

Учредители журнала

Тоннельная ассоциация России
Московский метрополитен
Московский метрострой
Мосинжстрой

Редакционный совет

Председатель совета

В. А. Брежнев

Заместитель председателя

Д. В. Гаев

Члены совета:

В. П. Абрамчук, В. Н. Александров,
А. М. Земельман, П. Г. Василевский,
С. М. Воскресенский, В. А. Гарюгин,
Г. М. Животинский, Б. А. Картозия,
Ю. Е. Крук, В. Г. Лернер,
Г. И. Рязанцев, Г. Я. Штерн

Редакционная коллегия:

Н. С. Булычев, А. И. Долгов,
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, К. П. Никифоров,
А. Ю. Педчик, П. В. Пуголов,
А. А. Севастьянов, А. Ю. Старков,
Л. К. Тимофеев, Б. И. Федунец,
Ю. А. Филонов, Ш. К. Эфендиев

Главный редактор

С. Н. Власов

Тоннельная ассоциация России

тел.: (495) 608-8032, 608-8172
факс: (495) 607-3276
www.tar-rus.ru
e-mail: rus_tunnel@mtu-net.ru

Издатель

ООО «Метро и тоннели»

тел.: (499) 267-3514, 267-3425
факс: (499) 265-7951
107078, Москва,
Новорязанская, 16,
подъезд 5, оф. 20
e-mail: metrotunnels@gmail.com

Генеральный директор

О. С. Власов

Редактор

Г. М. Сандул

Компьютерный дизайн и верстка

С. А. Славин

Фотограф

С. А. Славин

Журнал зарегистрирован

Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов
журнала только с письменного
разрешения издательства
© ООО «Метро и тоннели», 2009

№ 5 2009

Панорама

2

Строительство метрополитенов

Сооружение наклонного хода станции метрополитена
с помощью ТПМК фирмы «Херренкнехт» в Санкт-Петербурге

4

Е. И. Гигиняк

Строительство эскалаторного тоннеля на станции
«Торговый центр» Челябинского метрополитена

6

В. П. Абрамчук, А. Ю. Педчик,

С. Ю. Кулаков, А. Л. Малыш

Новое оборудование

Модернизация вентиляторов главного
продувания метрополитенов

8

О. В. Горшков, В. И. Кутаев

Выставки и конференции

III Международный форум «Строительство городов.
CITY BUILD – 2009»

12

Инфраструктурные проекты

Строительство трассы Адлер – Красная Поляна

14

Тоннельная обделка

Причины снижения эксплуатационной надежности
сборных железобетонных обделок, сооружаемых тоннеле-
проходческими комплексами, и меры по их устранению

16

И. В. Гиренко

Метрополитены

Современные светотехнические решения для метрополитена

20

В. Н. Дейнего

Повышение уровня пожарной безопасности
объектов метрополитена – путь к обеспечению
общей безопасности пассажиров

25

В. А. Курьшев

Оснащение эксплуатационным оборудованием
Алматинского метрополитена

28

М. Т. Укшебасв, В. Л. Коротков

Специальные способы работ

Применение анкерных свай «Атлант»
в подземном строительстве

32

А. Г. Малинин, Д. А. Малинин

Комбинированная технология стабилизации грунтов
при сооружении эскалаторных тоннелей
станций Петербургского метрополитена

35

К. П. Безродный, В. А. Маслак, В. А. Марков,

М. О. Лебедев, А. Ю. Старков,

А. В. Морозов, А. В. Уханов

Бестраншейные технологии

Вопросы укладки и расчета труб при бестраншейной
подземной проходке с грунтовым сводом

38

В. С. Широков

Сооружение коллекторного тоннеля
глубокого заложения в центре Москвы

41

А. М. Абрамов, А. Н. Семенов, А. Е. Дадаев,

Е. В. Татаренко, П. В. Тананакин

Юбилеяры отрасли

200 лет Университету путей сообщения в Санкт-Петербурге

44

Ю. С. Фролов

СОДЕРЖАНИЕ



ФОТО НА ОБЛОЖКЕ

ТПМК фирмы
«Херренкнехт АГ»
на проходке наклонного
хода в Санкт-Петербурге
(с. 4)

НОВАЯ ЖИЗНЬ ЧЕЛЯБИНСКОГО МЕТРО

За последние два месяца в Челябинском метрополитене произошли существенные изменения, которые позволят увеличить темпы строительства.

С 11 августа к своим обязанностям приступил новый генеральный директор ОАО «Челябметрострой» – Тенгиз Нодаревич Шургая. А в начале октября новым генеральным подрядчиком строительства стала московская фирма – ЗАО «Ингеоком».

Нынешний руководитель Челябинметростроя Тенгиз Шургая участвовал в вводе в эксплуатацию пяти станций Тбилисского метрополитена, выполнял функции ге-

нерального подрядчика при строительстве и сдаче участка метрополитена от ст. «Киевская» до ст. «Международная», а также ст. «Славянский бульвар».

«Прежде чем принять предложение о работе в Челябинске, я неоднократно бывал в городе, поэтому знаком со службой заказчика, сотрудниками акционерного общества, встречался с представителями городской администрации и губернатором области. Знаком и с проблемами, поэтому надеюсь, что взаимное сотрудничество позволит их решить в кратчайшие сроки. Ос-

новной коллектив ОАО сохранится. Возможно, количество людей, занятых на строительстве Челябинского метрополитена, будет только увеличиваться. Уверен, что такой красивый город, как Челябинск, достоин метрополитена в обозримом будущем», – так прокомментировал свое назначение Тенгиз Нодаревич Шургая.

24 сентября 2009 г. объявлен победитель двух конкурсов на сооружение первого пускового участка первой линии Челябинского метрополитена от ст. «Тракторозаводская» до ст. «Проспект Победы» с общим объемом фи-

нансирования более 12 млрд руб. Им стала московская компания ЗАО «Ингеоком». 6 октября 2009 г. расторгнут договор с ОАО «Челябметрострой» и заключен с Ингеокомом. При этом Челябинметрострой продолжит строительство Челябинской подземки на правах субподрядной организации. В свою очередь, московские метростроители намерены привлечь новые людские ресурсы, дополнительную технику, разобраться с проектной документацией, чтобы увеличить темпы прокладки Челябинского метрополитена.

Пресс-служба ОАО «ЧМС»



РОССИЙСКИЕ СПЕЦИАЛИСТЫ НА ТОННЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТАХ СКАНДИНАВИИ

В период с 18 по 25 сентября 2009 г. делегация Тоннельной ассоциации России в составе 25 человек приняла участие в деловой поездке в страны Скандинавии с целью ознакомления с тоннельными и другими подземными работами, ведущимися в Норвегии и Швеции.

В состав делегации вошли представители проектных и научно-исследовательских институтов, а также строительных организаций.

В Стокгольме, столице Швеции, делегация посетила Комитет по подземному строительству, где была заслушана лекция на тему «Особенности подземного строительства в Швеции» и посетила объект City-line – шестикиллометровый железнодорожный тоннель, сооружаемый от Tomtebodan к южному вокзалу Стокгольма с двумя новыми станциями Odenplan и T-Centralen. Работы уже начаты и продлятся до 2017 г.

Эта железнодорожная ветка крайне необходима городу, т. к. она улучшит связь с центром Стокгольма, разгрузит другие линии и сделает движение поездов более четким. Строители надеются, что она будет удобной для поездок, и жители города и его окрестностей станут ею активно пользоваться вместо использования личного автотранспорта.

На новых станциях будет светло и просторно. На них установят эффективные вентиляционные системы. На путях предусмотрены специальные резиновые подрельсовые прокладки, снижающие шум и вибрацию.

Важно отметить, что строительство потребовало при сооружении тоннеля сохранить экологическую обстановку в городе.

Делегация посетила также строящийся подводный тоннель в центре города Solberga-Scanstull High Voltage Cable Tunnel длиной 7 км, завершение сооружения которого намечено на 2010 г.

Большое значение для специалистов-тоннельщиков имело ознакомление с норвежским опытом. Норвегию называют страной тоннелей, их здесь более 900. Причем условия для подземных и дорожных работ весьма непростые.

В настоящее время в Норвегии реализуются интересные проекты. С некоторыми из них делегация ознакомилась. На презентации наиболее актуальных проектов были заслушаны доклады «Транспортные, гидротехнические и тоннели специального назначения в Норвегии», «Современное тоннелестроение в Норвегии» и др.

Представителей ТАР приняли президент Норвежской тоннельной ассоциации, а также в Торгпредстве России, где в общих чертах осветили развитие подземного строительства в Норвегии и состояние торгово-экономических отношений с Россией.

Делегация присутствовала также на презентациях ряда норвежских фирм: AMV, Qiertzen Tunnel, Vik Wirsta, Protan, производящих оборудование для метро- и тоннелестроения.

Большой интерес у российских специалистов вызвало посещение строящегося в г. Осло подводного тоннеля из железобетонных тюбингов.

Участники делегации побывали также на самом протяженном в мире автодорожном Лэрдальском тоннеле длиной 24,5 км. Он является частью автодорожной системы между г. Бергеном и восточной Норвегией.

Прокладка Лэрдальского тоннеля началась 15 марта 1995 г. и завершилась 3 сентября 1999 г. Тоннель сооружали одновременно с трех сторон с использованием современной техники и новейших компьютерных технологий для обеспечения эффективности и качества работ.

Лэрдальский тоннель проходит сквозь горы, достигающие высот от 1400 до 1600 м, что создает колоссальное давление на его стены. Породы по трассе в основном твердые, однако встречаются участки разрушенные и с трещинами в грунте. Для их укрепления в общей сложности было вбито 200 тыс. болтов длиной 2,55 м и залито 45 тыс. м³ цемента. Это перераспределяет нагрузку на тоннель и делает его более безопасным.

Проезд через Лэрдальский тоннель занимает около 20 мин. Спроектировать тоннель так, чтобы по нему ехать не было скучно и монотонно – являлось главной задачей норвежских инженеров. С этой целью тоннель



Портал автодорожного Лэрдальского тоннеля

разделен на четыре секции с несколькими более широкими участками, имеющими специальное освещение: голубой дает водителям ощущение дневного света, а желтый – рассвета. Водители это воспринимают как поездку не по одному длинному тоннелю, а по четырем коротким.

В Лэрдальском, чаще чем обычно, с пометкой SOS через каждые 250 м установлены телефоны на случай аварийных ситуаций, а через 125 м – оборудование для тушения пожаров.

В заключение следует отметить, что деловая поездка оказалась полезной и познавательной. Российские специалисты поняли, что Швеция и Норвегия – это высокоразвитые промышленные страны, где вопросам освоения подземного пространства и решению транспортных проблем уделяется особое внимание. Произвело также впечатление отношение властей и населения к вопросам экологии. Каждый новый проект согласовывается с жителями района строительства и без их одобрения не реализуется.





COGEMACOUSTIC®

СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯТОРОВ И ПЫЛЕУЛАВЛИВАЮЩЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТОННЕЛЕЙ

ПОЛОЖИТЕСЬ НА НАШ ТРИДЦАТИЛЕТНИЙ ОПЫТ

Имеющая более чем тридцатилетний опыт решения проблем вентиляции и улучшения качества воздуха в шахтах, тоннельных выработках и других подземных сооружениях, компания Cogemacoustic превратилась в одного из наиболее известных в мире поставщиков специальных вентиляционных систем и пылеулавливающего оборудования.

Причины успехов Cogemacoustic многообразны. Компания предлагает решения, хорошо адаптированные к конкретным условиям объектов. Это, а также разнообразие выпускаемой продукции, позволяет компании удовлетворять практически все потребности своих клиентов.

Cogemacoustic предлагает:

- экономичные и бесшумные установки. Эти качества обеспечиваются благодаря использованию электрических шкафов, оборудованных частотным преобразователем, что позволяет существенно (на 25 %) снизить затраты энергии. Модульная конструкция выпускаемых компанией вентиляторных и шумозащитных установок дает возможность добиваться исключительно высокой производительности при низком уровне шума;
- прочные и надежные изделия. Вся выпускаемая компанией продукция проходит электрические, аэродинамические, вибрационные и акустические испытания, проверку в полевых условиях; повышению качества и производительности оборудования способствует система обмена информацией с клиентами.

Системы постоянной вентиляции

Удовлетворение всех ваших требований

Наши вентиляторы, выполненные из стали, в том числе нержавеющей, могут выдерживать температуру 400° С в течение 2 часов.

Системы вентиляции и обеспыливания для тоннелей и метро - это пример того, как мы используем свои «ноу-хау» на всем пути от замысла до реализации на объектах.



Шахты

К вашим услугам – наш богатый опыт

Отзывы наших клиентов из разных стран мира подтверждают принятие ими технологий, используемых Cogemacoustic.

Первичная или вторичная вентиляция, регенерация воздуха и обеспыливание - над решением этих вопросов работают в тесном взаимодействии наши инженеры и техники.

Каждый вентилятор подлежит скрупулезной регулировке на испытательных стендах с целью точного соответствия требованиям ISO. Надежность и безопасность продукции - это наша первейшая забота.

Адрес во Франции:

42, route du Palais
B.P. 11575
87022 LIMOGES Cedex 9, France
Tel. +33 (0)5.55.37.35.37
Fax. +33 (0)5.55.37.18.00
www.cogemacoustic.com

Представительство в России:

Tel. (495) 724-74-81
Fax. (499) 265-79-51

СООРУЖЕНИЕ НАКЛОННОГО ХОДА СТАНЦИИ МЕТРОПОЛИТЕНА С ПОМОЩЬЮ ТПМК ФИРМЫ «ХЕРРЕНКНЕХТ» В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Е. И. Гигиняк, руководитель пресс-службы ОАО «Метрострой», Санкт-Петербург



Конец сентября – начало октября ознаменовался для петербургского Метростроя началом работ по сооружению наклонного хода станции «Обводный канал». Станция входит в состав Фрунзенского радиуса Пятой линии, введенного в эксплуатацию в декабре 2008 г. Сама станция уже готова на 90 %. Сейчас заканчивается монтаж декоративных стеновых панелей. Сегодня поезда следуют мимо «Обводного канала» без остановки.

В начале года на заседании городского штаба была принята целевая программа по метростроению в Санкт-Петербурге на 2009 г. В связи с общей кризисной обстановкой в стране и в регионе, в частности, ранее предполагаемый объем работ подвергся корректировке. Было принято решение сосредоточить действия строителей на ряде объектов, в том числе на станции «Обводный канал».

Включение данного объекта в целевую программу 2009 г. было обусловлено рядом причин. Во-первых, площадка под сооружение наклонного хода была предварительно подготовлена. Осенью прошлого года на этом месте был снесен жилой дом, до этого – разобрано здание кинотеатра «Север». Во-вторых, пересечение Лиговско-

го проспекта и набережной Обводного канала, где размещается будущий вестибюль, является густонаселенным городским районом, в котором располагается большое количество жилых зданий, офисов и других гражданских объектов. Обеспечение транспортной доступности к данному микрорайону – одна из важнейших городских задач на сегодняшний момент. В-третьих, и это наиболее важный фактор, Управление механизации – филиал ОАО «Метрострой» полностью укомплектовало первый в практике петербургского метростроения тоннелепроходческий механизированный комплекс, предназначенный для проходки наклонных ходов. Внешний диаметр ТПМК, получившего название «Аврора», составляет 10,7 м.

ТПМК разрабатывался и выпускался немецкой фирмой «Herrenknecht AG» под заказ, с учетом особенностей наклона. До сих пор изготовитель не имел в своей практике опыта производства подобного оборудования. Метростроители Санкт-Петербурга также применяют его впервые. В связи с этим между обеими сторонами было заключено соглашение, закрепленное пунктом общего контракта, на полное сопровождение немецкими коллегами процесса монтажа, проходки и демонтажа комплекса.

По словам представителей Управления механизации, которое отвечает за его монтаж, специфика строительства на этом участке заключается не столько в новизне механизмов, сколько в объемах работ. Механикам пришлось иметь дело с 30–40-тонными уз-

лами и агрегатами, при сборке которых использовался козловой кран грузоподъемностью до 120 т (входящий в комплектацию ТПМК), а также имеющийся у Метростроя 300-тонный и 80-тонный краны. Помимо этого специалистами Управления механизации применяется гидравлическая вышка, 100- и 60-тонные трейлеры, специальный грузовой автотранспорт.

Конечно, есть и такие вещи, которые в практике строительства наклонных ходов Петербургского метрополитена применяются впервые. Так, при сооружении котлована под ТПМК диаметром 23 м и глубиной 12 м применялись буросекущиеся сваи. Впервые при монтаже проходческого оборудования потребовалось провести очень большой объем сварочных работ. Проходка предусмотрена без традиционного замораживания грунта.

Новой будет и обделка тоннеля. На сегодня ЗАО «Метробетон» изготовлено 95 постоянных и 8 временных колец, часть из которых уже завезена на площадку. Допуск по каждому тубингу составлял 0,5 мм, что для изделия подобного размера являлось очень серьезным требованием. Изготовление деталей обделки проводилось с использованием немецких форм. Технологическая карта также была разработана Herrenknecht и предполагала применение более высокой марки бетона и мощной арматуры. В результате, вес каждого тубинга составил 5,5 т.

Сегодня монтаж ТПМК практически закончен. Механизм закреплен в наклоне 30 градусов, подключена вся электрика, выполнены пусконаладочные работы, установлены транспортные тележки, управляемые с помощью двух мощных лебедок. Одно из горнопроходческих подразделений ОАО «Метрострой», а именно ЗАО «СМУ № 13 Метрострой», в конце сентября приступило к проходке и установке временных колец. После этого предстоит демонтаж транспортного моста ТПМК и старт круглосуточной проходки. Сейчас работы идут без отклонений от графика. По оценкам специалистов сооружение наклонного хода займет около двух месяцев.

Предварительную оценку работы новой машины сейчас не берет никто. Опыт московских коллег в силу отличительных особенностей петербургского комплекса от московского также не сможет повлиять на составление объективного мнения. Во-первых, способ выдачи породы у двух комплексов различен. Москвичи выкачивали породу на поверхность с помощью насоса. В Петербурге она будет отружаться в вагонетки и выдаваться на поверхность лебедками. Во-вторых, основной привод московского щита был электрическим, у петербургского – гидравлический. В-третьих, для петербургского ТПМК разработано дополнительное устройство, поддерживающее машину на заданной траектории. Однако существуют факторы, объединяющие эти две машины. Это – решение задач по проходке через несколько различных по своим характеристиками геологических пластов и отсутствие осадок дневной поверхности.

Нагнетание в заобделочное пространство

К новшеству, примененному на ТПМК «Херренкнехт» в России, так же можно отнести и рецептуру двухкомпонентного тампонажного раствора, разработанную и поставленную французской фирмой CONDAT.

Сама по себе технология нагнетания двухкомпонентного раствора (А+В) не является новой для тоннелестроения, и использовалась ранее на объектах в мире (см. табл.). Фирмы-производители ТПМК по желанию заказчика разрабатывают и оборудуют комплексы системами, позволяющими нагнетать тампонаж по трубопроводам с поверхности на длинные расстояния, уходя от традиционного способа подачи раствора в тоннель, который широко сейчас применяется в России. Но помимо всего прочего, особенностью сооружения эскалаторного тоннеля с помощью ТПМК является большой уклон и опасность того, что тампонажный раствор, не успев застыть, будет затекать обратно в щит.

Суть рецептуры, разрабатываемой CONDAT, заключается в том, что сначала на поверхности готовится компонент «А», состоящий из воды, бентонита, стабилизатора CONDAT А и цемента. Приготовленный раствор (компонент «А») передается в накопительную ёмкость, откуда по насосу по команде оператора подается по трубопроводу на щит. Дважды в смену специалисты Метростроя проверяют характеристики компонента «А» в оборудованной на площадке лаборатории. Данный раствор сохраняет свои свойства в течение 72 ч. Непосредственно перед подачей в заобделочное простран-

ство из специального контейнера, установленного на щите, нагнетается акселератор CONDAT В (компонент «В»), который, перемешиваясь с компонентом «А», заполняет пустоты между обделкой и породой. Время схватывания данного раствора в зависимости от рецептуры колеблется от 10 до 40 с. Нагнетание тампонажа происходит через внешнюю оболочку щита.

Поскольку данная технология является новой для российского тоннелестроения, то процесс обучения метростроевцев и контроль за приготовляемым раствором происходит под руководством специалистов из «Херренкнехт АГ» и CONDAT прямо на площадке.

Подобная система двухкомпонентного тампонажного раствора использовалась ранее на ТПМК «Ловат» при проходке эскалаторного тоннеля в Марьиной Роще в Москве. Рецептура тампонажа разрабатывалась специалистами НИЦ ТМ с учетом рекомендаций инженеров «Ловат Инк». На этом объекте многие вопросы, связанные с технологией проходки, конструкцией самого щита и рецептурой тампонажного раствора приходилось оперативно решать во время строительства по инициативе специалистов СМУ-8 и руководства Московского метростроя.

Нужно отметить, что для фирм «Херренкнехт АГ» и «Ловат Инк» данные проекты являются «пилотными». Нигде в мире еще не сооружали эскалаторные тоннели с помощью тоннелепроходческих комплексов, и именно в России сейчас отрабатываются технологии.

Применение двухкомпонентного тампонажного раствора фирмы CONDAT в мире

Страна	Проект	Производитель ТПМК/тип	Нагнетание	Диаметр тоннеля, м	Год
Италия	Генуя/метро	WIRTH/грунтопригруз	через блоки	6,3	2001–2003
США	Сакраменто/коллектор	LOVAT/грунтопригруз	через блоки	5,1	2005
ЮАР	Дурбан/коллектор	HERRENKNECHT/гидропригруз	через щит	5,1	2005–2006
США	Индианаполис/коллектор	AKKERMAN/грунтопригруз	через блоки	2,6	2006–2007
Дания	Копенгаген/коллектор	HERRENKNECHT/грунтопригруз	через щит	5,1	2006–2007
США	Перл Ривер - Лафаетт/кол-р	TECHNICORE/обратная лопата	через блоки	3,35	2008
США	Лос Анджелес/коллектор	AKKERMAN/грунтопригруз	через блоки	2,74	2009

Ранее использование ТПМК «Аврора» предполагалось на строительстве наклонного хода станции «Адмиралтейская». Она располагается в центральной части города в непосредственной близости от главных архитектурных достопримечательностей культурной столицы – Дворцовой площади и Эрмитажа. Появление выхода на поверхность станции «Адмиралтейская» жители и гости Петербурга ждут уже много лет. Однако при подготовке строительной площадки под будущий вестибюль, кото-

рая потребовала расселения жилого дома, возникли сложности, и сооружение тоннеля на этом объекте пришлось отложить. В планах метростроителей по окончании работ на «Обводном канале» переместить ТПМК на «Адмиралтейскую». К тому времени разборка здания и вынос инженерных сетей должны окончательно завершиться, дав строителям, таким образом, возможность приступить к разработке котлована и проходке самого глубокого в городе эскалаторного тоннеля.



СТРОИТЕЛЬСТВО ЭСКАЛАТОРНОГО ТОННЕЛЯ НА СТАНЦИИ «ТОРГОВЫЙ ЦЕНТР» ЧЕЛЯБИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

В. П. Абрамчук, начальник ФГУП «УС-30»

А. Ю. Педчик, главный инженер

С. Ю. Кулаков, зам. главного инженера

А. Л. Малыш, главный механик



Рис. 1. Комплекс УБТК на строительной площадке

В ноябре 2008 г. ФГУП «Управление строительства № 30» приступило к проходке эскалаторного тоннеля на станции метро «Торговый центр» Челябинского метрополитена. Не смотря на то, что ФГУП «УС-30» принимало участие в сооружении многих метрополитенов на территории России, данный вид работ в арсенале освоенных предприятием строительных технологий представляет собой определенную новизну.

Породный массив, в котором возводится тоннель, представлен, в основном, сильно и средне трещиноватыми, прочными в куске ($f_{\text{ср}}$ по шкале М. М. Протодяконова – 12–13) кварцевыми диоритами разной степени выветрелости, слабо устойчивыми в обнажении. Породы по трассе тоннеля прорваны многочисленными дайками мелкозернистых гранит-аплитов повышенной прочности. Встречаются также маломощные зоны мелонитов крепостью 4–5. В приповерхностной части тоннеля, примерно до ПК 0+13 по его трассе, грунты представлены сильно выветренными кварцевыми диоритами крепостью 3–4. Обводненность массива по трассе тоннеля незначительная. Вначале,

в основном, инфильтрационного происхождения и прогнозируется на завершающей его части, с учетом дренажа грунтовых вод существующими горными выработками в объемах не более 1 м³/ч.

В целом же по тоннелю, более чем на 90 %, грунты относятся к 9 категории по разрабатываемости, что предопределило выбор буровзрывного способа его строительства, который предполагается распространить и на другие аналогичные тоннели метрополитена ввиду примерной схожести инженерно-геологических условий вмещающих их породных массивов.

Проектом, разработанным Проектным бюро № 1 ФГУП «УС-30», предусмотрена предва-

рительная, со стороны перегонного тоннеля, проходка способом снизу вверх передовой наклонной штольни, предназначенной для уборки отбитой породной массы во время сооружения тоннеля и ее последующей откатки через многофункциональный вертикальный ствол станции «Торговый центр». Для этих целей, после частичной разборки постоянной тюбинговой крепи и осуществления ряда укрепительных мероприятий, в борту перегонного тоннеля, на месте примыкания эскалаторного тоннеля к подземному вестибюлю будущей станции метро, возводится комплекс вспомогательных выработок, включающий: погрузочную и стартовую горизонтальные штольни, а также камеру под скреперную лебедку типа 30ЛС-2СМ.

Основной вид крепления вспомогательных выработок – железобетонные анкеры с шагом 700×700 мм и слой набрызг-бетона толщиной 100–200 мм по дорожной сетке. Отдельные участки выработок дополнительно укреплены железобетонными рамами. Уборка породы во время проходки наклонной штольни и эскалаторного тоннеля осуществляется посредством скреперования в комплексе с погрузочной машиной ПНБ–3Д, транспортировка – вагонами ВПК-7.

Такое техническое решение, помимо всего прочего, позволяет органично вписать строительство эскалаторных тоннелей в систему нормативных мер по охране городской окружающей среды, принятых на прокладке Челябинского метрополитена. Это выполняется, по сути дела, автоматически, поскольку строительные площадки под эскалаторные тоннели располагаются в пределах ранее отчужденных площадок под шахтные стволы станций метро.

Для сооружения эскалаторных тоннелей на Челябинском метрополитене Проектным бюро № 1 ФГУП «УС-30» спроектирован специальный Универсальный буровой тубингоукладочный комплекс (УБТК), который изготовлен на Ремонтно-механическом заводе ФГУП «УС-30» и смонтирован, на настоящий момент, на площадке станции «Торговый центр» (рис. 1).

УБТК – это многофункциональная установка рамного типа, предназначенная для размещения на ней необходимых механизмов и оборудования, используемых в процессе проходки эскалаторных тоннелей.

В минимальной комплектации комплекс снабжен двумя манипуляторами для навесных подмостей (монтажные корзины) типа RBV-800 фирмы «Normet», стреловым радиально-телескопическим эректором на основе манипулятора Tamrok ZRS-1000H для укладки тубингов и четырьмя выдвижными подмостями для выполнения сопутствующих технологических операций.

В максимальной комплектации комплекс (рис. 2) дополнительно можно оборудовать двумя манипуляторами типа Tamrok ZRS-1000H с буровыми агрегатами, а также неполноповоротным навесным экскаватором типа «обратная лопата» вместимостью ковша 0,25 м³.

Гидросистема комплекса собрана на основе двух гидравлических силовых станций типа НР-515, маслостанции собственной конструкции с приводом от пневмомотора ДАР-30М и двумя пультами гидравлического управления ТИК-501ГВУ. Системы водоснабжения, сжатого воздуха и кабельной разводки в комплекте от установки Tamrok ГС-205Б.

Габаритные размеры комплекса: длина – 14400 мм, высота – 8380 мм, ширина – 8500 мм. Максимальная масса с контргрузом – 75194 кг. Механизм передвижения комплекса шагающий, рельсобалочный с ходом шага 1500 мм.

Начало проходки тоннеля предваряют работы по вскрытию наклонного котлована и оборудованию наземной инфраструктуры строительной площадки. В ее состав входят: собственно стартовая площадка для УБТК, оборудуемая на месте наклонного котлована, тельферная эстакада с электроталью $Q = 3,2$ тс

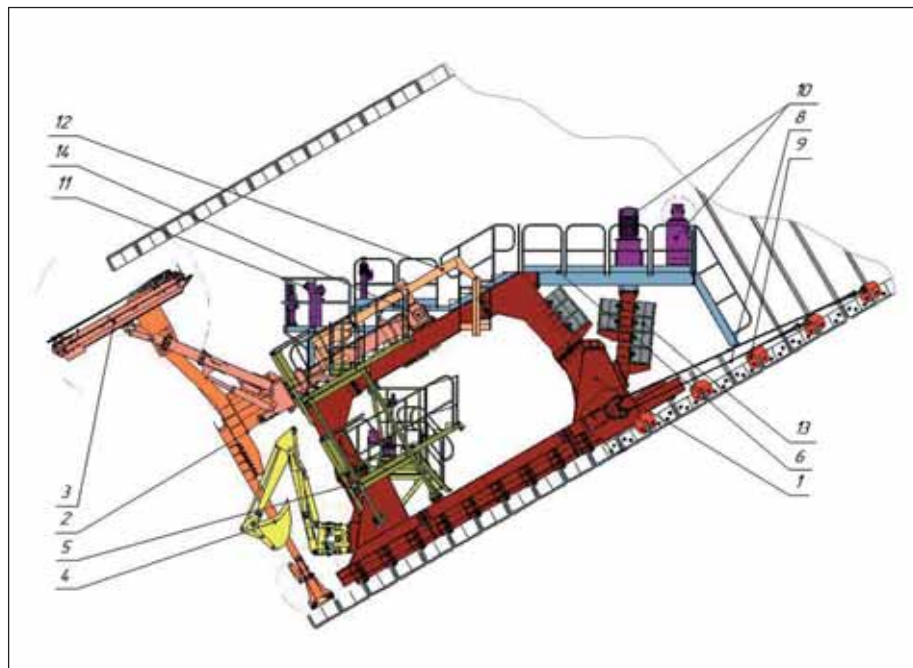


Рис. 2. Схема УБТК максимальной комплектации: 1 – портал, 2 – манипулятор, 3 – буровой манипулятор, 4 – экскаватор, 5 – выдвижные площадки, 6 – площадки обслуживания, 7 – кабина экскаватора, 8 – страховочный строп, 9 – скоба, 10 – гидрооборудование, 11 – пульт управления, 12 – стрела, 13 – контргруз, 14 – механизм вращения

для складирования тубингов и погрузочно-разгрузочных работ, лебедка ШВА – 18000×0,25П с передвижной платформой для транспортировки тубингов к забою тоннеля, лебедка типа ЛПЭП-16, перемещающая УБТК, а также вентиляторная и пневморастворонагнетатель ПН-300 для нагнетания цементного раствора за тубинговую обделку.

При минимальной комплектации УБТК, используемой в настоящее время (см. рис. 2), на строительной площадке дополнительно размещается лебедка типа ЛМ-3,2 для подвешивания грейферного пневмопогрузчика типа КС-3, применяемого в работах по уборке грунта из забоя эскалаторного тоннеля вместо навесного экскаватора, используемого в случае максимальной комплектации УБТК.

В процессе устройства стартовой площадки для УБТК первоначально возводится монолитная железобетонная обделка дна и бортов котлована с одновременным оформлением лба забоя тоннеля диаметром $\varnothing 10500$ мм. В кровле тоннеля на начальном этапе его строительства на 10 м глубину, для создания защитного экрана, бурятся два ряда скважин, в которые устанавливаются перфорированные металлические трубы и производится нагнетание цементного раствора. На дне котлована на всем его протяжении собирается временная неполнозамкнутая тубинговая крепь, соответствующая диаметру тоннеля, которая переходит в полнозамкнутую на последних трех рядах колец, примыкающих ко лбу забоя. В кровле этих колец дополнительно монтируется временный каркас перекрытия тоннеля, который по завершении строительства, как и вся временная тубинговая крепь, демонтируется, и на их месте возводится здание наземного вестибюля будущей станции метро.

В подошве временной крепи котлована прокладываются технологические трубо-

проводы и рельсовые пути под УБТК и тельферку для перевозки тубингов. Путь прокладывается до тельферной эстакады.

Работы по раскрытию тоннеля на полное сечение ведутся тремя уступами, заходками по 0,75–1,0 м. Высота уступов составляет соответственно 3,6; 2,5 и 4,4 м. Лоб забоя тоннеля после каждой уступной заходки крепится клинощелевыми анкерами и дорожной сеткой. Временное крепление кровли тоннеля, до половины его диаметра, представляет собой металлическую консоль (козырек), которая фиксируется к последнему кольцу тубинговой обделки и забутовывается древесиной.

Бурение шпуров под ВР двух верхних уступов осуществляется ручными перфораторами с механизированных навесных подмостей, нижнего уступа – с рабочей площадкой, устанавливаемой в лотке тоннеля.

После монтажа временного крепления лба забоя и уборки породы монтируется очередное кольцо тубинговой обделки. Первичное и контрольное нагнетание цементного раствора за обделку осуществляются с отставанием в три горнопроходческих цикла. Замена временных болтов постоянными, а также чеканка швов тубинговой крепи производится по окончании строительства тоннеля.

Перед очередным этапом проходческих работ временная крепь лба забоя тоннеля демонтируется, а защитный козырек кровли тоннеля – по мере установки тубингов.

Данная технология рассчитана на временной цикл протяженностью в 12 мес. По завершении сооружения очередного эскалаторного тоннеля весь комплект конструкций, механизмов и оборудования передислоцируется на строительную площадку следующего наклонного хода.



МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЕНТИЛЯТОРОВ ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ МЕТРОПОЛИТЕНОВ

О. В. Горшков, генеральный директор ОАО «Артемовский машиностроительный завод «ВЕНТПРОМ»
В. И. Кутаев, главный конструктор

Организация воздухообмена и комфортного микроклимата в тоннелях и на станциях метрополитенов зависит от надежной, слаженной и высокоэффективной работы системы вентиляции и, в первую очередь, вентиляторов главного проветривания.

Но основной парк на метрополитенах России и СНГ составляют вентиляторы, произведенные в 60–80-х гг. прошлого столетия и даже ранее. К ним относятся типы ЦАГИ, ОВ, ВОМД 24 и ВОМД 24А. Их на метрополитенах СНГ насчитывается более 1200 единиц. Отработав по два–три и более нормативных срока, все они устарели морально, а многие и физически. Низкие эксплуатационные КПД вентиляторов делают их работу, а, следовательно, и работу всей системы вентиляции низкоэффективной. Поэтому перед метрополитенами встала задача модернизации и обновления вентиляторного парка.

В первую очередь эта задача касается самых крупных Московского и Санкт-Петербургского метрополитенов, в которых за последнее время значительно увеличилась интенсивность движения поездов, пассажиропоток, не исключены и аварийные ситуации.

В связи с этим Московским метрополитеном и Артемовским машиностроительным заводом «ВЕНТПРОМ» – основным производителем вентиляторов для метро, начиная с 2005 г. проводится большая работа по созданию новых высокоэффективных и модернизации находящихся в эксплуатации вентиляторов. В рамках этой программы в 2005–2008 гг. были созданы и эксплуатируются на ряде метрополитенов России и СНГ вентиляторы ВОМ 20 и ВОМ 16, которые идут на замену вентиляторов типа ЦАГИ и ОВ.

В сентябре 2009 г. на Артемовском машиностроительном заводе прошел первый этап приемочных испытаний модернизированного вентилятора ВОМД 24. Цель модернизации заключается в том, чтобы, сохраняя основные металлоконструкции и строительную часть вентиляторной установки, привести вентилятор в соответствие с сегодняшними требованиями безопасности на метрополитенах, восстановить работоспособность, повысить надежность эксплуатации и экономическую эффективность его работы и всей системы вентиляции в целом.

Рис. 1. Ротор модернизированного вентилятора ВОМД 24

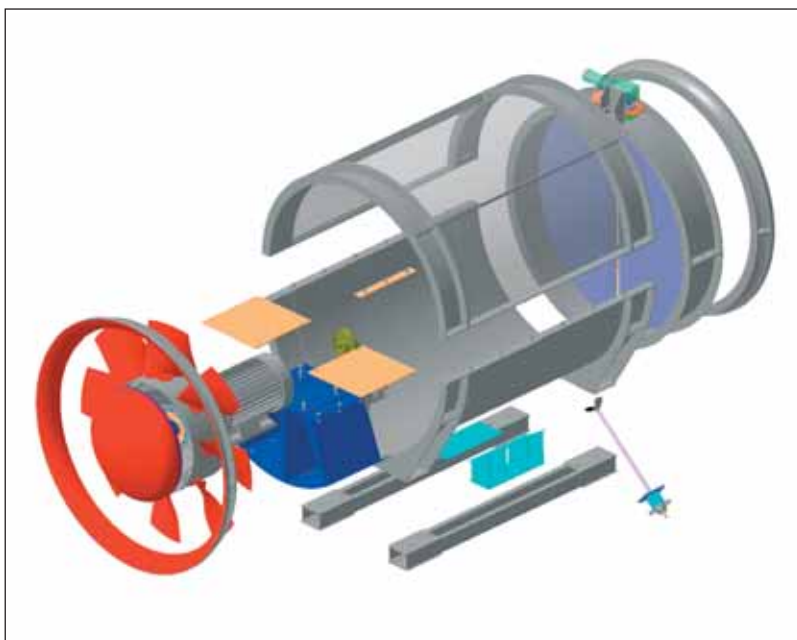
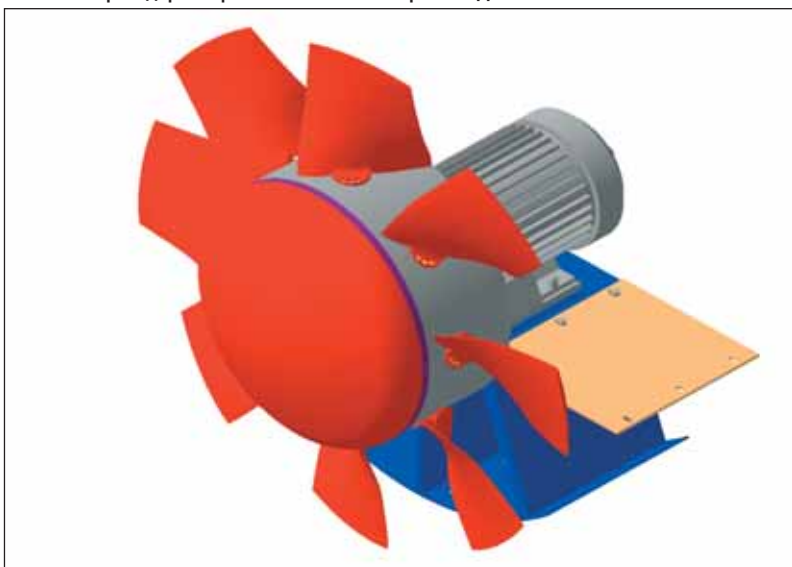


Рис. 2. Общий вид модернизированного вентилятора ВОМД 24

Поставленная задача достигается заменой роторной группы при существующей статорной части вентилятора.

Роторная группа (рис. 1) состоит из рабочего колеса, размещаемого непосредственно на вал электродвигателя. Он устанавливается на жесткую опору, которая, в свою очередь, располагается и закрепляется с помощью болтовых соединений в существующий корпус вентилятора. Система опорных элементов позволяет сохранить жесткость соединения корпуса с новым ротором.

Состав элементов модернизированного вентилятора ВОМД 24 показан на рис. 2. В него входит существующий корпус, роторная группа, стопорное устройство, шибрующее устройство и система опорных элементов.

Рабочее колесо выполнено по новой аэродинамической схеме. За базу принята аэродинамическая схема ОВ 103, разработанная в ЦАГИ и пересчитанная на втулочное отношение $v=0,5$ с измененным числом лопаток.

Лопатки рабочих колес вентиляторов изготовлены из высокопрочного алюминиевого сплава. Образцы материала были испытаны на механическую прочность и тепловую стойкость. Лопатки проходят выборочный



Рис. 3. Модернизированный вентилятор ВОМД 24 на заводском стенде

Обозначение вентилятора ВОМ24Р № 1 490, об/мин	Октавные уровни звуковой мощности (L_p , dB) в полосах среднегеометрических частот								Корректированный уровень звуковой мощности L_{pA} , дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
	94	98	98	96	93	87	84	80	

Таблица

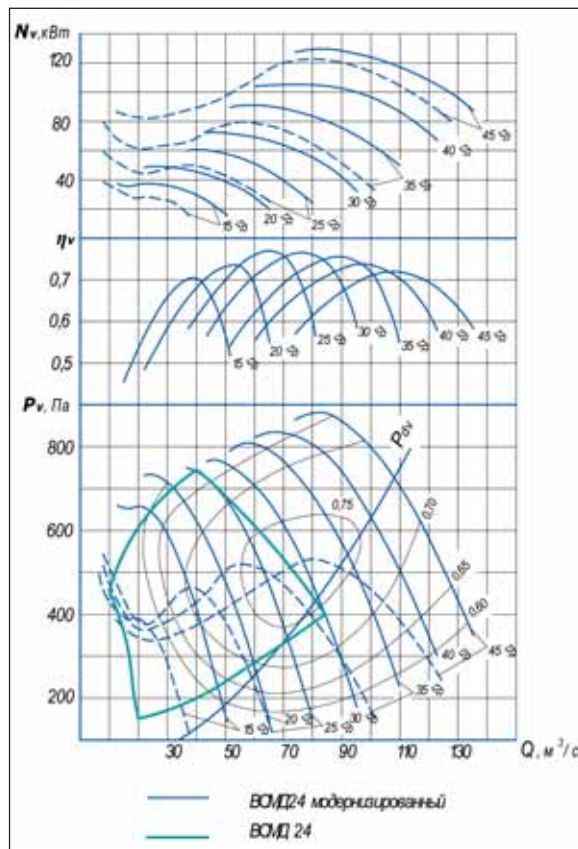


Рис. 4. Сравнительные аэродинамические характеристики вентилятора ВОМД 24 до и после модернизации

рентгеноскопический контроль и на механическую прочность. Из аналогичного сплава выполнена и втулка рабочего колеса.

В рамках первого этапа проведены аэродинамические и акустические испытания на заводском стенде. Их результаты приведены на рис. 3 и в табл.

Применение нового рабочего колеса позволило, с использованием одной ступени, полностью перекрыть параметры работы вентилятора двухступенчатого ВОМД 24, а подачу воздуха увеличить в 1,3 раза. Производительность вентилятора при реверсе составляет не менее 80 % от производительности при прямой работе. Реверсирование воздушной струи осуществляется путем изменения направления вращения рабочего колеса. Сравнительная характеристика приведена на рис. 4.

Шиберующее устройство створчатого типа предназначено для отсекаания неработающего вентилятора с целью предотвращения самопроизвольного вращения ротора от действия естественной тяги и поршневого эффекта движущихся поездов. Плотность перекрытия проточной части вентилятора близка к 100 %. В качестве привода устройства применен мотор-редуктор, обеспечивающий перекрытие в течение 15 с. Общий вид шиберующего устройства показан на рис. 5.

Стопорное устройство служит для исключения возможности вращения рабочего колеса при обслуживании вентилятора.

Все элементы модернизированного вентилятора рассчитаны и прошли испытания при температуре 250 °С в течение 1 ч для обеспечения их работы в аварийных ситуациях.

При проектировании было учтено то, что существующие транспортные коммуникации в метрополитенах имеют очень малые сечения и часто элементы вентиляторов приходится перемещать практически через дверной проем. Учитывались также и стесненные условия существующих вентшахт. Поэтому габариты отдельных элементов не превышают габаритов дверного проема, а масса составляет не более 1000 кг. При проведении приемочных испытаний членам комиссии был продемонстрирован способ монтажа вентилятора на месте эксплуатации с помощью промежуточной балки без разборки существующего его корпуса (рис. 6).

Конструкторская проработка отдельных элементов модернизированного вентилятора ВОМД 24, их расчеты и испытания стали определяющими при разработке самого крупного из данной серии вентилятора ВОМ 24Р (рис. 7).

Он найдет свое применение как при новом строительстве, так и при реконструкции действующих вентиляционных шахт главного проветривания метрополитенов. Для этой цели вентилятор выпускается с таким расчетом, чтобы его можно было поставить на прежний фундамент без изменения строительной части вентшахт.

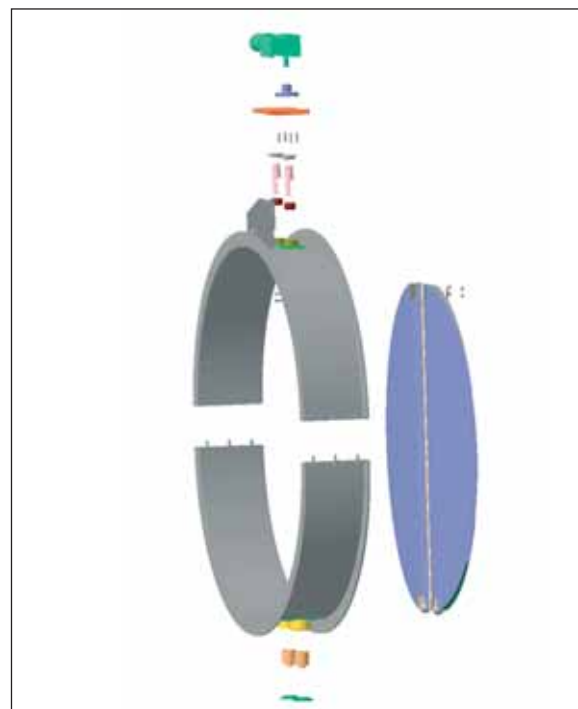


Рис. 5. Шиберующее устройство

Основным требованием заказчика сегодня является комплектная поставка оборудования. Для этой цели производственным объединением «Элером» разработана и изготовлена система автоматического управления вентилятора с частотным регулированием, которая выполнена на современном техническом уровне и высоконадежной элементной базе.



Рис. 6. Демонстрация монтажа элементов вентилятора в существующий корпус

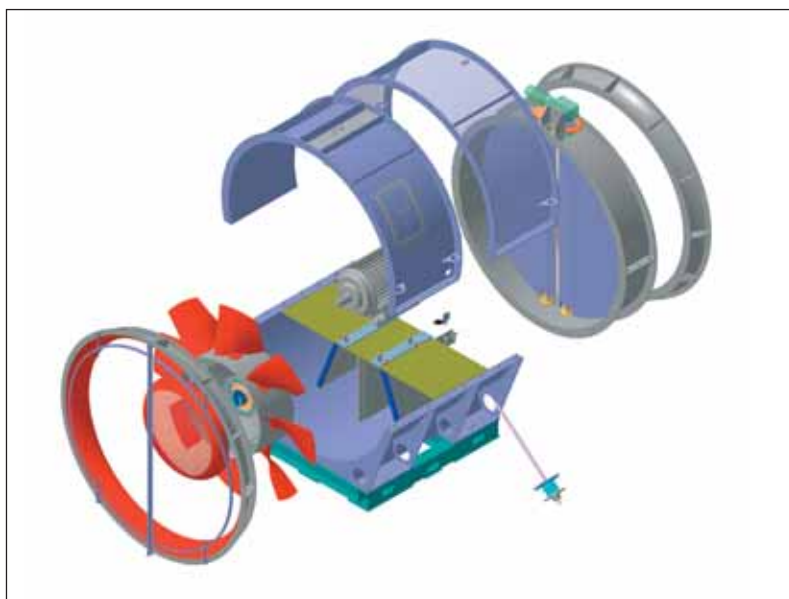


Рис. 7. Общий вид вентилятора VOM 24P

Рис. 8. Участники совещания по проведению первого этапа приемочных испытаний модернизированного вентилятора VOMД 24



В состав системы входит частотный преобразователь и программируемый контроллер. Он проверяет алгоритм пуска и останова главного привода, реверсирование воздушной струи путем изменения вращения рабочего колеса, работу контрольной аппаратуры, исправность механизмов и датчиков, осуществляет контроль и запись с сохранением в памяти параметров работы вентилятора, производит автоматический переход с рабочего на реверсивный вентилятор.

Применение частотного преобразователя позволяет регулировать режимы работы вентилятора, обеспечить его безударный пуск и плавное торможение, значительно сэкономить электроэнергию. В случае возникновения аварии с помощью частотного преобразователя возможно повысить частоту вращения рабочего колеса с целью значительного увеличения подачи воздуха и ликвидации аварийной ситуации.

В системе предусмотрены все виды защиты и блокировки оборудования в случае возникновения нестандартных ситуаций, а также самодиагностика.

В системе имеется специально выделенный резерв, который позволит в процессе развития подключать к ней различные датчики жизнеобеспечения, контроля окружающей среды, контроля доступа и др. Система может быть связана с компьютером диспетчера или с другой сетью.

В работе приемочной комиссии по проведению первого этапа испытаний модернизированного вентилятора приняли участие специалисты Московского, Санкт-Петербургского, Минского, Екатеринбургского, Казанского метрополитенов, разработчики и изготовители систем управления и комплектующего электрооборудования, монтажных, проектных и научных организаций (рис. 8). В выступлениях специалистов на совещании по рассмотрению результатов испытаний была дана положительная оценка проведенной Московским метрополитеном и Артемовским машиностроительным заводом «ВЕНТПРОМ» работе. Принято решение направить изготовленные заводом образцы модернизированного вентилятора VOMД 24 на Московский метрополитен для эксплуатационных испытаний.

Высказана рекомендация о возможности проведения указанной модернизации на других метрополитенах. При этом мы отлично понимаем, что эксплуатационные, технологические, организационные и финансовые возможности у каждого метрополитена различные. Поэтому требования к модернизации и обновлению парка вентиляторов главного проветривания будут разные. В связи с этим специалисты завода прорабатывают и другие варианты модернизации и готовы к индивидуальному подходу в этом вопросе.





специальная строительная техника

Оборудование для цементации грунтов

Буровые установки
Comacchio, IPC, MDT,
Tecnivell

Высоконапорные
цементировочные насосы
Tecnivell

Миксерные станции
CM-40/90 "Вихрь"

Инъекционные комплексы
IPC, Tecnivell

Инъекционные насосы
GP30, НБЗ-120/40

Буровой инструмент для
струйной цементации
Jet1, Jet2: штанги,
мониторы, форсунки,
долота

Силосы для хранения
цемента

Специальные строительные
вагоны, баки для воды

Анкера Titan, Атлант,
MiniJet

Склад в Москве и Перми



Тел./факс: (499) 195-25-41, (342) 219-61-56 e-mail: info-cct@perm.ru

www.cct.perm.ru

III МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ «СТРОИТЕЛЬСТВО ГОРОДОВ. CITY BUILD – 2009»

Под патронажем правительства Москвы в соответствии с Распоряжением № 1518-РП от 10.07.2009 г. в период с 19 по 22 октября на территории ВВЦ в новом выставочном павильоне состоялся III Международный форум «Строительство городов. CITY BUILD – 2009» с выставкой «Подземный город».

Тоннельная ассоциация была инициатором проведения этого важного мероприятия, организатором – компания «Глобал Экспо».



19 октября состоялось торжественное открытие III Международного форума. На нем к собравшимся обратился первый заместитель мэра Москвы Владимир Ресин. Он пожелал участникам форума эффективной и плодотворной работы и дальнейшей реализации новых строительных проектов.

На церемонии открытия присутствовали также руководители Департамента дорожно-мостового и инженерного строительства Москвы Александр Левченко, президент Ассоциации строителей Николай Кошман и другие официальные лица.

Задачами форума и выставки «Подземный город» являлись:

- показать наиболее значимые градостроительные территории городов, на которых возможно размещение крупных многофункциональных подземных комплексов в составе системы центров городского значения;

- представить существующие достижения в освоении подземного пространства крупных городов;

- показать оборудование и технологии работ в подземном строительстве, а также для возведения подземной части высотных зданий и наземных сооружений;

- отразить вопросы жизнеобеспечения по пожарной и промышленной безопасности при сооружении и эксплуатации подземных объектов и др.

В форуме и выставке приняли участие более 60 организаций, из них 50 российских и 10 зарубежных.



Открывали выставку руководители стройкомплекса Москвы

На выставке были представлены новые решения по освоению подземного пространства больших городов, строительство современных автодорожных тоннелей, Серебряно-борских тоннелей и транспортных развязок.

20 октября в рамках III Международного форума «Строительство городов. CITY BUILD – 2009» прошла Международная научно-техническая конференция «Современная механизация

работ при строительстве тоннелей и освоении подземного пространства крупных городов».

На ней было заслушано 27 докладов, включающих в себя вопросы механизации строительства тоннелей в районе г. Сочи, опыт применения механизированных комплексов при строительстве метрополитенов в г. Москве, Екатеринбурге, Челябинске, а также нормативного обеспечения строительства транспортных тоннелей и метрополитенов, современные технологии освоения подземного пространства и др.

Наибольший интерес вызвали следующие доклады.

1. Опыт строительства канализационного тоннеля без вторичной обделки с применением железобетонных блоков с полимерной футеровкой» (А. Н. Левченко, Б. И. Федунец).

2. «Механизированное тоннельное строительство трассы Адлер – Красная Поляна» (М. Ю. Беленький).

3. «Научное сопровождение строительства подземных транспортных объектов: результаты и перспективы» (В. Е. Меркин).

4. «Освоение подземного пространства при инженерной реставрации памятников архитектуры» (Е. М. Пашкин).

5. «Высокие технологии освоения подземного пространства» (Д. С. Конюхов).

6. «Комбинированная технология стабилизации грунтов при сооружении станций Петербургского метрополитена» (К. И. Безродный).

Для участников конференции был издан сборник докладов.

Исполнительная дирекция ТАР совместно с выставочной компанией «Глобал Экспо», при поддержке Министерства регионального развития, Комплекса архитектуры, строительства, развития и реконструкции г. Москвы, Департамента дорожно-мостового и инженерного строительства г. Москвы в рамках Международного форума «Подземный город – 2009» провела 5-й конкурс на тему: «На лучшее применение передовых технологий при освоении подземного пространства».

Цель конкурса – стимулирование повышения темпов и качества строительства различных подземных объектов на основе применения прогрессивных технологий, конструкций, материалов и повышение заинтересованности строительных и проектных организаций в их применении.

Этот конкурс проводился пятый раз и уже стало традицией награждение лучших организаций, занимающихся подземным строительством.

Организованные ранее конкурсы показали их важность с точки зрения применения передовых технологий при строительстве тоннелей и освоении подземного пространства.

Победителям конкурса в предыдущие годы вручался диплом и настенный «Памятный знак». В текущем году Тоннельная ассоциация предложила награждать победителей дипломом и памятным призом с надписью «Лидер тоннелестроения России-2009». Это звание будет более активно способствовать применению новых технологий и мето-



Участники конференции



дов работ и участию организаций в проводимых тендерах и конкурсах.

На 5-й конкурс было представлено и рассмотрено комиссией 16 работ от 31 организации из пяти стран, в том числе из России – 27 и по одной из Казахстана, Германии, Японии и Канады.

Из 16 поступивших на конкурс работ выделены следующие.

1. «Разработка и создание технологии строительства канализационных тоннелей без возведения вторичной обделки («рубашки») с применением высокопроизводительных тоннелепроходческих комплексов и высокоточных железобетонных блоков с полимерной футеровкой». Заявители – 9 организаций из Москвы, в том числе Департамент дорожно-мостового и инженерного строительства г. Москвы, МГУП «Мосводоканал», МГТУ, ГУП «Мосинжпроект», ОАО «Институт «Каналстройпроект» и др.

2. «Комбинированная технология стабилизации водонасыщенных неустойчивых грунтов при сооружении наклонного хода станции «Звенигородская» Санкт-Петербургского метрополитена и геотехнический мониторинг при ее строительстве». Заявители – ОАО НИИПИ «Ленметрогипротранс»,

ОАО «Метрострой» СПб и ГУП «Петербургский метрополитен».

3. «Безосадочная проходка тоннелей глубокого заложения в сложных гидрогеологических условиях под р. Москва и р. Яуза с использованием проходческого комплекса компании ИНИ (Япония)». Заявители – ООО «Трансстройтоннель-99» и фирма ИНИ.

4. «Главный коллектор канализации северной части Санкт-Петербурга. Узел распределения стоков (УРС – 422). Маркшейдерское сопровождение строительства, автоматический мониторинг при строительстве объектов». Заявители – ООО «СТИС», ГУП «Ленгидроинжпроект» и компания «VMT GmbH» (Германия).

5. «Безосадочная проходка перегонного тоннеля под действующей станцией «Красногвардейская» Московского метрополитена». Заявители – НИЦ «Тоннели и метрополитены» и ОАО «Трансинжстрой».

Прошедший форум стал важным событием, объединившим специалистов разного профиля подземной строительной индустрии.

В сложный финансово-экономический период 2009 г. Тоннельной ассоциации России при поддержке правительства Москвы удалось организовать и успешно провести все мероприятия III Международного форума.



СТРОИТЕЛЬСТВО ТРАССЫ АДЛЕР – КРАСНАЯ ПОЛЯНА



Проект будущей трассы предусматривает строительство в едином техническом коридоре железной и автомобильной дороги, протяженностью по трассе ориентировочно 49 км, и располагающейся преимущественно на левом берегу реки Мзымта. Движение будет организовано по однопутным и двухпутным участкам пути, а позиционирование поездов будет осуществляться при помощи спутниковой системы навигации ГЛОНАСС. Идущие параллельно новые железная и автомобильная дороги максимально эффективно используют условия природного ландшафта, а движение вдоль реки реализовано при помощи эстакад, мостов, насыпей и тоннелей. Курсирующие по данному маршруту поезда смогут развивать скорость до 160 км/ч.

На данном направлении планируется строительство шести тоннельных комплексов, включающих шесть железнодорожных тоннелей протяженностью 10408,5 м, три автодорожных длиной 7697,8 м и три сервисно-эвакуационные штольни протяженностью 9328,7 м. Наряду с тоннелями на трассе будет возведено 28 мостов, 28 двухъярусных и 59 автодорожных эстакад, три новые железнодорожные станции – Имеретинский курорт, Эсто-Садок, Альпика-Сервис и реконструированы существующие станции Сочи, Adler, Веселое.

Планируемая пропускная способность железной дороги Adler – горноклиматического курорта Альпика-Сервис составит шесть пар поездов в час. Для того чтобы максимальный пассажиропоток достиг 2 тыс. человек, необходимо проложить второй главный путь от ст. Сочи до ст. Adler. Одновременно будет осуществляться поэтапное усиление линии Туапсе – Adler, что должно повысить максимальную пропускную способность этого участка железной дороги к 2011 г. до 20 млн т грузов в год, что очень важно при подготовке к зимним Олимпийским играм.

Согласно утвержденному комиссией Международного олимпийского комитета (МОК) графику строительства, на весь проект отводится пять лет – трасса Adler – Альпика-Сервис должна быть сдана не позднее третьего квартала 2013 г.

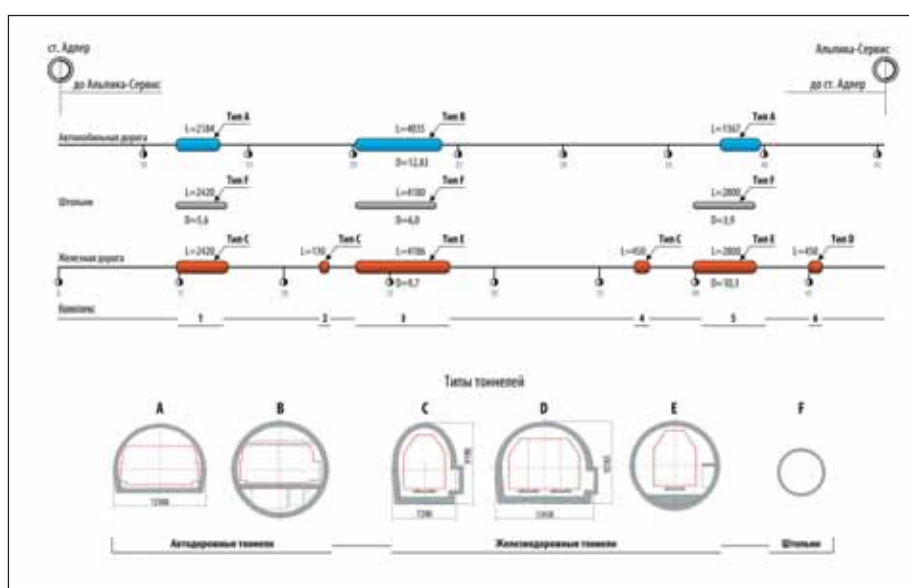


Схема организации строительных работ на тоннельных комплексах трассы Adler – Альпика-Сервис

Непосредственно заказчиком – застройщиком строительства совмещенной автомобильной и железной дороги по маршруту Adler – Красная Поляна (курорт Альпика-Сервис) выступает «Дирекция по комплексной реконструкции железных дорог и строительству объектов железнодорожного транспорта» – филиал ОАО «Российские железные дороги».

Строительство тоннелей

Общая протяженность всех тоннелей на данной трассе составляет 27,435 км. Исходя из длин тоннелей и горногеологических условий их прокладки, а также опыта строительства в данном регионе предусматриваются две основные технологии: сооружение тоннелей горным способом (с использованием проходческих комбайнов и буровзрывным методом), а также с применением тоннелепроходческих механизированных комплексов (ТПМК).

Тоннельный комплекс № 1

Первый тоннельный комплекс находится вблизи посёлка Ахштырь Адлерского района г. Сочи на 15-м км трассы (14,7–17,2 км) в

направлении к Красной Поляне и Олимпийским объектам. Он позволит избежать повторения траектории реки, делающей в этом месте петлю. Протяженность железнодорожного тоннеля – 2523,5 м, штольни – 2366,2 м и автодорожного – 2296,0 м. Проходка обоих тоннелей осуществляется с применением горнопроходческих комбайнов (горный способ), а штольни с применением ТПМК Lovat RME 232 SE диаметром 5,6 м.

Проектом предусматриваются следующие сроки строительства комплекса: I квартал 2009 г. – II квартал 2013 г.

Возведение объекта ведут: автодорожный и железнодорожный тоннели – ЗАО «УС Южная Горно-Строительная Компания»; сервисно-эвакуационную штольню – ООО «Тоннельный отряд № 18».

Тоннельный комплекс № 2

Перед 23-м километром железной дороги предусмотрено строительство самого короткого мысового тоннеля длиной 116,2 м. Автодорога огибает этот мыс и переходит на правый берег. Проходка тоннеля будет осуществляться горным способом.

Проектом предусматриваются следующие сроки строительства комплекса: III квартал 2009 г. – I квартал 2011 г.

Сооружение объекта ведет ООО «Управление механизации ГКР».

Тоннельный комплекс № 3

Самый длинный тоннельный комплекс расположен на участке с 23-го по 28-й километры и включает в себя автомобильный и железнодорожный тоннели, протяженностью более 4 км каждый (23,5–27,6 км по трассе). Тоннели планируется сооружать самым передовым на сегодняшний день способом – щитовым методом. Специально для этой цели в Германии и Канаде были приобретены три современных тоннелепроходческих комплекса:

- Herrenknecht 13210 HART (диаметр 13,2 м) для прокладки автодорожного тоннеля длиной 4034,8 м;

- Lovat RME 243 DS (диаметр 6,2 м) для строительства штольни длиной 4124,5 м;

- Lovat RM 394 DS (диаметр 10,2 м) для сооружения железнодорожного тоннеля протяженностью 4055,2 м.

Предусмотренные сроки проведения работ: II квартал 2009 г. – II квартал 2013 г.

Строительство всего комплекса ведет ООО «Управление механизации ГКР».

Тоннельный комплекс № 4

36-й километр железной дороги проходит под горным мысом через четвертый тоннельный комплекс протяженностью 449,3 м. Сооружение тоннеля будет осуществляться горным способом.

Сроки возведения комплекса: III квартал 2009 г. – III квартал 2011 г.

Строительство осуществляет ООО «Кавказская тоннелестроительная компания».

Тоннельный комплекс № 5

Миная гидроэлектростанцию, трасса уходит в направлении пятого тоннельного комплекса, расположенного на 39-м километре. Его протяженность составит чуть меньше 3 км (39,9–42,7 км трассы). Длина железнодорожного тоннеля – 2857,1 м, штольни – 2838,0 м и автодорожного – 1367,0 м. Проходка его будет осуществляться с применением горнопроходческих комбайнов (горный способ), а штольни и железнодорожного тоннеля с использованием новых тоннелепроходческих комплексов, специально приобретенных у канадской и немецкой фирм Lovat и Herrenknecht. Так, для строительства сервисно-эвакуационной штольни приобретен, смонтирован и в июле 2009 г. запущен ТПМК Lovat RME 167 SE диаметром 3,9 м, а для проходки железнодорожного тоннеля предусмотрен ТПМК Herrenknecht диаметром 10,7 м.

Сразу на выходе из тоннеля (за северным порталом), на 43-м километре трассы поезда будут останавливаться на промежуточной станции Эсто-Садок. Пассажиры, прибывшие сюда на поезде или автобусе, смогут проследовать к комплексу трамплинов или



Трехмерная модель тоннельного комплекса № 3

доехать на автобусе до других Олимпийских объектов в этой горной зоне.

Проектом предусматриваются следующие сроки строительства: II квартал 2009 г. – III квартал 2012 г.

Автодорожный тоннель сооружает ОАО «БТС-Гидрострой»; железнодорожный тоннель и сервисно-эвакуационную штольню – ООО «Тоннельный отряд № 18».

Тоннельный комплекс № 6

После станции Эсто-Садок трасса проследует к последнему, шестому тоннельному комплексу, расположенному на 45-м километре трассы, его протяженность 407,2 м (45,0–45,4 км). В составе комплекса предусмотрено строительство только железнодорожного тоннеля с помощью тоннелепроходческих комбайнов (горный способ). Этот комплекс выводит дорогу к конечной точке маршрута – станции Альпика-Сервис, расположенной на территории уникального по своим природным факторам поселка Красная Поляна, находящегося на высоте 550–600 м над уровнем моря. От станции Альпика-Сервис пассажиры смогут отправиться к санно-обслединому комплексу и медиа-деревне или доехать на автобусе до прочих Олимпийских объектов в этой горной зоне.

Предусмотренные сроки возведения комплекса: II квартал 2009 г. – III квартал 2011 г.

Строительство ведет ООО «Кавказская тоннелестроительная компания».

Инфраструктура. Основная производственная база

Для централизации строительных ресурсов, приема поступающих на сооружение объектов грузов и производства материалов в 2009 г. начато строительство основной производственной базы на территории грузового двора № 2 станции Веселое. Здесь будут размещены четыре производственных линии по изготовлению блоков сборной железобетонной обделки тоннелей, бетонный завод производительностью 90 м³/ч, а также склады и прочие производственные и технологические здания.

Вахтовые поселки

Для обеспечения нормальных условий работы строителей тоннельных комплексов

предусмотрено возведение общежитий, столовых и прочих зданий жилой инфраструктуры на четырех площадках: на основной производственной базе, а также вблизи трех тоннельных комплексов. Так, непосредственно вблизи Тоннельных комплексов № 1 и 5 размещены современные вахтовые поселки. Работы по их строительству были начаты в марте и практически завершены к августу 2009 г. Вблизи Тоннельного комплекса № 3 обустройство вахтового поселка намечено на осень 2009 г.

На основной производственной базе имеются два общежития по 282 места каждое, административно-бытовой комбинат, столовая на 150 мест; на вахтовом поселке «Хурмовый сад» (ПК-131) – три модульных общежития на 282 места каждое и столовая на 150 мест; на Вахтовом поселке пятого комплекса (ПК-397) также будут сданы три общежития и столовая. На территории своих поселков строители сооружают спортивные площадки и занимаются озеленением территории.

В конце июля на Тоннельных комплексах № 1 и 5 совмещенной автомобильной и железной дороги Адлер – Альпика-Сервис завершено сооружение стартовых камер и начата проходка сервисно-эвакуационных штолен щитовым методом.

Кроме того, ведется строительство эвакуационной штольни, входящей в состав Тоннельного комплекса № 3. Проходка первых метров штольни для сооружения стартовой камеры начата горным способом с использованием проходческого комбайна Mitsui Miike. Также начались работы на первом комплексе. Горным способом прокладываются автодорожный и железнодорожный тоннели.

Учитывая сжатые сроки строительства объекта № 1 и значимость развития транспортной инфраструктуры к Олимпийским играм 2014 г. проходка ведется одновременно по всему комплексу тоннелей № 1 и начата на полтора месяца раньше утвержденного графика. Эти тоннели расположены вблизи поселка Ахштырь Адлеровского района г. Сочи в 15 км от трассы к горноклиматическому курорту Красная Поляна и олимпийским объектам.

Частично информация и опубликованные фотографии взяты с сайта Бамтоннельстрой.

ПРИЧИНЫ СНИЖЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОБДЕЛОК, СООРУЖАЕМЫХ ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ, И МЕРЫ ПО ИХ УСТРАНЕНИЮ

И. В. Гиренко, инженер, филиал ОАО ЦНИИС НИЦ «Тоннели и метрополитены»

В данной статье представлена классификация дефектов, образующихся в сборных железобетонных обделках при щитовой проходке тоннелей, приводящих к их водопроницаемости и снижающих долговечность железобетона.

Приводится анализ причин образования дефектов на основании опыта научно-технического сопровождения строительства тоннелей в г. Москве.

Рассматриваются последствия не полного устранения такого рода дефектов и даются рекомендации по предупреждению и своевременному их устранению.



Рис. 1. Характер водопроявления в тоннеле через огнезащитное покрытие с его отслоением и разрушением

Опыт проходки целого ряда тоннелей транспортного назначения и ввода их в эксплуатацию без устранения ряда дефектов обделки, связанных с нарушением герметичности бетона блоков и стыков между ними, привел к необходимости ведения ремонтных работ в уже действующем тоннеле (рис. 1). При этом полноценный комплексный ремонт обделки при наличии возведенных внутренних конструкций, в том числе огнезащитного покрытия и установленного оборудования, невозможен из-за труднодоступности или полной недоступности к местам необходимого лечения. Поэтому проводимые ремонтные работы связаны со значительными трудовыми и финансовыми затратами.

Аналогичная ситуация наблюдается и на других объектах, например, в обследуемых тоннелях метрополитенов, проходка которых осуществлялась щитовым способом (рис. 2, 3) и дефекты, образующиеся в процессе проходки, не были устранены.

Для определения возможных видов дефектов в современных сборных обделках из высокоточных железобетонных блоков с упругими уплотнениями в стыках, характера проявления и путей устранения в них дефектов, в состав работ, проводимых НИЦ ТМ по научному сопровождению строительства ряда объектов, был включен анализ всех технологических переделов, а именно:

- изготовления блоков, обеспечения прочностных характеристик бетона, геометрических размеров блоков и системы их контроля;
- состояния наклеенных на блоки уплотнительных резиновых контуров, служащих гидроизоляцией стыковых соединений блоков;
- транспортировки, складирования, хранения и доставки к месту монтажа;
- монтажа блоков в кольцо и геометрии обделки, как в щитовой оболочке, так и за технологическим комплексом;
- геометрии опирания домкратных плит «подушек» на торцы блоков;
- распределения давлений домкратов по периметру смонтированного кольца обделки и на отдельные блоки;
- нагнетания тампонажного раствора, включая его характеристики, объемы и давление;

Рис. 2. Течи через стыки, монтажные отверстия и трещины в блоках обделки метрополитена



Рис. 3. Течи из-под опор плиты перекрытия в тоннеле



- поведения ранее смонтированных блоков при перемещении фронта забоя, а также после проведения ремонтных работ.

Кроме этого анализировались конструкции блоков обделок, выполнялось математическое моделирование образования сколов и трещин при ненормативном воздействии щитовых домкратов.

Мониторинг состояния блоков, собранных в кольца, проводился регулярно на протяжении всего периода строительства тоннелей, в т. ч. при возведении внутренних железобетонных конструкций (плит проезжей части в транспортном тоннеле и перекрытия в сервисном тоннеле и т. п.).

Фиксировались все дефекты, а именно: трещины сухие и обводненные, сколы бетона блоков, водопроявления через монтажные отверстия и углубления, водопроявления по стыкам блоков.

Оценка степени влияния дефектов показала, что не все они влияют на долговечность бетона обделки и только 12 % колец нуждаются в дополнительных работах по герметизации стыков, лечению трещин инъекционным методом и восстановлению целостности бетона блоков. Эти кольца имеют дефекты в виде обводненных трещин, а также водопроявлений через монтажные отверстия («шпильки»), через стыки и значительные сколы блоков с обнажением арматуры и уплотнительного контура. В остальных случаях – сколы бетона блоков от колес монтажной тележки и вакуумных захватов (без повреждения уплотнительного контура) и сухие трещины – требуют только косметического ремонта.

Для определения мест необходимого лечения блоков и колец обделки предлагается классификация, где вся конструкция тоннеля представлена в виде графика распределения дефектов в каждом кольце обделки в условных единицах (у. е.) по значимости дефекта при следующем его обозначении: локальные сколы бетона в блоках – 3, через трещины – 20, через стыки – 40. Когда в кольце наблюдались разные дефекты, то значения у. е. дефектов суммировались, например, если были сколы, водопроявления через монтажные отверстия и стыки, то значение дефектов равно: $3+10+40 = 53$ у. е. (рис. 4).

Все отмеченные в процессе сооружения тоннелей водопроявления являлись следствием нарушений герметичности уплотнительного контура или бетона блоков по следующим причинам:

- заводские дефекты в уплотнительных контурах, а именно, наличие зазоров между перемычками и контурами (рис. 5), способствующих проникновению воды через межблочное пространство с распространением ее на значительные расстояния с выходом через дефекты в бетоне обделки или через монтажные («шпилечные») отверстия;

- «закус» резины уплотнительных контуров и смещение их относительно друг друга, которые, в свою очередь, определяются превышением допусков на геометрические параметры при изготовлении блоков, сверх-

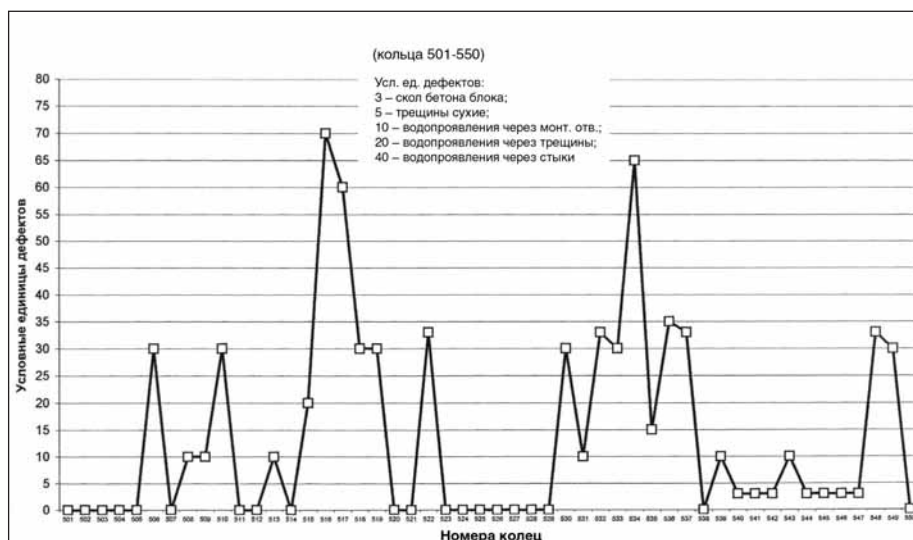


Рис. 4. Пример распределения дефектов в тоннельной обделке, выраженных в условных единицах

нормативными отклонениями положения щита и некачественным монтажом блоков в кольцо (рис. 6);

- дефекты в блоках (трещины и сколы) вследствие неточности монтажа (смещение домкратной плиты относительно площадки опирания блока), или сосредоточенного воздействия хвостовой оболочки на собранное кольцо при резком отклонении щита от трассы тоннеля и повышенного усилия в отдельных домкратных парах при выравнивании положения щита (рис. 7).

Водопроявления через вышеуказанные дефекты отмечались, как правило, на стадии нахождения кольца в зоне 50–70 м от щита диаметром 14,2 м и 20–30 м – диаметром 6,28 м. По мере его удаления от мест водопроявления, твердения тампонажного раствора в заобделочном пространстве и включения обделки в работу водопроявления в основном прекращались. Этому способствовала установка фиброцементных конусов в тоннелях больших диаметров, проводимое лечение трещин и межконтурного пространства. Однако отмечались и обратные явления – открытие закрывшихся трещин и образование новых мест водопроявлений через стыки, монтажные отверстия, углубления и трещины. Так, за один месяц в мае 2005 г. в левом транспортном Серебряно-борском тоннеле на ряде колец обделки были зафиксированы новые водопроявления. Это происходило из-за того, что поступающая в уплотнительный контур вода, находя препятствие в виде фиброцементной заглушки (рис. 8), создавала давление, а за счет имеющихся зазоров между перемычками внешнего и внутреннего уплотнительных контуров свободно мигрировала в межблочном пространстве и поступала в тоннель через имеющиеся дефекты в блоках и кольцах. В этом случае, если бы не были зафиксиро-



Рис. 5. Зазор между перемычкой и внутренним уплотнительным контуром, способствующий распространению воды через межблочное пространство по обделке

Рис. 6. Сверхнормативные уступы между блоками обделки, приводящие к уменьшению рабочей площади уплотнительного контура и являющиеся потенциальной причиной водопроявлений через стыки



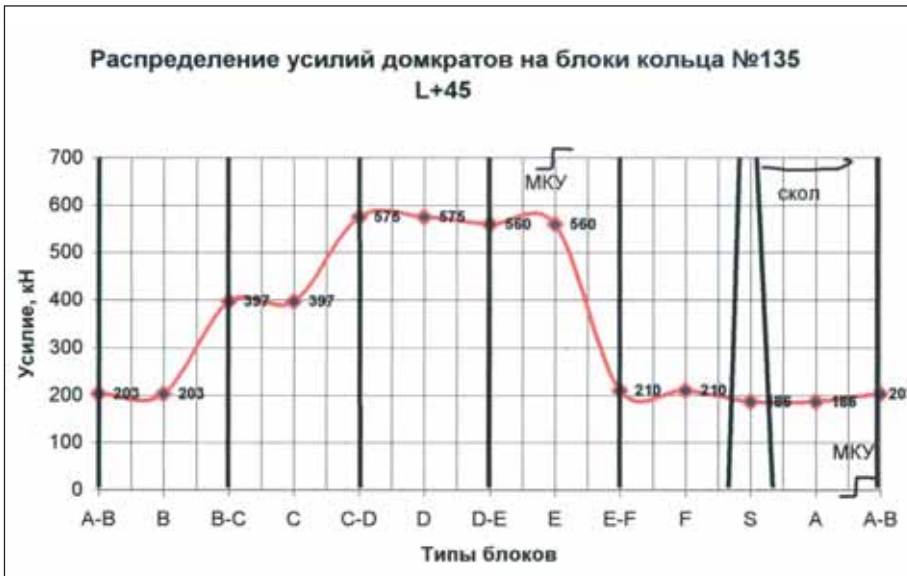


Рис. 7. Влияние перепада давления в смежных домкратах на образование дефектов в тоннельной обделке (уступов (МКУ), сколов, трещин)



Рис. 8. Последствия установки в монтажное отверстие бракованных фиброцементных конусов – водопроявления из заделанных монтажных отверстий

ваны места водопроявлений в процессе проходки, определить необходимые места лечения было бы практически невозможно.

Анализ данных исполнительной документации, а именно, планово-высотных отклонений положения обделки, максимальных давлений в домкратных парах при передвижке щита и мест расположения дефектов показал, что основной объем трещин образовывался при резком отклонении щита от трассы, преимущественно при наличии уступов, превышающих величины допусков на межкольцевых и внутрикольцевых стыках. Увеличению уступов между блоками обделки, фиксируемыми за тоннелепроходческим комплексом, способствовало неполное заполнение строительного зазора нагнетанием раствора за обделку или недостаточно быстрое его затвердевание.

Одной из причин превышения регламентируемых допусков на точность монтажа блоков в кольце во многих случаях является сверхнормативное отклонение размеров самих блоков (что показал анализ паспортов на них). Так, от 2-х до 20-ти контролируемых из 39 геометрических параметров в каждом блоке были зафиксированы отклонения, вызванные значительным износом форм.

Поскольку при обследовании тоннеля выявленные водопроявления в большинстве были приурочены к монтажным отверстиям, то было принято решение: определение объема ремонтных работ и лечение уплотнительных контуров провести после установки во все монтажные отверстия фиброцементных водонепроницаемых конусов. Таким образом можно было исключить водопроявления в тех местах, где контур недостаточно герметичный, а затем залечить все трещины, через которые проникала вода на любой стадии строительства. Учитывая следующее вибрационное воздействие на лоток от метрополитена, было принято решение проводить лечение лотковых блоков, имеющих трещины, проходящие через монтажные отверстия, а также трещины, идущие по всей ширине блока не смотря на то, что за счет обжатия обделки водопроявления в них прекратились или стали незначительными. Кроме того, на первых и последних десятиях колец тоннельной обделки в зоне сопряжения с тоннелем, сооружаемым открытым способом, было принято решение провести заполнение межконтурного пространства по всему периметру полиуретановым герметизирующим составом.

Отсутствие герметичности отдельных перемычек уплотнительных контуров подтвердилось в процессе выполнения работ по герметизации межконтурного пространства, вместо 10–12 л смолы на контур по проекту ее фактический расход доходил до 57 л, при этом смола выходила как на смежных блоках так и кольцах.

Анализ результатов научно-технического сопровождения строительства тоннелей показал, что основным видом дефектов, отрицательно сказывающихся на эксплуатационных параметрах тоннелей, является водопроявление по стыкам блоков, через трещины и монтажные отверстия.

Все отмеченные в процессе сооружения тоннеля водопроявления свидетельствуют о водопроницаемости обделки вследствие нарушений герметичности уплотнительного контура (контуров) или бетона блоков, причинами которых являются:

- выступы в передней плоскости кольца, превышающие 1–1,2 мм и возникающие, как правило, в случае превышения допусков при изготовлении блоков. Наличие выступов в собранном кольце обделки уже при давлении домкратной пары 130 бар приводят к образованию сквозных трещин посередине блока (рис. 9);

- неравномерное воздействие щитовых домкратов, а именно, значительная разница усилий в смежных домкратах или смещение домкратной плиты относительно площадки опирания блока приводит к образованию сколов и трещин как внутренних, так и наружных;

- сосредоточенное воздействие нагрузок, например, хвостовой оболочки на собранное кольцо при передвижке щита в случае его сверхнормативных отклонений от предписанного маршрута или от воздействия массы технологической тележки при частичном отсутствии отпора (тампонажного раствора) за блоком может привести к образованию трещин на всю ширину блока;

- воздействие колесных пар технологической тележки при наличии межкольцевых сверхнормативных уступов образуются сколы кромок блоков в лотке, в ряде случаев, глубоких с обнажением уплотнительного контура;

- сколы углов блоков в своде, стенах и лотке обделки диаметром 6,0 м (рис. 10) могут образовываться, как показал расчет, выполненный в Лаборатории горного давления и норм расчета НИЦ ТМ, из-за наличия в межкольцевом стыке уступов более 5 мм при усилиях в домкрате свыше 90 т, а также при внецентренном опирании домкратных подушек на торцы блоков при усилиях в домкратах ~10 т для замкового блока и 15–17 т для других блоков.

Выводы

Образующиеся при проходке и сооружении высокоточной обделки дефекты в виде трещин, сколов внутренних и наружных (видимых и невидимых), а также водопроявлений через трещины, монтажные отверстия и стыки блоков обделки определяются комплексом следующих факторов.

1. Конструктивные особенности данных щитовых комплексов:

- управление щитом по трассе осуществляется за счет силового воздействия щитовых домкратов на блоки, собранные в кольцо, подчас со значительной разницей в усилиях

отдельных домкратных пар и хода выдвижения щитовых домкратов;

- щитовой комплекс допускает смещение осей домкратов относительно оси монтируемых блоков тоннельной обделки, т. е. внецентренное опирание домкратных подушек на торцы блоков;

- сложность обеспечения стабильного положения щита из-за многофакторности условий управления щитом в разных горно-геологических условиях. Вследствие этого, воздействие хвостовой оболочки на кольцо при отклонениях положения щита от проектной трассы в ряде случаев приводит к образованию трещин.

2. Конструктивные особенности обделок:

- деление кольца обделки на блоки и их конструкция для отдельных тоннелей такова, что при любом проектном положении замкового блока, опорные плиты домкратов передают усилия на смежные с замковым блоком с разными плечами воздействия. Это при незначительной разнице усилий, приходящихся на замковый и смежные блоки в комплексе со смещением оси домкратов относительно центра блока вызывает их смещение в кольце, образование или увеличение уступов, сколов, трещин.

3. Несоответствие изготавливаемых блоков отдельным требованиям технических условий:

- превышение допустимых отклонений геометрических параметров блоков из-за износа форм, что при монтаже блоков в кольцо вызывает образование сверхнормативных межкольцевых и внутрикольцевых уступов, а также смещение уплотнительных контуров;

- наличие зазоров в перемычках уплотнительных контуров приводит к распространению воды в межблочном пространстве за пределы одного «отсека» для обделок большого диаметра с двумя уплотнительными контурами;

- наличие в блоках концентраторов напряжений в виде закладных деталей, углублений, отверстий и возможных внутренних дефектов.

4. Неточность монтажа блоков в кольцо:

- сверхнормативные отклонения при монтаже блоков тоннельной обделки в кольцо (выступ передней плоскости кольца свыше 1,2 мм и уступы между блоками и кольцами свыше 7 мм);

- «закус» резины уплотнительных контуров при монтаже блоков.

5. Требования к раствору для нагнетания за обделку и режимы нагнетания не соответствуют условиям проходки.

Рекомендации

Проектировать обделку и блоки следует под конкретный тоннелепроходческий комплекс с учетом трассы тоннеля и гидрогеологических условий проходки.

Проектирование тоннельной обделки должно выполняться на основании расчетов возможного ненормативного воздействия щитовых домкратов, т. е. с определенными



Рис. 9. Трещина посередине блока на всю его ширину образуется вследствие неточности монтажа, при наличии выступа в передней плоскости кольца свыше 1,2 мм даже при давлении домкратной пары 130 бар

для конкретного щита эксцентриситетом и допусками при монтаже обделки.

Поскольку наибольшее количество дефектов приурочено к замковому блоку и смежным с ним блокам, то следует пересмотреть их конструкцию, в том числе стыков, и повысить трещиностойкость бетона за счет, например, изготовления элементов обделки с дополнительным армированием металлической фиброй.

Конструкция должна предусматривать возможность ремонта обделки и герметизацию при необходимости стыков, для чего они при одноконтурном резиновом уплотнителе должны иметь удобную и эффективную для этих целей чеканочную канавку.

Применение двух уплотнительных контуров блоков оправдано в случае качественного выполнения работ по их приклейке к блокам, т. е. при отсутствии зазоров между перегородками для исключения миграции вода внутри межконтурного пространства, а проектом должно быть предусмотрено заполнение, при необходимости, межблочного пространства герметизирующим составом.

При наличии в блоках одного контура его ширина должна быть такой, чтобы при смещении блоков относительно друг друга на двойную величину допустимых при монтаже уступов, а ширина перехлеста контуров смежных блоков была бы не менее половины его ширины.

При щитовой проходке больше внимания следует уделять правильному назначению состава раствора для нагнетания за обделку и технологии его нагнетания для создания бездефектной водонепроницаемой обоймы из долговечного материала. В противном случае вымывание раствора приведет при эксплуатации тоннелей к



Рис. 10. Сколы бетона блоков обделки при неравномерном воздействии щитовых домкратов и наличии межкольцевых уступов

раскрытию тех дефектов, которые образовались при проходке.

В процессе сооружения тоннелей необходимо фиксировать абсолютно все образующиеся дефекты: трещины сухие и с водопроявлениями, сколы бетона блоков, водопроявления через стыки, монтажные отверстия и углубления, т. е. неотъемлемой частью исполнительной документации должны быть дефектные ведомости.

Принимать решение о том или ином виде ремонта следует по результатам анализа комплексного показателя дефекта с учетом гидрогеологии, вида и объема внутренних конструкций тоннеля, т. е. его влияния на обделку и эксплуатационные параметры – вибродинамику и т. п.

СОВРЕМЕННЫЕ СВОТТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ МЕТРОПОЛИТЕНА

В. Н. Дейнего, руководитель проекта светодиодного освещения ООО «Новые энергетические технологии»

В статье проведена историческая ретроспектива требований к освещению метрополитена и показана чувствительность светохудожественного пространства метро к смене поколений источников света. Дан экспресс-анализ современных требований к освещению объектов метрополитена. Сформулированы требования к перспективным светильникам подвижного состава. Отражены экологические и эксплуатационные проблемы люминесцентного освещения при масштабном расширении метро и вандализме. Рассмотрены вопросы: светового загрязнения; эволюции источников света для метро и его подвижного состава; перспективы и технические достижения люминесцентных и светодиодных ламп. Проанализирован опыт применения светодиодного освещения для вагонов метро и показаны возможные пути его улучшения на базе экологически безопасной и тонкой светодиодной панели ЛюмиЛист.

ЛюмиЛист является новой технической реализацией «пластической прозрачной плоскости» архитектора **А. Душкина**.

Каждое утро мы подходим к станциям метро через ряды спящей рекламы торговых ларьков, а из светильников торчат ослепляющие «уши» энергосберегающих ламп, переступаем спящие светодиодные дорожки и втискиваемся в вагон, в котором вместо интерьера – рекламное царство, а комфортность освещения оставляет желать лучшего. Для него характерна высокая яркость, пестрота спектров и ослепляющая световая назойливость. При изменении характера освещения в метрополитене меняется или

теряется его исторический архитектурный облик и стирается «историческая память», о важности которой говорил архитектор Н. Шумаков. Вот почему ведущие архитекторы метрополитена уделяли большое внимание выбору светильников и качеству освещения. Великий архитектор А. Душкин в книге «Моё архитектурное кредо» отмечает следующее: «Для беззаконного метро жизненно важен свет – органический структурный элемент, способный оживить материал, подчеркнуть пространственные решения. Организация

светотехнических приемов особенно важна при возведении получающих сейчас распространение односводчатых станций, где конструктивными средствами трудно достичь художественного эффекта. Для этого можно шире применять, например, пластические прозрачные плоскости и др.». В метрополитене самым маленьким и замкнутым пространством является вагон. Вот что говорил в 30-е гг. архитектор С. М. Кравец: «На оформление внутренней планировки вагона кроме повышенных к нему требований, вытекающих

Таблица

Факторы, влияющие на комфорт и безопасность пассажиров

Классификация факторов	Ответственные системы за поддержание комфорта и безопасности
<p>Физически опасные и вредные факторы подразделяются на следующие подгруппы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>повышенные</i>: яркость света; прямая и отраженная блескость; пульсация светового потока и пониженный контраст; спектрально-энергетический состав света; уровень инфракрасной радиации или ультрафиолетового излучения; запыленность и загазованность воздуха; уровень шума; уровень вибраций; уровень инфразвуковых колебаний или ультразвук; уровень ионизирующих излучений; уровни статического электричества и электромагнитных излучений; напряженность электрического или магнитного поля; уровень лазерного излучения; • <i>повышенные или пониженные</i>: температура воздуха; влажность воздуха; ионизация воздуха; отсутствие или недостаток естественного освещения. 	<p>Системы освещения, вентиляции и климат-контроля. Принимаемые меры защиты по снижению уровня вибрации, шума, электромагнитных излучений, магнитных и электрических полей и т. п. Новое требование к качеству освещения, которое влияет на циркадианные фоторецепторы глаза.</p>
<p>Химически опасные и вредные факторы подразделяются:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>по характеру воздействия на организм человека</i>: токсические, раздражающие, сенсibilизирующие, канцерогенные, мутагенные, влияющие на репродуктивную функцию; • <i>по пути проникновения в организм человека</i>: через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые оболочки. 	<p>Принимаемые меры для обеспечения надежной защиты люминесцентных ламп (ЛЛ) при их работе в жестких условиях метрополитена. Вандалозащищенность светильников с ЛЛ. Система видеонаблюдения и мониторинга среды. Система вентиляции и климат-контроля.</p>
<p>Биологически опасные и вредные факторы включают следующие биологические объекты: патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, грибы и т. п.); макроорганизмы (растения, животные). Психофизиологические опасные и вредные факторы по характеру действия подразделяются на физические и нервно-психические перегрузки.</p>	<p>Системы вентиляции и климат-контроля, видеонаблюдения и мониторинга среды, управления потоками пассажиров, система контроля, установленная на входе в метрополитен.</p>

из статического характера пребывания в нем пассажиров, неизбежно должно оказать известное влияние и то, что пассажир метро в пути лишен законного пейзажа и все его внимание невольно сосредоточивается на оценке этого внутреннего оформления. Освещение вагона проектируется весьма обильным и решается дифференцировано для сидячих и стоячих мест. Первые получают ряды бракетов над окнами, на боковых стенках, вторые – два ряда ламп на потолке. Все источники освещения защищены от непосредственного слепящего действия, в дальнейшем вся осветительная арматура вагонов будет изготавливаться по специальным для метро моделям».

Хотелось отметить, что во главе угла стоит эстетика света и восприятия архитектуры, комфортное освещение с реальными требованиями к нему; для метро должны разрабатываться специальные модели светильников. Ограниченность пространства вагона и станций диктует свои законы светового дизайна и величину предельно допустимой яркости светильников и их распределение в этом пространстве. Это говорит о том, что механическое повышение яркости штатных светильников приводит к повышению освещенности, к изменению светового дизайна и эффекту ослепления пассажиров в условиях ограниченного пространства метрополитена. Современные эксперты Центрального союза электротехнической и электронной промышленности Германии (ZVEI) настоятельно не рекомендуют модернизировать старые светильники с лампами (Т8), устанавливая в них лампы нового поколения (Т5). При такой механической замене возникает опасность повышенной слепимости модернизированных светильников, так как яркость ламп Т5 в 1,5–2 раза превышает яркость ламп Т8.

Исходя из сказанного, рассмотрим современный люминесцентный свет метрополитена и заглянем в перспективу освещения его объектов и подвижного состава.

К этому рассмотрению побуждают следующие причины:

- увеличение продолжительности техногенного воздействия среды метрополитена на пассажира и новые знания о влиянии света на человека и его гормональную систему;
- обострение проблемы энергетической и экологической безопасности из-за роста протяженности метрополитена, недостаточной надежности люминесцентных ламп, вандализма и «локтевой» доступности светильников в вагонах, эскалаторах и смотровых ямах депо;
- проблемы светового и информационного загрязнения метро (подсветка рекламы и ларьков, конструктивная несовместимость энергосберегающих ламп и светильников, разработанных под лампы накаливания и др.);
- динамика изменения требований к качеству и комфортности освещения объектов метрополитена по мере понимания его воздействия на человека и исторической ценности объектов метрополитена;
- эволюция развития источников света и их оптическая безопасность при эксплуатации в метрополитене.



Рис. 1. Общее состояние смены поколений люминесцентных ламп на станции «Белорусская»

Ежедневно влияние освещения и его техногенное воздействие испытывают более 7 млн пассажиров, при этом в течение одного часа – 27 %, одного-двух часов – 44 %, двух-трех часов – 17 % и более трех часов – 12 %. Современные высокоинтенсивные энергосберегающие источники света за это время (или за суммарное время – годы) могут оказывать влияние на глаза и здоровье пассажиров. Наибольшее время в вагоне проводит машинист поезда. При этом его глаза вовлечены в динамику смены зон освещенности разной яркости, интенсивности и спектрального состава. При таких скоростях и интервалах движения поезда даже временное ослепление и сонливость недопустимы! При развитии метрополитена интервал во времени пребывания людей под воздействием техногенных факторов будет расти. Техногенные факторы, влияющие на комфорт, работоспособность и безопасность пассажиров метро, приведены в табл.

Требования к безопасности и комфортности пассажиров метрополитена нашли свое отражение в СП 2.5.133703 «Санитарные правила эксплуатации метрополитенов», утвержденные в 2003 г., в своде правил по проектированию и строительству метрополитена СП 32-105-2004 и в КСЦ Метро-2 «Отраслевые нормы искусственного освещения производственных объектов и подвижного состава метрополитенов», 1987 г. В ГОСТ Р 50850-96 требования заданы только в виде норм на освещенность, а все многообразие требований к освещению вагонов изложено в технических заданиях.

По результатам анализа рекомендаций первых архитекторов, требований ТЗ на вагоны и принимаемых в них светотехнических решений, систем безопасности и комфорта были сформулированы общие требования к перспективным светильникам подвижного состава метрополитена. Это требования:

- к экологической и оптической безопасности (конструкционные материалы не должны содержать опасных веществ – ртути, свинца и создаваемые при работе электромагнитные поля не должны превышать пре-

дельно допустимые нормы и полное отсутствие эффекта утомления и ослепления глаз пассажиров);

- повышению энергетической эффективности источника света, применяемого в светильниках;
- эксплуатационной надежности (ресурс более 80 тыс. ч без замены источника света);
- габаритам (толщина светильника должна быть минимальной и максимально освобождать припотолочное пространство вагона, которое может быть заполнено элементами системы безопасности и пр.);
- качеству освещения (концепция мягкого света – визуально приятное освещение, в котором его источник становится важным элементом интерьера; правильное воспроизведение цветов; стабильность световых характеристик во время эксплуатации; равномерность свечения по всей световой линии; управление спектром источника света в зависимости от времени суток и т. п.);

• обеспечению совместимости светильника и источника света с современными системами безопасности и комплексирование с ними.

Как видно из требований ТЗ и НТД, в настоящее время базовым источником света в вагонах и объектах метрополитена являются люминесцентные лампы. История их внедрения на метрополитене такова: в 1947 г. люминесцентное освещение применялось только на одной станции, в 1960 г. – на 13-ти, а в 2000 г. – на 118 станциях. И их внедрение продолжается. Например, на станции «Белорусская» идет замена старых U-образных люминесцентных ламп яркими КЛЛ. Старые лампы уже не горят, а новые – ярко пылают, освещая техническую утварь у памятника партизанам, участникам Великой Отечественной войны. И такое отношение к «исторической памяти» на фоне ухоженных рекламных щитов видят миллионы пассажиров (рис. 1).

В настоящее время на метрополитене уже эксплуатируется свыше 2 млн люминесцентных ламп. Постоянно идет их ротация, часть из них выходит из строя, а часть – меняется по истечению срока установленного ресурса. По данным Петербургского метрополите-



Рис. 2. Разбитый светильник и технология ликвидации акта вандализма. (После футбольного матча на эскалаторах остается 30 % целых светильников. В 2006 г. в метро было заменено 1148 разбитых плафонов)

на, который в три раза меньше Московского, в год выходят из строя 80 тыс. люминесцентных ламп. За десять лет эксплуатации светильников через метрополитен пройдет более 100 млн ламп, содержащих ртуть.

Недостаточная надежность люминесцентных ламп, высокий уровень вандализма (рис. 2) и недостаток профессионалов создают реальную угрозу возникновения экологических и эксплуатационных проблем.

Обострение указанных проблем создает основу для очередной смены поколения источников света на новые экологически чистые и энергетически эффективные. Однако новые Строительные правила СП 32-105-2004 в пункте 5.10.5.2 рекомендуют применять газоразрядные источники света низкого и высокого давления, в оговоренных случаях допускается использование ламп накаливания.

Источники света сравниваются между собой по показателю энергетической эффективности. Результаты такой оценки приведены на рис. 3.

Хочется отметить, что традиционные источники света модернизируются. В США и Китае на базе нано-технологий получены обнадеживающие результаты повышения эффективности ламп накаливания. Но в настоящий момент в этой системе оценок лм/Вт светодиоды, как источник света, пока предпочтительнее. Данное направление развивается высокими темпами и опережает прогнозы. Компания OSRAM смогла достичь

рекордных значений яркости и эффективности для белых светодиодов. При стандартных условиях измерений при токе питания 350 мА, значение светового потока достигло 155 лм, световая отдача – 136 лм/Вт. При токе – 1,4 А можно получить до 500 лм белого света. Успех светодиодных технологий обусловлен широкой поддержкой правительства во многих странах.

В США, согласно государственному проекту «Next Generation Lighting Initiative», поставлена цель полностью перейти на технологии LED, а до 2020 г. разработать LED нового поколения и довести световой потолок до 200 лм/Вт.

Президент России Дмитрий Медведев включил энергосбережение в пять приоритетов развития российской экономики.

Светодиод – это точечный источник света. Его яркость, как высокоинтенсивного источника света, остро ставит вопрос о его оптической безопасности для человеческого глаза. Динамичный мир метрополитена пассажир воспринимает через глаза, ослепление которых небезопасно для его здоровья.

Основная функция оптической системы глаза – формирование на сетчатке изображений объектов внешнего мира, которые характеризуются не только величиной, но и освещенностью.

В общем виде освещенность сетчатки глаза можно определить по формуле:

$$E = 12LD_p^2 \cdot 10^{-4}, \text{ лк},$$

где L – яркость объекта, кд/м,

D – диаметр зрачка, 1,5–8 мм.

Величина диаметра зрачка зависит от многих причин: общего уровня освещенности, психофизического состояния человека, его возраста и др.

Физическое ограничение освещенности на сетчатку глаза определяет необходимость нормирования яркости источников света (и уровней яркости светового загрязнения) в метрополитене. Вероятность превышения

физического порога освещенности устанавливает степень опасности ослепления пассажира по маршруту его следования.

На рис. 4 приведены энергетические и пространственные характеристики излучения, попадающего на сетчатку глаза от различных светящихся объектов.

Из представленной характеристики видно влияние яркости и спектрального состава света на глаза человека, и, как следствие, на его психофизическое состояние. Это влияние происходит на подсознательном уровне. Например, в ходе исследования эффектов «циркадианных фоторецепторов глаза», открытых Брайнардом, удалось показать, что именно свет в диапазоне длин волн от 430 до 470 нм оказывает прямое воздействие на образование в человеческом теле «гормона усталости» – мелатонина. При восприятии света нервные пути подают соответствующие сигналы эпифизу. В этом случае он подавляет выделение мелатонина. Если вокруг нас темно, то образование его идет полным ходом и возникает сонливость. Уже сравнительно низких значений освещенности в указанной области спектра, по видимому, достаточно, чтобы влиять на образование этого гормона. Даже при соблюдении всех современных норм для «хорошего» освещения мы можем жить в «биологической темноте». Для пассажира метро спектрально-энергетическая характеристика света очень важна, и она найдет свое отражение в новых редакциях нормативных документов для метрополитена.

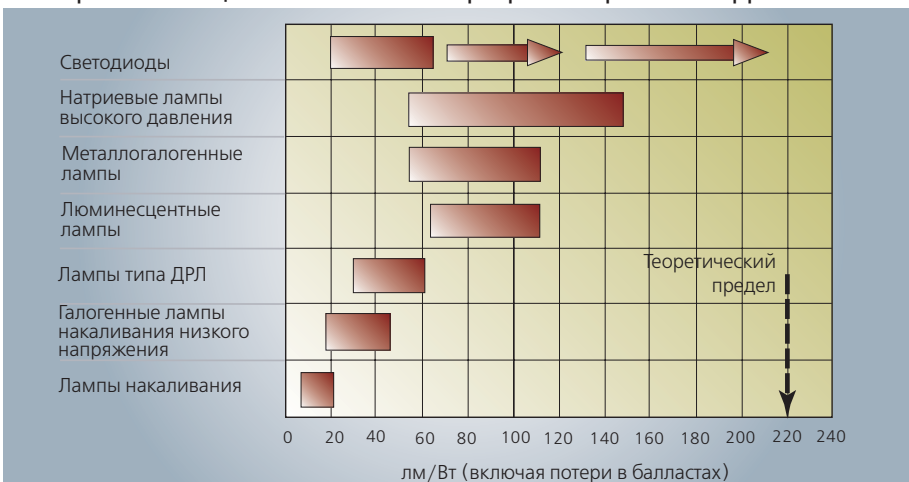
Яркие и высокоинтенсивные светодиоды при определенных условиях могут вызывать кратковременное ослепление человека. Особенно это опасно для детей и пожилых людей, которые имеют расширенный зрачок. Только у нас в метрополитене дети могут смотреть на одноразовые яркие светодиоды дорожки перрона перед посадкой в вагон.

В странах, в которых на уровне правительства приняты программы по светодиодному освещению, структуры по ее реализации уже разработаны и внедряются соответствующие национальные стандарты безопасности.

В России многие стандарты по безопасности светодиодного освещения находятся на стадии разработки и утверждения. программа «Внедрение светодиодной техники в ОАО «РЖД» в 2009–2011 гг.» дала свои результаты. Появились светодиодные линии для электропоездов РЖД, и эта же идеология легла в основу световых линий для вагонов метрополитена. На рис. 5. представлены фрагменты световой линии для Петербургского метрополитена.

В настоящее время тот уровень требований к освещению вагонов, который задан в НТД, позволяет аттестовать любую светодиодную «световую линию», так как в ГОСТ Р 50850-96 заданы только нормы на освещенность в точке. Отсутствие отечественных стандартов по безопасности светодиодного освещения способствует его распространению.

Рис. 3. Сравнительная оценка источников света по критерию их энергетической эффективности



Для объектов метрополитена и его низкопотолочного подвижного состава есть альтернативные пути построения безопасных светодиодных светильников. Это – световые линии на отраженном свете и световые панели.

На рис. 6 представлен проект светодиодной световой линии для вагонов метрополитена на отраженном свете.

Такое решение не является универсальным и не отвечает перспективным требованиям. Перспективное направление – это применение светодиодных световых панелей. По такому пути идут все передовые страны. Идея использования световых панелей для односводчатых станций подсказана еще архитектором А. Душкиным, а требования и необходимость разработки специальных светильников, защищенных от непосредственного действия, для вагонов метро высказана С. Кравцом.

Исходя из сформулированных требований к светильникам вагона и результатов рассмотрения энергетической и пространственной характеристики излучения, попадающего на сетчатку глаза от различных светящихся объектов и существующего множества светодиодных световых панелей, была выбрана панель типа ЛюмиЛист толщиной 8 мм.

ЛюмиЛист – это оптически прозрачный пластик с нанесенной светоотражающей матрицей и с торцевой светодиодной подсветкой. Фрагменты его конструкции представлены на рис. 7.

ЛюмиЛист – панель, реализующая концепцию максимального рассеивания тепловой мощности светодиодов мощностью 0,22 Вт по периметру конструкции и интегрирование с рассеиванием светового потока в светоотражающей и оптической среде с высоким световым КПД (более 0,75).

Для проведения сравнительной оценки с типовыми светильниками вагона типа ЛВВ 01-2×20, световых модулей «световой линии» и светильника «ОМЕГА» был изготовлен светильник из ЛюмиЛиста с соответствующими размерами 200×750, 100×750 и 100×320 мм.

По результатам светотехнических измерений, моделирования освещения вагона электропоезда «Русич» и дополнительного анали-

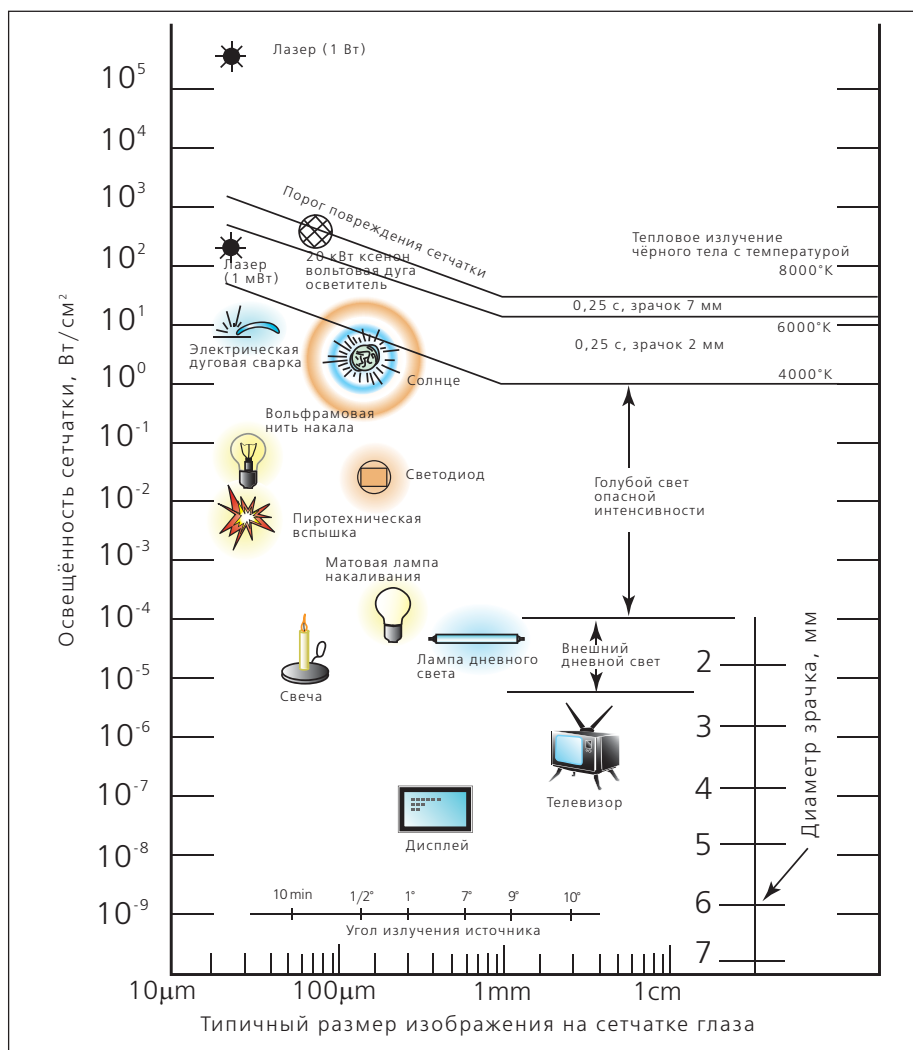


Рис. 4. Энергетические и пространственные характеристики излучения, попадающего на сетчатку глаза от различных светящихся объектов

за данных о ЛюмиЛисте был сделан вывод, что светильники из него обеспечивают необходимые уровни освещенности в вагоне и обладают следующими эксплуатационными свойствами:

- светильник из ЛюмиЛиста излучает свет высокого качества и не обладает слепящим эффектом на близком расстоянии от глаз пассажира;
- ЛюмиЛисты имеют защиту оболочки не ниже IP67(68) и обладают высокой эксплуатационной надежностью;

• ЛюмиЛист полностью совместим с современными камерами систем видеонаблюдений и т. п.;

• ЛюмиЛист в сочетании с тонким источником питания (при высоте 10 мм) позволяет реализовать концепцию тонкого светильника и тонкой «световой линии» при ее общей толщине 20–25 мм (толщина люминесцентных и светодиодных световых модулей «световой линии» – 56 мм и IP21).

При указанной толщине прибора может быть реализована концепция интеллектуаль-

Рис. 5. Внешний вид светодиодной световой линии для вагонов Петербургского метрополитена

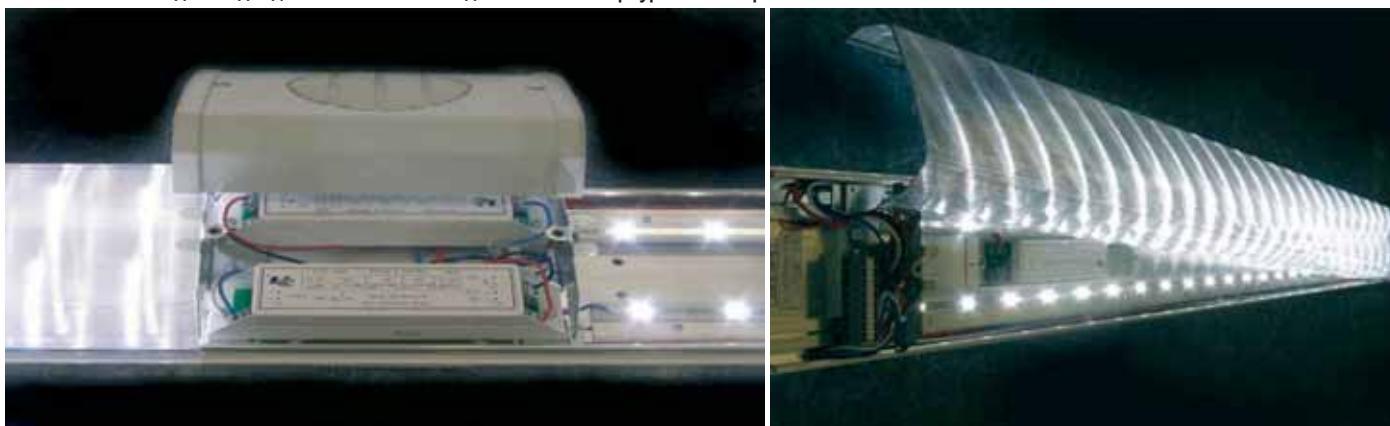




Рис. 6. Внешний вид (а) светодиодного модуля (ширина – 109 мм; высота – 56 мм;) и светодиодной линии (б) на отраженном свете

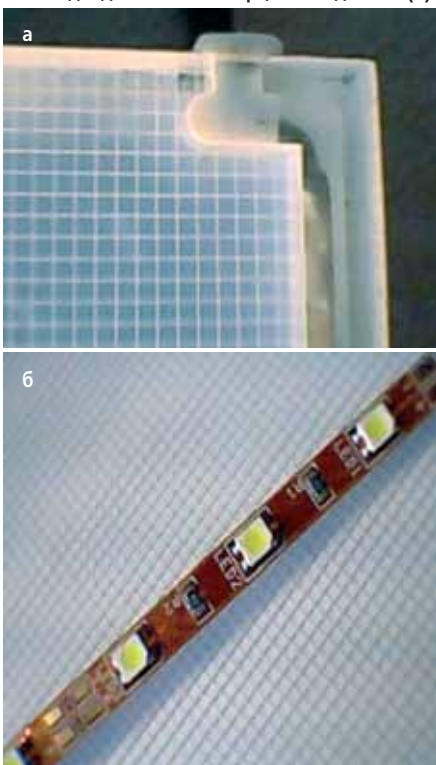
ного светильника с огромным количеством опций (управление спектром света и его интенсивностью, интеллектуальная система видеонаблюдения, мониторинг параметров среды вагона и пр.).

ЛюмиЛист – унифицированный источник света, позволяющий внедрять самые передовые световые решения в интерьере вагона метрополитена от световых потолков до светового пола и стен, в проекте фальшотка решать любые задачи светодинамического управления.

Хочется отметить, что следуя рекомендациям архитектора А. Душкина, в метрополитене широко применяются световые панели с люминесцентными лампами, которые вполне могут быть заменены светодиодными световыми панелями. В метрополитене Дубая реализован проект подсветки платформы (рис. 8).

Светодиодные световые панели типа ЛюмиЛист являются универсальным источ-

Рис. 7. Элементы конструкций ЛюмиЛиста (а) и светодиодной линейки торцевой подсветки (б)



ником света для вагонов, эскалаторов, смотровых ям, витражей, оптически прозрачного облицовочного камня и односводчатых станций метрополитена. Сводчатые потолки станций являются хорошей основой для применения отраженного и экологически чистого светодиодного освещения. Данные архитектурные решения лежат в основе новых проектов.

Выводы

1. Заданные требования в НТД по нормам освещенности, в частности, для вагонов, не в полной мере отвечают требованиям хорошего и комфортного освещения.

В НТД отсутствуют требования по ограничению яркости светового загрязнения (рекламные прожекторы, светодиодные дорожки и т. п.). Нормы СП2.5.1337-03 нужно дополнить новыми требованиями по ограничению яркости, спектральному составу света с учетом его влияния на человека и появлению новых источников света альтернативных традиционным. Также должна быть более детально описана процедура устранения последствий актов вандализма, совершенных в отношении светильников с люминесцентными лампами.

Привести в соответствие нормы качественного освещения между СП2.5.1337-03, СП32-105-2004, КСЦ Метро-2, ГОСТ Р 50850-96 к современным нормативным документам.

2. Современное состояние с люминесцентным освещением таково, что службы метрополитена (в условиях кризиса) не справляются с валом отказов люминесцент-

Рис. 8. Подсветка платформы в метрополитене Дубая



ных ламп в светильниках вагонов, станций, эскалаторов и т. п. Это ведет к их накоплению и хранению на станциях. Остается высоким уровень вандализма в метрополитене, совершаемого в отношении люминесцентных светильников.

3. Широкое применение энергосберегающих ламп приносит экономический эффект. Однако эстетического эффекта от качества света и подсветки шедеров архитектуры метро не достигается. Может быть, полученные результаты по качеству люминесцентных ламп исправят положение, но для светильников вагонов, смотровых ям и эскалаторов они морально устарели.

4. Необходимо разработать инструкции (сертификаты) по сохранению и обеспечению качественной подсветки шедеров архитектуры метрополитена, в которых следует предусмотреть запрет на размещение вблизи памятников технологической утвари и торговых точек.

5. Разработанные методы проектирования светодиодных систем освещения электропоездов РЖД не дают желаемого комфортного освещения вагонов подвижного состава метрополитена. Необходимо поиск новых светотехнических решений для выпуска светодиодных светильников специально для вагонов метро.

Применение концепции ЛюмиЛиста – яркое тому подтверждение.

6. Необходимо обеспечить:

- задание в ТЗ требований к светотехническим системам, исходя из современных требований к экологической безопасности, качеству (комфортности) света и стратегии минимизации эксплуатационных расходов;
- достижение оптической безопасности через эффективное рассеивание светодиодного света в оптических средах светильников для подвижного состава, эскалаторов и смотровых ям депо и на сводах арочных конструкций для станций;
- при проектировании светодиодных светильников и световых приборов предусматривать меры, исключая возможность ослепления машиниста и пассажиров. Добиваться высокой степени равномерности комфортного освещения и необходимого спектрального состава света.

ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ МЕТРОПОЛИТЕНА – ПУТЬ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОБЩЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПассажиРОВ

В. А. Курышев, главный технолог Международной Ассоциации «Метро»

8–9 сентября 2009 г. на территории ВВЦ в Москве проходила 8–я Международная специализированная выставка «Пожарная безопасность XXI века». И в рамках ее работы дирекцией Ассоциации «Метро» проводилась конференция для руководителей отделов пожарной охраны метрополитенов стран СНГ по вопросам обеспечения пожарной безопасности объектов метро.

В работе конференции приняли участие Московский, Петербургский, Минский, Нижегородский, Самарский и Киевский метрополитены, Санкт-Петербургский филиал ФГУ ВНИИПО МЧС РФ, Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, Санкт-Петербургский военно-технический университет, Институт горного дела СО РАН, ООО «Уральский НТЦ – «Электронная техника» г. Новосибирск и др. На конференции специалисты обменялись мнениями по работе отделов пожарной охраны, обсудили актуальные вопросы повышения уровня пожарной безопасности на метрополитенах и рассмотрели четыре основных блока вопросов:

- нормативно-правовые акты, регулирующие вопросы пожарной безопасности и деятельности пожарной охраны метрополитенов;
- современные технологии пожаротушения;
- дымоудаление со станций и других объектов метрополитена;
- современные средства обнаружения пожаротушения.

По первому блоку вопросов было отмечено, что в связи с ликвидацией в 1991 г. Главного управления метрополитенов МЧС России сложилось положение, при котором была разрушена система управления единой технической политикой метрополитенов, в том числе и в вопросах пожарной безопасности. В системе противопожарного нормирования для сооружений метрополитенов на сегодняшний день отсутствуют утвержденные на федеральном уровне нормы для стадии проектирования и строительства, а Правила пожарной безопасности на метрополитенах (ППБО 147-87) требуют переработки. СНиП 32-04, являющийся основным нормативным документом, используемым при проектировании и строительстве транспортных тоннелей, допускает возможность принятия субъективных решений, в частности, по выбору факторов, определяющих основные требования к системам противопожарной защиты – параметров пожара при проектной аварии.

В выступлениях главного технолога Международной Ассоциации «Метро» В. А. Курышева и директора ФГУ ВНИИПО МЧС РФ А. Д. Голикова было отмечено, что до настоящего времени в области обеспечения пожарной безопасности метрополитенов нерешенными остаются вопросы, связанные с обеспечением эвакуации людей из-за отсутствия научно-обоснованных требований к объемно-планировочным решениям станций, к системам противодымной защиты и методам их расчета, к системам оповещения и управления эвакуацией людей (в сооружениях и на подвижном составе), а также вопросы огнестойкости несущих конструкций тоннелей (об-



делки), категорирования помещений по взрывопожарной и пожарной опасности, обеспечения пожарной безопасности специальных объектов и размещаемых в метрополитене коммерческих предприятий. Отсутствие государственного регулирования вопросов обеспечения пожарной безопасности на метрополитенах приводит к тому, что пожарный надзор при проектировании и изготовлении вагонов метрополитена на заводах не осуществляется, система сертификации в области пожарной безопасности на метрополитенах не действует.

Особенностью метрополитена, как объекта с массовым пребыванием людей, является то, что пассажирские помещения станций, кроме своих основных функций, при пожаре или других чрезвычайных ситуациях выполняют функции путей эвакуации. Во всем мире признано, что это является самым эффективным мероприятием по обеспечению безопасности людей, а эвакуационные пути – важнейшим элементом противопожарной защиты сооружений с массовым пребыванием людей.

Но несмотря на все нормативные неурядицы, метрополитены проводят определенную работу по повышению уровня пожарной безопасности объектов и созданию условий безопасных перевозок пассажиров. Показательна в этом плане планомерная работа Московского метрополитена в сотрудничестве с институтом МАИ и ГК «Эпос». Разработав и оснастив все вагоны метрополитена системой порошкового пожаротушения типа «Игла», на метрополитене было внедрено ноу-хау – огнетушители типа ОВЭ-6, использующие в качестве огнетушащего вещества тонкораспыленную воду, и в продолже-



Участники конференции

нии данной работы испытана система тушения пожара в вагоне поезда. Не секрет, что в условиях сохраняющихся угроз умышленных поджогов, террористических и диверсионных акций особую значимость приобретают проблемы повышения противопо-

жарной защиты вагонов, поскольку последствием крупных пожаров в них может быть массовая гибель людей и транспортные затруднения в городе. Особую опасность представляют случаи умышленных поджогов вагонов. Пожар в них является значительной угрозой, поскольку характеризуется быстрым распространением зоны воздействия опасных факторов на весь объем салона, высокой скоростью нарастания температуры и отсутствием возможности быстрой эвакуации пассажиров.

По поводу создания инновационной системы пожаротушения с помощью тонкораспыленной воды на конференции выступил д. т. н. М. Д. Сегаль. В своем докладе он отметил, что анализ, проведенный специалистами Московского метрополитена и Московского авиационного института, показал, что данный способ пожаротушения является наиболее эффективным и не представляет опасности для людей, находящихся в замкнутом пространстве.

В мировой практике такая система разработана и внедрена компанией «Marioff» (система HI-FOG – water mist fire protection). Система применяется к распылителям под достаточно высоким давлением 8 МПа. Это является её основным недостатком, что приводит к усложнению конструкции и запорно-пусковой арматуры и необходимости устанавливать специальные насосы высокого давления.

В Московском авиационном институте на основе достижений космического двигателе-

строения разработаны эффективные инновационные технологии генерации струй тонкораспыленных жидкостей, превосходящие известные отечественные и зарубежные аналоги, и создан ряд действующих установок, успешно себя заре-

комендовавших при эксплуатации. Было создано и испытано в ходе огневых испытаний эффективное универсальное огнетушащее вещество, позволяющее тушить любые легковоспламеняющиеся жидкости и твердые горючие вещества, в том числе при тлеющем горении. Эти решения дали возможность разработать концепцию тушения пожара в салоне вагона с пассажирами, имеющую ряд принципиально новых составляющих:

- запасы огнетушащего вещества находятся в баллонах-модулях закачного типа объемом 6 л (при давлении порядка 1,8 МПа) и распределены по всему вагону в зоне сидений;
- распылители для подачи и формирования струи размещены на уровне нижних кромок сидений и подают струи ОТВ в двух направлениях – горизонтальном (на пол) и вперед-вверх (выше нижней кромки сиденья, расположенного напротив);
- взаимодействие тонкораспыленного ОТВ в виде встречных струй и «тепловой колонки» над зоной горения ЛВЖ обеспечивает быструю флегматизацию среды во всем объеме салона и эффективное тушение пожара.

Важно отметить, что это вещество (водный раствор «Темперо-01») разрешено к применению в закрытых помещениях в присутствии людей без средств индивидуальной защиты (СИЗ) в соответствии с санитарно-эпидемиологическим заключением № 77.01.03.215 П.000132.01.07 от 10.01.2007 г., выданным Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Огневые испытания проводились в несколько этапов. Эксперименты завершились успешно; повторного возгорания не наблюдалось в течение 5 мин после прекращения горения; время срабатывания подсистемы от момента возникновения очага пожара и до полного прекращения горения составило не более 4–5 с, даже в случае горения бензина на всей поверхности пола вагона. Всего в ходе испытаний было проведено свыше 20 опытов, что дает основание считать полученные результаты статистически значимыми.

Натурные огневые испытания на реальном вагоне показали, что разработанная концепция пожаротушения, компоновочные решения, распылители оригинальной конструкции, огнетушащее вещество, специальный блок автоматического запуска дали возможность создать эффективную инновационную подсистему противопожарной защиты салона вагона, не имеющую аналогов в мировой практике.

Необходимость противопожарной защиты сегодня очевидна. На последующих этапах требуется отработать компоновочные решения подсистемы (оптимальное размещение распылителей и баллонов с огнетушащим веществом для эксплуатируемых и перспективных метровагонов других серий). Учитывая, что все вагоны Московского метрополитена оборудованы

подвагонной автоматической системой обнаружения и тушения пожаров (АСОТП) «Игла», необходимо новую подсистему интегрировать с ней.

Будем надеяться, что в скором времени это инновационное решение начнет внедряться на метрополитенах.

В рамках статьи сложно рассказать о всех материалах конференции. Но отдельные, особо значимые, доклады следует упомянуть.

ЗАО «Источник плюс» поставляет на метрополитены модульные средства порошкового пожаротушения, разработанные на основе достижений оборонной продукции. Опыт создания и внедрения различных средств показывает, что модульные системы импульсного пожаротушения прочно входят в нашу жизнь. Это стало возможным в результате использования в их конструкции достижений оборонной промышленности, в частности, низкотемпературных газогенерирующих устройств ЗАО «Источник плюс». Предприятием освоено 39 модификаций с различным углом подачи стационарных и переносных МПП типа «Тунгус». Учитывая опыт эксплуатации потребителями установок МПП (ложные срабатывания присущие установкам, укомплектованным детекторно-пусковым устройствам «Пульсар»), предприятием разработаны и освоены в производстве самосрабатывающие модули с сигнально-пусковым устройством, управляемым по двум каналам – оптическому и тепловому, что обеспечивает высокую достоверность на срабатывание.

О современных системах пожарной сигнализации для метрополитенов ЗАО «Секуритон-РУС» подробно было рассказано в журнале «Метро и тоннели» № 4 за 2009 г. Единственное, что хочется добавить, все системы привлекательны для применения в условиях метрополитена, кроме дымовсасывающей ASD, так как в ней заложены ложные срабатывания на задымление.

Уже привычным стало использование вентиляторов ЗАО «ЛАДА-ФЛЕКТ» на метрополитенах. Высокоэффективные изделия данного предприятия, имеющие необходимые сертификаты и работающие в условиях температур до 400 °С, надеюсь, будут востребованы в системах дымоудаления и вентиляции.

Заслуживает самого пристального внимания разработка Уральского научно-технического центра «Электронная техника» (УНТЦ-ЭТ). Он поставил перед собой задачу: обнаружение чрезвычайной ситуации (ЧС) в самой начальной стадии ее появления и быстрой ликвидации в течение короткого времени (до одной минуты). Им были разработаны системы автоматического порошкового пожаротушения (САППМ), которые прошли испытания на специальном подвижном составе (СПС) и маневровых тепловозах при участии комиссии ОАО «РЖД». На основании результатов и заключения комиссии системы получили сертификаты пожарной безопасности и соответствия. В настоящее время

на метрополитенах используются серийные мотовозы. Следует иметь в виду, что на сегодняшний день разработано оборудование для следующего подвижного состава: ДГКу, МПТ-4, АДМ, АГВ, ПРСМ-4, СМ-2, СМ-5, ПМГ, ТЭМ2, ТЭМ-18. Поэтому целесообразно при заказе мотовозной техники оборудовать ее системой САППМ.

Институтом горного дела Сибирского отделения РАН была представлена работа по «Исследованию режимов работы тоннельной вентиляции при возгорании поезда в тоннеле метрополитена». Предложена методика расчета воздушораспределения при удалении пожарных газов от горящего поезда для обеспечения безопасности эвакуации пассажиров. Приведен пример расчета для реальной сети. Обоснованы требования к аэродинамическим параметрам для вентиляторов перегонных вентиляционных камер. Показана необходимость применения вентиляционных переемычек, т. к. при горении метropоезда в перегонном тоннеле реализация воздушораспределения, необходимого для достижения скорости воздуха, обеспечивающей безопасную эвакуацию пассажиров, возможна только с использованием средств пассивного регулирования. При этом, в случае возгорания среднего вагона, переемычки располагаются на поезде.

Выявлено, что предельным периодом безопасной эвакуации людей из горящего в перегонном тоннеле поезда, является время от начала его горения, в течение которого температура дымоудаляющего перегонного вентилятора не превышает критического значения. Для вентилятора ВОМД 24 срок достижения предельно допустимой температуры составляет 7,5–50 мин от начала пожара в зависимости от расположения очага горения в поезде и тоннеле. Данная методика успешно внедряется на Новосибирском метрополитене. Приобретение ее другими метрополитенами обойдется им суммой порядка 100 тыс. р. на линии.

Работа конференции по секции метрополитены была высоко оценена Организационным комитетом выставки: дипломом и медалью за подготовку и проведение конференции специалистов отделов пожарной охраны метрополитенов стран СНГ награждена дирекция Международной Ассоциации «Метро» и главный технолог В. А. Курышев; за создание инновационной системы тушения пожара в вагоне поезда – Московский метрополитен и начальник отдела пожарной охраны В. П. Прохоров; за лучшее техническое решение в области пожарной безопасности – Институт горного дела СО РАН.

Дирекция Международной Ассоциации «Метро» благодарит дирекцию Международной специализированной выставки «Пожарная безопасность XXI века» за проведение конференции в рамках столь крупного мероприятия, создание нормальных условий для работы и возможность ознакомления специалистов метрополитена с последними достижениями в области борьбы с чрезвычайными ситуациями.



ОСНАЩЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ АЛМАТИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

М. Т. Укшебаев, генеральный директор АО «Алматыметрокурлыс»
В. Л. Коротков, начальник технического отдела

Строительство Алматинского метрополитена подошло к завершающему этапу. Пройдены перегонные тоннели, возведена постоянная железобетонная обделка станций, пристанционных сооружений и внутренних конструкций. На станциях ведется архитектурная отделка платформенных участков, монтируется оборудование подстанций, производится монтаж эскалаторов. В наклонных тоннелях ст. «Жибек Жолы» и «Абая» смонтированы по четыре ленты эскалаторов.

На участках тоннелей с высокоточной обделкой, пройденных ТПМК «Херренкнехт», уложено жесткое основание под верхнее строение пути, в перегонках – железобетонное основание ВСП.

Проектирования верхнего строения пути, представляющего собой бесстыковую путь на сплошном железобетонном основании, выполнено фирмой «Studio Corona» (Италия).

Система скрепления пути – это, так называемое, одинарное упругое скрепление, состоящее из следующих компонентов:

- плиты из стального листа толщиной 5 мм;
- подкладки под плиту из пластика;
- подкладки с уклоном 1/20;
- резиновой подкладки под рельс;
- рельса типа 50 обработанный, с сопротивлением 860 Н/мм² и твердостью по Бринеллю 300÷305;
- упругой клеммы Vossloh SKL 12;
- крепежного болта типа СК1;
- плоской шайбы Vossloh USL6.

Данная система крепится к железобетонному основанию с помощью двух анкеров на прямых и четырех – на кривых.

Зазоры между подкладками и путевым бетоном заполняются специальным подливочным материалом – полиуретановой смесью «Icosit-330». Технология заполнения разработана специалистами компании «Edilon - sedra» (Германия) и обеспечивает возможность проведения операционного контроля и высокое качество работ.

Виброзащитные свойства в выбранной конструкции имеют четыре фильтра гашения колебаний, которые обеспечиваются за счет величины сдвигания упругой клеммы SKL 12, прокладок под подкладку, под подошву рельсов и установки специальных пружин Fe 28 KTL под гайки анкерных болтов. Кроме того, подливочный материал обладает высокими виброзащитными, шумопоглощающими свойствами и обеспечивает 100-% защиту конструкций от электрокоррозии.

Скрепление обладает высокой упругостью в вертикальной плоскости. Конструкция способствует значительному сопротивлению силе угона, создавая условия для стабильной работы бесстыкового пути. Она проста в эксплуатации и снижает эксплуатационные расходы при текущем содержании.

По результатам проведенных тендеров определен поставщик подвижного состава – ком-



Схема линий метрополитена

пания «Ротем» (подразделение «Хюндай моторс», Республика Корея) и эскалаторов – компания «Хюндай элеватор», Республика Корея).

Вагоны метрополитена специально разработаны по техническим требованиям Алматинского метрополитена. Проектирование и изготовление вагонов электропоездов производится в соответствии с техническим заданием и международными стандартами.

Вагоны компании «Ротем» обеспечат высокий уровень безопасности и удобства пассажиров, низкий уровень энергопотребления, а также максимально снизят расходы при эксплуатации.

Вагоны соединяются посредством широких межвагонных проходов, расположенных над сценкой. Оба конца поезда оборудуются автоматической сцепкой. Все вагоны в поезде являются моторными, принимая во внимание аварийные ситуации и требования эксплуатации. Каждый из них имеет по две моторные тележки и четыре тяговых электродвигателя. Электроснабжение от контактного рельса DC поступает на электрические цепи вагонов через токоприемники, установленные на тележке.

Конструкции кузова является наиболее важным элементом вагона, принимая во

Технические характеристики

Максимальная эксплуатационная скорость.....	80 км/ч
Проектная скорость.....	90 км/ч
Эксплуатационное ускорение (от 0 до 35 км/ч).....	1,1 м/с ²
Замедление: эксплуатационное.....	1,1 м/с ²
Аварийное.....	1,3 м/с ²
Вместимость пассажиров:	
для четырехвагонного состава.....	942 чел.,
для пятивагонного.....	1186 чел.

внимание ее прочность. Он спроектирован с учетом всех нагрузок, указанных в техническом задании, для защиты пассажиров от травм в случае аварий.

Сварной кузов сконструирован из нержавеющей стали с высокой прочностью на растяжение и стали горячей прокатки с высокой устойчивостью к атмосферным воздействиям.

Полностью сваренный каркас образует устойчивую конструкцию, спроектированную для минимального снижения рисков получения травм пассажиром из-за острых краев и углов.

Тележка вагона имеет раму «Н-образной» формы с пневматическими рессорами. Такие тележки спроектированы с использованием стандартных компонентов и интерфейсов оборудования. Это значительно снижает время замены тележки.

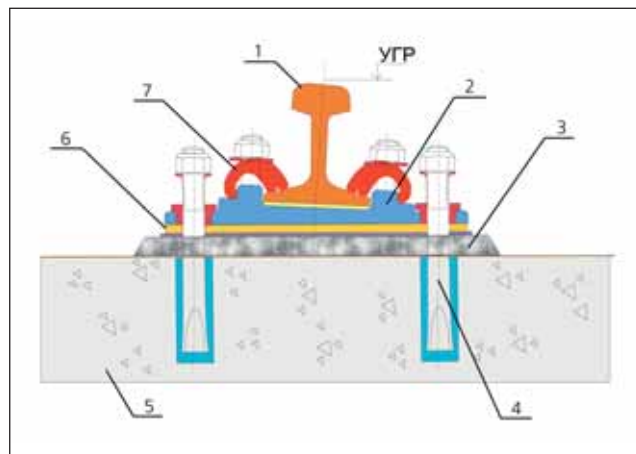
Применяемая тележка оборудована двумя мостами и имеет

вторичные пневматические рессоры между рамой тележки и кузовом. Первичное подвешивание состоит из конического связанного резинового пружинного крыловидного приспособления, не имеющего изнашивающихся частей.

Все элементы тележки спроектированы с целью снижения общих расходов на ее эксплуатацию. Изнашивающиеся части, за исключением тормозных колодок, были исключены

из проекта. Надежность компонентов был оценена в процессе отбора. Техническое обслуживание основано на принципе съемных модулей с целью сокращения времени ремонта тележки.

Эскалатор «Hyundai», модель «Millennium» представляет собой пластинчатую ленту с реверсивным движением, способную функционировать с предельной нагрузкой.



Конструкция верхнего строения пути: 1 – рельс Р-50; 2 – подкладка; 3 – выравнивающий слой; 4 – анкерный болт; 5 – железобетонное основание; 6 – электропрокладка; 7 – упругая клемма



Общий вид состава метрополитена

Салон вагона



Типы эскалаторов

Таблица

Классификация	Диапазон применения	Тип привода
Тип А	до 10 м	с одним приводом
Тип С	20–50 м	с несколькими приводами



Кабина машиниста

Барьеры «Screen doors» с автоматическими дверями на станции метрополитена



Каждый эскалатор – это односкоростное, автономное устройство, состоящее из рамы, направляющих рельсов, приводного устройства, ступеней, их тяговых цепей, гребёнок входных площадок, парапетов, настила, ограждений и других частей, необходимых для обеспечения нормальной его работы.

Компактная конструкция привода модели «Millennium» располагается в верхней части рамы, что существенно экономит место и исключает устройство на ней дополнительных конструкций.

Освобождённый с помощью электропривода и нагруженный пружиной дисковый тормоз установлен на скоростном валу двигателя, действующего в этой точке через понижающий редуктор, что обеспечивает мягкое, плавное торможение.

Тормоз применяется, когда разомкнута какая-либо из нескольких предохранительных схем и необходим для остановки полностью или частично нагруженного эскалатора.

Для дополнительной защиты предусмотрен экстренный тормоз, который установлен на валу главного цепного колеса. Он включается механически и обеспечивает безопасную остановку нагруженного эскалатора, если по какой-то причине оборвется главная ведущая цепь между механизмом и главным цепным колесом. Этот тормоз уверенно выдержит предельную нагрузку эскалатора, пока он не будет освобожден вручную.

Блок привода состоит из ведущего зубчатого (цепного) и ведомого колес, тяговых цепей, винтового зубчатого колеса, электрического мотора, главного и вспомогательного тормозов. Блок привода расположен в машинном отсеке в средней части эскалатора и обеспечивает надежную и плавную работу.

В данной модульной системе использован уникальный принцип отдельных приводов для каждого приращения номинального подъема (около 6,1 м), тем самым исключая использование дорогостоящего пространства для устройства крупногабаритных машинных залов и подъема тяжелых грузов на высоту более 6,1 м. В результате получена достаточно гибкая конструкция наряду с существенной экономией потребления электроэнергии. Такой эффективный блок привода является сердцем модульной эскалаторной системы.

Горизонтальная панель ступени и изогнутый подъем изготовлены из алюминиевого литья. Она имеет тонкие накладки, а подъем – углубления для взаимодействия с соседней ступенью, тем самым создавая эффект расчески, препятствуя попаданию посторонних предметов.

Шарнирные зажимы кронштейна на глубокой литой станине позволяют легко снимать любую ступень в любом месте.

Рама для обоих вариантов эскалаторов «Hyundai» состоит из прочной конструкции мостового типа, способной выдержать все напряжения и нагрузки, которые могут действовать на эскалатор. Это жесткая, с минимальным коэффициентом деформации, конструкция делает возможным постоянное выравнивание направляющих и равномерное соединение парапета.

Полностью закрывающая система включает разворот направляющих путей на 180 градусов, как в верхней, так и в нижней части конструкции. Поворотные направляющие легко устанавливаются, регулируются и обеспечивают плавное движение. Макси-



Разделение оборудования подстанции на функциональные блоки



Выпрямительный агрегат

мальный радиус поворота предусмотрен в изогнутых секциях, чтобы уменьшить нагрузку на ролик, когда ступени выходят из горизонтального положения под углом 30 градусов и обратно.

Каждая часть эскалатора управляется PLC (программируемым логическим контроллером).

Для лучшего управления эскалатором, под панелью управления расположены электрические устройства, например, прерыватель главного контура, EOСR, электромагнитный контактор, PLC, реле, плавкий предохранитель и т. д.

Когда аварийный выключатель активизирован, система самодиагностики обеспечивает эффективный контроль неисправности, останавливая эскалатор после получения сигнала от PLC и представления подробностей и кода неисправности в устройстве отображения. Поскольку перечень из 100 последних неисправностей сохраняется в PLC автоматически и не удаляется в случае сбоя электричества, перечень неисправностей доступен в любое время.

В целях повышения безопасности пассажиров на станциях метрополитена предусмотрена установка вдоль перронов барьера «Screen doors» с автоматическими дверьми, который позволит предотвратить несчастные случаи – попадания пассажиров под поезд и под высоковольтное напряжение, а также не допустить несанкционированный доступ в тоннели и служебные помещения вне перрона станции.

Для электрической тяги в метрополитене применяется постоянный ток. Первичное питание подстанций предусматривается на напряжении 10 кВ. Преобразование переменного тока в постоянный осуществляется на тяговых подстанциях метрополитена. Номинальное выпрямленное напряжение на шинах постоянного тока 825 В. Все оборудование подстанций производства ЗАО «Плутон» (г. Запорожье, Украина).

Распределительные устройства 10 кВ выполняются на базе функциональных блоков РУ-10 кВ, которые предназначены для питания нагрузок тяговых подстанций и распределения электрической энергии напряжением 10 кВ переменного тока частотой 50 Гц.

Состав функциональных блоков РУ-10 кВ: основные силовые шкафы, вспомогательные



Вентилятор ТА-16/7-1

(шкафы контроллера, внешних подключений, дуговой защиты, АЧР и другие), переходные для стыковки с другими типами РУ, шинопроводы, жгуты междушкафных соединений, аппаратура для защиты, управления, автоматики, измерения, учета электроэнергии, интеллектуальные терминалы присоединений (контроллеры нижнего уровня), которые входят в распределенную систему управления подстанцией.

Распределительные устройства на напряжение 825 В выполняются на базе функциональных блоков РУ-825 В, которые РУ-825 В предназначены для питания нагрузок тяговой сети подстанции напряжением 825 В постоянного тока.

Выпрямительный агрегат реализован в виде функционального блока (ФБ ВА) и служит для преобразования переменного тока в постоянный напряжением 825 В по шести или двенадцатипульсовой схеме выпрямления в системе тягового электроснабжения метрополитена

Для тоннельной вентиляции приняты современные осевые вентиляторы типа ТА-14/7-1 и ТА-16/7-1 разработки компании «TLT-Turbo GmbH» (Германия). Макси-

мальная производительность этих вентиляторов достигнута за счет тщательного исполнения элементов на выпуске агрегата, диффузора, а также при использовании высокоэффективных лопаток рабочего колеса и системы лопаток направляющего аппарата. Вентиляторы типа ТА-14/7-1 и ТА-16/7-1 предусмотрены с системой изменения угла установки лопаток рабочего колеса гидравлическим способом. Все вентиляторы оборудованы системой самозащиты – контролем за температурой подшипников и обмоток, вибрации, обрыва струи, положения лопаток рабочего колеса, запорной заслонки.

Применение бесстыкового пути на сплошном железобетонном основании современных вагонов компании «Ротем» (подразделение «Хюндай моторс», Республика Корея), эскалаторов компании «Хюндай элеватор», Республика Корея, оборудования станционных подстанций ЗАО «Плутон», Украина, вентиляторов ТА-14/7-1 и 16/7-1 компании «TLT-Turbo GmbH», Германия позволит создать безопасные и комфортные условия для пассажиров и снизить эксплуатационные расходы.



ПРИМЕНЕНИЕ АНКЕРНЫХ СВАЙ «АТЛАНТ» В ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

А. Г. Малинин, технический директор «ИнжПроектСтрой»
Д. А. Малинин, аспирант ПГТУ

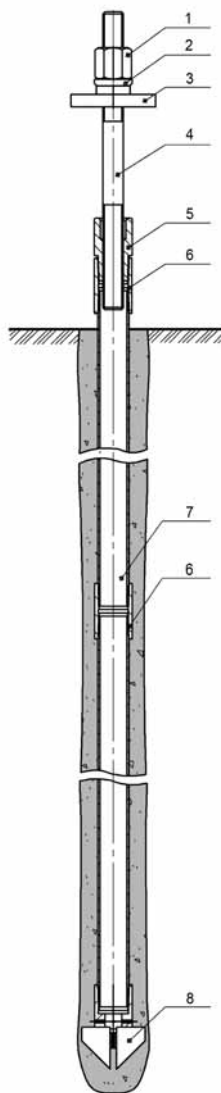


Рис. 1. Конструкция анкерной сваи «Атлант»: 1 – гайка; 2 – шайба; 3 – пластина; 4 – шпилька; 5 – переход; 6 – муфта; 7 – труба; 8 – долото буровое

Российские строительные предприятия в рамках современного экономического кризиса вынуждены искать способы снижения стоимости строительно-монтажных работ. При этом часто бывает, что их выполнение с применением отечественных материалов и технологий технически невозможно, а использование современных зарубежных технологий и материалов – экономически не выгодно.

Компанией «ИнжПроектСтрой» разработана и успешно внедряется новая технология устройства анкерных свай «Атлант», по технической сущности повторяющая известную технологию «ТТАН».

В отличие от своего зарубежного аналога она имеет более низкую стоимость благодаря применению стандартных высокопрочных труб, массово выпускаемых российскими металлургическими заводами.

Область использования технологии достаточно широка. Как своеобразный тип буринъекционных свай они могут применяться для строительства свайных фундаментов, а также для усиления фундаментов реконструируемых зданий и сооружений, а как анкеры – для крепления бортов котлованов, откосов, подпорных стен и т. д.

Сущность технологии устройства анкерных свай «Атлант»

«Атлант»® – это запатентованная авторами технология устройства анкерных свай, основанная на использовании в качестве специальных теряемых буровых штанг полых высокопрочных труб, которые по окончании бурения остаются в скважине в качестве армирующего элемента сваи или тяги анкера. Трубы соединяются между собой муфтами с конусной резьбой, обеспечивающей высокую прочность стыковки.

После твердения цементного раствора в грунте формируется цементная свая, ар-

мированная центрально расположенной штангой (рис. 1).

Технология устройства анкерных свай «Атлант»

Устройство анкерных свай «Атлант» состоит из следующих технологических операций.

1. Бурение скважины до проектной отметки с использованием цементного раствора с В:Ц=1,0, который выполняет две функции. Во-первых, данный раствор является буровым раствором, транспортирующим частицы разрушенного грунта на поверхность, во-вторых – первичным инъецирующим раствором, заполняющим пустоты, трещины и пропитывает окружающий грунт. Именно поэтому особенно важно, чтобы в процессе бурения раствор постоянно изливался из устья скважины, т. к. наличие его выхода на поверхности гарантирует качество инъециации окружающего грунта.

2. Опрессовка скважины более густым цементным раствором В:Ц = 0,4–0,6, в процессе которой формируется оболочка из чистого цементного камня высокой прочности.

В том случае, если технология применяется для устройства анкеров, к последней трубе посредством дополнительного перехода пристыковывается шпилька. С её помощью производится натяжение анкера, а также его крепление к обвязочному поясу.

По сравнению с другими технологиями устройства микросвай или анкеров технология «Атлант» имеет ряд преимуществ:

- устранение «многодельности» работ, т. к. бурение скважины, устройство тела анкерной сваи и армирование выполняются одновременно;
- повышение производительности труда приблизительно в 5–10 раз по сравнению с устройством традиционных буринъекционных свай или грунтовых анкеров;
- возможность устройства анкеров и свай в неустойчивых грунтах без применения обсадных труб;
- возможность использования малогабаритных буровых станков для работ по усилению фундаментов из подвалов существующих зданий в стесненных пространствах подземных сооружений;
- отсутствие негативного воздействия на существующие фундаменты здания;
- возможность ведения работ в заводских цехах без остановки производственного процесса;
- снижение затрат ручного труда.

Таблица 1

Расчетные характеристики материала штанг «Атлант»

Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Предел текучести, МПа	Нагрузка на пределе текучести, кН	Временное сопротивление, МПа	Предельная нагрузка на разрыв, кН
60	5,0	491	410	687	573
73	5,5	491	554	687	776
89	6,5	491	804	687	1125
114	7,0	491	1125	687	1575

Конструкция штанг «Атлант»

В технологии «ТИТАН» в качестве штанг используются полые трубчатые элементы с накатанной волновой поверхностью, обеспечивающей качественный контакт между трубчатым элементом и цементным камнем. Между тем, высокая стоимость накатки, определяющая стоимость всей технологии, ограничивает распространение её в нашей стране, особенно в условиях экономического кризиса.

В технологии «Атлант» предлагается применять в качестве штанги трубу с гладкой поверхностью. Подобное решение дает возможность значительно снизить стоимость технологии за счет использования стандартных труб, выпускаемых отечественной промышленностью.

Из всего многообразия сортов труб приведем характеристики только одной категории, изготовленной из легированной конструкционной стали, и широко распространенной в своей практике предприятием «ИнжПроектСтрой» (табл. 1).

Результаты показывают, что использование гладких труб существенно не снижает несущую способность свай (анкеров). Это объясняется достаточным по величине сцеплением между поверхностью трубы и цементным камнем. Следует иметь в виду, что прочность контакта обеспечивается не только шероховатостью поверхности, но и действием «обжимающих» усадочных напряжений в цементном камне, возникающих в процессе твердения раствора, а также влиянием гидростатического давления грунта на цементную оболочку. Совокупность всех факторов приводит к тому, что в большинстве случаев свая (анкер) срывается по грунту, а не по контакту «труба – цементная оболочка».

Между тем, для полной гарантии достижения прочности контакта возможна последующая доработка труб. Первый вариант – нанесение дополнительной шероховатости на их поверхность, например, наплавляя металл сварочными электродами или нарезая мелкую резьбу по всей длине трубы.

Второй вариант заключается в том, что на трубы монтируются дополнительные анкерные элементы. Наиболее простым способом является приварка отрезков арматурных стержней (хотя можно приваривать и другие профили). Причем в случае устройства анкера дополнительные элементы целесообразно располагать только на отрезках труб, которые будут размещены в корневой части анкера, а при устройстве свай это достаточно сделать только на тех частях трубы, которые в последующем будут находиться в наиболее прочном слое грунта.

Испытание анкерных свай с использованием гладкой трубы

В г. Екатеринбурге предприятием «ИнжПроектСтрой» выполнены работы по усилению фундамента жилого дома сваями «Атлант» с использованием трубы диамет-

Результаты испытаний свай

Тип нагружения	Количество испытаний	Средняя несущая способность, кН
Вдавливание	3	565
Выдергивание	4	582

Таблица 2

Фактический диаметр анкерных свай «Атлант»

№ сваи	Тип сваи	Диаметр буровой головки, мм	Фактический диаметр сваи, мм	Коэффициент увеличения диаметра	Средний коэффициент увеличения диаметра
1	А	127	128	1,01	1,05
2		150	162	1,08	
3		180	192	1,07	
4	Б	127	178	1,40	1,21
5		150	172	1,15	
6		180	196	1,09	

Таблица 3

ром 73×5,5 мм с гладкой поверхностью. Трубы длиной по 3 м соединяли муфтами диаметром 89 мм. Перед началом работ были проведены испытания свай вдавливающей и выдергивающей нагрузками.

Сваи длиной 30 м были устроены в глине от мягкопластичной до полутвердой консистенции с прослоями разрушенных скальных пород. Эти работы производили из подвала здания. Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Анализ результатов показывает, что несущая способность свай при вдавливании и выдергивании является практически одинаковой (в рамках погрешности испытаний). Это объясняется их малым диаметром и большой длиной. Основной эффект дает сцепление сваи с грунтом, а сопротивление его под подошвой сваи является малой величиной, не влияющей на конечный результат. Именно по этим причинам данный тип свай получил наименование «анкерная свая», т. е. их можно рассматривать как традиционные буроинъекционные сваи, а также как анкеры.

Интересно, что несущая способность на вдавливание оказалась несколько ниже, чем на выдергивание. Это, отчасти, объясняется тем, что в одном случае испытательный стенд потерял устойчивость при вдавливающей нагрузке, близкой к предельной по материалу штанг «Атлант», составлявшей 573 кН.

Испытания убедительно подтвердили возможность применения гладкой трубы с муфтовыми соединениями для достижения высокой несущей способности при вдавливающей и выдергивающей нагрузках, сопоставимыми с предельной прочностью трубы на пределе текучести и даже выше.

Сопоставление свай с использованием гладкой трубы и трубы с дополнительными анкерными элементами

В г. Перми при строительстве административно-торгового здания предприятием были выполнены работы по ограждению котлована с применением анкеров «Атлант».

Грунтовый массив в пределах площадки сложен из песка с верхним метровым слоем насыпного грунта.

Для определения наиболее оптимального типа анкеров «Атлант» были выполнены опытные работы по выдергиванию опытных свай длиной 3 м.

Опытные образцы различались диаметром буровой головки (114, 150 и 180 мм) и типом армирования:

- «А» – труба диаметром 73×5,5 мм с гладкой поверхностью;
- «Б» – такого же размера, но с отрезками арматурных стержней, приваренных попарно на равном расстоянии по всей длине трубы.

Сваи испытывали выдергивающей нагрузкой. Впоследствии все они были откопаны для измерения фактического диаметра. Результаты приведены в табл. 3.

Анализ результатов измерений показывает, что при использовании труб с анкерными элементами диаметр свай увеличивается на 21 % в отличие от гладких труб, у которых этот показатель составляет всего 5 %.

Увеличение диаметра происходит за счет дополнительного перемешивания грунта с цементом вокруг трубы. Анкерные элементы являются своеобразным линейным миксером. В той области, где они работают, формируется тело сваи из чистого цементного камня высокой однородности и прочности. За пределами этой области цементная обо-

Таблица 4

Результаты испытаний свай «Атлант», устроенных по струйной технологии

№ сваи	Тип сваи	Давление, атм.	Расход цемента, кг (В:Ц=0,8)	Расход цемента, кг/м ³	Средний диаметр сваи, мм	Несущая способность, кН
1	Б	100	200	566	387	376
2	Б	150	180	542	396	408
3	Б	200	200	503	411	439
4	Б	250	260	438	476	392
5	Б	300	340	366	658	329

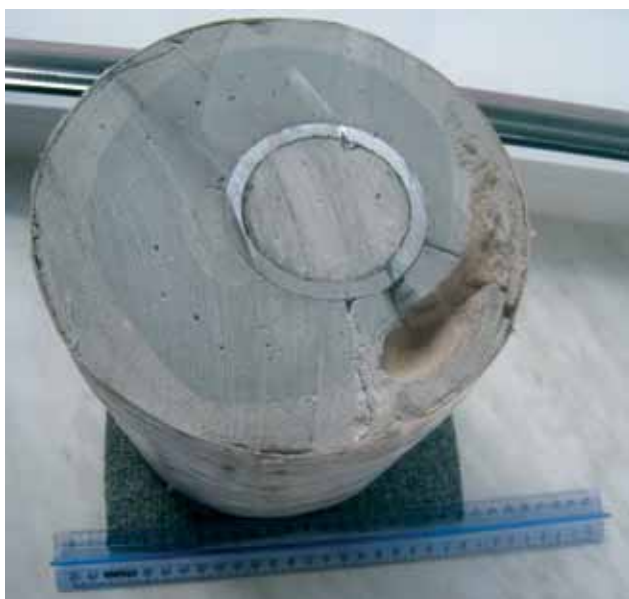


Рис. 2. Сечение сваи «Атлант»

лочка может содержать не промешанный грунт (рис. 2).

На рис. 3 показан график несущей способности анкерных свай для гладкой трубы и трубы, оснащенной анкерными элементами, применение которых повышает несущую способность свай в 1,5–2 раза.

Устройство свай «Атлант» с применением струйной технологии

Еще одной, не менее важной, модификацией является совмещение технологий «Атлант» и струйной цементации грунтов.

Для реализации последней буровую головку оснащают форсунками, а в муфтовое соединение устанавливают дополнительные уплотняющие элементы, способные выдерживать давление 30–40 МПа.

Основным преимуществом данной технологии является существенное увеличение диаметра сваи в сравнении с устройством свай «Атлант» при низком давлении.

Все опытные сваи были испытаны выдерживающей нагрузкой и впоследствии откопаны для измерения их диаметра (табл. 4).

Сопоставление технологий показывает, что применение струйной цементации значительно увеличивает диаметр свай. Если при стандартной технологии «Атлант» он обычно составляет 150–200 мм, то при использовании высоких давлений – 400–700 мм (рис. 4).

Между тем, при повышенном диаметре несущая способность свай оказалась несколько ниже, чем в предыдущем случае. Это объясняется тем, что в случае стандартной технологии «Атлант» трубу окружает оболочка из чистого цементного камня прочностью 30–40 МПа. При использовании струйной цементации вокруг трубы формируется оболочка из грунтоцемента с более низкой прочностью 2–10 МПа. Поэтому чаще всего в первом случае сваи срываются по грунту, а во втором – по контакту «труба – грунтоцементная оболочка».

Тем не менее, применение струйной технологии в ряде случаев совершенно оправданно, например, при устройстве свай в слабых грунтах, когда для обеспечения несущей способности следует увеличить их диаметр. В других обстоятельствах увеличение диаметра сваи необходимо для обеспечения их пересечения, например, при создании технологических экранов между строящимися котлованами и близко расположенными зданиями и т. п.

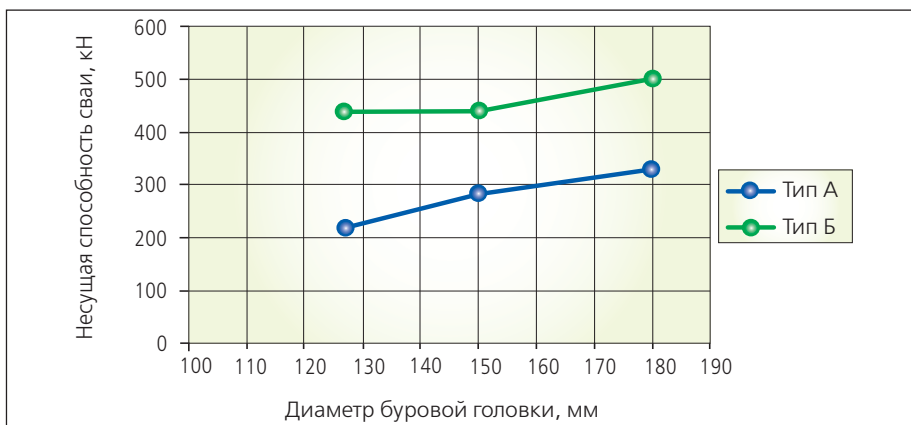


Рис. 3. График несущей способности анкерных свай

Рис. 4. Зависимость диаметра сваи от давления



Заключение

Испытания показали «жизнеспособность» новой технологии устройства анкерных свай. Она успешно была применена авторами на десятках объектах – устройстве геотехнических экранов, свайных фундаментов для технологического оборудования на ряде промышленных предприятий, анкерном креплении бортов котлованов, усилении фундаментов аварийных зданий и т. д.

Выполненные объекты вселяют уверенность, что данная технология найдет свое место при решении сложных задач подземного строительства.



КОМБИНИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ГРУНТОВ ПРИ СООРУЖЕНИИ ЭСКАЛАТОРНЫХ ТОННЕЛЕЙ СТАНЦИЙ ПЕТЕРБУРГСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

К. П. Безродный, В. А. Маслак, В. А. Марков, М. О. Лебедев, НИПИИ ОАО «Ленметрогипротранс»
А. Ю. Старков, ОАО «Метрострой»
А. В. Морозов, А. В. Уханов, СМУ-11 ОАО «Метрострой»

Строительство метрополитена Санкт-Петербурга в четвертичных отложениях осуществляется в очень сложных инженерно-геологических условиях. Особенно это касается сооружения эскалаторных тоннелей в исторической части города. Для обеспечения безопасности проходческих работ и исключения больших осадок дневной поверхности в неустойчивых водоносных грунтах требуется создание надежного противофильтрационного и прочностного ограждения.

Традиционно применяемая технология контурного рассольного замораживания грунтов обеспечивает необходимые условия для проходки тоннелей протяженностью более 100 м.

Однако процесс замораживания вызывает деструктуризацию грунта, что приводит к значительным осадкам при последующем оттаивании.

Альтернативный способ закрепления грунтового массива – интенсивно развивающаяся в последнее время струйная технология, используется в основном для цементации грунтов вертикальными скважинами на глубину до 30 м. Реализация её на большой глубине затруднена из-за значительного сопротивления изливу отработанного шлама, по той же причине еще тяжелее выполнить струйное закрепление в наклонных скважинах. Препятствием к замене рассольного замораживания неустойчивых водоносных грунтов эскалаторного тоннеля технологией струйного закрепления является отсутствие надежных оперативных средств контроля за качеством полученного грунтоцементного ограждения. В нем могут образоваться и остаться незамеченными участки с нарушенной сплошностью, что приведет к серьезным последствиям при проходке тоннеля.

Рассматривалась возможность использования комбинированной технологии закрепления грунтов эскалаторного тоннеля: после формирования грунтоцементного ограждения и набора им необходимой прочности выполняется контурное замораживание внутри закрепленного массива, что обеспечит его гарантированную водонепроницаемость. При этом можно предположить минимизацию деструктуризации грунта и постлеостроительные осадки.

Для отработки комбинированной технологии закрепления грунтов в 2005 г. была проведена экспериментальная работа на двух одинаковых участках на строительной площадке станции «Звенигородская». Формирование противофильтрационных завес в пределах данных участков осуществлялось с последовательным применением технологий струйной цементации и рассольного за-

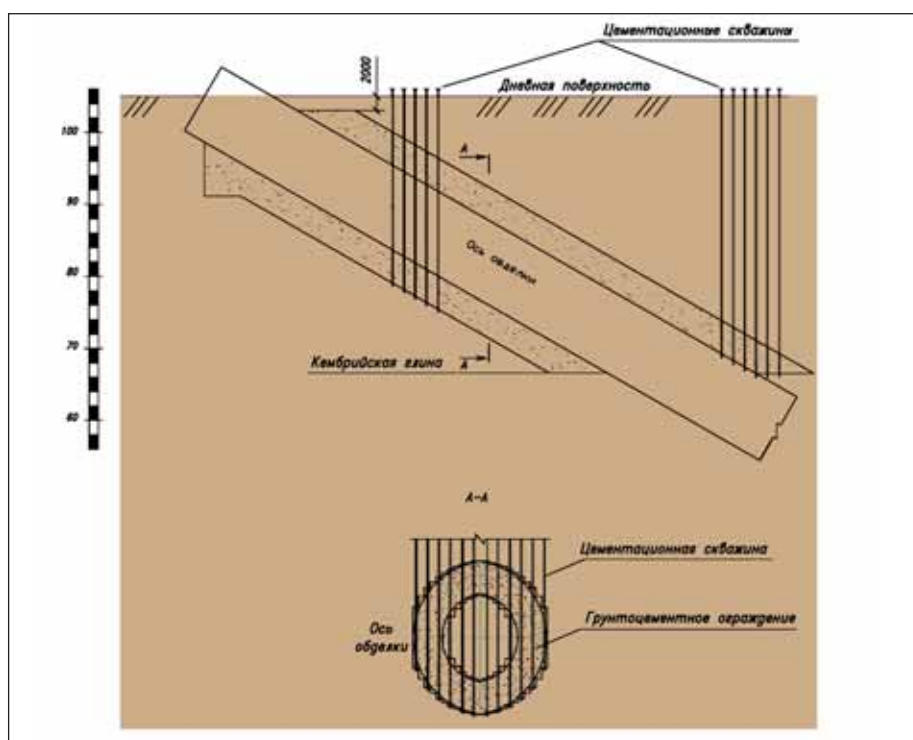


Рис. 1. Струйная цементация массива

мораживания (участок № 1) и исключительно рассольным замораживанием грунтового массива (участок № 2). При этом и струйная цементация и рассольное замораживание производились с поверхности при помощи наклонных скважин длиной 30–32 м. Работа сопровождалась мониторингом деформации дневной поверхности, термометрических и физико-механических параметров грунта и грунтоцементного камня. Методом межскважинного акустического просвечивания (МАП) и сверхширокополосной (СШП) георадиолокации были получены данные по срокам схватывания грунтоцемента в разных геологических слоях и на различных глубинах, определены некоторые зависимости данного процесса. Вместе с тем выяснилось, что процесс струйной цементации через наклонные скважины сопровождается значительной деформацией грунтового массива, достигающей в некоторых точках участка № 1 величины более 300 мм. Оче-

видно, что деформационные явления были вызваны большим сопротивлением изливу рабочего раствора в затрубном пространстве, что приводило к «вздутию» рабочей зоны, а иногда и прорыву раствора на поверхность. Попытки бурения цементационных скважин двойным инструментом (с одновременной обсадкой) не дали результата и не позволили снизить сопротивление изливу отработанного шлама.

По результатам экспериментальной работы в первую очередь необходимо отметить, что в процессе рассольного замораживания грунтоцементного массива на участке № 1 и его последующего оттаивания фиксировалась лишь незначительная, сопоставимая с фоновой, деформация дневной поверхности.

Эксперимент показал целесообразность и перспективность применения комбинированных технологий закрепления грунтовыми массивами. По его результатам была раз-

работана двухстадийная технология создания контурного ограждения эскалаторного тоннеля: закрепление грунтов методом струйной цементации через вертикальные скважины с дневной поверхности до границы кембрийских глин. При наличии препятствий на поверхности (инженерные сети, капитальные строения и т. п.) возможно использование наклонных скважин под углом до 60 градусов: на второй стадии через них осуществляется рассольное замораживание закрепленного грунтоцементного массива с целью создания противодиффузионного ограждения.

Для формирования контурного грунтоцементного ограждения эскалаторного тоннеля диаметром 10,5 м и длиной около 100 м было задействовано около 1800 вертикальных скважин. Вначале каждую пробурили на проектную глубину диаметром 151 мм установкой «Jet Grouting», затем, в процессе обратного хода на проектных отметках, производили гидравлическое смешение грунта и раствора на цементной основе. Данная технология обеспечивает создание грунтоцементной сваи диаметром 800–1000 мм.

На рис. 1 представлена схема грунтоцементного ограждения эскалаторного тоннеля толщиной 4 м.

Рассольное замораживание является второй стадией комбинированной технологии и осуществлялось после полного отвердевания и стабилизации температуры грунтоцементного ограждения тоннеля. Наклонные замораживающие скважины диаметром 114 мм в количестве 40 шт. бурили с дневной поверхности после завершения работ по струйному закреплению таким образом, чтобы пройдя грунтоцементный массив зайти в слой твердых глин на глубину не менее трех метров. Схема рассольного замораживания эскалаторного тоннеля приведена на рис. 2.

Были разработаны конструкции крепи и обделки, а также технологии их сооружения и проходки, практически исключая применение ручного труда. Арочно-бетонная крепь предусмотрена с межрамным заполнением набрызг-бетоном, либо бетоном. По внутреннему контуру крепи выполняется гидроизоляция, затем сооружается монолитная железобетонная обделка (рис. 3).

Эти конструкции и технологии были воплощены при строительстве наклонного хода и ст. «Звенигородская». Разработку грунта внутри закрепленного контура вели уступным способом экскаватором с погрузкой на скребковый конвейер (рис. 4). Во время проходки наклонного хода вели геотехнический мониторинг, который включал оценку:

- качества стабилизации грунтов;
- устойчивости призабойной части тоннеля;
- осадок дневной поверхности, а также распределение:
- напряженно-деформированного состояния крепи и обделки тоннеля;
- конвергенции внутреннего контура выработки;

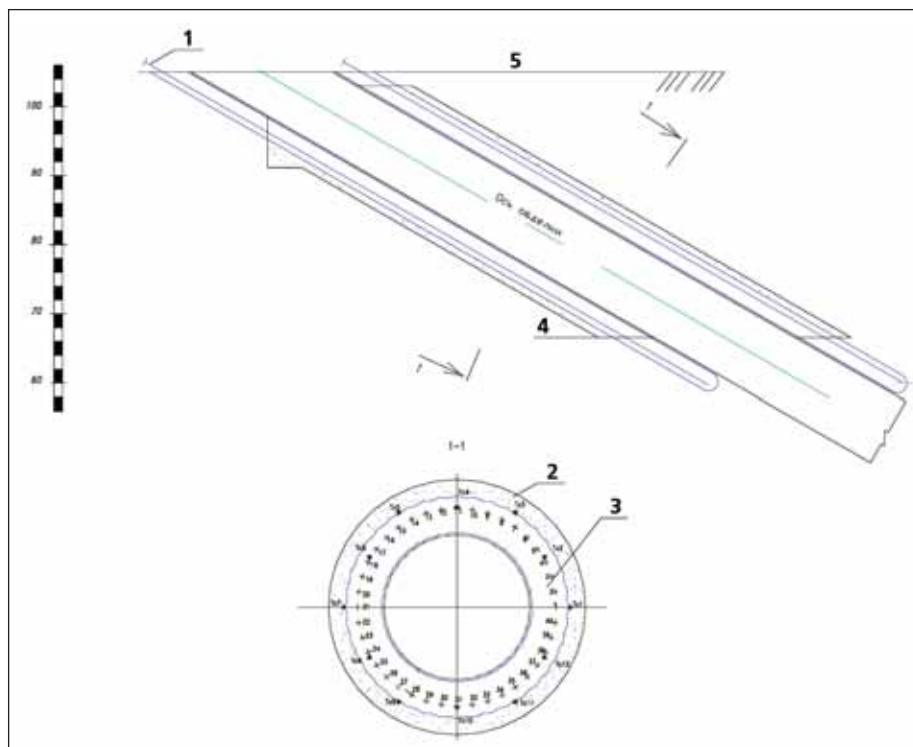


Рис. 2. Рассольное замораживание грунтоцементного и грунтового массива: 1 – замораживающая скважина; 2 – грунтоцементный массив; 3 – зона замораживания; 4 – кембрийская глина; 5 – дневная поверхность

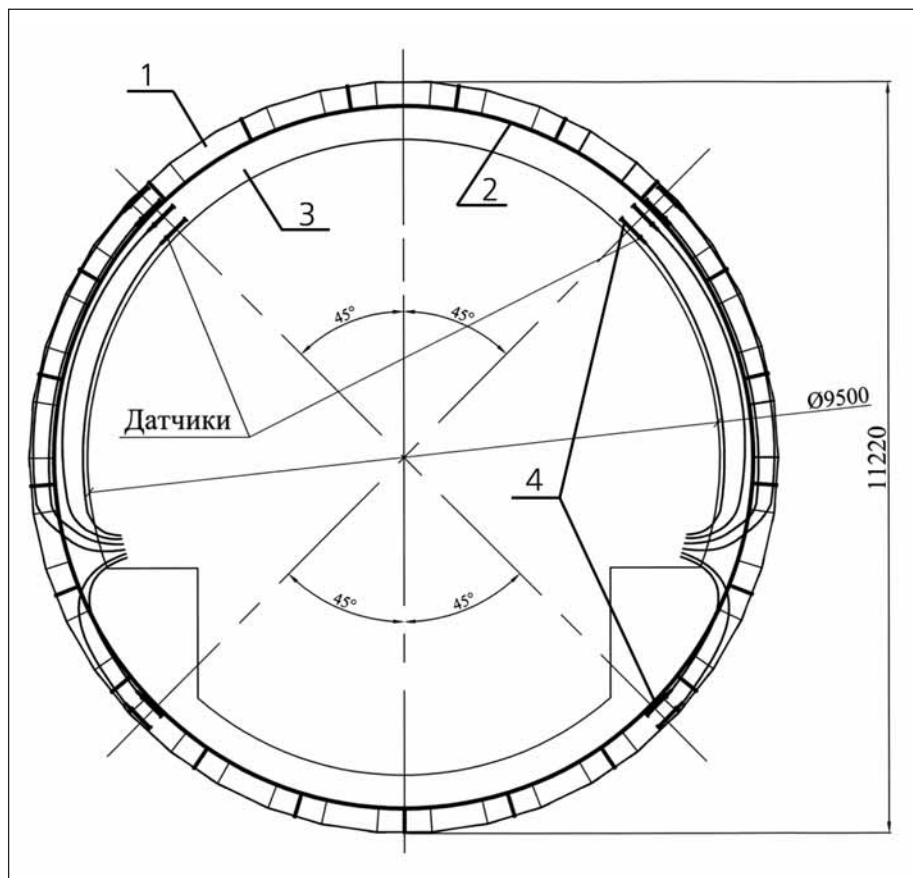


Рис. 3. Конструкция крепи и обделки: 1 – аркобетонная крепь, 2 – гидроизоляция, 3 – обделка, 4 – датчики

• фактических деформационно-прочностных свойств вмещающих грунтов.

Оценку устойчивости призабойной части тоннеля осуществляли с помощью регистрации естественных импульсов электромагнитного поля Земли.

Напряженно-деформированное состояние крепи и обделки определяли по размещенным в них струнным датчикам и последующей обработки показаний по специальным методикам.

Конвергенцию контура выработки устанавливали лазерными дальномерами.

Таблица

Грунты	Глубина заложения, м	Нормальные тангенциальные напряжения, МПа
1. Четвертичные водонасыщенные, тонкодисперсные	7	1,6
2. Четвертичные водонасыщенные, тонкодисперсные	20,5	4,2
3. Четвертичные водонасыщенные, тонкодисперсные на контакте с протерозойскими глинами	38	3,8

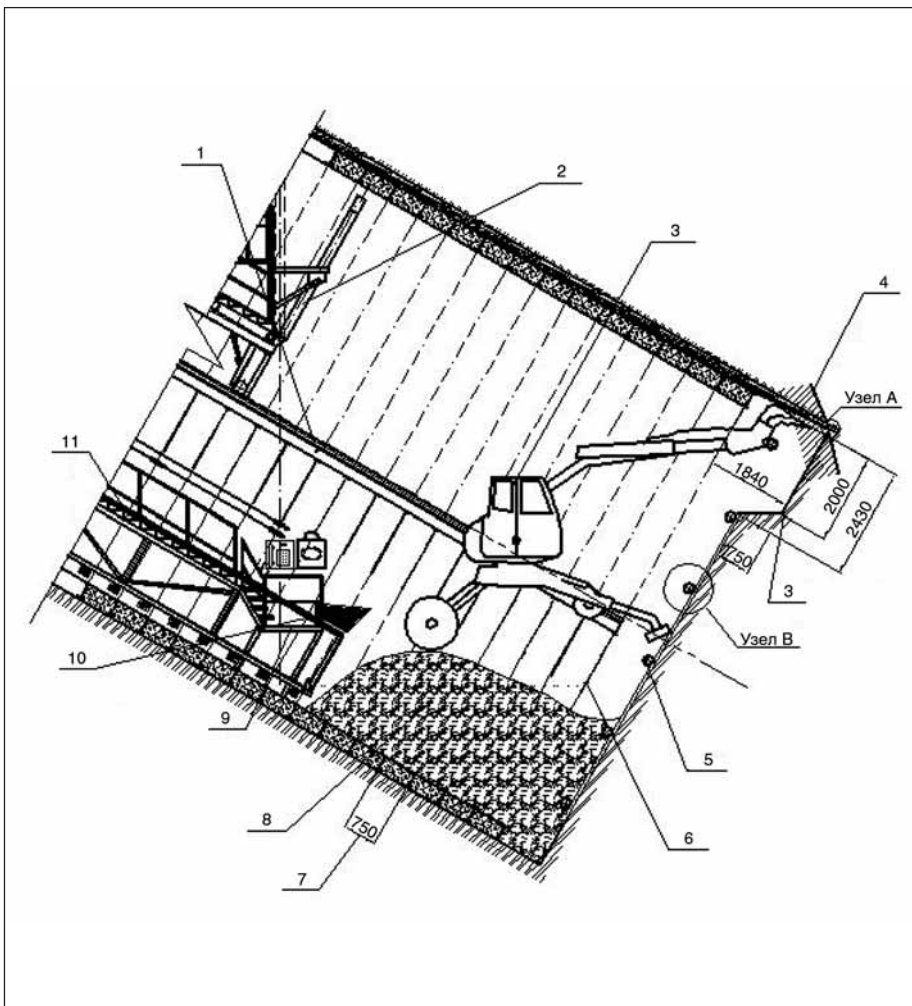
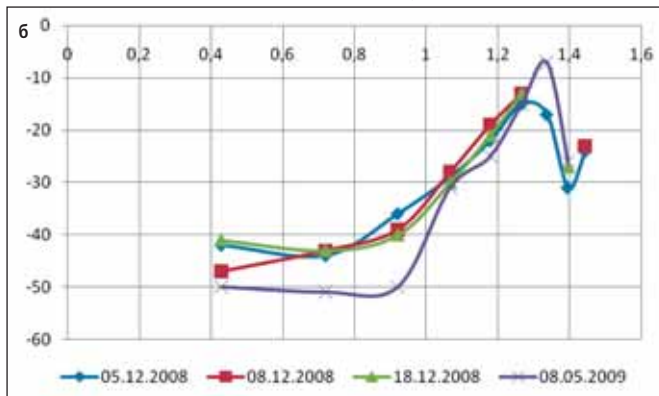
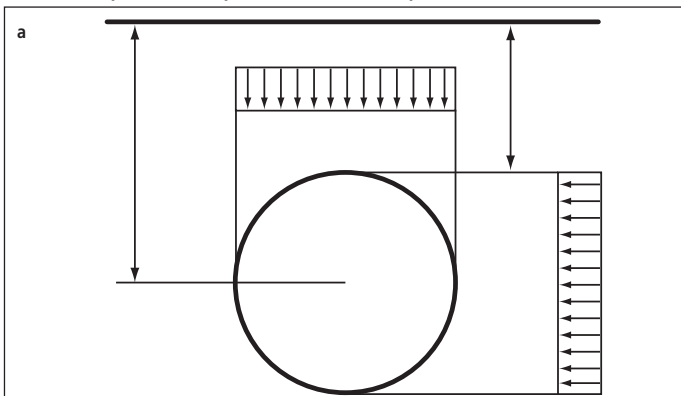


Рис. 4. Технология разработки забоя: 1 – короб из двутавра № 24 с установленным на нем рельсом 24; 2 – тележка технологическая для наклонного хода (ТТН); 3 – разработка породы с породной подушкой; 4 – граница работы экскаватора; 5 – расстрелы крепления забоя (6 шт.); 6 – опоры для передвижения ТТН (устанавливаются на каждой раме); 7 – шаг установки рам; 8 – породная подушка; 9 – переносная (передвижная) площадка для погрузочно-разгрузочных работ скипа; 10 – приемная воронка; 11 – скребковый конвейер

Рис. 5. Конвергенция на горизонтальном диаметре тоннеля: а – расчетная схема, б – зависимость конвергенции на горизонтальном диаметре от глубины заложения наклонного хода



Фактические деформативно-прочностные свойства вмещающих грунтов вычисляли, зная скорости продольных и поперечных волн, полученных при сеймопрофилировании. Осадку дневной поверхности и цоколей зданий измеряли по реперам геодезическими приборами.

В результате натурных исследований напряженно-деформированного состояния системы «массив – крепь – обделка» получены зависимости величины нормальных тангенциальных напряжений в аркобетонной крепи от глубины заложения наклонного хода (табл.).

Напряжения в обделке на сегодняшний день отсутствуют. На начальном этапе в период гидратации цемента была экзотермическая реакция, и нормальные тангенциальные напряжения несколько повышались.

Конвергенция на горизонтальном диаметре зависит от глубины заложения наклонного хода (рис. 5).

Глубина (толщина) комплексно стабилизированных грунтов составляет 3 м.

В протерозойских глинах наблюдается зона разуплотнения вокруг наклонного хода на глубину до 2 м с модулем деформации меньшим в 1,74 раза, чем нетронутого массива.

Максимальные осадки дневной поверхности на сегодняшний день составили 45 мм.

По результатам проведенной работы можно сделать следующие выводы.

1. Создана комбинированная технология стабилизация водонасыщенных совершенно неустойчивых грунтов, позволяющая минимизировать осадки дневной поверхности без усиления и расселения зданий и сооружений.

2. Разработанная технология практически исключает применение ручного труда при сооружении наклонного хода.

3. Результаты проведенного геотехнического мониторинга показали значительный запас несущей способности крепи и обделки.



ВОПРОСЫ УКЛАДКИ И РАСЧЕТА ТРУБ ПРИ БЕСТРАНШЕЙНОЙ ПОДЗЕМНОЙ ПРОХОДКЕ С ГРУНТОВЫМ СВОДОМ

В. С. Широков, канд. техн. наук



В больших и малых городах мира подземное пространство имеет развитую и сложную структуру инженерных и транспортных коммуникаций для систем водопропуска. Их постоянное расширение и увеличивающиеся объемы ремонтно-восстановительных работ изношенных трубопроводов привели к созданию новых бестраншейных способов их укладки на основе разработки современных технологий проходки и усовершенствованного оборудования.

К основным способам закрытой бестраншейной прокладки трубопроводов относятся микротоннелирование и горизонтально-направленное бурение (ГНБ). Ими осуществляют горизонтальную проходку выбуриванием в грунте тоннелей: микротоннелированием – в основном для железобетонных труб диаметром 400–2500 мм, способом ГНБ – для металлических, пластиковых и других труб диаметром 150–500 мм.

При микротоннелировании используются проходческие механизированные комплексы с буровой головкой роторного типа, оснащенные изнутри механизмами дробления и вымывания грунта давлением воды по шлангам и транспортированием образующегося шлама в емкости и затем наружу. В образующийся тоннель домкратами, установленными на уровне тоннеля, проталкиваются трубы.

Механизмами ГНБ бурение осуществляется буровой головкой, насаженной на вращающуюся штангу. Благодаря вращению и поступательному движению штанг буровая головка прокладывает себе путь в грунте с образованием тоннеля-скважины. Используя расширители диаметра буровой головки, получают тоннель необходимого диаметра, а частицы грунта силой давления водяной струи в виде шлама выводятся наружу. После завершения проходки производственные трубы крепятся к штангам силовым тросом, и силовым механизмом затягиваются в тоннель.

Одинаково главной операцией в обоих способах является закачивание бурового бентонитового раствора (бентонита) в пространство (зазор) между трубой и тоннелем одновременно с заталкиванием или протаскиванием труб. Бентонит, имеющий гелеобразную консистенцию, не изменяясь в объеме, обволакивает трубы и плотно прилегает к грунту, обеспечивая монолитность системы труба-грунт и эксплуатационную прочность трубопровода.

Такая система определяется по традиционной методике расчета труб, укладываемых в траншею или насыпь, обеспечивает укладку труб на глубину от 2 до 6 м, согласно нормативной документации на трубы. Увеличение глубины заложения приводит к возрастанию вертикального давления грунта на трубы и необходимости повышения их несущей способности (прочности). Такое увеличение прочности труб, напрямую зависящее от глубины укладки, не оправдывает себя экономически и технически, независимо от типа применяемых труб.

В данной статье речь идет о новой технологии укладки и методике расчета вертикального горного давления (внешней нагрузки) на них, т. к. физическая природа давления грунта на трубы здесь совершенно иная. Метод укладки и расчета основаны на явлении сводообразования и давлении грунта разгружающего свода на горизонтальную выработку. Метод расчета труб при сводообразовании давно известен и широко использовался в практике подземного строительства. Он был разработан еще в начале прошлого века крупнейшим русским ученым-специалистом горного дела проф. М. М. Протоdjаконовым.

В 80-х гг. прошлого столетия появились новые методы закрытой прокладки трубопроводов малого и среднего диаметров 400–2500 мм, которые вошли в практику строительства в силу новых конструктивных решений проходческих комплексов, механизмов бурения и упрощенного технологического процесса проходки, связанного с обязательным применением бентонитового раствора. Однако они исключали сводообразование и методику расчета труб по нему из практики подземной укладки трубопроводов. Между тем, метод М. М. Протоdjаконова, имея ряд существенных достоинств, заслуживает внимания и использования в современных условиях.

Кратко о природе сводообразования. Как известно, диаметр подземной выработки всегда несколько больше наружного диаметра обделки (трубы), в связи с чем происходит изменение напряженного состояния грунта, который получает возможность смещаться. Происходит скольжение между подвижными и неподвижными его слоями. Развиваются касательные напряжения, стремящиеся удержать массив в равновесии. Поверхности скольжения соединяются

между собой, образуя над сооружением замкнутую область, ограниченную так называемым сводом естественного равновесия или сводом давления. При этом давление на тоннельную обделку или трубу будет оказывать только расположенный над ней грунт, занимающий область нарушения, т. е. находящийся внутри свода давления высотой h_c и пролетом B , а на него – вес P вышележащего грунта от дневной поверхности. Так как появление грунтового свода является следствием сдвиговых деформаций и возникающих касательных напряжений, то при проведении подземной выработки образование его – закономерное явление природы, которое должно учитываться при укладке и расчете труб (см. рис.). На основе теории сыпучего тела представляется, что обрушение боков выработки при наличии жесткой обделки возможно только до наклона грунта, составляющего с вертикалью угол $(45 - \varphi/2)$, исходя из чего получаем пролет разгружающего свода:

$$B = D_1 + 2b \times \operatorname{tg}(45 - \frac{\varphi}{2}). \quad (1)$$

При разработке методики расчета был заложено ряд условий, которые подтвердились экспериментально-теоретическим путем и явились в дальнейшем основой для развития учения о крепости горных пород и теории расчета горного давления на горизонтальную выработку при явлении сводообразования.

Одно из условий состояло в том, что в расчеты вводился коэффициент крепости породы $f_{кр}$, который учитывал суммарное действие сил внутреннего трения и сил сцепления частиц породы. Величину ее крепости М. М. Протоdjаконов получил на основе собственных опытов и опыта других специалистов. Проверенные на моделях применительно к сыпучим пескам, он распространил их и на все другие породы, дав соответствующие значения коэффициентов крепости, полностью оправдавшие себя на практике.

Другим важным доказательством теории расчета были допущения, определяющие характер образования свода давления, а именно: обеспечение его устойчивости за счет избытка трения грунта в опоре, который является максимальным и обуславливает максимальную высоту свода, его пролет. Трение зависит от характера грунта, а линия свода – это парабола.

Высказанные допущения были полностью доказаны теоретическими расчетами. Свои исследования проф. Протоdjаконов подтвердил опытами, сконструировав специальную установку. Эксперименты показали, что вертикальное горное давление любого грунта не зависит от глубины заложения выработки и с достаточной точностью определяется по его формулам, а сама система имеет высокую устойчивость с коэффициентом запаса 2 на устойчивость свода, а он очерчен

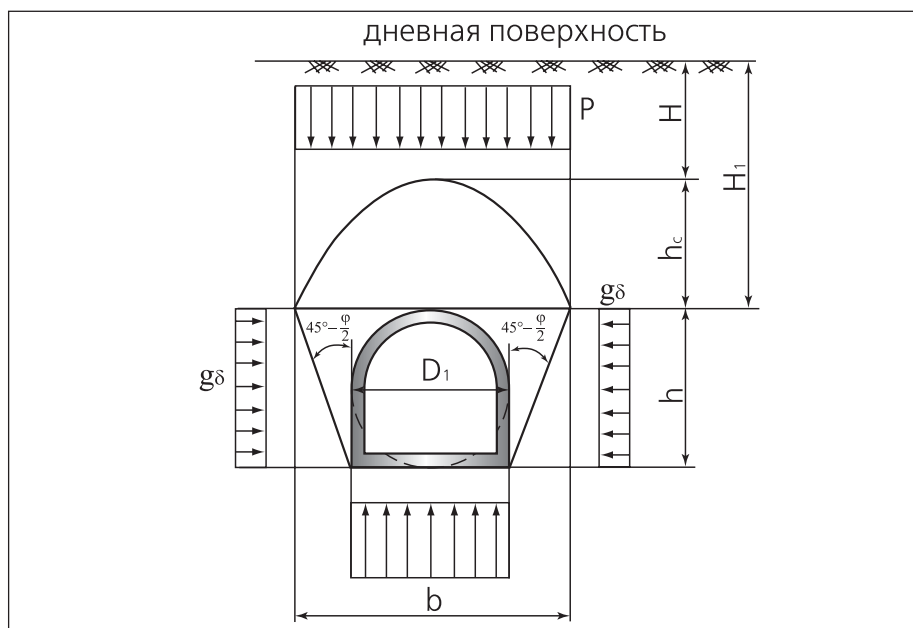


Схема свода при закрытой выработке

параболической кривой и равен по высоте, согласно расчетам, величине:

$$h_c = \frac{B}{2f_{кр}}. \quad (2)$$

Важным обстоятельством является и тот факт, что путем многократных повторных опытов была доказана зависимость высоты свода от высоты засыпки его грунтом. Для простоты подсчетов проф. Протоdjаконов рекомендовал считать высоту параболического свода равной толщине слоя грунта над выработкой, который условно обозначим символом H , т. е. $h_c = H$, а после этого устанавливать реальную высоту свода при постоянной величине давления на обделку.

Проведенные нами достаточно большое число расчетов по определению прочности железобетонных труб, используемых в качестве жесткой обделки при микротоннелировании, показали, что если высота свода больше высоты грунта над ним, то вертикальное давление на обделку равно всей толщине грунта заданной глубины заложения. При равной или меньшей его высоте по сравнению с вышележащим слоем H , действует закон сводообразования с давлением на обделку разгружающего свода, т. е. это можно записать так:

• при $h_c > H$ нагрузка грунта равна

$$Q_{zp} = \gamma_0(H + h_c)D_1, \quad (3)$$

• при $h_c < H$ – $Q_{zp} = n\gamma_0 h_c D_1 = n\gamma_0 h_c D_1^2 / 2f_{кр} \times [1 + \operatorname{tg}(45 - \varphi/2)]. \quad (4)$

Формулы (1–4) являются основными при определении вертикальной нагрузки на железобетонные трубы или обделку при образовании разгружающего свода над тоннелем. В случае возведения подземного сооружения в слабой или неустойчивой породе (по шкале коэффициента крепости $f_{кр}$ Протоdjаконова) на глубине заложения $H_1 < 2,5B$, по данным проф. С. С. Давыдова, давление грунта следует принимать равным весу всего

столба породы – от дневной поверхности и до обделки подземной выработки, т. е. пользуясь формулой (3) можно записать так:

$$Q_{zp} = \gamma_0 \times H_1 \times D_1. \quad (5)$$

В случае $H_1 > 2,5B$ используют формулу (4).

Приведем пример расчета вертикального давления на железобетонную трубу 800 мм, реально используемой при микротоннелировании: труба $d_1 = 800$ мм, толщина стенки $t = 150$ мм; $D_1 = 1100$ мм; грунт – плотный суглинок; угол трения $\varphi = 40^\circ$; $f_{кр} = 0,8$; объемная масса грунта $\gamma_0 = 1,8$ т/м³. Определить нагрузку на трубу при сводообразовании и по традиционной методике Пособия при проектировании железобетонных труб.

Находим ширину свода по формуле (1): $B = D_1 + 2b \times \operatorname{tg}(45 - \varphi/2) = 1,1 + 2 \times 1,1 \times \operatorname{tg}(45 - 40/2) = 2,12$ м; его высоту по формуле (2): $h_c = B/2f_{кр} = 2,12/2 \times 0,8 = 1,33$ м; установим глубину заложения трубы, исходя из условия сводообразования: по расчету $h_c = 1,33$ м; принимаем $H = 1,5$ м; общая глубина выработки составит $2 \times 1,5 = 3$ м. Находим давление грунта на трубу по формуле (3): $Q_{zp} = n \times h_c \times \gamma_0 \times D_1 = 1,5 \times 1,8 \times 1,33 \times 1,1 = 3,95$ т/м.

Проведем расчет давления на трубу-обделку при глубине заложения 3 м по Пособию, пользуясь общеизвестными формулами:

$$G_{zp} = n \times \gamma \times H \times D_H \times K_H = 1,15 \times 1,8 \times 3 \times 1,1 \times 1,45 = 9,9 \text{ т/м};$$

$$G_{gp} = n \times q_a^H \times D_H \times \mu \times K_H = 1,0 \times 1,4 \times 1,1 \times 1,0 \times 1,45 = 2,46 \text{ т/м};$$

$$G_{mp} = n \times \pi \times \gamma_0 \times \delta \times (D_B + D_H) / 2 = 1,1 \times 3,14 \times 2,5 \times 0,15 \times (0,8 + 1,1) : 2 = 1,23 \text{ т/м};$$

$$G_{ж} = n \times \pi / 4 \times \gamma_0 \times D_0^2 = 1,0 \times 0,78 \times 1,0 \times 0,8^2 = 0,5 \text{ т/м};$$

$$G_{зв} = \eta \times [(G_{zp} + G_{gp}) \times \beta + (G_{mp} + G_{ж}) \times \beta_1] = 0,9 \times [(9,9 + 2,46) \times 0,5 + (1,23 + 0,5) \times 0,32] = 6,0 \text{ т/м}.$$

Сравнивая результаты определения давления грунта по указанным методикам видно, что при сводообразовании можно использовать в трубопроводе более экономичные трубы с меньшим расходом металла и меньшей прочностью при разной глубине укладки, поскольку давление на них оказывает только грунт внутри свода. При ином способе укладки (без образования свода) и расчете по Пособию, давление на трубы оказывает вся толща грунта, величина которой определяется глубиной заложения: чем она больше, тем выше прочность труб.

В слабом или неустойчивом грунте ($f_{sp} = 0,6$ и $\varphi = 30^\circ$) при $H_1 < 2,5B$ расчет давления ведется по формуле (5). Не рассматривая расчеты, укажем, что в этом случае максимальная глубина заложения $H_1 = 6,0$ м, а $Q_{sp} = 12$ т/м. При увеличении грунтовой толщи $H_1 > 2,5B$ давление на трубу устанавливается формулой (4) и имеет постоянное значение, не зависящее от глубины заложения, т. е. при $H_1 > 6,0$ м $Q_{sp} = const = 5,9$ т/м. Отсюда видно, какую важную роль при прокладке трубопроводов при сводообразовании и расчете давления на трубы играют технические характеристики грунта и необходимость предварительных инженерно-геологических исследований массива породы, в которой будет проходить трасса тоннеля.

Рассматривая расчетную схему нагрузки на трубы, следует отметить, что боковое (горизонтальное) давление грунта сжимает трубу, и это в принципе должно снижать вертикальное давление на нее, повышая надежность по прочности. Но вопрос остается нерешенным, поскольку до сих пор не прорабатывался. Важную роль в надежности труб играет и возможность снижения трещинообразования железобетонных труб с утолщенной стенкой, используемых при микротоннелировании.

Простота расчетной схемы, самого расчета, возможность снижения давления грунта на трубы при большем заглублении с повышением надежности работы при эксплуатации, использование более экономичных по расходу арматуры труб требуемой прочности, возможность глубокого заложения – показатели эффективности прокладки трубопроводов при сводообразовании.

В настоящее время в современных бестраншейных способах укладки трубопроводов используется бентонитовый раствор, который является уплотнительным материалом и закачивается в зазор между тоннелем и трубой, обеспечивая давление на них всей толщине грунта. Отличаясь несжимаемостью и не изменяясь в объеме, гелеобразная масса раствора создает устойчивость и монолитность системы без нарушения напряженного состояния и смещения внутренних слоев грунта выработки в породе. В этом случае нарушаются естественные условия образования грунтового свода при подземной выработке, и

закон сводообразования при укладке труб и их расчете перестает действовать, т. е. преимущественно образования разгружающего свода давления при укладке трубопровода исчезают.

В данной статье предлагается к рассмотрению и практическому внедрению, по сути, новый способ закрытой прокладки трубопроводов, совмещающий в себе достоинства современных технологий микротоннелирования и ГНБ с одновременным сохранением процесса сводообразования и связанными с ним преимуществами.

Новый способ закрытой бестраншейной проходки учитывает способность выработок в связных грунтах к временной устойчивости против обрушения, и техническими приемами удлиняет временной процесс устойчивости породы в забое.

Устойчивость грунта в течение всего периода проходки тоннеля заданной длины обеспечивается путем:

- закрепления тоннеля, либо глинизацией пород, т. е. нагнетанием в их поры и трещины глинистой суспензии, либо силикатизацией грунта с нагнетанием в него раствора силиката натрия;
- уплотнения самого грунта внутри тоннеля под давлением для повышения его плотности;
- глинизации грунта с одновременным его уплотнением.

Для облегчения скольжения труб в тоннеле возможно использование бентонита или любой другой глиняной суспензии только в нижней зоне труб, по которой они проталкиваются в створе тоннеля.

Другим вариантом нового способа прокладки является применение взамен бентонитового коагулирующего раствора, который обладает длительной во времени жизнеспособностью, дисперсные частицы которого слипаются в крупные и оседают на трубы после завершения прокладки трубопровода с образованием зазора между трубами и тоннелем, а затем и грунтового свода.

Предлагаемый новый способ укладки труб со сводообразованием требует не только дискуссионного рассмотрения, но и практической проверки. Следует отметить, что он основан на реальных технических решениях, нередко воплощаемых в жизнь. Статья обращает внимание строителей и проектировщиков, осваивающих подземное пространство, на важность затронутой проблемы и необходимость разработки практических решений для нового отечественного способа бестраншейной технологии со сводообразованием для главных методов закрытой проходки – микротоннелирования и, возможно, горизонтально-направленного бурения (ГНБ), а также приглашает к сотрудничеству специалистов, работающих в области прокладки трубопроводных систем и в сфере производства железобетонных и других труб, заинтересовавшихся данной проблемой.

Отметим основные итоги по рассматриваемой проблеме.

Бестраншейные способы укладки труб, к которым относятся микротоннелирование и ГНБ, возникли как альтернатива открытому методу прокладки трубопроводных систем и стали основными в силу использования современных разработок технологии проходки и конструктивных решений проходческого оборудования.

В статье рассматривается и предлагается к применению новый отечественный способ бестраншейной прокладки труб и иная методика расчета вертикального давления (внешней нагрузки) на железобетонные трубы, основанная на явлении сводообразования и давлении грунта разгружающего свода на подземную горизонтальную выработку, принцип которой был предложен русским ученым – специалистом горного дела проф. М. М. Протодьяконовым.

На основе теории расчета горного давления при горизонтальной подземной выработке образуется устойчивый разгружающий свод, который оказывает на железобетонную оболочку максимальное давление, величина которого постоянна и не зависит от глубины заложения (при высоте грунта над сводом, большей высоты свода); давление на трубы оказывает только грунт, находящийся внутри свода давления.

Грунтовой свод есть следствие сдвиговых деформаций породы и возникновения касательных напряжений. Поэтому при подземной выработке появление его закономерно. Однако применение в современных технологиях проходки бентонитового раствора полностью исключает явление сводообразования.

Для создания грунтового свода в подземной выработке с целью улучшения технологии строительства трубопровода требуется усовершенствовать существующий способ проходки, для чего следует повысить устойчивость грунта тоннеля путем его закрепления глинизацией, силикатизацией или уплотнением давления в процессе проведения работ.

Технологию закрепления и уплотнения грунта при необходимости можно использовать при разработке тоннелей большого диаметра (от 3–4 м и выше).

В заключение отметим, что бестраншейный способ укладки с образованием грунтового свода, имеет ряд технико-экономических достоинств, благодаря которым:

- резко снижается объем земляных работ и нетронутым остается поверхностный рельеф в условиях городской застройки; улучшается экология строительства;
- не нарушается структура основного массива породы в зоне проходки;
- иной метод расчета определяет использование труб с более экономичными показателями по прочности, армированию и конструктивному решению;
- упрощается методика расчета труб на внешнюю нагрузку;
- создаются предпосылки их укладки на более глубокие подземные горизонты.

СООРУЖЕНИЕ КОЛЛЕКТОРНОГО ТОННЕЛЯ ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ В ЦЕНТРЕ МОСКВЫ

А. М. Абрамов, А. Н. Семенов, А. Е. Дадаев, Е. В. Татаренко, П. В. Тананакин, ООО «Компания Крот»

Для обеспечения безаварийной работы перегруженных и изношенных систем канализации в районе между улицами Новорязанской и Старобасманной со старыми, новыми и реконструируемыми застройками, мастерской № 5 ГУП «Мос-инжпроект» разработан проект строительства «Канализационный коллектор от Новорязанской улицы до коллектора на Нижнем Сусальном переулке». Сооружение этого объекта поручено ООО «Компания Крот».

Строительная площадка со стартовым котлованом К1, согласно проекту, оборудована и обустроена для проходки тоннелей глубокого заложения микрокомплексом MTS-2000 (фирма «Даттис») в два этапа из одного котлована: первый – в сторону Нижнего Сусального переулка и второй – до Новорязанской улицы. Стройплощадка стартового котлована ввиду весьма плотной городской застройки расположена на территории сада им. Баумана с весьма ограниченной площадью работы, также как и выходного котлована на НКД-0 по первому этапу на Горюховском переулке.

Сооружение шахтных котлованов, как и предполагалось согласно вертикальному геологическому разрезу, осуществлялось в неблагоприятных гидрогеологических условиях, осложненных на первых метрах проходки захороненными железобетонными конструкциями и фундаментами из кирпичной кладки от старых строений.

Стартовый котлован глубиной 28 м оборудован для двух этапов строительства. Выходной по первому этапу глубиной 17,4 м с камерой подключения НКД-0 глубиной 12 м сооружен на Горюховском переулке. Длина тоннеля по первому этапу составляет 420 м. Вначале строительства стартового котлована К1 была предпринята попытка применения шпунтового ограждения. Погружение шпунта осуществлялось высокочастотным вибропогружателем с опережающим бурением разгрузочных скважин глубиной ~24 м.

В самом начале работ по погружению шпунта из-за возражений жителей близлежащих домов реализация данного способа была прекращена. Далее сооружение котлованов было выполнено по технологии буросекущих свай (ТБСС-880).

Строительство и оборудование стартового котлована производились с октября 2008 г. по февраль 2009 г. с устройством опорной стенки под прессраму микрокомплекса, входной ячейки с ограждением забоя бетонированием и кирпичной кладкой, монтажом входного шандорного уплотнительного устройства. Была также выполнена сборка прессрамы с подводом коммуникаций.



Рис. 1. Строительная площадка у входного котлована К1

К началу проходки в мае 2009 г. на строительной площадке был размещен и смонтирован весь поверхностный технологический комплекс по обеспечению всех операций горнопроходческого цикла в расчёте на ведение строительства по двум этапам из одного стартового котлована. На весьма ограниченной по площади стройплощадке вблизи стартового котлована разместили операторский контейнер с двумя передвижными дизельными электростанциями на 150 и 400 кВт (рис. 1), пятиконтейнерную систему активного обезвоживания и очистки породного шлама от глинистых взвесей с использованием смесей полимерных активаторов, приготовленных на усовершенствованном оборудовании. Для более полного осветления отработанной воды с возможностью ее повторного использования, дополнительно осуществлялся пассивный способ очистки путем обычного осаждения взвешенных глинистых частиц в двух контейнерах емкостью более 50 м³.

Операторский контейнер расположен в непосредственной близости от стартового котлована К1, и связан со всеми наземными и подземными постами узловых операций горнопроходческого цикла видео- и двухсторонней громкоговорящей проводной связью, надежной и неоднократно оправдавшей себя в эксплуатации.

Как показала практика, данная система, созданная собственными силами сотрудников компании, как уже ранее освещалось в печати (*журнал «Метро и тоннели» № 2, 2009*), существенно облегчает решение вопросов по независимому рациональному размещению оборудования на строительной площадке, что весьма важно в стесненных городских условиях. В эксплуатации система позволяет оператору мгновенно реагиро-

вать и управлять многозвенной и взаимосвязанной цепью разноплановых технологических операций на поверхности и под землей в котловане. Наверное, не требуется особых доказательств в необходимости этой системы в целях безопасности работающих, а также для выбора оператором оптимальных режимов работы механизмов микрокомплекса при изменяющихся условиях проходки по трассе строительства.

При закупке микрокомплекса MTS-2000 предполагалось, что интервалы проходок не будут превышать 400 м. Соответственно все коммуникации закупились в расчете на эту длину. Естественно возник вопрос о приобретении недостающих коммуникаций на длину предстоящей проходки более 400 м.

Предварительное рассмотрение вариантов закупки шламовых труб и шланговых бентонитопроводов импортных в сравнении с отечественными по стоимости показало, что цена первых будет значительно выше. Поэтому высокие цены на дополнительное импортное оборудование в сложившейся обстановке финансового кризиса заставили искать выход и обратиться к отечественным производителям, в надежде, что кто-то из них ещё уцелеет.

В недалеком прошлом, инженеры уже несуществующей, к сожалению, фирмы «Крот инжиниринг», о которой «Московская правда» в 2003 г. в комментарии к статье о ее деятельности сообщала: «наверное, большую часть машин и выполняемые ими работы можно без всяких натяжек назвать уникальными и опережающими свое время», – при разработке микрокомплекса «Бирюза» предусматривали использование стеклопластиковых труб для гидротранспорта породного шлама из призабойной камеры. Эту разработку в последующем реализовали

специалисты ООО «Альянс», выходы из ООО «Крот инжиниринг».

На Московском предприятии ОАО «Сантехпром» были изготовлены шламовые стеклопластиковые трубы диаметром 100 мм, которые были применены при проходке тоннеля микрокомплексом «Бирюза». Изучив и взвесив все «за» и «против» по техническим, эксплуатационным и экономическим показателям отечественных стеклопластиковых труб в сравнении с зарубежными стальными, было принято решение изготовить и провести стендовые испытания:

- шламовых труб диаметром 150 мм, взаимозаменяемых со стальными;

- бентонитопроводов диаметром 50 мм секционных прямых и секционных длиной по 3 м, с тройниками-муфтами для разводки шлангами подачи и равномерного распределения бентонита в затрубном пространстве.

На рис. 2 представлен процесс изготовления труб навивкой на оправке стеклопластикового шнура, пропитанного специальными смолами.

На стенде завода ОАО «Сантехпром» были проведены гидравлические испытания на смоделированных трубопроводах с использованием применяющихся быстроразъемных муфт на шламовых стальных трубах и бентонитопроводах. Нагружение производилось ступенчато до 4 МПа с выдержкой на максимальном давлении до 10 ч на обоих видах трубопроводов.

Предполагаемые преимущества стеклопластиковых труб стали проявляться уже начиная с изготовления. Стоимость стеклопластиковой шламовой трубы условным диаметром 150 мм оказалась более чем в 4 раза ниже, чем стальной импортной. Вес стеклопластиковых труб по геометрическим параметрам одинаковых со стальными, в семь с лишним раз меньше, что существенно снижает трудоемкость при монтаже, и особенно при демонтаже шламового трубопровода в подземных условиях на протяженных проходках.

Стеклопластиковые трубы прошли серьезную промышленную проверку при строительстве микрокомплексом МТС-2000 порядка 2 км тоннелей в сложных гидрогеологических условиях в грунтах от песчаных до

глинистых с включениями валунов, галечника, булыжнин. Приходилось при проходках разрушать ротором и захоронения строительных отходов в виде обломков железобетонных конструкций. После завершения работ следов износа внутренних поверхностей стеклопластиковых труб не обнаружено. Поверхности оставались как будто полированными, только что изготовленными. С самого начала, от проектирования до последнего использования были сомнения в сохранности силовых буртиков на концах труб, на которых устанавливались быстроразъемные соединения при монтаже трубопроводов. Ни одного скола или выкрашивания на буртиках не оказалось.

Не исключением по встрече с непредвиденным была и только что закончившаяся проходка первого этапа коллектора глубокого заложения от стартового ствола К1 до Нижне-Сусального переулка длиной 420 м. Она выполнялась в юрских глинах только в разрешенное дневное время. Это приводило к увеличенным предельным сопротивлениям передвигке става труб в результате его обжатия, что происходило при загустении бентонитового раствора с набуханием юры и пригрузом продавливаемого става за время остановки проходческих работ на 8–10 ч.

Более серьезные испытания ожидали нас на финишном участке приблизительно в 50 м, где пришлось иметь дело с разрушением кремнистых, гранитных и окварцованных известняков крепостью до $f=16-20$ по шкале Протождьяконова. Серьезное беспокойство вызвало состояние шламовых труб и резового инструмента на роторе на последнем участке проходки у операторов микрокомплекса «кротовцев – А. Г. Абрамова, А. Е. Дадаева, механика комплекса В. Д. Шпака, и конечно, у сантехпромовца В. И. Грейлиха.

Последний, после увиденного на объекте, что транспортировалось по его трубам в процессе проходки, прямо заявил, что «от труб после такой эксплуатации, наверное, останутся только воспоминания, а в программе у нас ведь намечались исследования и замеры износа их стенок».

Каково же было удивление всех специалистов, когда после демонтажа шламовых труб из стеклопластика, на их внутренних

поверхностях не обнаруживалось даже следов царапин.

А вот с резовым инструментом породы обошлись «по-варварски». От резов, которые ранее без замены работали по 200–300 м в самых разных условиях, в том числе и с валунами, и армированными бетонными обломками строительных конструкций, на данном объекте за каких-то 50 м проходки практически ничего не осталось. Резцы не сломаны, не вырваны, а их будто планомерно стачивали до основания наждаком. Досталось и периферийной части ротора. Из прямоугольной в сечении обечайки, она сточена до овальной (рис. 3).

На рис. 4 показан выход щита в финишном котлован НКД-0 (02.07.2009 г.).

Одним из главных условий успешной проходки тоннелей микрокомплексами являются меры, которые принимаются для снижения усилий проталкивания става труб. Величина общих усилий, кроме осевых сопротивлений внедрению ротора при разработке забоя, зависит также, а можно сказать и в основном, от трения внешних поверхностей става бетонных труб о породу. Общепринятая технологическая операция по снижению такого трения – это нагнетание тиксотропных бентонитовых смесей в строительный зазор.

Тоннельные железобетонные трубы изготавливаются, как было сказано выше, в двух вариантах – с отверстиями для подключения шланговых отводов к магистральному бентонитопроводу и обычные без отверстий.

Для определения оптимальных усилий при продавливании и объемов расхода бентонитовых смесей производится чередование труб. Обычно по первым метрам проходки в стабильных по геологии условиях определяется частота чередования труб и необходимость применения и количество промежуточных домкратных установок в зависимости от длины сооружаемого участка.

В изменяющихся горно-геологических условиях общие взаимосвязанные параметры технологических операций приходится корректировать, при этом изменяется и порядок чередования труб. Чаще всего в условиях уже осуществленных проходок в разных районах Москвы, схема чередования за-

Рис. 2. Изготовление стеклопластиковых труб



Рис. 3. Вид на рабочие поверхности ротора в результате абразивного износа

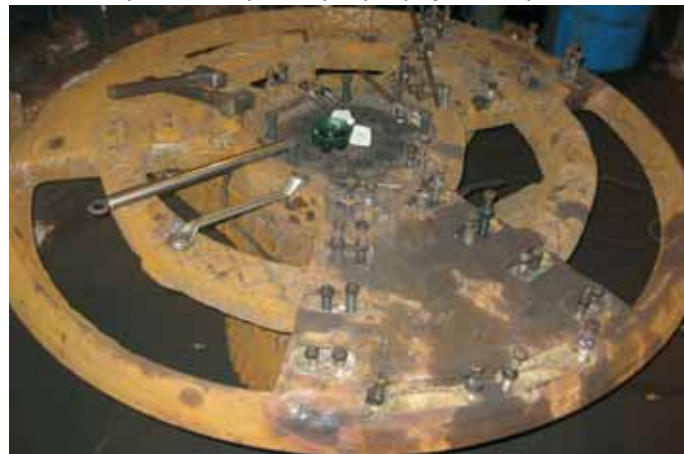




Рис. 4. Выход щита в финишный котлован НКД-0



Рис. 5. Общий вид пульта управления микрокомплексом

Рис. 6. Подготовка тоннельной железобетонной трубы к спуску в стартовый котлован



ключалась в монтаже двух-трёх обычных железобетонных труб и одной с отверстиями под бентонитовые шланговые разводки.

Кроме того, для достижения сплошного заполнения бентонитовой смесью строительного зазора вокруг продавливаемых труб, необходимо равномерно регулировать дозировку подачи бентонитовой смеси по длине продавливаемого става труб во время проходки.

Во многих микрокомплексах, в том числе и в МТС-2000, это регулирование осуществлялось вручную, путем поочередного включения обычных кранов, установленных на каждой разводке шлангов в трубах с отверстиями. Выполнение этих операций в подземных условиях внутри коллектора весьма проблематично. Во-первых, в коллекторе постоянно должен находиться рабочий, который практически не может с равномерной периодичностью включать и выключать краны. Во-вторых, результативность такой регулировки не высока, т. к. он не имеет постоянной связи с оператором, поэтому невозможно своевременно изменять интенсивность подачи бентонитовой смеси по длине става труб. И, наконец, ручное регулирование целесообразно только на коротких интервалах проходки с десятью-пятнадцатью кранами. Но когда встал вопрос о длине участка 420 м, да ещё в тяжелых условиях по геологии, стало очевидно, что о ручном управлении на сорока кранах с эффективным регулированием подачи бентонитовых растворов в затрубное пространство практически не могло быть и речи.

В настоящее время получают распространение в микрокомплексах автоматические системы с программным управлением подачи бентонитовых смесей по всей длине продавливаемого трубопровода. Закупка такой импортной системы в создавшейся кризисной обстановке, в финансовом отношении, стала невозможной.

Высококвалифицированными специалистами нашей фирмы в области автоматизации и электрооборудования А. Е. Дадаевым и Е. В. Тараненко была разработана и изготовлена автоматическая система управления подачей бентонитовых смесей на сорок постов с сенсорным управлением.

Успешной работе системы при проходке способствовало активное участие в ее доводке и освоении оператора А. Г. Абрамова, главного механика микрокомплекса В. Д. Шпака, проходчиков Р. Кузнецова, Э. Максуня и др.

На рис. 5 показан сенсорный дисплей системы, встроенный, практически, в пульт оператора микрокомплекса. Сенсорный дисплей расположен слева от главного экрана пульта. Система получила название «Каскад-40». Во время проходки по первому этапу интервала длиной 420 м от стартового котлована К1 до выходного НКД-0 она сработала безотказно.

На рис. 6 представлена магистральная бентонитовая стеклопластиковая труба со шланговой разводкой по отверстиям в железобетонной трубе и электропневматическим клапаном автоматической системы «Каскад-40».

Функционально, автоматическая система «Каскад-40» по программе в качестве задающих параметров определяет:

- общее количество постов нагнетания бентонитовых смесей;
- номера включаемых в работу постов;
- периодичность их включения, продолжительность цикла нагнетания, оперативное сенсорное включение и выключение постов.

«Каскад-40» имеет информационную систему для определения давления подачи бентонитовой смеси, расход в литрах в минуту, текущее время.

Возможно также протоколирование параметров ее работы.



200 ЛЕТ УНИВЕРСИТЕТУ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Ю. С. Фролов, д. т. н., профессор кафедры тоннелей и метрополитенов ПГУПС



Во второй половине XVII в. в крепостной России начал оформляться капиталистический уклад: росли города, развивалась промышленность, активизировалась торговая деятельность и усиливались связи между отдельными регионами страны. Для перевозки массовых грузов долгие годы использовались водные пути сообщения. Поэтому для управления водной транспортной системой России в 1798 г. указом императора Павла I был учрежден Департамент водяных коммуникаций с конторами в разных местах страны. Через два года в этом Департаменте была создана Экспедиция устройства дорог в государстве. Это учреждение занималось главным образом прокладкой пригородных грунтовых дорог, поддержанием в порядке дороги Петербург – Москва и изысканиями по переустройству некоторых грунтовых дорог в улучшенные тракты. Интересно отметить, что Департамент имел особый отдел «по ученой части», который занимался созданием книг и различных пособий.



Здание Корпуса инженеров путей сообщения

20 ноября (2 декабря) 1809 г. манифестом Александра I было создано Управление водяных и сухопутных сообщений, заменившее всероссийский Департамент водяных коммуникаций. Одновременно с образованием путейского ведомства учреждались Корпус инженеров водяных и сухопутных сообщений и Институт корпуса водяных и сухопутных сообщений. В 1810 г. они стали именоваться Главным управлением путей сообщения, Корпусом инженеров путей сообщения и Институтом корпуса инженеров путей сообщения, «в коем юношеству, желающему посвятить себя сей важной части, открыты будут все источники наук, ей свойственных...».

Вскоре в Петербурге на набережной Фонтанки во дворце, построенном по проекту знаменитого архитектора Д. Кваренги, был открыт один из старейших вузов страны – Институт корпуса инженеров путей сообщения.

Все его воспитанники по окончании обучения получали воинское звание поручика и направлялись в Корпус инженеров путей сообщения для работы по проектированию, строительству и эксплуатации шоссейных дорог, судоходных каналов, шлюзов, пристаней и портов, а с 1832 г. – и крупных городских сооружений.

Возглавлял институт особый инспектор (ректор), имевший широкие полномочия в части организации и проведения учебных занятий. Первым инспектором был назначен известный ученый Августин Августинович Бетанкур. Крупный механик и строитель того времени приехал в Петербург из Испании в 1808 г. и поступил на службу в звании генерал-майора. В сентябре следующего года его произвели в чин генерал-лейтенанта и определили инспектором института.

Путевский институт явился первым транспортным и строительным высшим техническим учебным заведением в России. До 1896 г. это был единственный в России транспортный институт, который готовил инженеров путей сообщения широкого профиля по проектированию и строительству всех дорожных и гидротехнических сооружений. Именно здесь сформировались и получили дальнейшее развитие первые научные школы в области транспорта и строительства. В институте работали ученые с мировым именем: крупнейшие математики и механики – академики В. И. Висковатов, С. Е. Гурьев, М. В. Остроградский (высшая математика изучалась «весьма подробно и основательно, как главный предмет для всех инженерных наук»), видные французские ученые П. Базен, Б. Клапейрон, Г. Ламе, выдающиеся строители железных дорог и основоположники отечественной транспортной науки П. П. Мельников, С. В. Кербедз, Д. И. Журавский, Н. А. Белелюбский, Л. Ф. Николаи, С. Д. Карейша. В шестидесятых годах XIX века заведовал химической лабораторией и читал студентам лекции великий русский ученый Д. И. Менделеев.

В институте преподавали теорию и практику строительного дела академики Г. О. Графтио, С. П. Тимошенко, Г. П. Передерий; профессора Н. М. Беляев, Л. Д. Проскураков, А. К. Перрот, П. О. Пассек, А. В. Ливеровский; В. А. Гастев, Г. К. Евграфов, К. Г. Протасов, Ю. А. Лиманов, А. А. Яблонский и многие другие ученые, вписавшие замечательные страницы в историю науки, создания уникальных сооружений и развития железнодорожного транспорта.

Научно-техническая библиотека, основанная одновременно с университетом – одна из старейших вузовских библиотек страны. В ней собрана уникальная коллекция специальных изданий и рукописных материалов по же-

лезнодорожному транспорту, строительству, архитектуре, точным и прикладным наукам. В фонде библиотеки хранятся сочинения классиков мировой науки, начиная от Галилея и Ньютона, проекты главнейших шоссейных дорог, водяных путей и систем с петровских времен, современные книги и периодические издания по железнодорожному транспорту и строительству. Сегодня библиотека насчитывает более миллиона единиц хранения, из них 80 тысяч – фонд редких книг и рукописей.

На протяжении многих лет название первого в России высшего транспортного учебного заведения много раз менялось, по мере изменений социально-политического строя страны. В 1865 г. Корпус был ликвидирован и институт получил новое название – Институт путей сообщения, затем – Петроградский институт инженеров путей сообщения, а с 1924 г. – Ленинградский институт инженеров путей сообщения (ЛИИПС). В 1920 г. в структуре института были созданы факультеты водных и воздушных сообщений, в 1925 г. – отделение военных сообщений, а в 1929 г. был учрежден автодорожный факультет.

27 декабря 1930 г. был подписан приказ о переименовании ЛИИПСа в Ленинградский институт инженеров железнодорожного транспорта (ЛИИЖТ), а факультеты водных, воздушных сообщений и автодорожный, а также отделение военных сообщений ЛИИПСа были преобразованы в самостоятельные высшие учебные заведения.

Таким образом, ЛИИЖТ стал приемником ЛИИПСа, ведущего свое начало от Института корпуса инженеров путей сообщения, и в 2009 г. отмечает свое 200-летие.

Сегодня Университет путей сообщения готовит инженеров по 30 специальностям, бакалавров и магистров по 11 направлениям, аспирантов и докторов по 52 научным специальностям. Более 13,5 тыс. человек обучаются на дневных и вечерне-заочном факультетах университета. Среди них достойное место занимает факультет мостов и тоннелей, в составе которого – кафедра тоннелей и метрополитенов.

Первая в нашей стране кафедра, выпускающая специалистов-тоннельщиков, была организована 14 июня 1930 г. постановлением Комитета по высшему образованию при ЦИК СССР в Ленинградском институте инженеров путей сообщения (ЛИИПС) и называлась «Тоннели», а с 1967 г. – «Тоннели и метрополитены».

Кафедра была создана в связи с возникшей необходимостью подготовки инженерных кадров по тоннельной специальности, т. к. предстояло начать строительство первой очереди Московского метрополитена и резко увеличил-



Первый инспектор А. А. Бетанкур

ся объем работ по сооружению и реконструкции железнодорожных тоннелей.

Решение об образовании такой кафедры именно в ЛИИПСе было обосновано тем, что институт являлся старейшим транспортным вузом страны, в котором создавалась и развивалась система русского инженерно-строительного высшего образования, зародились основы транспортной науки и получило дальнейшее развитие строительное искусство. Здесь утвердился высокий уровень преподавания специальных дисциплин, связанных с проектированием, строительством и содержанием подземных транспортных сооружений.

Первым заведующим кафедрой тоннелей был назначен известный строитель и крупный ученый Александр Николаевич Пассек (1886–1951) – выпускник Института инженеров путей сообщения (1912). Он принимал активное участие по постройке тоннелей на железных дорогах России (Амурская, Оренбургская, Дальневосточная, Закавказская ж. д.). При строительстве железнодорожного тоннеля вблизи станции Облучье (Дальневосточная железная дорога), А. Н. Пассеком впервые в нашей стране был применен метод замораживания горных пород. Он являлся автором проектов деривационных тоннелей Ульбинской, Дзургетской, Рионской и Нивской гидроэлектростанций. Профессор, д. т. н. А. Н. Пассек – автор многочисленных научных печатных трудов и первых учебников по тоннелям («Способы разработки тоннелей» – 1924 г., «Тоннели горного типа», «Горные тоннели» – 1930 г., «Подводные тоннели» – 1933 г.), на которых воспитаны сотни инженеров тоннельщиков и метростроителей. С 1932 по 1939 г. он был главным консультантом и экспертом по тоннелям на строительстве Московского метрополитена. Участвуя в работе правительственной экспертизы, профессор А. Н. Пассек успешно решал сложные вопросы, связанные с тоннельными работами всех трех очередей Московского метро. Им был предложен и успешно реализован проект глубокого заложения тоннелей на линии «Сокольники» – «Охотный Ряд». Он принимал активное участие в проектировании и сооружении первой очереди Ленинградского метрополитена. Профессор А. Н. Пассек безусловно является одним из основателей отечественной научной школы тоннеле- и метростроения.

С первых лет организации кафедры тоннелей была установлена тесная ее связь с производством, что определило круг научных исследований, способствовало улучшению качества проектных решений в практике тоннелестроения и подготовке высококвалифицированных специалистов-тоннельщиков.

Для чтения лекций и проведения практических занятий по специальным дисциплинам в 1933 г. на кафедру были зачислены ассистентами недавние выпускники: инженеры Ю. А. Лиманов, Г. И. Андриевский, В. А. Бауман, А. Г. Думлер, работавшие одновременно в проектных организациях. Сотрудники кафедры Ю. А. Лиманов, Г. И. Андриевский, аспирант В. П. Волков (впоследствии заведующий кафедрой тоннелей и метрополитена МИИТа) принимали активное участие в работе по проектированию первого проходческого щита, которым был сооружен перегонный тоннель между станциями «Площадь Дзержинского» – «Охотный Ряд» первой очереди Московского метрополитена. В это же время, с участием профессора А. Н. Пассека и ассистента Ю. А. Лиманова, была запроектирована и изготовлена первая отечественная породопогрузочная машина ПМЛ-3 производительностью 10 м³/ч. В 1936 г. Ю. А. Лиманов внес свой вклад в проектирование искусственных сооружений на строящемся втором пути Сибирской магистрали и проведении натуральных исследований по изучению состояния тоннелей на Дальневосточной железной дороге.

В 1939 г. при участии кафедры (Ю. А. Лиманов, С. А. Компаниец, Л. И. Бобровский) был составлен вариант проектного решения первого в стране подводного автодорожного тоннеля из опускных секций под Морским каналом в Ленинграде.

Накануне Великой Отечественной войны преподаватели кафедры приступили к разработке первых линий метрополитена в Ленинграде. Во время войны большинство сотрудников ЛИИЖТа были эвакуированы в Новосибирск (НИВИТ), а затем в Москву (МИИТ), где продолжался учебный процесс. Часть сотрудников ЛИИЖТа осталась в Ленинграде, в том числе и Ю. А. Лиманов, который работал в отделе Военно-восстановительного строительства № 5 (ВВС-5) Ленинградского фронта по возведению переправ, малых искусственных сооружений и прокладки легендарной «Дороги жизни».

В послевоенные годы (1945–1950) сотрудниками кафедры (проф. А. Н. Пассек, доц. А. А. Богородецкий) осуществлялась научно-техническая помощь строительству Читыхевской ГЭС на реке Куре в Закавказье; при непосредственном участии доцента Ю. А. Лиманова продолжались работы по разработке новых конструктивных станций Ленинградского метрополитена.

Доцентом кафедры О. Е. Бугаевой был разработан оригинальный метод расчета обделок транспортных и гидротехнических тоннелей с учетом их взаимодействия с грунтовым массивом. Этот метод вошел специальным разделом в



Первый заведующий кафедрой тоннелей
А. Н. Пассек

учебники и широко применялся в практике проектирования транспортных и гидротехнических тоннелей. О. Е. Бугаевой опубликовано большое количество печатных трудов по тоннелестроению. Особое место занимают учебник «Тоннели» (1945), монография «Гидротехнические тоннели гидроэлектрических станций» (1962).

В 1951 г. в связи с кончиной А. Н. Пасека заведующим кафедрой тоннелей назначается доцент Ю. А. Лиманов. Являясь крупным специалистом в области проектирования, строительства и эксплуатации транспортных тоннелей и метрополитенов, он осуществляет тесное сотрудничество кафедры с Ленметрогипротрансом, Ленметростроем и Ленметрополитеном, непосредственно участвует при разработке и принятии многих ответственных проектных решений при реконструкции железнодорожных тоннелей на Транссибирской магистрали.

В 1959 г. по его инициативе при кафедре создается лаборатория моделирования тоннелей с использованием метода эквивалентных материалов. Первые значительные по объему и по значимости для города экспериментальные исследования на моделях посвящены изучению осадок земной поверхности при сооружении Ленинградского метрополитена. Результатом проведенных натурных, экспериментальных и теоретических исследований явилась опубликованная Ю. А. Лимановым в 1957 г. монография «Осадки земной поверхности при сооружении тоннелей в кембрийских глинах». Эта тема становится его докторской диссертацией, которую он успешно защищает в 1958 г. Результаты его исследований имели важное практическое значение и были внедрены на прокладке Ленинградского метрополитена. Разработанная им методика прогнозирования осадок земной поверхности при возведении подземных сооружений лежит в основе современных нормативных документов, разрабатываемых специалистами для различных региональных условий строительства метрополитенов.

Эффективная научно-практическая деятельность лаборатории моделирования тоннелей подтверждалась успешной защитой кандидатских диссертаций аспирантами А. Поправко, С. Сильвесторовым, Д. Голицыным, В. Ногиным, П. Степановым, В. Подчекаевым, Ю. Фроловым, А. Ледяевым, Т. Иванес, преподавателями кафедры тоннелей и метрополитенов НИИЖТа, сотрудниками Сибирского отделения ЦНИИСа (СибЦНИИСа) и других профильных организаций страны.

Ю. А. Лиманов проводит огромную организационную работу, результат которой – открытие отдельного корпуса

кафедры с лабораторией моделирования тоннелей.

В эти годы совершенствуется методика экспериментально-теоретических и натурных исследований работы подземных конструкций, защищаются кандидатские и докторские диссертации, формируется высокопрофессиональный научно-педагогический коллектив кафедры, закладываются основы научной школы. Комплексное ее научное направление – «Экспериментально-теоретические исследования работы конструкций транспортных тоннелей и подземных сооружений метрополитена, с разработкой и внедрением новых конструктивно-технологических решений, обеспечивающих эксплуатационную надежность сооружений в процессе их длительной эксплуатации» в течение длительного времени создавалось коллективом кафедры тоннелей и метрополитенов под руководством заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, д. т. н., проф. Ю. А. Лиманова.

Современная научно-практическая деятельность коллектива кафедры широка и многообразна и включает обширный круг исследований по трем основным направлениям, которые возглавляют ученики Ю. А. Лиманова.

Так исследования, связанные с разработкой концепции совершенствования городской инфраструктуры на основе двухуровневой транспортной сети путем строительства автотранспортных тоннелей, осуществляются под руководством заслуженного работника Высшей школы РФ, д. т. н., проф. А. П. Ледяева. Научное направление «Обоснование возможности и целесообразности применения набрызг-бетонных тоннельных обделок в слабых породах» разрабатывается под руководством заслуженного строителя РФ, д. т. н., проф. Д. М. Голицынского. Экспериментально-теоретические исследования работы конструкций транспортных тоннелей и подземных сооружений метрополитена методами физического и математического моделирования с оценкой их эксплуатационной надежности проводятся под руководством д. т. н., проф. Ю. С. Фролова.

За многие годы кафедрой было подготовлено 8 докторов и около 60 кандидатов наук, получили дипломы несколько поколений инженеров-тоннельщиков, способных на современном уровне ставить и решать сложные технические вопросы. Многие выпускники стали известными руководителями крупнейших проектных и строительных организаций, многие успешно трудятся на ответственных руководящих должностях, обеспечивая долговечность и эксплуатационную надежность транспортных тоннелей и метрополитенов страны.



Заведующий кафедрой тоннелей Ю. А. Лиманов



Capital Group | CONSULTING COMPANY

- оценка коммерческой и некоммерческой недвижимости
- оценка машин и оборудования
- оценка бизнеса
- оценка земли
- оценка инвестиционных проектов

В оценке промышленных объектов с 2003 года

+7 (495) 951 38 16 | www.capitalgroup.su

Профессионализм. Независимость. Объективность. Гибкие формы сотрудничества

КОНДАТ – все, что нужно для щитовой проходки

**Герметизирующий состав
для хвостового уплотнения**

**Герметизирующий состав
для защиты главного подшипника**

Продукт HBW – единственная смазка, рекомендуемая европейскими и североамериканскими производителями тоннелепроходческих комплексов для защиты главного подшипника

Трансмиссия

Гидравлика

Консистентная смазка

Кондиционер грунта

Присадки и полимеры



Адрес во Франции:
Avenue Frederic Mistral-B.P. 16 - 38670 Chasse-sur-Rhone, France
tel. +33 478 07-38-45, fax +33 478 07-37-67
tmsi@condat.fr, www.condat.fr

Представительство в России и СНГ:
Россия, 107078, Москва, ул. Новорязанская, 16, офис 20
тел. : (495) 724-74-81,
факс: (499) 265-79-51