фидерами соседних подстанций.

Таким образом, использование для защиты тяговых сетей от токов к. з. и перегрузок только реле РДШ в настоящее время не везде обеспечивает надежную защиту фидеров постоянного тока 825 В. Это актуально на наиболее загруженных метрополитенах в Москве, Санкт-Петербурге, Минске.

Надежно обнаружить малые токи к. з. и быстро их отключить, а также устранить ложные отключения выключателей (снятие напряжения) от пусковых токов, соизмеримых с малыми токами к. з., стало возможным с разработкой и выпуском микропроцессорной защиты АЗМ на предприятии Екатеринбург. При этом реле РДШ, являясь 100-% надежным устройством, остается и исполняет роль реле максимального тока.

Первые разработки электронных защит фидеров 825 В постоянного тока проводились на кафедре «Энергоснабжение» МИИТа с 1970 г. Это была защита по длительности нарастания тока и электронная импульсная защита («Энергоснабжение метрополитенов», М., Транспорт, 1977 г., с. 312–314; «Тяговые сети метрополитенов», М., Транспорт, 1987 г., с. 210–217). С появлением микропроцессоров появилась воз-

можность создать аппаратуру защиты на новой элементной базе для ж. д. постоянного тока и метро. Появились образцы защиты типа БЗ-М1 в МИИТе. Теория и анализ работы РДШ и микропроцессорной защиты для железных дорог постоянного тока 3,3 кВ рассмотрены в журнале «Электро», № 1, 3 за 2004 г.

С 1999 г. служба электроснабжения Московского метрополитена проводила совместные испытания новых блоков АЗМ (аппаратура защиты микропроцессорная) с НПО «Автоматика». Было доработано программное обеспечение аппаратуры защиты, и по положительным результатам опытной работы образцов АЗМ с 2002 г. началось внедрение серийных АЗМ-2 в эксплуатацию с выходом на сигнал на фидерах 825 В.

В настоящее время на Московском метрополитене установлено 120 комплектов АЗМ-2 на фидерах, где существуют «мертвые зоны» и несколько кабельных перемычек.

Назначение АЗМ

АЗМ предназначена для защиты тяговой сети метрополитена от токов короткого замыкания и недопустимых перегрузок.

Защита осуществляется путем непрерывного контроля динамики изменения тока и напряжения в тяговой сети с выдачей управляющих команд на отключение быстродействующего выключателя типа ВАБ 42, ВАБ 49.

Функции защиты

Защита тяговой сети производится по пяти критериям выработки команд на отключение выключателя:

- I_{\max} – максимальная токовая защита без выдержки времени, (уставки по току в пределах от 2000 до 12000 А);
- J^* – защита по приращению тока за заданное время с заданным коэффициентом адаптации (K_a) к величине предшествующего тока нагрузки (аналог РДШ), (уставки от 1000 до 6000 А за время от 20 до 150 мс с K_a от 0,2 до 1);
- $di/dt/kp$ – отсечка по критической скорости нарастания тока при близких к. з., (уставки от 50 до 1000 А/мс);
- J_{cp} – амперсекундная защита по среднему значению тока за заданное время – защита середины фидерной зоны и кабельных перемычек от удаленных токов к. з. (уставки от 1000 до 8000 А на интервале от 5 до 50 с);

Рис. 1. Аппаратура защиты АЗМ-2



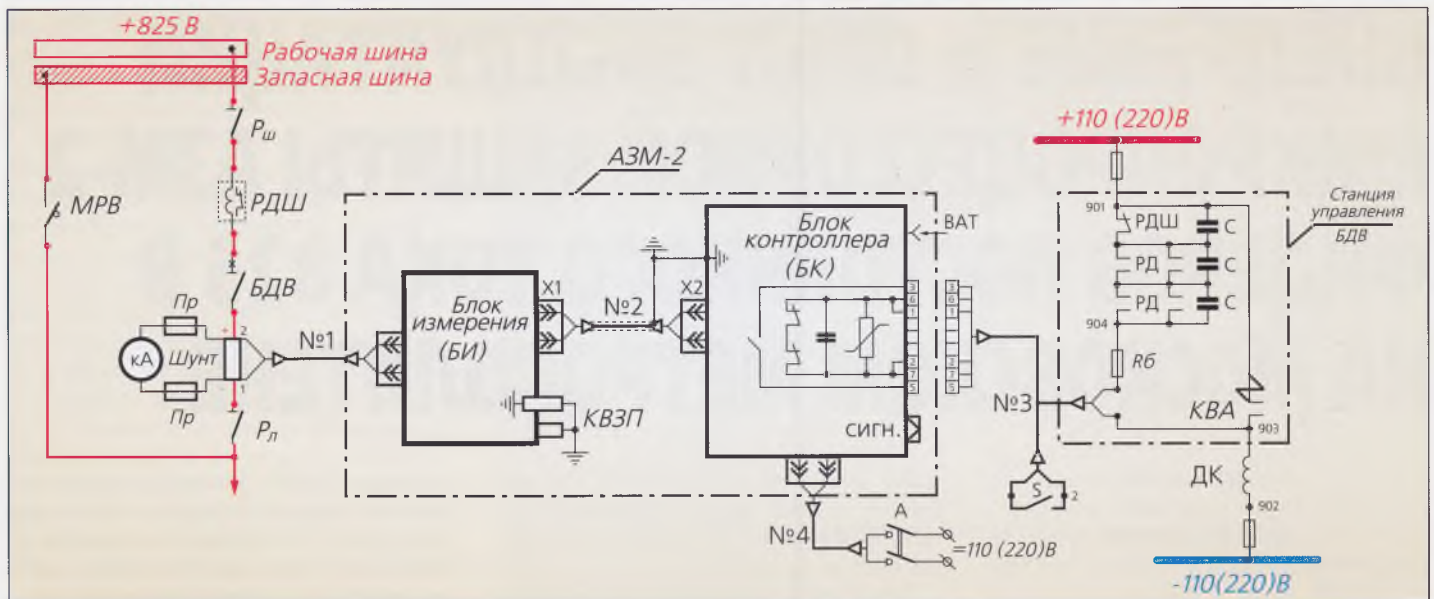


Рис. 2. Схема подключения АЗМ-2 к фидеру +825 В и цепям управления БДВ

• U_{\min} , I_{\min} за T – потенциально-токовая с выдержкой по времени (защита тоннельных конструкций при пробое кабеля на землю), (уставки от 600 до 400 В, от 1000 до 6000 А на интервале от 0 до 100 мс).

Функции измерения и контроля

1. Аппаратура защиты позволяет автоматически записывать и сохранять в памяти блока массивы значений токов и напряжений, связанных с моментами срабатывания защиты, т. е. отключением БДВ, с выводом информации на ПЭВМ через стандартный порт RS-232.

Запись, просмотр и хранение в памяти АЗМ массивов значений токов и напряжений о шести последних сработавших защитах осуществляется на двух интервалах времени:

- на интервале 500–400 мс до и 100 мс после выдачи команды на отключение БДВ;
- на интервале 50–40 с до и 10 с после выдачи команды на отключение БДВ.

Анализ и просмотр процессов короткого замыкания позволяет определить его вид и причины возникновения.

2. Аппаратура защиты дает возможность использовать прямой выход через порт RS-232 по поставляемой программе «Осциллограф» для непрерывного визуального наблюдения на дисплее ПЭВМ, а также для записи в память ПЭВМ переходных процессов (тока и напряжения) в тяговой сети в реальном масштабе времени.

3. Выбор уставок АЗМ по критериям защиты для конкретного фидера осуществляется после записи в ПЭВМ по программе «Осциллограф» массива данных для утреннего с 7-30 до 10-30 и вечернего с 16-30 до 19-30 часа пик с последующей статистической обработкой указанных массивов по программе «Уставки», поставляемой изготовителем.

Высоковольтный узел защиты (блок измерения БИ) непосредственно подключен к измерительному токовому шунту (от 3 до 7,5 кА – 75 мВ). Он размещен внутри ячейки фидера 825 В и через гальваническую развязку 10 кВ соединен с низковольтным конт-

роллером, установленным снаружи ячейки БДВ, реализует обработку сигнала тока и напряжения фидера с выдачей команды на отключение по цепи державшей катушки БДВ.

Блок защиты и схема подключения АЗМ приведены на рис. 1 и 2.

В качестве дисплея контроллера использован жидкокристаллический индикатор, который показывает текущий ток и напряжение на фидере.

АЗМ обеспечивает непрерывный самоконтроль в процессе работы с выдачей сигнала при обнаружении внутренней неисправности, а также самотестирование при проведении регламентных работ. Нарастающим итогом (по запросам оператора) на дисплее отображается количество потребленной фидером энергии.

На рис. 3 приведены осциллограммы срабатывания АЗМ-2 при близком к з. (а – на интервале 500 мс, б – на интервале 50 с). Сверху над осциллограммой показаны данные о времени ее записи, типе сработавшей защиты и ее уставке, номере подстанции и фидера. Для удобства сравнения осциллограммы воспроизводятся в одном масштабе. Однако программное обеспечение позволяет отображать и распечатывать увеличенную область любой осциллограммы для детального изучения. Из рассмотрения процесса к з. на интервале 500 мс видно, что на первых 400 мс записан процесс, предшествующий моменту подачи защитой команды на отключение выключателя, а на 100 мс – сам процесс отключения к з. Одновременно в память АЗМ-2 записывается тот же процесс к з., но на интервале времени 50–40 с до и 10 с после выдачи команды на отключение команды БДВ. Из осциллограммы на рис. 3б можно сделать выводы о причинах возникновения к з. и успешном автоматическом повторном включении АПВ фидерного выключателя, т. е. об устойчивом или кратковременном к з.

Как правило, при рассмотрении случаев снятия напряжения на контактной сети, т. е. при отключении БДВ фидера или защитой подвижного состава происходит сбой

графика движения поездов. Службы электрообеспечения и подвижного состава не могут четко проанализировать эту ситуацию.

Защита АЗМ при срабатывании позволяет фиксировать неисправности на подвижном составе. При наборе скорости, т. е. при переключении позиций контроллера подвижного состава, происходит провал тока из-за неисправности в цепи поезда, и защита АЗМ на него реагирует.

Из рассмотренных примеров работы АЗМ видно, что, помимо защиты фидеров от близких к з., защиты «мертвых зон» и кабельных перемычек от пробоя на тубинг тоннеля, аппаратура защиты позволяет анализировать процессы, происходящие на фидерах, и выявлять повреждения как на нем, так и на подвижном составе.

Опыт эксплуатации и анализа срабатывания защиты АЗМ-2 показывает, что 35 % отключения БДВ приходится на близкие и дальние к з., 30 % – на неисправный подвижной состав, 25 % – на отключения БДВ по току перегрузки при совпадении по времени пусков нескольких поездов, остальные 10 % к з. – на открытые участки пути из-за смены погодных условий.

Величина уставки АЗМ-2 по I_{\max} , I' , $I_{\text{ср}}$ существенно зависит от длины фидерной зоны между подстанциями и профилем пути, т. е. в режиме тяги может находиться 3–4 состава, что иногда приводит к ложному срабатыванию БДВ от реакции преднасыщенного состояния железа РДШ и пусках 3-го или 4-го подвижного составов (рис. 4).

Ложные отключения БДВ наиболее часто происходят при сбое графика движения и в начале утреннего часа пик при выводе подвижного состава из депо. Анализ токовой нагрузки этих фидеров и уставки реле РДШ позволил поднять ток последней и тем самым уменьшить количество ложных срабатываний БДВ. На большинстве фидеров длительность тока пуска поезда составляет 30–50 с при движении на подъем и 20–30 с при спуске, после чего ток спадает практически до нуля и незначительно колеблется до следующего пуска.

В результате анализа информационных массивов данных о срабатывании защит были выявлены некоторые закономерности величины уставок АЗМ-2 для различных фидеров.

Критерии выбора уставок:

- профиль пути – спуск, ровный участок или подъем;
- длина фидерной зоны, что определяет количество поездов на данном участке в час пик, а также присутствие «мертвых зон»;
- наличие в цепи фидера деповских путей и тупиковых оборотов.

В результате анализа все эти факторы были «привязаны» к численному значению величины тока уставки срабатывания РДШ конкретного фидера (< 9 кА – спуск и ровный участок, ≥ 9 кА – подъем или длинный участок).

1. Максимальная токовая защита без выдержки времени:

- 0,75–0,83 $I_{уст}$ рдш, если $I_{уст}$ рдш < 9 кА;
- 0,83–0,93 $I_{уст}$ рдш, если $I_{уст}$ рдш ≥ 9 кА.

2. Защита по приращению тока за заданное время с заданным коэффициентом адаптации к величине предшествующего тока нагрузки (аналог РДШ):

- 3000 А $t = 50$ мс $K_a = 0,2$, если $I_{уст}$ рдш < 9 кА;
- 3200 А $t = 50$ мс $K_a = 0,2$, если $I_{уст}$ рдш ≥ 9 кА.

3. Амперсекундная защита по среднему значению тока за заданное время $I_{ср}$ – защита середины фидерной зоны от малых токов к. з.:

- 0,53–0,4 $I_{уст}$ рдш, если $I_{уст}$ рдш < 9 кА;
- 0,38–0,43 $I_{уст}$ рдш, если $I_{уст}$ рдш ≥ 9 кА,

при этом $I_{ср}$ рассчитывается на отрезке времени 50 с.

4. Отсечка по критической скорости нарастания тока di/dt .

В результате анализа переходных процессов в тяговой сети установлено, что все значения di/dt в рабочем тяговом режиме подвижного состава колеблются в пределах 140–230 А/мс. Для АЗМ-2 выбрана уставка в диапазоне 275 А/мс – на большинстве фидеров, 300–325 А/мс – на участках, где есть деповские пути и тупиковые обороты.

5. Потенциально-токовая защита с выдержкой по времени (защита тоннельных конструкций при пробое кабеля на землю) для всех фидеров имеет одинаковое значение:

$$U_{min} = 550 \text{ В}; I_{min} = 1000 \text{ А}; T = 100 \text{ мс}.$$

На каждом установленном комплекте АЗМ-2 была проведена проверка правильности работы всех функциональных частей в режиме «тестирование», с выдачей команд на цифровой индикатор АЗМ-2. За два года эксплуатации ста комплектов защиты было зафиксировано четыре сбоя в работе АЗМ-2: по два в БИ и БК.

Для ввода в эксплуатацию защиты АЗМ-2 были разработаны и утверждены инструкции:

- оперативные указания по действию энергодиспетчера;
- порядок действия оперативно-ремонтного персонала дистанции энергоснабжения и обслуживания АЗМ-2;
- порядок действия бригады ПВС.

Аппаратура АЗМ-2 работает на тяговых подстанциях метрополитенов Москвы и Пекина, а также проходит проверку в Екатеринбурге и Минске.

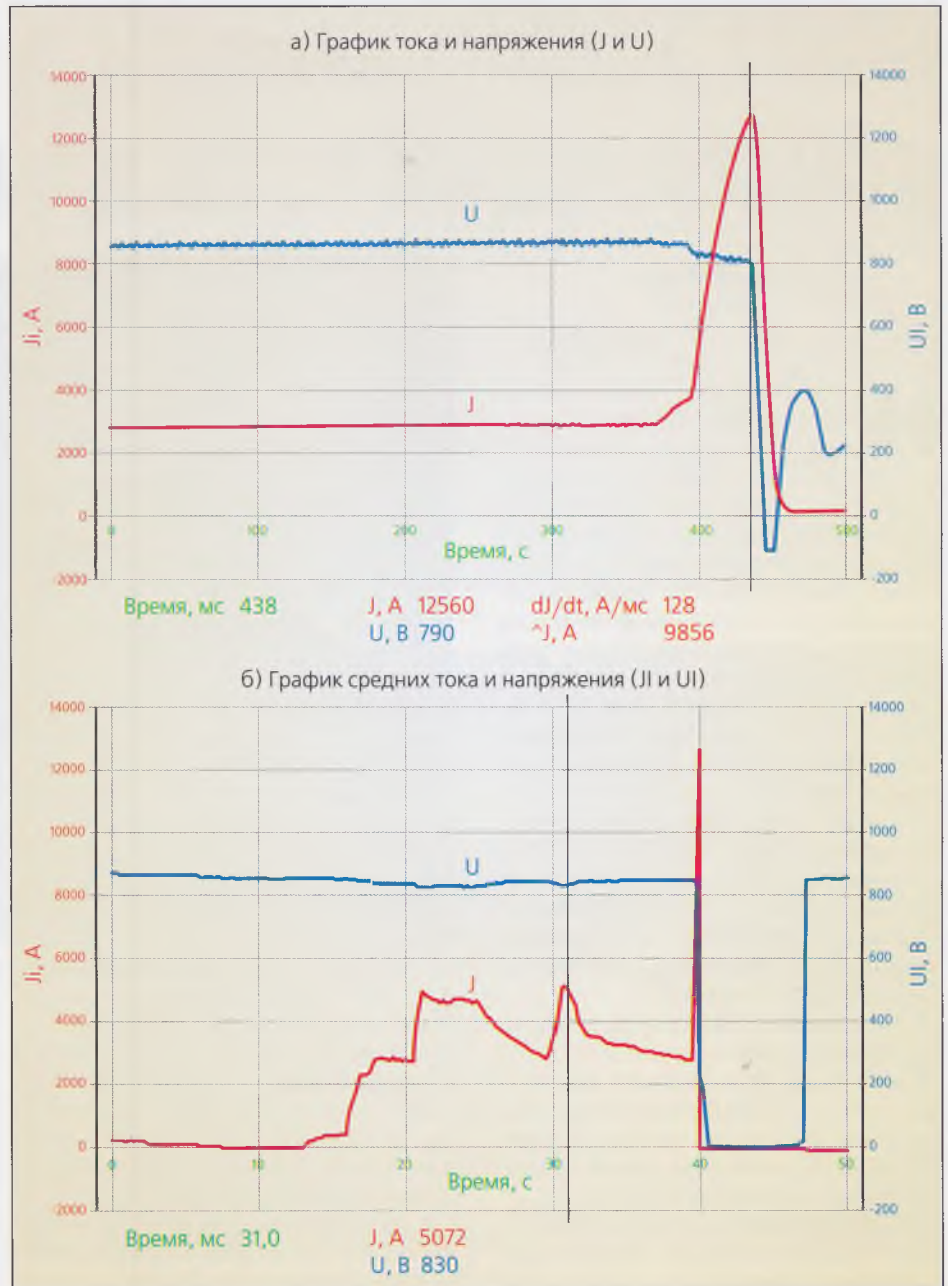


Рис. 3. Осциллограммы срабатывания защиты АЗМ-2 при близком коротком замыкании: а – на интервале 500 мс; б – на интервале 50 с

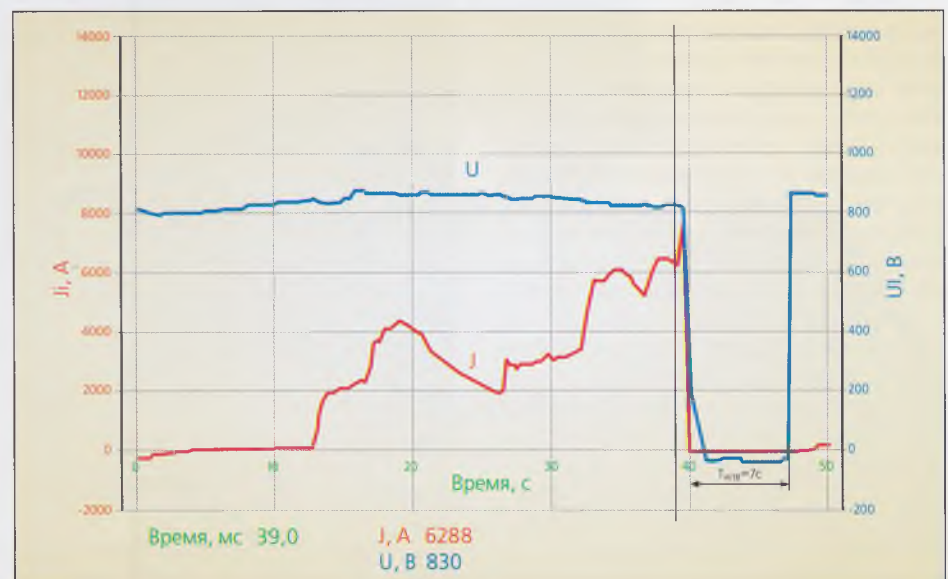


Рис. 4. Осциллограмма отключения БДВ в рабочем режиме при совпадении по времени пуска 3-го подвижного состава на фидерной зоне

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОНСТРУКЦИИ ПУТИ НА ЛЕЖНЯХ

В. М. Кошкин,
начальник

МУП «Новосибирский метрополитен»

Новосибирский метрополитен стал одним из первых, в котором уложили рельсы Р65 и закрепили их к деревянным шпалам жесткими клеммами. С начала движения электропоездов из-за значительной жесткости данного типа пути шпалы вырывало из бетона, а многие жители домов, расположенных по трассе метрополитена мелкого заложения, испытали значительный дискомфорт.

С первых лет эксплуатации работники службы пути и тоннельных сооружений начали поиск такой конструкции пути, при которой:

- влияние на прилегающие здания было бы минимальным;
- содержание пути – более технологичным;
- срок службы основных элементов пути должен быть сопоставим со сроком службы тоннелей;
- путь отвечал бы всем требованиям безопасности движения поездов.

В 1990 г. нас заинтересовала конструкция пути с лежневым основанием, прошедшая испытания на кольце полигона ВНИИЖТа и уложенная на опытном участке Киевского метрополитена.

Уже в 1993 г. в Новосибирске на перегоне «Красный проспект» – «Гагаринская» был уложен первый участок пути длиной 440 м с лежнями, замоноличенными в бетон (рис. 1). За прошедшие 10 лет эксплуатации путь показал свою стабильность. Его высокая жесткость компенсировалась практически идеальной плавностью хода поезда. Содержание пути заключается в плановых осмотрах, проверках и смазке креплений.

В отличие от известных технических решений, виброзащитный путь с лежневым железобетонным подрельсовым основанием не имеет элемента, непосредственно соединяющего рельсовые нити между собой. Подрельсовым основанием этой конструкции служат железобетонные лежни размерами в плане 2,2 × 0,6 м.

Фиксирование положения рельсовых нитей вместе с лежнями предусмотрено устройством продольных и боковых упоров. Основными элементами, оказывающими решающее влияние на снижение уровня виброускорений тоннельной отделки, являются подлежневые амортизирующие прокладки, состоящие из резиновых клинообразных элементов со ско-



Рис. 1. Конструкция пути с лежнями, замоноличенными в бетон

сом контактирующих поверхностей между собой 1:15, длиной 600 мм, высотой 58 мм. Подкладки позволяют регулировку лежня по высоте от 58 до 78 мм (на 20 мм). Рельс к лежням прикрепляется посредством типового скрепления для железобетонных шпал «КБ».

В 2000 г. оба пути перегона от ст. «Сибирская» до ст. «Маршала Покрышкина»,

общей длиной 2,2 км, были уложены на лежневое основание, половина которого выполнена в монолитном исполнении (рис. 2), а вторая – в виброзащитном (рис. 3).

На пути с лежнями, замоноличенными в бетон, в настоящее время вызывает беспокойство наличие усадочных трещин по «холодному» шву вокруг лежней (рис. 4)

Рис. 2. Лежневое основание в монолитном исполнении



Расстройств пути из-за этого пока не наблюдалось, но технологию по переукреплению данных лежней приходится разрабатывать.

На вновь строящихся перегонах будет укладываться путь на лежневом основании в виброзащитном исполнении. Эта конструкция становится для нашего метрополитена основной. Резиновые прокладки вокруг лежня гасят любые его перемещения от воздействия подвижного состава, компенсируя недостатки путевых креплений. До настоящего времени выправка пути проводилась один раз после пуска данного участка в эксплуатацию, и балльность пути и контактного рельса остается нулевой.

В настоящее время для виброзащитного пути разрабатывается новое безрезьбовое крепление, которое позволит упростить работы, связанные с демонтажем рельсов, и значительно снизит себестоимость лежней без сложных закладных деталей (рис. 5).

Систематически проводится комплекс измерений уровней вибрации пути на лежневом основании и готовится отчет.

Сегодня, после 18-ти лет перевозки пассажиров, основная часть путевых работ связана со шпалами: их ремонтом, извлечением сломанных шурупов, ремонтом разработанных шурупных отверстий, закреплением шпал в бетоне, а в скором времени предстоит массовая перебетонировка шпал и их замена. Все это требует большого числа рабочих и, при отсутствии технологий с применением машин и механизмов, ручного и, в значительной степени, вредного труда в условиях стесненного тоннеля. Значительные затраты на проведение перечисленных работ существенно увеличат себестоимость перевозки в наших сложных экономических условиях.

Путь с лежневым основанием должен иметь срок службы, близкий к сроку службы конструкций тоннеля, и замены будут требовать только рельсы, дефектные крепления и упругие прокладки В. С. П., что неизбежно и при традиционной конструкции пути со шпалами. При необходимости дефектный лежень меняется на другой просто и технологично. Открытый путевой лоток значительно облегчает уборку тоннеля и обеспечивает безопасный проход работников метрополитена и пассажиров при их эвакуации. Отсутствие шпал увеличивает пожаробезопасность тоннелей, что ценилось всегда и очень актуально сегодня.

Метрополитены мелкого заложения значительно дешевле при строительстве и более удобны для пассажиров, но требуют решений, максимально снижающих шум и вибрацию от воздействия подвижного состава.


Путь с лежневым основанием в виброзащитном исполнении, доказавший свою надежность, можно рекомендовать для применения и в других метрополитенах. 



Рис. 3. Лежневое основание в виброзащитном исполнении



Рис. 4. Усадочные трещины по «холодному» шву вокруг лежней



Рис. 5. Безрезьбовое крепление

СЕЙСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРУНТОВ

ЛЕВОГО ПЕРЕГОНА ТОННЕЛЯ СТ. «МАРШАЛА ПОКРЫШКИНА» - СТ. «БЕРЁЗОВАЯ РОЩА» (СТРОЯЩАЯСЯ ЛИНИЯ)

Целью проведенных работ было определение оценки состояния грунтов левого перегона тоннеля ст. «Маршала Покрышкина» – ст. «Берёзовая Роща» по результатам инструментальных сейсмических исследований с определением физико-механических характеристик и картированием аномальных участков (эрозионных, разуплотнённых, карстовых) на глубинах до 20 м.

Основные задачи:

- провести технологическое опробование разработанных методических и технических решений, обеспечивающих получение высококачественного сейсмического материала на продольных и поперечных волнах, внутри тоннеля и на дневной поверхности;
- выполнить обработку и интерпретацию сейсмической информации с построением цифровой сейсмофизической модели и оценкой значимой скорости упругих волн, плотности (в условиях их естественного залегания);
- произвести картирование локальных участков разуплотнения грунтов.

Общая характеристика района работ

Экспериментальные сейсмические работы по изучению физико-механических характеристик грунтов левого перегона тоннеля ст. «Маршала Покрышкина» – ст. «Берёзовая Роща» были проведены в районе путепровода на пересечении улиц Ипподромской и Гоголя. Асфальтный слой дорожного полотна здесь имеет среднюю абсолютную отметку 155,56 м над 270-м кольцом проходки и 155,64 м – над 273-м. До начала строительства тоннеля на уровнях 154,35 м и 154,47 м соответственно была заложена монолитная железобетонная конструкция мощностью 0,3 м. Проходка тоннеля диаметром 5,5 м осуществлялась с применением чугунных тубингов, скрепленных стальными болтами. Верхняя точка тоннеля прошла по отметке 152,2 м.

Выработка велась в породах (разнообразные супеси, суглинки), насыщенных водой и имеющих плотность от 1,7 до 2,0 г/см³. Геологический разрез представлен на рис. 1.

Методика проведения работ

Сейсмические работы проводились высокоточной 24-разрядной отечественной сейсмотелеметрической станцией на открытом канале с частотой дискретизации 0,5 мс. Количество используемых сейсмических каналов варьировало от 24 до 60.

Работы выполнены по методике многократных перекрытий по трем профилям, расположенных как по простиранию изучаемого объекта (тоннеля метро), так и в крест его. Наблюдения проводились с трехкомпонентными сейсмоприемниками СКЗ-10Ц, вертикальными СВ-20, что позволило одновременно регистрировать все типы возбуждаемых упругих волн.

Один продольный сейсмический профиль располагался внутри тоннеля на его боковой стенке с кольца № 260. На отметке 149,6 м располагались трехкомпонентные сейсмоприемники с шагом 1 м. Длина расстановки составила 19 м. Возбуждение упругих колебаний осуществлялось ударами молота весом до 5 кг; между пунктами приема, так же с шагом 1 м по направлению радиуса тоннеля.

Два поперечных сейсмических профиля располагались в крест простирания тоннеля. Вертикальные сейсмоприемники крепились по периметру колец № 270 и 273 с шагом 1 м. На каждом кольце размещалось по 12 сейсмоприемников. Пункты возбуждения – располагались на дневной поверхности, вдоль улицы Ипподромская с шагом 1 м. Максимальные выносы пунктов возбуждения от оси тоннеля составляли 25 м в обе стороны. Было отработано 102 пункта возбуждения по – 51 над кольцами № 270 и 273. Удары на пунктах возбуждения проводились ударом молота весом 10 кг по металлической пластине.

Синхронизация отметки момента возбуждения упругих колебаний и начала регистрации сейсмических данных производилась по проводной линии связи.

Сейсмическая инструментальная съёмка велась в ночное время для уменьшения техногенных, прежде всего, транспортных помех.

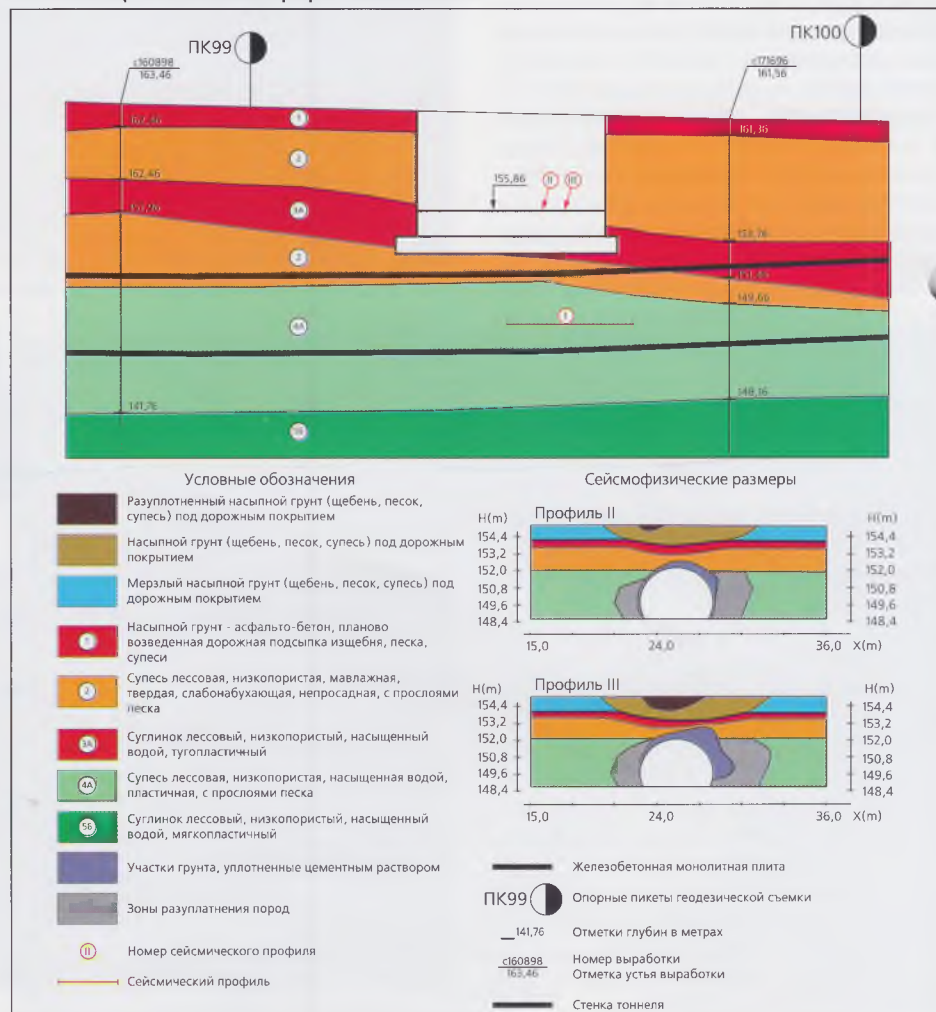
В результате проведенных опытных работ было получено 70 сейсмограмм с трехкомпонентной записью сейсмических колебаний и 102 однокомпонентные сейсмограммы.

Обработка материалов была выполнена в интерактивном режиме на PC-компьютерах в системе Windows 2000. Первичная обработка сейсмических материалов была выполнена с построением для каждого профиля системы годографов волн, регистрируемых в первых вступлениях, прежде всего продольных, прямых рефрагированных волн. Далее была проведена полная обработка сейсмических данных с использованием математического аппарата лучевой сейсмотомографии, результатом которой являются сейсмотомографические разрезы с оценкой скоростной характеристики грунтов, прилегающих к тоннелю.

Основные результаты

Принятая методика и технология работ позволила получить кондиционный первичный материал. На сейсмограммах уверенно прослеживаются в первых вступлениях про-

Рис. 1. Инженерно-геологический разрез по линии тоннеля



дольные сейсмические Р-волны. Поперечные SV-волны наблюдаются спорадически.

Построенные сейсмотомографические разрезы по отработанным профилям представлены рис. 2, на котором четко проявляется существенная дифференциация скоростей продольных волн V_p , по сравнению с априорной информацией о значениях скоростей V_p , составляющей 280+420 м/с для песчано-глинистых пород.

На поперечных сейсмотомографических разрезах можно выделить область пониженных значений скоростей V_p , расположенную около боковых стен тоннеля, что, возможно, вызвано выработкой пород в процессе его проходки, которое привело к разгрузке напряжения в слое 4А и к разуплотнению пород. Как известно, для супесей средняя зависимость изменения плотности пород от скорости распространения сейсмических волн V_p выражается формулой:

$$\Delta\rho \approx 0,00058 \times \Delta V_p,$$

для нашего случая $\Delta V_p = 100+200$ м/с.

Таким образом, коэффициент уплотнения пород пласта 4А (в зоне разуплотнения) составил 0,93+0,97.

В правой части стенки тоннеля на разрезах вокруг колец № 270, 273 появляется ограниченная высокоскоростная область, предположительно связанная с зацементированным участком грунта вокруг тубингов.

Скорость в верхней же части свода тоннеля, тем не менее, высокая ($V_p = 600+800$ м/с), что, вероятно, объясняется уплотнением грунта, вызванного провисанием железобетонной плиты, уложенной на глубине 1,5 м от поверхности.

Непосредственно на поверхностях разрезов по кольцам № 270 и 273 отмечаются две высокоскоростные области на ($X = 0+12$ м и $X = 38+48$ м), что, очевидно, связано с промерзанием насыпного грунта под асфальтным полотном дороги. В центральной же части разреза скорость на поверхности составляет всего 300 м/с, что указывает на отсутствие в данной части дороги мерзлотных пород, возможно связанного с тепловым потоком, направленным из тоннеля к дневной поверхности.

Наиболее низкоскоростная область $V_p = 200$ м/с у поверхности ($X = 24$ м), возможно, связана с разуплотнением насыпного грунта под дорожным покрытием, вызванного провисанием железобетонной плиты, находящейся на уровне 1,5 м под поверхностью. Уменьшение данной области разуплотнения от центра дороги к ее периферии (опорам) указывает на наибольшее прогибание железобетонной плиты в центральной части автомобильного полотна.

Выполненные работы являются важным этапом сейсмических исследований при инженерных изысканиях с целью оценки состояния грунтов в окрестностях тоннелей метро. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности применения сейсмических методов для выявления локальных зон разуплотнения как в насыпных грунтах, так и в подстилающих коренных породах, которые могут провоцировать аварийные ситуации. Организация возбуждения упругих колебаний во внутренних частях тоннеля метро позволяет контролировать состояние грунтов в околотоннельном пространстве, а также качество заполнения цементом пус-

тотного пространства после выполнения соответствующих профилактических работ.

Размер выявляемых локальных неоднородностей в грунтах определяется плотностью расположения профилей и плотностью наблюдений по каждому из профилей. При шаге расстановки сейсмоприемников до 1 м и таком же шаге пунктов возбуждения упругих колебаний возможно выделение скоростных и (или) плотностных аномалий в насыпном грунте размерами до 0,5 м в диаметре. Выявить более мелкоразмерные неоднородности (менее 0,5 м) можно с использованием более плотных систем наблюдений с уменьшением расстояния между сейсмоприемниками до 0,5–0,3 м и между пунктами возбуждения упругих колебаний до 0,5 м, регистрация которых в этом случае выполняется с частотой дискретизации до 0,25 мс.

Для получения не только качественного описания литологии пород, окружающих тоннель метро, но и количественных характеристик грунтов (плотности, модуля сдвига, коэффициента Пуассона и т. п.) необходимо в дальнейшем целенаправленно и в большем объеме проводить регистрацию и возбуждение поперечных волн.


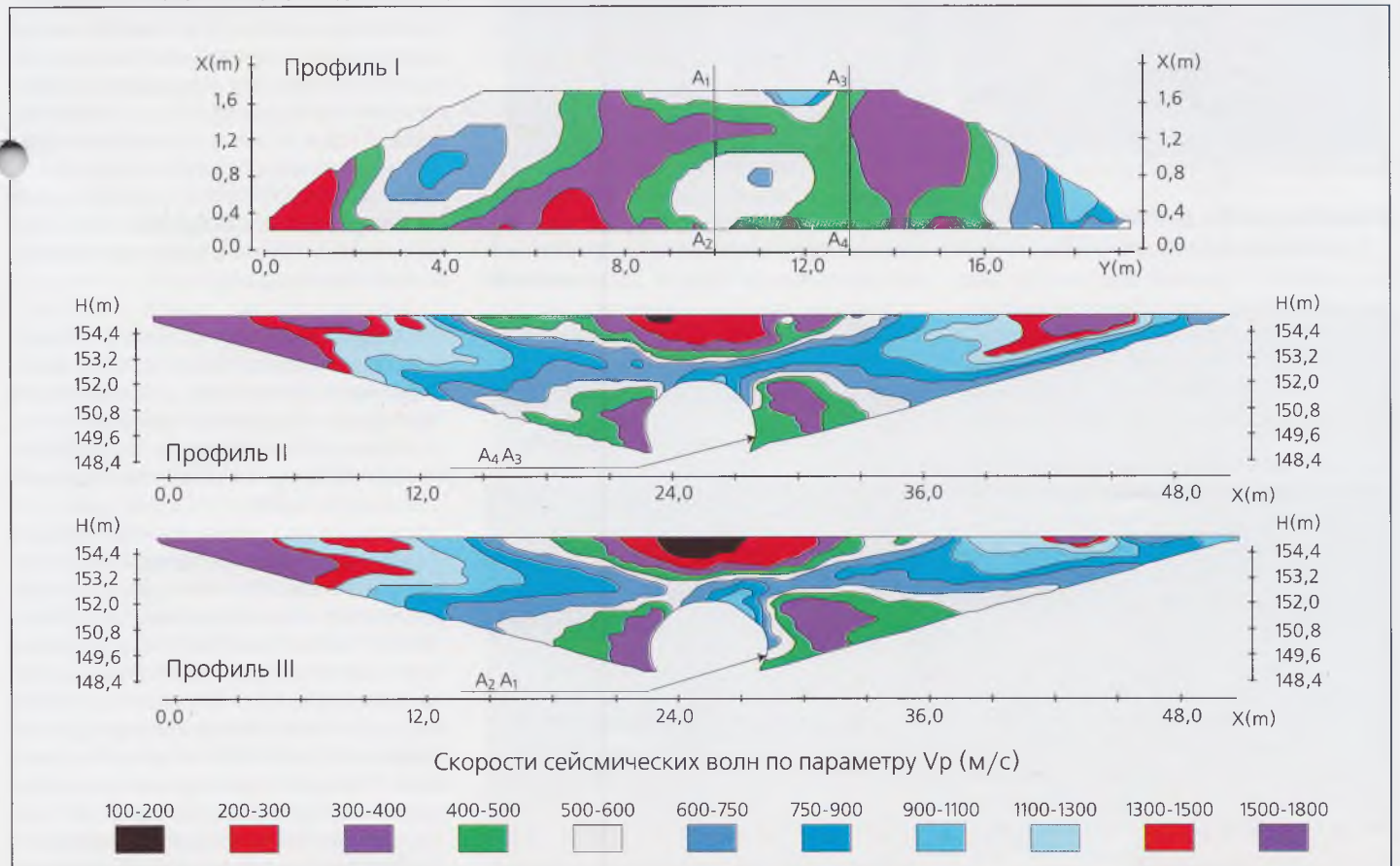
Построение моделей геологической среды с оценкой распределения коэффициентов пористости и водонасыщенности пород по площади, определением отметки уровня грунтовых вод необходимо выполнять при совместном использовании данных сейсморазведки и результатов отбора проб при колонковом разбуривании проблемных и эталонных участков в районе проведения изыскательских работ. 

Рис. 2. Сейсмотомографические разрезы грунтового покрытия перегона ст. «Березовая Роща» – ст. «Маршала Покрышкина»



РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ ГРУНТОВОГО МАССИВА В ПРИКОНТАКТНОЙ ЗОНЕ ТОННЕЛЕЙ МЕТРОПОЛИТЕНА

Инженерная компания
«Сибгеотех»,
Новосибирск

В период с 1998 по 2001 гг. по заданию Новосибирского метрополитена силами Сибирского НИИ геологии геофизики и минерального сырья и инженерной компании «Сибгеотех» были проведены научно-исследовательские работы по диагностике состояния грунта за тоннельной обделкой метротоннелей.

Целевым заданием выполненной работы являлось изучение свойств объекта исследования, представляющего собой пустоты, зоны дезинтеграции и обводнения грунтового массива в приконтактной зоне подземных инженерных сооружений Новосибирского метрополитена с помощью контактных и дистанционных методов геофизики.

Выполненная работа является основанием для создания опытных образцов аппаратуры диагностики подземных сооружений метрополитенов.

Методика решения поставленной задачи заключалась в оценке электрофизических, теплофизических и сейсмоакустических предпосылок ее решения; разработке экспериментальных макетов оборудования для проведения исследований; выполнении экспериментальных исследований с целью установления эффективности выбранных методов.

Наземные способы диагностики

Для обнаружения геоэлектрических неоднородностей с дневной поверхности была применена новая электроразведочная технология электромагнитного сканирования с аппаратурой «Импульс-авто» и «Импульс-сл» (рис. 1). Электрофизическими предпосылками решения поставленной задачи являются

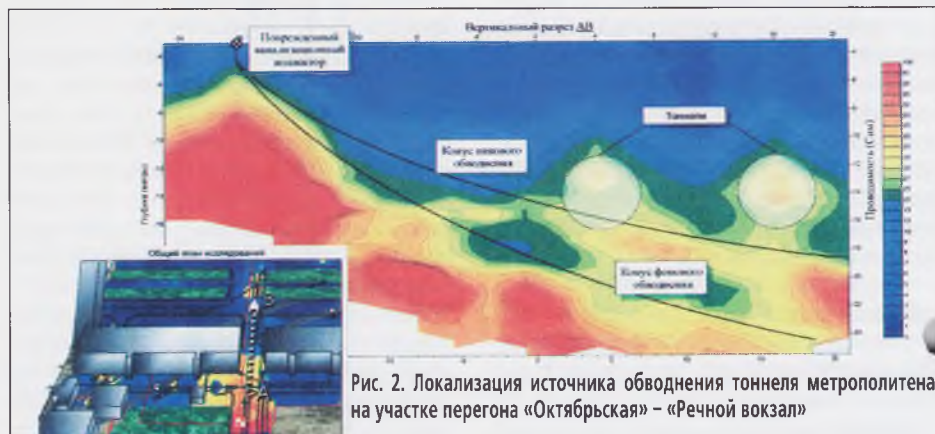


Рис. 2. Локализация источника обводнения тоннеля метрополитена на участке перегона «Октябрьская» – «Речной вокзал»

изменения электрического сопротивления и диэлектрической проницаемости в области разуплотнения и обводнения грунта. Эта технология позволяет обнаруживать участки обводнения метротоннеля и большие пустоты в грунте, соизмеримые с глубиной их залегания. Более мелкие необводненные пустоты, особенно в приконтактной зоне с тоннелем, данная методика не обнаруживает. Полученная глубинность зондирования составляет около 25 м в реальных проводящих грунтах. На рис. 2 представлен результат локализации источника обводнения на участке перегона «Речной вокзал» – «Октябрьская».

Подземные способы диагностики

Диагностика грунта при измерениях во внутреннем объеме тоннеля была сформирована на основе идеи о комплексировании двух методик, одна из которых должна быть высокопроизводительной дистанционной и давать информацию о возможных неоднородностях в движении диагностического комплекса; задача второй – уточнение присутствия этих объектов и осуществление бо-

лее детальной локализации в пределах выделенных аномальных зон.

В результате анализа доступных способов диагностики при ограниченном объеме финансирования научно-исследовательской работы были выбраны два способа: акустический и тепловизионный.

Теплометрия

Для диагностики состояния грунтов вблизи контактной зоны железобетонной обделки тоннеля может быть использован метод дистанционной термометрии. Его целесообразно применять при опережающих геофизических исследованиях. На рекогносцировочном этапе – для локализации крупных тепловых аномалий, связанных с морфологией и структурой тоннеля и заобделочного грунта. На этапе детализации эти зоны завершаются сейсмоакустическими либо электромагнитными методами.

Суть метода

Известно, что между объектами, согласно закону сохранения энергии, происходит теплообмен, приводящий к выравниванию температур. Направление передачи тепла – от горячего тела к холодному. Характер распространения тепла в элементах подземной инженерной конструкции происходит в соответствии с процессами теплопроводности твердых тел и может быть описан известными уравнениями. При конвекции происходит перенос тепла потоком воздуха, а при лучистом теплообмене энергия переносится благодаря излучению и поглощению электромагнитных волн. Мощность излучения возрастает с увеличением температуры, а ее максимум сдвигается в сторону коротких волн. В процессе теплопередачи для модели пустоты в заобделочном пространстве «жидкая или газообразная среда с перегородкой из твердого тела» можно выделить три фазы.

Рис. 1. Блок-схема электромагнитной системы «Импульс-авто, -сл»



На первой из газообразной среды через поверхность перегородки подводится тепло

$$Q = \alpha \cdot A \cdot t \cdot \Delta T, \quad (1)$$

где α – коэффициент теплоотдачи,
 A – площадь сечения теплопередачи,
 t – время,
 ΔT – разность температур газа и твердого тела.

$$Q = K_r \cdot A \cdot t \cdot \Delta T / l,$$

где K_r – коэффициент теплопроводности,
 l – толщина перегородки.

В третьей фазе теплоотдача перегородкой заобделочной среде также описывается формулой (1). Это справедливо при описании стационарного процесса, когда $\Delta T = \text{const}$, для достаточно короткого тоннеля в зимних условиях, при отрицательной температуре. Летом, при температуре воздуха более $+10^\circ$, процесс идет в обратном направлении.

Строительные материалы, из которых выполняются тоннели, относятся к плохим проводникам тепла.

Вода занимает промежуточное положение между плохими проводниками и теплоизоляторами: K воды $\sim 0,5$.

Воздух, как известно, является теплоизолятором: K воды $\sim 0,03$.

Из анализа коэффициента теплопроводности следует, что существуют достаточные предпосылки для постановки термометрии.

Для тепловизионной съемки была изготовлена система, блок-схема которой представлена на рис. 3. Прибор обеспечивает формирование движущихся и неподвижных объектов в режиме панорамирования. На выходе блока запоминания информации происходит формирование видеосигнала в виде шестизначного двоичного кода. В блоке запоминания информации предусмотрено наличие стоп-кадра. В камере предусмотрены отдельные входы строчных и кадровых синхронизирующих импульсов амплитудой не менее 2,4 В на нагрузке 1 кОм. Электропитание прибора – от сети переменного тока напряжением 220 ± 22 В с частотой 50 ± 5 Гц.

Фрагмент полученного результата представлен на рис. 4 в виде последовательности стоп-кадров, отснятых в течение 0,8 с. Запись была получена с аппаратуры, расположенной на платформе дрезины. Скорость движения составляла 20 км/ч. Длина отснятого фрагмента пути, изображенного на рисунке, составляет около 4,5 м. Из анализа изображения видно, что в поле зрения находилась область теплового излучения, которая может быть идентифицирована как пустота за тоннельной обделкой.

Акустика

Для обследования межтоннельного грунтового массива наиболее надежные и убедительные результаты дает метод сейсмоакустического прозвучивания или сейсмотомографии. Для обследования «одиночных тоннелей» в проведенных исследованиях может быть применен резонансный метод акустической добротности, основанный на зависимости скорости затухания собственных колебаний железобетонных конструкций тоннеля от упругих свойств контактной зоны «грунт – тоннель». Блок-схема макета сейсмоакустиче-

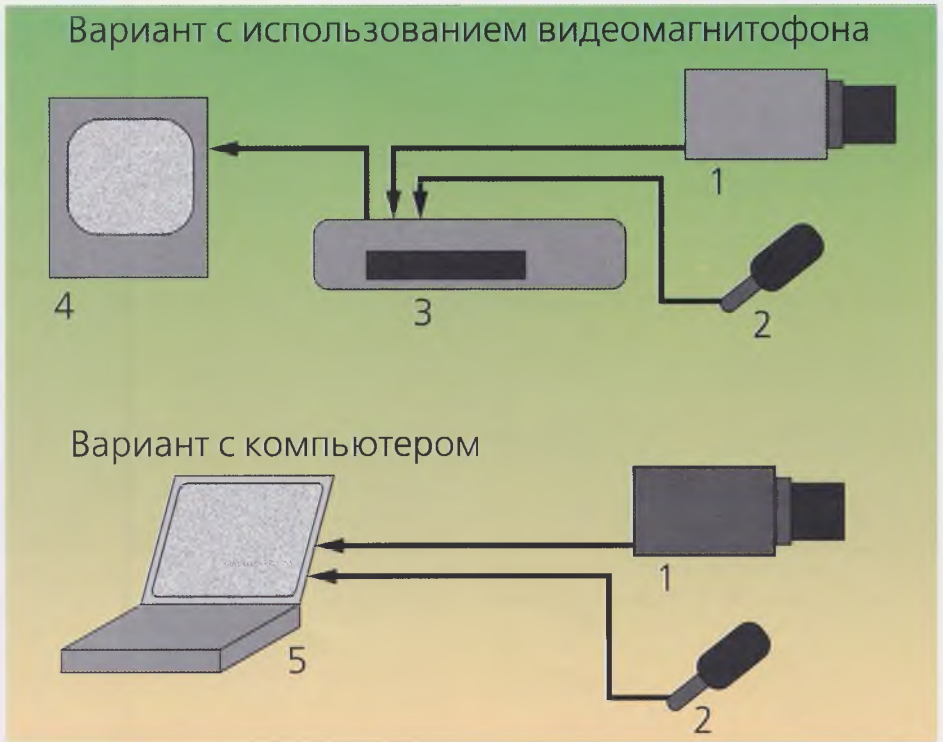


Рис. 3. Блок-схема тепловизионной системы измерений:
 1 – тепловизионная камера, 2 – микрофон, 3 – видеомagneитофон, 4 – телевизионный монитор, 5 – переносной компьютер с видеовходом

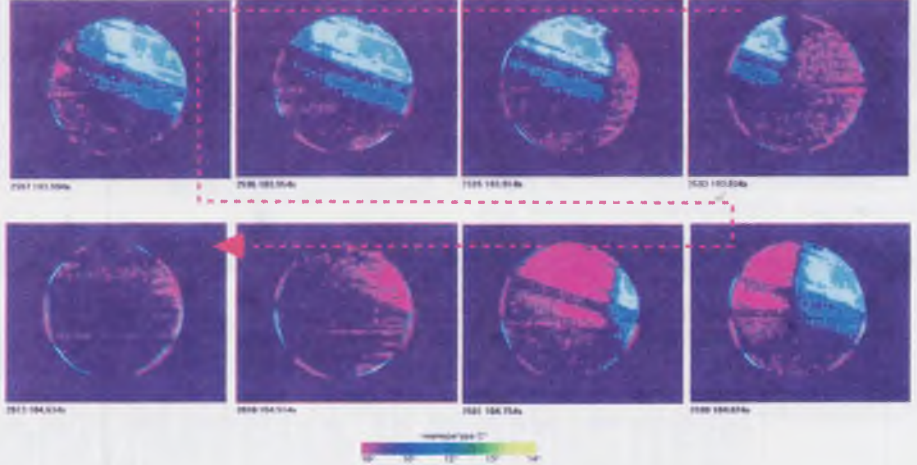


Рис. 4. Стоп-кадры тепловизионной съемки потолочных плит тоннеля метро в районе ст. «Площадь Гарина-Михайловского»

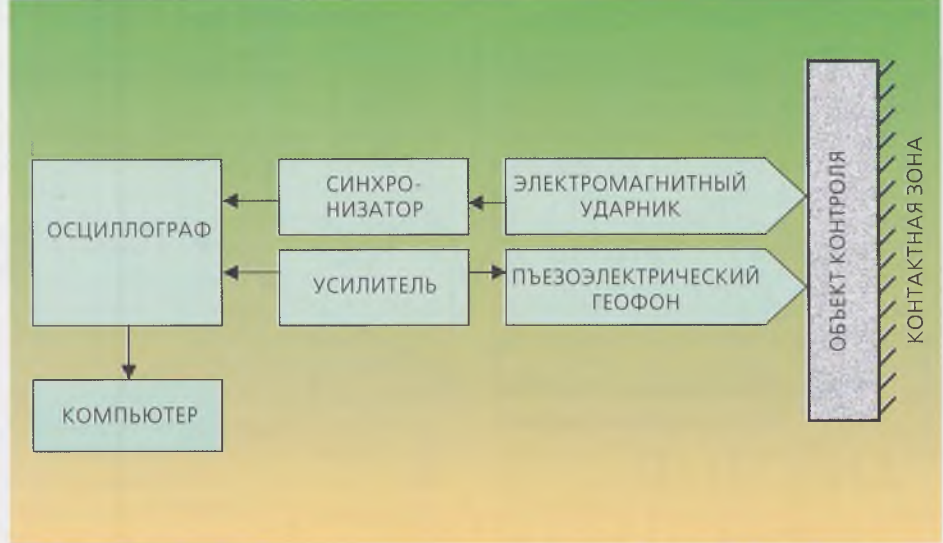


Рис. 5. Блок-схема сейсмоакустической аппаратуры

ской системы представлена на рис. 5. В соответствии с блок-схемой возбуждение исследуемой среды производится с помощью электромагнитного ударника. Принятый пьезоэлектрическим геофоном спектр колебаний через усилитель передается на осциллограф для преобразования сигнала в цифровую форму с последующей обработкой и анализом данных на компьютере.

Диагностика методом акустической добротности

На рис. 6 представлен результат исследований монолитной стены тоннеля с грунтом и полостью в приконтактной зоне в виде экрана измерительной программы. В верхнем окне отображены амплитудно-частотные спектры вдоль профиля измерений. Полосой выделена рабочая область частот (5–15 кГц).

График вдоль профиля отображает отношение интегральной энергии выделенных частот к общей интегральной энергии сигнала в данной точке профиля. Как видно из рисунка, подобные объекты разделяются достаточно надежно.

Выводы

Результаты проведенных работ позволяют сделать следующие выводы:

- разработан и опробован экспериментальный макет наземной электромагнитной диагностической системы для локализации ослабленных участков грунтового основания окрестности приконтактной зоны метротоннелей. Глубинность исследований составляет около 25 м;
- разработаны и опробованы экспериментальные образцы оборудования для внутритоннельной диагностики приконтактной зоны «железобетонная обделка –

грунт», на основе комплексирования метода теплотрии и акустики;

- аппарата и метод акустической добротности для внутритоннельной диагностики могут использоваться самостоятельно;

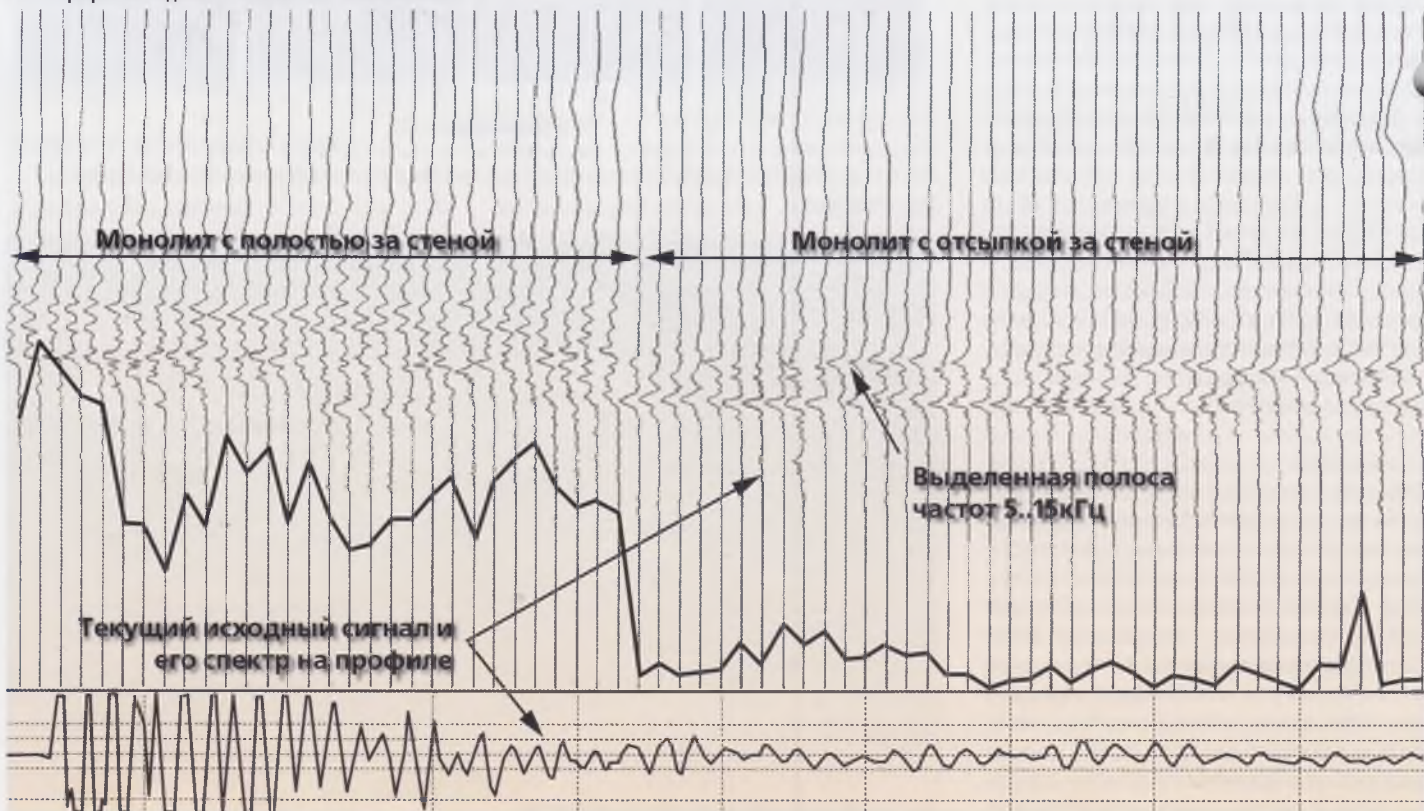
- создана реальная предпосылка для постановки ОКР по созданию эффективного метода диагностики тоннельных сооружений метрополитена для обеспечения их безопасной эксплуатации.



Основные технические данные и характеристики тепловизионной системы

Минимально обнаруживаемая разность температур при температуре фона (298±5) К, (25±5)°С не менее	0,5К
Максимальная разрешающая способность N_{max} , телевизионных линий на диаметр стандартной мишени, не менее	125
Угловое поле зрения, градус, не менее	18
Диапазон температур в тепловом поле объекта, передаваемый без ограничения, градус С°, не менее	20
Мощность, потребляемая от сети, Вт, не более	190
Условия эксплуатации прибора:	
Рабочий диапазон температуры воздуха, градус С°	10–35
Среднемесячная влажность воздуха при 20° С, процент	65
Условия транспортировки прибора:	
температура окружающего воздуха, градус С°	-50+50
влажность воздуха при 25°С, процент	100
(с последующей выдержкой в нормальных условиях не менее 24 часов)	
Габаритные размеры, мм, не более:	
камеры (без объектива)	280x110x132
блока запоминания информации	260x110x132
блока питания	260x110x102
штатива в сложенном виде	185x185x1060
ВСУ	525x360x300
Масса комплекта, кг, не более	33
в т. ч.:	
камеры (без объектива), не более	3
блока запоминания информации, не более	2
блока питания, не более	5,5
штатива, не более	3
ВСУ, не более	13,5
объектива, не более	2
кабелей, не более	1
комплекта ЗИП	3

Рис. 6. График исследования монолитной стены тоннеля





ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ТОНКОРАСПЫЛЕННОЙ ВОДОЙ ДЛЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ МЕТРОПОЛИТЕНА И ТОННЕЛЕЙ

А. С. Чирко,

ГУП «Мосинжпроект», к. т. н.

А. В. Карпышев,

к. т. н.

М. Д. Сегаль,

НИИ низких температур при
Московском авиационном
институте, д. т. н.

В современных условиях негативные факторы техногенного, природного и террористического характера представляют одну из наиболее реальных угроз для обеспечения стабильного социально-экономического развития города Москвы, повышения качества жизни населения, укрепления национальной безопасности и международного престижа Российской Федерации.

Совершенствование системы безопасности автотранспортных тоннелей, коммуникационных коллекторов и других подземных сооружений города, как объектов повышен-

ной опасности, направлено на снижение уровня техногенных катастроф и пожаров в городских тоннелях, которые могут привести к массовой гибели людей и транспортному коллапсу города.

Отмечается отсутствие четкого разграничения сфер ответственности за безопасность подземных сооружений, а нормативно-правовая база, регулирующая вопросы обеспечения защищенности этих опасных объектов, несовершенна. Усиливается негативное воздействие антропогенных факторов.

В последние годы существует устойчивая тенденция роста террористических проявлений в подземных сооружениях города, что позволяет отнести их к перечню критически важных объектов Российской Федерации.

Заложенные в технических условиях и проектной документации мероприятия, безусловно, важны, но не решают весь комплекс проблем обеспечения безопасности подземных сооружений. Важнейшими составляющими

являются также регламенты взаимодействия по ликвидации ЧС и уровень технической вооруженности оперативных служб.

Пожары в подземных транспортных сооружениях метрополитена и тоннелях характеризуются быстрым распространением зоны воздействия опасных факторов на значительную часть сооружения, быстрым ростом температуры в объеме тоннеля, блокированием путей эвакуации, насыщением прилегающих наземных территорий и зданий токсичными продуктами горения, повреждением конструкций тоннелей, прекращением эксплуатации транспортной магистрали. Последствием крупных пожаров в метрополитене может быть массовая гибель людей и транспортный коллапс мегаполиса.

Развитие пожара в вагонах метропоездов, на пассажирских платформах, эскалаторах, путях и особо важных для безопасности объектах метрополитена имеет существенные особенности:



Тушение пожара в автотранспортном тоннеле. Из сборника фирмы «Dräger safety»

• ограниченность пространства, наличие большого количества людей и связанные с этим сложности при их эвакуации;

• значительная общая пожарная нагрузка, которая у вагонов различных серий составляет более 50 кг/м² и может включать в себя большое количество материалов, выделяющих при горении токсичные компоненты;

• наличие в тоннелях метрополитена большого числа силовых кабелей под напряжением до 10 кВ, а в вагонах – многочисленных электроустановок;

• высокая скорость воздухообмена, обуславливающая высокую скорость повышения температуры до значений в тысячу и более градусов; фактически через 3–5 мин после начала пожара ситуация для людей, находящихся в тоннеле, становится критической, при этом возникает необходимость эвакуировать из тоннеля несколько сотен человек;

• возможность быстрого задымления путей эвакуации;

• значительные трудности, а в ряде случаев, практическая невозможность подачи необходимых объемов и расходов огнетушащих веществ к очагам пожара в подземных объектах метрополитена;

• возможность возникновения паники среди пассажиров.

Основную опасность для пассажиров метрополитена при пожаре представляет задымление. Люди, как правило, погибают от удушья и отравления непригодными для дыхания продуктами горения.

Специфика пожаров на объектах метрополитена и тоннелях предъявляет жесткие требования к системам пожаротушения. Они должны обеспечивать:

• быстрое действие, в том числе при условии блокирования движения в тоннеле;

• безопасность людей, находящихся в вагонах, на платформах и эскалаторах;

• быстрое снижение температуры и осаждение продуктов горения.

Кроме того, огнетушащие вещества, используемые в системах пожаротушения в ва-

гонах, на пассажирских платформах и эскалаторах, должны быть безопасны для людей. А выполнение задачи ликвидации пожара не должно приводить к затоплению тоннеля метрополитена и заливку кабельных лотков и инженерных помещений.

По мнению отечественных и зарубежных специалистов одним из наиболее эффективных способов пожаротушения для специфических условий метрополитена и тоннелей является применение систем пожаротушения тонкораспыленной водой. Поэтому необходимо сосредоточить усилия по развитию и адаптации этих систем в организациях, имеющих необходимые научные и практические заделы.

Значительный опыт использования технологии тонкораспыленной воды для противопожарной защиты объектов метрополитена имеется у известной компании Marioff.

Использование этой технологии позволяет осуществить тушение очага возгорания с максимальной эффективностью, высоким быстродействием и использованием минимального количества воды. Системы пожаротушения можно легко установить на станциях и в вагонах метропоездов, при этом они требуют минимального технического обслуживания.

Системой пожаротушения тонкораспыленной водой HI-FOG фирмы Marioff в настоящее время оборудованы более чем 50 станций Мадридского метрополитена. Установке системы предшествовали натурные испытания, включая возгорания на станциях, для демонстрации ее способности тушения и поглощения дыма.

На сегодняшний день защищено свыше 75 метропоездов и 1500 зон риска, в том числе более 500 эскалаторов (некоторые из которых эксплуатируются более 20 лет), магазины и киоски, билетные кассы и диспетчерские, насосные, мусоросборники.

Так как на некоторых линиях Мадридского метро нет водопровода, фирмой Marioff был спроектирован и смонтирован для станций насосный узел с водяным баком с запасом воды на 10 мин работы. Предусмотрен ава-

рийный аккумулятор, обеспечивающий работу насоса в течение 3 мин в случае аварий или отключения электроснабжения.

Новая разработка для защиты вагонов метропоездов – горизонтальный газодысперсионный насосный агрегат вместе с водяным баком, размещенный под каждым из трёх вагонов метропоезда. От этой системы идет подача воды на четыре спринклера HI-FOG, которые устанавливаются в каждом пассажирском отсеке, и по одному спринклеру размещено в кабине машиниста в головном и хвостовом вагонах поезда.

Кроме Мадридского, автономные системы HI-FOG имеются также в Лондонском метро для защиты аналогичных зон риска. Около 160 противопожарных систем установлены в складских помещениях, киосках и других местах метрополитена.

Специалисты Marioff разработали также защитную противопожарную систему для тоннелей и провели испытания в автомобильных и железнодорожных тоннелях при сильном ветре. Фирма Marioff участвует в международных испытательных программах для защиты тоннелей на автострадах.

В России специалистами Научно-исследовательского института низких температур (НИИИТ) при Московском авиационном институте на основе последних достижений аэрокосмической техники разработаны эффективные технологии пожаротушения тонкораспыленной водой, превосходящие известные аналоги, и создан ряд действующих установок, успешно себя зарекомендовавших при эксплуатации.

В НИИИТ накоплен опыт разработки систем пожаротушения тонкораспыленной водой в составе мобильных и автоматических систем пожаротушения, закреплённый в десятках патентов индустриальных стран Европы, США, Японии. Установки успешно себя зарекомендовали при эксплуатации в различных отраслях народного хозяйства. Институт имеет необходимые научные и опытно-конструкторские заделы для успешного решения специфической задачи противопожарной защиты объектов метрополитена и может выступить в качестве координирующей организации по решению этой проблемы.

Наиболее известная разработка института – ранцевая установка пожаротушения РУПТ-1-0,4. Она предназначена для оперативного подавления очагов пожаров твердых горючих веществ, горючих жидкостей и газов, а также для тушения пожаров в электрооборудовании под напряжением.

В установке используется принцип газодинамического ускорения мелкораспыленного (средний размер капли воды порядка 100 микрон) двухфазного (вода – воздух) потока, что позволяет оперативно подавлять пожары на ранней стадии возгорания с очень высокой эффективностью.

Установка отличается небольшими габаритами и массой менее 20 кг, простотой и надежностью в эксплуатации, постоянной готовностью к работе, безопасностью. В качестве огнетушащей жидкости применяется обычная вода или с добавками объ-

ёмом около 9 л. Работа установки осуществляется от баллона со сжатым воздухом объемом 2 л с рабочим давлением 30 МПа, аналогично применяемым в дыхательных аппаратах для пожарных, что позволяет создавать струю тонкораспыленной жидкости длиной 15–20 м.

При сертификационных испытаниях установки в России и за рубежом было подтверждено, что она может успешно применяться при ликвидации:

- пожаров твердых горючих материалов площадью поверхности очага горения класса 55А, что соответствует площади примерно 60 м², в том числе при тлеющем горении;
- возгораний легковоспламеняющихся жидкостей (бензин, керосин, гептан, различные масла и т. д.) площадью до 7,3 м², а при разливах – и большей площадью, при этом в ходе испытаний было показано, что 9 л воды с пенообразователем, содержащихся в установке, достаточно для погашения около 200 л горящего бензина или гептана;
- пожаров электрооборудования под напряжением до 36 тыс. вольт с расстояния более 1 м (в соответствии с протоколом испытаний на электробезопасность в СКБТ ВКТ Мосэнерго).

Эти свойства установки делают перспективным ее использование на объектах метрополитена, поскольку позволяют получить следующий эффект:

- оперативно приступить к тушению пожаров до прибытия основных пожарных подразделений;
- исключить залив тоннеля или помещений большим количеством воды и полностью избежать вторичного ущерба;
- проводить тушение в присутствии людей.

При испытаниях на полигоне ВНИИПО в августе 2003 г. с помощью установки РУПТ горящий автомобиль был потушен за 165 с всего 3,5 литрами огнетушащей жидкости.

На основании статистических данных можно полагать, что почти 90 % всех возгораний к моменту прибытия пожарных расчетов могут быть успешно ликвидированы с помощью установки РУПТ. Это дает возможность избежать значительного материального ущерба.

Разработка запатентована в промышленно развитых странах мира, удостоена Золотых медалей на 48-м Всемирном салоне «Брюссель – Эврика 99» и 28-м Международном салоне (апрель 2000 г., г. Женева) и Премии Правительства Российской Федерации за 2000 г. Куплена лицензия на ее производство в Германии.

Одна из последних разработок НИИИТ – огнетушитель, генерирующий струю тонкораспыленной воды для оперативного подавления начальных, сравнительно небольших, очагов возгораний.

Запаса воды в нем (6 л) достаточно для подавления очага пожара класса А34 (площадь горения порядка 40 м²) или класса В183 (примерно 180 любой ЛВЖ на поддоне диаметром 2,7 м). Полный вес огнетушителя составляет 9 кг, дальность струи тонкораспыленной воды – 5–7 м, расход жидкости – 0,3 л/с.

Огнетушитель может быть также использован для подавления очагов пожаров класса Е при напряжении до 1,0 кВ.

Он прост в обращении, не требует специального обслуживания и может быть размещен в кабине машиниста. Возможно изготовление модельного ряда таких огнетушителей различной емкости – от 2 до 10 и более литров.

Эти свойства огнетушителя позволяют оперативно подавлять такие характерные для метрополитена очаги пожаров, как, например, возгорание шпал (в том числе и тлеющее горение) или кабелей в тоннелях.

Специалистами НИИИТ разработаны и испытаны высокоэффективные дренчерные и спринклерные мелкодисперсные распылители, по своим характеристикам значительно превосходящие лучшие зарубежные аналоги. Их применение целесообразно при проектировании автоматических установок пожаротушения на объектах метрополитена, в том числе в метропоездах, поскольку они обладают значительно более высокой эффективностью использования воды, чем известные зарубежные аналоги, и работают при значительно более низких давлениях.

Для автоматических систем противопожарной защиты внутреннего пространства вагонов метропоездов специалистами НИИИТ предлагается также создать специальные модульные установки, включающие запас воды, воздушную вытеснительную систему, необходимый автоматизм и мелкодисперсные распылители, которые устанавливаются в вагонах. Сама модульная установка может быть размещена в подвагонном пространстве.

В отличие от системы HI-FOG, распылители которой имеют рабочее давление подачи воды порядка 8 МПа, высокоэффективные мелкодисперсные распылители НИИИТ работают при давлениях подачи воды порядка 0,6–1,2 МПа.

Использование для тушения в замкнутом пространстве в присутствии людей газовых, порошковых и аэрозольных систем пожаротушения крайне опасно, а тонкораспыленной воды не только эффективно, но и безопасно для людей. Мелкие капли воды интенсивно поглощают тепловое излучение, адсорбируют АХОВ и тем самым полностью защищают людей от воздействия опасных факторов пожара, создают локальные зоны безопасности.

Предварительные экспериментальные исследования, проведенные в НИИИТ, показали, что с помощью разработанных дренчерных распылителей возможно решение еще одной важной для метрополитена проблемы – создание тонкораспыленных водяных завес, препятствующих выходу дыма на станции при пожарах в тоннелях метрополитена.

В протяженных тоннелях с редкими эвакуационными выходами и сбойками целесообразно использовать установку «Островок безопасности» (Safe-point) – средство групповой защиты в подземных сооружениях. Эта новая совместная разработка НИИИТ и ГУП «Мосинжпроект» особенно эффективна в городских тоннелях глубокого заложения, как компенсирующее или дополнительное мероприятие, предназначенное для обеспечения



Новый огнетушитель НИИИТ

безопасности людей, не успевших эвакуироваться из тоннеля. Испытания показали, что Safe-point защищает от потока облучения менее 65 кВт/м², и поддерживает содержание кислорода не ниже 15 %. Установка не входит в габариты приближения, легко монтируется, имеет дистанционное и ручное включение. Safe-point оборудована самой современной системой звуковых и световых маяков, которые позволяют обнаружить её при видимости не менее 0,8 м с расстояния 50 м. Установка имеет высокий уровень функциональности, может интегрироваться с системами автоматического пожаротушения.

Гидравлические и огневые испытания устройств, разработанных НИИИТ, показали их высокую эффективность при пожаротушении, способность за очень короткое время (порядка нескольких секунд) снизить температуру в очаге возгорания и осадить продукты горения.

Выводы

Проблема противопожарной защиты объектов метрополитена и тоннелей имеет приоритетное значение не только на региональном, но и федеральном уровнях и требует комплексного подхода для ее успешного решения.

Необходимо в ближайшее время развернуть работы по поэтапному оснащению Московского метрополитена имеющимися высокоэффективными установками пожаротушения тонкораспыленной водой и системами, создающими противодымовые завесы с помощью дренчерных распылителей, разработанных в НИИИТ.

Учитывая чрезвычайную актуальность и сравнительно слабую изученность данной проблемы, необходимо разработать предложения по формированию специальной целевой программы по повышению уровня противопожарной защиты подземных транспортных объектов.

ССТ Специальная строительная техника

ЗАПЧАСТИ

ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПО СТРУЙНОЙ ЦЕМЕНТАЦИИ:
ФОРСУНКИ (JET-1, JET-2), БУРОВЫЕ ШТАНГИ,
МОНИТОРЫ И ДР.

Контакты: тел./факс: (3422) 196-145

WWW.CCT.PERM.RU

e-mail:cct@perm.ru

НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТА ИНЖИНИРИНГ»



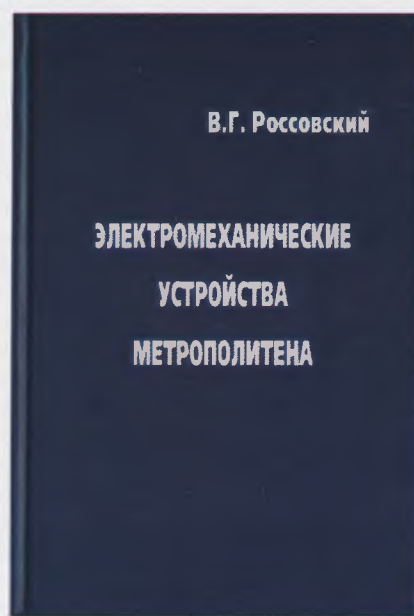
«НОВЕЙШАЯ ЯПОНСКАЯ ТЕХНИКА ЩИТОВОЙ ПРОХОДКИ ТОННЕЛЕЙ»

Авторы: В. П. Самойлов, В. С. Малицкий
ISBN 5-9622-0017-9

Авторами собран и обобщен уникальный материал о японских производителях тоннелепроходческой техники за последние 20 лет.

Тираж 500 экземпляров.

Презентация данной книги будет проведена авторами на выставке «Подземный город 2005»



«ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА МЕТРОПОЛИТЕНА»

Автор В. Г. Россовский
ISBN 5-9622-0018-7

В данном издании обобщен опыт технического обслуживания и ремонта электромеханических устройств метрополитенов СНГ, изложена краткая методика организации обслуживания и ремонта основных видов оборудования и коммуникаций.

Наше издательство выполнит любую работу по рекламно-издательской деятельности:

- дизайн и предпечатная подготовка рекламных проспектов, журналов, книг, листовок, буклетов и др.
- создание 3D-анимации
- создание мультимедийных презентаций
- создание сайтов в интернете

ООО «ТА Инжиниринг», Москва, 103051, Цветной бульвар, 17, «Метрострой», офис 215

тел.: (095) 929-64-82, 929-66-73

факс: (095) 929-65-48

WIRTH

NFM

TECHNOLOGIES

WIRTH GROUP

ТПМК для всех типов грунтов

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

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



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



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



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



Завершение проходки ж/д тоннеля под Ла Маншем длиной 2x4,7 км. Применялись два ТПКМ диаметром 8,16 м. Лучшая скорость проходки – 930 м в месяц.



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

Wirth Maschinen – und Bohrgerate-Fabrik GmbH

Представительство в России:

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

ВОЗМОЖНОСТЬ

Прорыва

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

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

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

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

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



LOVAT Inc.

Ловат Инк. представлен в России

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

