

## Учредители журнала

Тоннельная ассоциация России  
Московский метрополитен  
Московский метрострой  
Мосинжстрой

## Редакционный совет

### Председатель совета

В. А. Брежнев

### Заместители председателя:

Д. В. Гаев, С. И. Свирский

### Члены совета:

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

## Редакционная коллегия:

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

## Главный редактор

С. Н. Власов

## Тоннельная ассоциация России

тел.: (495) 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.: (495) 267-3514, 267-3425

факс: (495) 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

М. Б. Брилинг, 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», 2007

## № 5 2007

### Панорама 2

## Метрополитены

### Самарскому метрополитену – 20 лет 6

В. С. Плетнев

### Исследование потоков воздуха от возмущающего действия поездов 10

А. М. Красюк, И. В. Лугин, А. Н. Чигишев

## Выставки и конференции

### Международный форум «CITY BUILD. Строительство городов 2007» 12

### Строительство метрополитенов Сооружение метрополитена в г. Алматы 14

М. Т. Укшебаев, В. Л. Коротков

### Особенности строительства нового участка метрополитена в Праге 17

Р. Достал

## Коллекторные тоннели

### Сооружение кабельного коллектора щитовым способом с пневмопригрузом забоя в Москве 18

Д. В. Добрянский

### ООО «Компания Крот» – технологии и оборудование, применяемые на строительстве и восстановлении инженерных коммуникаций 20

А. М. Абрамов, А. Н. Семенов, П. В. Тананакин

## Горные тоннели

### Высокие технологии, внедряемые при строительстве горных транспортных тоннелей 22

Ю. С. Фролов

## Проблемы мегаполисов

### Схема комплексного освоения подземного пространства Екатеринбурга до 2025 г. 26

М. В. Корнилков, Б. Д. Половов,

А. В. Попов, С. У. Зиганшин

## Гидротехнические сооружения

### Подземные сооружения специального назначения в составе гидроэлектростанций 30

В. В. Петров

## Пожаробезопасность

### Комплексная система противопожарной защиты городских автодорожных тоннелей 32

Н. Ф. Давыдкин

# СОДЕРЖАНИЕ



## ФОТО НА ОБЛОЖКЕ

Электродепо «Кировское»  
Самарского метрополитена  
(с. 6)

## ПОСЛЕДНЯЯ СБОЙКА НА МИТИНСКО-СТРОГИНСКОЙ ЛИНИИ МЕТРО В МОСКВЕ

22 ноября 2007 г. ООО «СМУ Ингеоком» завершило шестимесячную проходку 1,5-километрового перегонного тоннеля Митинско-Строгинской линии Московского метрополитена от ст. «Славянский бульвар» до тупиков за ст. «Парк Победы».

Старт тоннелепроходческим комплексом фирмы «Lovat» был взят с отметки 15 м ниже поверхности земли. По пути были преодолены суглинистые грунты с ледниковыми отложениями в виде валунов до 0,5 м, водонасыщенная черная супесь, черная глина, доломитовый водонасыщенный известняк с водопритоком до 50 м<sup>3</sup>/ч.

Практически весь тоннель запроектирован на почти максимальном уклоне, допускаемом при строительстве метрополите-

нов – 43 %, и на выходе щитовой комплекс опустился до отметки 65 м ниже поверхности земли. Ведение проходческих работ на таком уклоне всегда сопряжено с большими трудностями и потребовалось применить все необходимые меры для соблюдения правил безопасности.

Трасса пройденного тоннеля изобилует полным спектром неблагоприятных инженерно-геологических условий, характерных для Москвы, включая простирающийся на глубину 35 м «язык» из пльвуна в районе Минской улицы.

Учитывая характеристики этого особо сложного участка, предварительно провели работы по дополнительному бурению геологических скважин с привлечением специализированных



организаций, которые помогли определить наиболее разуплотненные зоны. Дополнительную сложность вызывали просадки дневной поверхности в районе Минской улицы, которые на-

блюдались там задолго до подхода ТПМК «Lovat».

Путем проведения организационно-технических мероприятий опасный участок был успешно преодолен. 

## ГОД КИТАЯ В РОССИИ

И. С. Бубман, ученый секретарь ТА России, к. т. н.



Выступление президента Группы компаний «Трансстрой», председателя правления ТАР В. А. Брежнева

В соответствии с Совместной декларацией, подписанной Президентом России В. В. Путиным и КНР Ху Цзиньтао в октябре 2004 г. и планом действий по реализации положений российско-китайского Договора о добрососедстве, дружбе и сотрудничестве на 2005–2008 г., в 2005 г. были осуществлены мероприятия по проведению года России в Китае, в 2007 г. – года Китая в России.

В рамках этих мероприятий по линии РАН и Союза НИО в период 11–14 сентября 2007 г. был организован приём 100 китайских ученых и специалистов для обсуждения проблем науки и техники, проведения со-

браний, семинаров, встреч и технических экскурсий.

11 сентября в здании Мэрии Москвы состоялось совместное пленарное заседание, на котором были заслушаны официальные приветствия и основные доклады от России и КНР.

12 и 13 сентября 2007 г. в рамках российско-китайского научно-технического семинара состоялось двухдневное заседание секции по проблемам подземного строительства.

Организация подготовки и проведения указанной секции была поручена дирекции Тоннельной ассоциации, с которой она, по отзывам китайских и российских участников, успешно справилась.

12 сентября в помещении Корпорации «Трансстрой» состоялся семинар секции по проблемам подземного строительства.

С приветствиями к собравшимся обратились председатель правления ТА России В. А. Брежнев и руководитель китайской делегации Шень Го Фэн, экс вице-президент Академии инженерных наук КНР.

На семинаре было заслушано восемь докладов, по четыре с каждой стороны.

Из всех докладов, с интересом заслушанных участниками, следует упомянуть два основных: «Тоннелестроение России на но-

вом этапе» (С. Н. Власов) и «Развитие тоннельного строительства в Китае» (Ван Мэн Шу).

Во второй половине дня состоялась техническая экскурсия на строящиеся объекты транспортной инфраструктуры аэропорта Внуково – Киевское шоссе, железнодорожный терминал с подземной станцией, авиатерминал, подъездная эстакада.

Объект вызвал большой интерес у китайских специалистов. На все вопросы компетентно ответил С. П. Преображенский – начальник сектора УС «Тоннельстрой» ОАО Корпорации «Трансстрой».

13 сентября 2007 г., во второй день работы, была организована техническая экскурсия с ознакомлением уникального строящегося объекта – Серебряноборских тоннелей.

Помимо посещения тоннелей и вантового моста через р. Москву, состоялась встреча в музее и штабе объекта.

С информационными сообщениями выступили:

- Ю. К. Святухин, зам. главного инженера ОАО «Мосметрострой»;

- С. В. Островский, зам. главного инженера ООО «Тоннель – 2001»;

- А. Н. Вялых, главный инженер ООО «Спецметрострой».

На все свои вопросы китайские специалисты получили исчерпывающие разъяснения и ответы.

Можно полагать, что подобные встречи специалистов России и Китая послужат дальнейшему сближению не только тоннельщиков, но и наших стран в целом. 

Китайская делегация на ж.-д. станции Внуково



# ПУСК УЧАСТКА МИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА ОТ СТ. «ВОСТОК» ДО СТ. «УРУЧЬЕ»

**Э. Н. Жуков**, главный инженер УП «Минскметрострой»  
**А. В. Арутюнян**, начальник технического отдела

7 ноября 2007 г. в канун 30-летнего юбилея начала строительства Минского метрополитена осуществлен восьмой пуск очередного участка протяженностью 2,83 км с двумя станциями – «Борисовский тракт» и «Уручье» с оборотными тупиками.

Прохождение трассы, размещение станций и притоннельных сооружений обусловлено сложившейся градостроительной ситуацией и инженерно-геологическими условиями. На участке от ст. «Восток» до ст. «Борисовский тракт» трасса плавно переходит с оси проспекта Франциска Скорины на его левую сторону и до ст. «Уручье» идёт на расстоянии 10–20 м от левого борта проспекта по зеленой зоне и местному проезду.

Учитывая такое положение трассы, были определены организация проведения работ и размещение стройплощадок. Всего на участке их было предусмотрено восемь, предназначенных для открытого способа строительства, в том числе две базовые для возведения станций «Борисовский тракт» и «Уручье» с тупиками. Кроме того, рядом с базовыми площадками были предусмотрены две вспомогательные для размещения административно-бытовых комбинатов, а также площадка для временного и постоянного отвалов грунта.

Для сооружения тоннелей открытым способом в районе сложных инженерно-геологических условий (ПК132 – ПК136) была предусмотрена развитая строительная площадка длиной 450 м в парковой зоне Слепянской водной системы.

Для организации стройплощадок было устроено восемь основных объездов, в том числе № 2, 3, 8 выполнялись в несколько этапов, соответствующих этапам строительства сооружений метрополитена.

Для перекладки инженерных сетей организовали кратковременные стройплощадки с симметричным сужением проезжей части улицы до двух полос и одним пешеходным тротуаром (правая сторона).

На весь период работ на всем протяжении трассы было введе-

но ограничение скоростей движения по проспекту в связи с сужением проезжей части на объездах до четырёх полос, наличием криволинейных участков и движением строительного грузового транспорта.

## Инженерно-геологические условия строительства

Сооружение перегонных тоннелей от ст. «Восток» до ст. «Борисовский тракт» велось закрытым способом на глубинах от 11 до 18 м от поверхности земли.

Щитовая проходка перегонных тоннелей осуществлялась в конечно-мореных отложениях, представленных песками (от мелких до гравелистых), грунтами гравийными, супесью мореной, твердой и пластичной консистенции, с гравием, галькой до 10–25 % и включениями валунов. Валуны встречались как в песчаных, так и глинистых грунтах преимущественно средней прочности сложения. На участке примыкания к тупикам станции «Восток» тоннели сооружались в супеси мореной, песках гравелистых и гравийных грунтах.

Проходка перегонов на участке длиной 360 м открытого способа работ велась в крайне сложных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях. Тоннели проходили по озерно-аллювиальным грунтам, представляющим собой обводненную слоистую толщу, не закономерное залегание песчаных и глинистых слоев и линз по мощности и простираию. В основании залегали пески средние, крупные, гравелистые с гравием, галькой и валунами, супеси, суглинки пылеватые, а также с примесью органического вещества, суглинки и мергели заторфованные.

Уровни грунтовых вод на данном участке зафиксированы на абсолютных отметках 207.16 – 204.40. Нисходящее движение вод объяснялось сложным геологическим строением в этом месте, затрудненной гидравлической связью между песчаными и глинистыми слоями грунтов, а также постоянной подпиткой водами с поверхности, имеющей вогнутый пониженный рельеф. Уровни воды на данном



Проект ст. «Уручье»



Проект ст. «Борисовский тракт»

участке составили 4–5 м над лотком тоннелей. Здесь сооружение тоннелей осуществлялось под защитой строительного водопонижения.

При разработке грунта котлована в районе ПК136 были обнаружены останки реликтовых животных – древнего слона и оленя. Возраст данных представителей фауны превышает возраст мамонтов. Учитывая превосходное состояние, целостность скелетов и наличие обугленных

стволов, выдвинуто предположение, что в результате пожара животные, спасаясь бегством, попали в болото и погибли. находка останков древнего слона – единственная в Беларуси.

Станции «Борисовский тракт» и «Уручье» с оборотными тупиками возводились открытым способом на глубинах от 11 до 13 м от поверхности земли.

В большинстве своём грунты по станциям и тупикам неагрессивные к бетонным и железобетонным

## Бивень, зубы и тазобедренная часть доисторического слона, найденные при строительстве



тонным конструкциям метрополитена и слабоагрессивные к бетону W4. Подземные воды отсутствовали.

### Сооружение станционных комплексов и перегонных тоннелей

Станционные комплексы и перегонные тоннели, сооружаемые открытым способом, возводились в котлованах. Для крепления их вертикальных стен применялись буронабивные сваи диаметром 630 мм или металлические балки из широкополочного двутавра. Наличие гравелистых и гравийных грунтов и большая глубина котлована (11–13 м) затрудняли их погружение обычным ударным способом. Поэтому производили бурение лидерных скважин до дна котлована, в которые опускались металлические балки и добивались сваебойной установкой до проектной отметки. Грунт в котловане разрабатывали ярусами экскаваторами «драглайн» или «обратная лопата» с погрузкой в автосамосвалы. По мере его разработки устанавливались расстрелы или грунтовые анкеры.

Конструкции станционных комплексов монтировали козловыми кранами грузоподъемнос-

тью 20 т, а пешеходных переходов и притоннельных сооружений – автомобильными стреловыми кранами.

После возведения конструкций наносилась оклеечная гидроизоляция с применением гидростеклоизола, наклеиваемого способом оплавления воздушно-пропановыми горелками. Защита гидроизоляции стен от механических повреждений выполнялась бетонными плитами 500 × 500 × 70 мм, а покрытия – слоем цементно-песчаного раствора В7,5 толщиной 40 мм, армированного стальной сеткой.

Конструкции станционных комплексов и притоннельных сооружений (венткамер тоннельной вентиляции, водоотливных установок, санузлов) приняты, в основном, из сборных железобетонных элементов по типовым проектам или индивидуальным элементам, изготавливаемых в опалубочных формах.

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

Проходка перегонных тоннелей, в основном, велась закры-

тым способом с использованием немеханизированных щитов типа ЩН-1. Грунт в тоннеле разрабатывался вручную отбойными молотками, после чего производилось крепление лба забоя. Грунт породопогрузочной машиной подавался в вагонетки и вывозился из забоя электровозами. Железобетонная или чугунная обделка монтировалась с помощью блокоукладчика, а первичное нагнетание за обделку и чеканка швов производились раствором нагнетателем СО-126. Скорость сооружения тоннелей составляла до 48 м в месяц.

На всех этапах строительства новых станционных комплексов использовались прогрессивные технические разработки. Так, по программе энергосбережения на новых станциях на всех входах установлены закрытые павильоны, для освещения вместо ламп накаливания применяются светильники с компактными люминесцентными лампами и электронными ПРА, что позволило сократить расход электроэнергии на 30–40 %.

На станциях, начиная с 1997 г., отсутствует внешнее теплоснабжение и функционирует система

внутреннего на базе промышленных кондиционеров от источников избыточного тепла, электрооборудования, подвижного состава и проточных электродатчиков.

Для людей с ограниченными возможностями построены как вертикальные лифты, так и специальные подъемные платформы на лестничных спусках, что даёт возможность инвалидам-колясочникам беспрепятственно попасть на посадочную платформу.

Для защиты от шума и вибрации жилых домов, попадающих в техническую зону метрополитена, при устройстве верхнего строения пути использовались резиновые виброизоляторы.

При сооружении данного участка продления линии Минского метрополитена было предусмотрено комплексное благоустройство прилегающих районов.

С вводом нового участка протяженности линий Минского метрополитена увеличилась до 32 км с 25-ю станциями. В сутки он перевозит 775 тыс. человек, что составляет около 40 % всех пассажироперевозок города. 

## СБОЙКА В ЧЕЛЯБИНСКЕ

20 ноября 2007 г. в г. Челябинске завершена проходка участка тоннеля строящегося метрополитена от электродепо до Комсомольской площади с обделкой из чугунных тубингов диаметром 5500 мм.

ТПМК фирмы «Ловат», с помощью которого велось сооружение тоннеля, выведен на поверхность для модернизации, в ходе которой он будет переоборудован для работы с железобетонными тубингами диаме-

тром 5600 мм. Для их производства рядом с городом уже построен завод. Переход на такой тип обделки позволит снизить стоимость строительства Челябинского метрополитена.

Модернизация ТПМК займет три месяца, после чего «Ловат» продолжит работу в направлении площади Революции. По завершении проходки до ствола на ул. Елькина комплекс развернётся и пойдёт в обратном направлении. Надо отметить, что

уже решён вопрос о приобретении второго ТПМК для г. Челябинска.

Напомним, что тоннелепроходческий комплекс был запущен в работу три года назад, 11 ноября 2004 г. За это время он преодолел путь длиной 1 км 189 м – от портала электродепо в Ленинском районе до Комсомольской площади. За октябрь текущего года метростроители прошли с помощью ТПМК 65 м, буровзрывным спо-

собом на ст. «Торговый центр» – 31 м. Всего с начала 2007 г. проложено 876 м линии метрополитена при годовом плане 1 км.

Пусковой комплекс Челябинского метрополитена, который рассчитывают ввести в эксплуатацию в 2012 г., будет насчитывать четыре станции – «Комсомольская площадь», «Площадь Революции», «Торговый центр» и «Проспект Победы». Суммарная длина линии составит 5,7 км без учета километровой ветки в депо. 

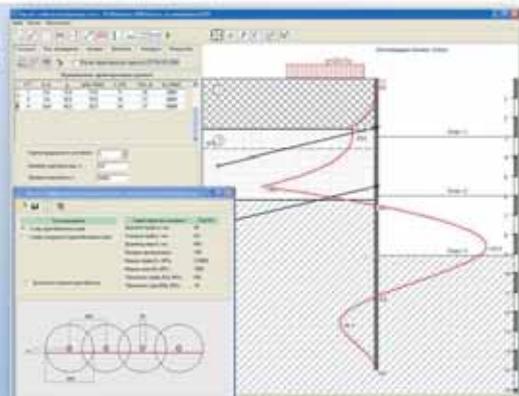
# ИЖ

# ИнжПроектСтрой

Предлагает программы для геотехнических расчетов:

- GeoWall - расчет ограждения котлованов
- GeoAnchor - расчет анкеров
- GeoPlate - расчет свайно-плитного фундамента
- GeoPile - расчет свай TITAN

www.jet-grouting.ru тел./факс: (342) 219-61-03, 219-63-61



## ВЫСТАВКА «ЭЛЕКТРОНИКА – ТРАНСПОРТ 2007»

**В.А. Курьшев**, главный технолог, Международная Ассоциация «Метро»

В России, и частности в Москве, в последние годы проводится большое количество всевозможных как специализированных, так и широкопрофильных выставок. Каждая из них является демонстратором последних достижений в той или иной отрасли, дает творческую пищу специалистам.

Два года назад ЗАО «Чип-ЭКСПО» решило воплотить в жизнь идею проведения специализированной выставки-форума по электронике, электротехнике и системам управления для транспорта и транспортных коммуникаций «Электроника – Транспорт», и Международная Ассоциация «Метро» поддержала это начинание.

Сегодня, когда во всех отраслях страны, в том числе и на транспорте, появилась возможность широкого внедрения в производство достижений высоких технологий, специалистам метрополитенов стало трудно ориентироваться в выборе наиболее эффективных решений. Специализированная выставка позволяет из всего многообразия достижений выбрать наиболее эффективные на данный момент решения и сориентировать на них специалистов.

Проведение таких выставок (а их прошло уже две – в 2006 и 2007 г.) показало повышенный интерес к ним специалистов метрополитенов, разработчиков и производителей электронной техники для транспорта. И это понятно, т. к. экспозиции и темы деловой программы, состоящей из технических семинаров, конференций, круглых столов, посвященных внедрению современной электроники, новых технологий, формируются с учетом пожеланий метрополитенов.

Особенностью форума «Электроника – Транспорт 2007» являлось то, что акцент выставки был сделан на использование электронной аппаратуры на городском транспорте и в метрополитенах.

Официальную поддержку данного форума, кроме Международной Ассоциации «Метро», осуществляли: Управление радиоэлектронной промышленности и систем управления Федерального агентства по промышленности, Российская инженер-

ная академия, Департамент транспорта и связи города Москвы и Департамент науки и промышленной политики города Москвы.

В мероприятии приняли участие 117 организаций; 76 фирм из России и зарубежья демонстрировали продукцию и решения на стендах; в деловой программе выступили специалисты 52 предприятий; 32 профильных издания участвовали в информационной кампании форума.

За три дня работы более 2400 специалистов посетили выставку; около 400 человек участвовало в работе мероприятий деловой программы.

В рамках работы выставки-форума «Электроника – Транспорт 2007» один день был полностью посвящен решениям для метрополитена. Международная Ассоциация «Метро» провела круглый стол «Новое поколение электронной аппаратуры для метрополитенов» и дискуссионный клуб по актуальной проблеме безопасности «Интегрированные системы безопасности для объектов транспорта», в которых приняли участие 29 специалистов с девяти метрополитенов СНГ и выступило 18 специалистов с разных предприятий.

Данное мероприятие имело большой успех и, к сожалению, не все организации дополнительно к официальной программе сумели сделать свои краткие сообщения.

Фирма «Unicontrols» представила диспетчерскую систему управления Пражского метро, систему для вагонов метро и обнародовала опыт их реконструкции. Особенно привлекла специалистов управляющая система для вагонов метро, которая имеет ряд прогрессивных решений.

Интересный подход к решению задач по созданию интегрированного комплекса устройств автоматики, сигнализации, связи и безопасности на примере Казанского метрополитена доложил присутствующим технический директор ОАО «TRANS-IT» С. В. Кузнецов. Методические основы создания такого комплекса были сформированы на основании опыта строительства метро в г. Казани.

Метрополитены проявляют большой интерес к созданию



цифровых сетей технологической радиосвязи. На сегодняшний день существуют практически два приемлемых стандарта: TETRA и GSM-R. Первый, по мнению Департамента связи и вычислительной техники ОАО «РЖД», нецелесообразен к применению в системе цифровой радиосвязи, как основной на участках скоростного и высокоскоростного движения. Это связано с тем, что в данной системе отсутствуют специализированные железнодорожные приложения и оборудование, что требует значительных доработок аппаратуры и программного обеспечения. Московское представительство фирмы «RODE SCHWARC und KO.KG» продемонстрировало решение этой проблемы в стандарте TETRA для метрополитенов.

Представитель Киевприбора рассказал специалистам о созданной автоматизированной системе диспетчерского управления, применяемой на Киевском метрополитене.

Особый интерес вызвал доклад генерального директора корпорации «Интегра-С» В. А. Куделькина об интегрированной системе безопасности и видеонаблюдения на объектах транспорта. Тема весьма актуальна на сегодняшний день и для метрополитенов. Уникальные сертифицированные решения безопасности, к сожалению, почему-то не находят своего применения на метрополитенах. И это тогда, когда данный вопрос, а самое главное, принятие своевременного правильного решения в экстремальной ситуации, очень важны.

Наиболее интересные материалы данной выставки были разосланы Ассоциацией на метрополитены. Надеемся, что прогрес-

сивные идеи найдут там свое применение.

«Только занимаясь последние три года подготовкой форума «Электроника – Транспорт» реально осознаешь, насколько сложная техника используется в различных службах метрополитенов, сколько всевозможных сложнейших факторов нужно учесть разработчикам, прежде чем система пойдет в метро», – так сказал один из руководителей выставки, окунувшись в часть проблем метрополитенов, требующих решения. И он прав. Ежедневная эксплуатация сложнейших инженерных и технических систем требует иногда нестандартных решений.

Международная Ассоциация «Метро» на выставке-форуме «Электроника – Транспорт 2008», которая пройдет в Москве с 20 по 22 февраля 2008 г., планирует провести круглый стол по актуальной теме: «Возможные пути снижения температуры воздуха в метрополитене». Это вызвано тем, что повышение температуры воздушной среды в метрополитенах оказывает негативное влияние на комфортное состояние пассажиров, пользующихся услугами этого вида транспорта, а также работников метро, непосредственно обеспечивающих перевозочный процесс.

По мнению специалистов, экспозиция и деловая программа выставки-форума «Электроника – Транспорт» ориентируют на широкое использование современной электроники с учетом особенностей эксплуатации транспортных средств на территории России и стран ближнего зарубежья.



## САМАРСКОМУ МЕТРОПОЛИТЕНУ – 20 ЛЕТ



**В. С. Плетнев,**  
директор МП «Самарский метрополитен»

25 декабря 1987 г. произошло событие, ставшее для истории Самары знаменательным – был введен в эксплуатацию новый для города вид транспорта – метрополитен.

В этот день первых пассажиров приняли четыре станции: «Юнгородок», «Кировская», «Безымянка» и «Победа». С тех пор минуло уже 20 лет. За эти годы к станциям первого участка прибавились еще четыре: «Советская», «Спортивная», «Гагаринская» и «Московская». В юбилейный для Самарского метро год генеральный подрядчик – Волгатрансстрой–Метро – порадует горожан и метрополитеновцев новой станцией – «Российская». Она позволит осуществлять перевозки по нормальной технологической схеме и будет расположена ближе к культурным и деловым центрам города.



Митинг по случаю открытия метрополитена 25 декабря 1987 г. Руководитель строительства В. Даниэлян вручает символический ключ начальнику метрополитена И. И. Карнауху

**В** настоящее время Самарский метрополитен состоит из одной линии протяженностью 9,2 км. С вводом станции «Российская» её длина увеличится на 1,1 км, что составит более 10,3 км.

История создания метрополитена в г. Самаре уходит в начало 60-х гг. XX столетия. В 1965 г. правительство распорядилось во всех крупных городах разработать комплексные транспортные схемы развития всех видов городского транспорта. В Самаре (тогда Куйбышеве) такую работу проделали специалисты московского института «Гипрокоммундортранс». На основании изучения пассажиропотока и расчетов на перспективу впервые было официально заявлено, что дальнейшее развитие всех видов городского пассажирского транспорта в Куйбышеве невозможно без внеуличного транспорта, т. е. метрополитена.

О том, как это происходило, рассказывает непосредственный и активный участник тех событий, бывший с 1964 по 1982 г. председателем исполкома Куйбышевского Совета народных депутатов, почетный гражданин города А. А. Россковский: «Под внеуличным транспортом, конечно же, подразумевалось метро, хотя открыто об этом и не говорилось. Когда комплексная схема была утверждена, через партийное и советское руководство области мы обратились в союзное правительство с просьбой разрешить подготовку технико-экономических обоснований проектирования метрополитена.

Учитывая нашу просьбу, правительство поручило Госплану рассмотреть этот вопрос и внести свои предложения. В свою очередь, Госплан поручил проработку просьбы Институту комплексных транспортных проблем.

Первая группа столичных специалистов прибыла в город для изучения проблемы в 1969 г. Прибыла с заданием склонить нас к отказу от идеи строительства метро и согласиться на разработку проекта прокладки скоростного трамвая.

Спустя несколько лет после устранения всех препятствий Госплан стал выделять средства на проектно-изыскательские работы и разработку технико-экономических обоснований. Так, в 1978 г. началось проектирование первой очереди метро. К её прокладке должны были приступить в XI пятилетке.

Проект был подготовлен московским институтом «Метротранс» и утвержден Распоряжением Совета Министров СССР № 944 от 23.05.1980 г. Первая линия протяженностью 17,3 км с 13-ю станциями предусматривала транспортную связь центральной части города с промышленной Безымянской зоной. Набранный в 1987 г. темп по возведению объектов метрополитена второго пускового участка не удалось сохранить на том же уровне. Без всяких на то оснований практически самораспустился общегородской штаб, ослабло внимание к стройке средств массовой информации, и эта тенденция передалась всем участникам строительства.

Только спустя шесть лет был введен в эксплуатацию второй участок протяженностью 4,15 км с тремя станциями. Пуск осуществлялся поэтапно: в декабре 1992 г. – ст. «Советская» и только в конце следующего года – «Гагаринская». Тогда и началась нормальная эксплуатация линии метро от «Юнгородка» до «Гагаринской». Станции нового участка были сданы в эксплуатацию с одними вестибюлями, вторые до настоящего времени остались недостроенными.

Начиная с 1992 г. выделение средств на сооружение Самарского метрополитена из года в год сокращалось. Он был передан в муниципальную собственность, при этом была разрушена единая система строительства и эксплуатации метрополитенов России, единая техническая политика, накопленная годами научными, проектно-исследовательскими, конструкторско-технологическими и производственными организациями и предприятиями по метростроению. Минимальные потребности средств, защищенные в комиссии по их рассмотрению и определению, на развитие метрополитенов из года в год не выполняются.

В 1991 и 1992 г. строительство осуществлялось только с финансированием из государственного (федерального) бюджета, а с 1998 г. из двух источников – федерального и субъектов Российской Федерации, т. к. в 1997 г. в соответствии с Распоряжением Правительства от 12.07.1996 № 1093Р был установлен порядок смешанного финансирования в 1997–2000 гг. с определением ежегодной доли средств из каждого источника.

В перестроечный период отрасль метрополитенов находилась в упадочном состоянии. Только из-за недостатка средств сдача третьего пускового участка Самарского метрополитена протяженностью 2,38 км с двумя станциями откладывалась из года в год.

На прокладке Самарского метрополитена применялись новые прогрессивные методы и горно-проходческая техника. Одним из первых в 1984 г. пришел с завода новый уникальный щитовой комплекс КТ-5.6Б2, второй во всей стране. Он в кратчайшие сроки был смонтирован и освоен проходчиками, которые уже через два месяца вышли на рекордную скорость – 120 м/мес.

На станции «Победа» было внедрено анкерное крепление котлована, что позволило ускорить монтаж конструкций вестибюля и бетонирование свода платформенной части.

В 1985 г. в историю строительства Самарского метро вписана одна из наиболее ярких страниц: выполнена щитовая проходка тоннелей перегона между станциями «Кировская» и «Безымянка» под действующими железнодорожными путями без остановки движения поездов вместо предусмотренного проектом продавливания. Этот способ практически исключил помехи в работе железнодорожного движения по главным и станционным путям, позволил сократить продолжительность строительства почти на год и получить экономический эффект около 500 тыс. руб.

С уверенностью можно сказать, что за годы работы метрополитен находился в непрерывном развитии. Достаточно привести примеры последних двух лет эксплуатационной деятельности, которые были направлены на создание системы противодействия терроризму. Основным мероприятием стала модернизация и оснащение объектов метрополитена средствами контроля и наблюдения за пассажирами на весь период их пребывания на станциях и в переходах. Для повышения уровня защищенности метрополитена проведена большая работа по оборудованию всех станций и портала устройствами контроля прохода в тоннель и системой видеонаблюдения с архивацией данных. Видеонаблюдение выводится на мониторы в помещениях дежурных по станциям и передается в диспетчерский зал в инженерном корпусе. Под видеоконтроль также взяты кассовые залы, уровни платформ станций, прилегающие к ним зоны тоннелей (торцовые мостики), подличные переходы, нерабочие вестибюли.

Охранной сигнализацией объектов жизнеобеспечения метрополитена оборудованы технологические помещения станций без постоянного нахождения в них обслуживающего персонала (кроссовые, релейные, кассы станций, совмещенные тяговые подстанции, венткиоски). Смонтирована и введена в опытную эксплуатацию система мобильной радиосвязи с использованием излучающего кабеля на базе оборудования «Motorola». В результате реализована возможность мобильной связи между отделом ОВДМ и постами милиции на станциях, между аварийно-восстановительными формированиями метрополитена и поездным диспетчером, а также между ним и дежурными по станциям, модернизирована поездная радиосвязь.

Ведется монтаж системы безопасности и в электродепо «Кировское». Совместно с отделом милиции на метрополитене проведена работа по оборудованию объектов устройствами для локализации взрывчатых предметов и веществ. Станции оснащены взрывозащитными камерами ВЗК и бомбовыми одеялами Фонтан-3М и ЗОВ. Отдел милиции более двух лет эксплуатирует взрывотехническую лабораторию.

Несмотря на недостаточное финансирование эксплуатационной деятельности, все службы проводят активную работу по внедрению новой техники и передовой технологии. В службе сигнализации и связи применяется новая цифровая АТС, аппаратура часовой



**Монтаж первого проходческого щита КТ-5.6Б2 для проходки тоннелей между ст. «Кировская» и «Безымянка»**



**Открытие ст. «Московская»**



**Открытие ст. «Гагаринская», 1993 г. Глава города О.Н. Сысуйев (слева), летчик-космонавт Г.М. Манаков и губернатор К.А. Титов**

станции, ведётся замена светофоров и часов на станциях светодиодными.

В службе электроснабжения вместо отработавшего нормативный срок оборудования – высоковольтных выключателей ВЭМ-10 – стали использовать выключатели нового поколения ВВ/ТЕЛ и аккумуляторные батареи.

Электродепо «Кировское» ведет модернизацию подвижного состава путем замены датчиков ДС-1 на измерители скорости ИС-01. В перспективе планируется взамен БПСН перейти на бортовые источники питания типа ДИП, оборудовать вагоны бортовым регистрирующим устройством.

Станции и вестибюли метрополитена украшают город. Жители и гости Самары считают лучшими по оформлению две из них – «Безымянка» и «Победа», а специалисты находят обе станции уникальными по архитектуре.

«Безымянка» выполнена в концепции мраморно-мозаичной летописи. Это станция колонного типа. Ее стены и колонны облицованы мрамором светлых тонов. Архитектурно-декоративное панно на стенах платформы – это симфония в камне в честь трудового подвига тружеников тыла в годы Великой Отечественной войны.

«Победа» – ода великому подвигу с неожиданными для подземелья мажорными витражами. Станция односводчатая. Ее наименование связано с историей Великой Отечественной войны. По замыслу автора проекта, архитектора А. Н. Герасимова – это историческая победа советского народа. Художественные панно на торцах станции передают всенародное ликование, атмосферу исторического салюта Победы.

Станция «Кировская» – односводчатая. В ее своде устроены кессоны, которые создают световую гамму простора. В торцах – художественные панно, славящие созидательный труд советского народа. Именно на эту станцию голубые экспрессы доставляют тысячи людей, тех, кто своим трудом славит город и страну.

«Советская» – колонного типа. Стены и колонны, облицованные мрамором светлых тонов в сочетании с люминесцентным освещением, создают простор и величие. В торцах станции – художественные панно, выполненные Армянским художественным фондом в стиле мажорных витражей.

«Спортивная» – колонная станция. Стены отделаны мрамором светлых тонов, колонны – светло-серым. На стенах смонтированы



Самарский метрополитен уделяет большое внимание здоровью сотрудников. Медпункт (вверху) и база отдыха (внизу)

Перегонный тоннель



шесть мраморно-мозаичных панно на спортивные темы, художник – А. Н. Кузнецов.

«Гагаринская» – колонного типа. Архитектурно-художественное оформление выполнено художником Самары В. Д. Герасимовым.

«Московская» по замыслу самарских архитекторов создает впечатление белокаменной столицы. Она в перспективе будет пересадочной на вторую линию.

Особенностью ст. «Российская» является то, что она построена с боковыми пассажирскими платформами и камерой съездов перед станцией.

Впервые в истории метростроения на Самарском метрополитене запроектирован участок линии (на четвертом пусковом участке) между станциями «Алабинская» и «Самарская» методом сквозной проходки, разработанным и предложенным доктором технических наук Петербургского государственного университета путей сообщения Ю. С. Фроловым. Претерпело некоторое изменение и положение будущей станции «Крылья Советов». Ее возведение предусматривается не напротив проходной завода «Авиакор», а в районе Костромского переулка, ближе к трамвайному кольцу. Это связано со сложностями по выносу большого количества коммуникаций, проходящих по Псковской улице.

Надежду на осуществление планов развития метро в г. Самаре вселяет решение Правительства Российской Федерации о рассмотрении на государственном уровне транспортных проблем городов страны, подтверждением чему может служить принятая программа развития метрополитена и других видов скоростного внеуличного транспорта на период до 2015 г.

Говоря о техническом развитии метрополитена нельзя забывать о том, что всё, что сделано – выполнено руками наших работников. Всех перечислить просто невозможно, но среди большой армии метрополитеновцев следует выделить В. А. Ляпорова, В. Д. Сергеева, Г. И. Нагимову, Е. И. Красникова, И. Ф. Билярова, Ю. И. Завьялова. За двадцать лет на метрополитене образовались трудовые династии Голяковых, Дробининых, Кругловых, Алимовых.

Не забывает предприятие и о своих передовиках и ветеранах. За годы работы на метрополитене удостоились званий почетного железнодорожника 17 человек, заслуженного работника транспорта – 2, почетного работника транспорта России – 4, почетного работника горэлектротранспорта – 10 человек.

Большое внимание уделяется и соцкультбыту. У нас хорошая база отдыха на берегу Волги. В управлении метрополитена и в электродепо к услугам работающих здравпункты с процедурными, стоматологическими, физкабинетами. Работают тренажерные залы и зал лечебной физкультуры.

Вся деятельность коллектива Самарского метрополитена и в дальнейшем будет направлена на развитие и внедрение новейших систем и оборудования, способствующих повышению качества обслуживания пассажиров и обеспечение безопасности их перевозки.





# ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКОВ ВОЗДУХА ОТ ВОЗМУЩАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ПОЕЗДОВ

А. М. Красюк, И. В. Лугин, А. Н. Чигишев, Институт горного дела Сибирского отделения РАН

**В**ентиляция транспортных тоннелей, в том числе и метрополитенов, является одной из важнейших систем их жизнеобеспечения. На параметры механической вентиляции метрополитена, осуществляемой посредством тоннельных вентиляторов, значительное влияние оказывает поршневое действие движущихся поездов – «поршневой эффект». Особенно велико оно в метрополитенах мелкого заложения из-за существенной аэродинамической связи тоннелей с атмосферой. Объем воздуха, перемещаемый поездами по тоннелям, соизмерим с производительностью тоннельных вентиляторов. В метрополитенах мелкого заложения на территориях с резко континентальным климатом в холодное время года тоннельные вентиляторы отключают, чтобы не переохладить подземные сооружения атмосферным воздухом, имеющим отрицательную температуру. В этот период вентиляция тоннелей и станций осуществляется, в основном, за счет поршневого действия поездов и естественной тяги, параметры которых зависят от интенсивности, направления движения составов, их расположения на перегонах между станциями и топологии вентиляционной сети. Поэтому задача расчета воздухораспределения, вызванного «поршневым эффектом», весьма актуальна.

Институтом горного дела Сибирского отделения РАН проведены исследования параметров воздушных потоков, вызванных поршневым действием поездов в условиях Новосибирского метрополитена. На рис. 1 показана схема перегона между двумя станциями и расположение измерительных пунктов. В метрополитене движение осуществляется 4-вагонными поездами. Площадь лобового сечения вагона  $9 \text{ м}^2$ , а поперечного – путевого цилиндрического тоннеля с обделкой из железобетонных тюбингов –  $18,6 \text{ м}^2$ . Поезд проходит путь между станциями, по показаниям фоторегистраторов  $F$ , за  $85\text{--}90 \text{ с}$  со средней скоростью  $V_n = 19 \text{ м/с}$  (без учета участков разгона и торможения). Разгонный участок составляет  $100 \text{ м}$ , а торможения перед станцией –  $200 \text{ м}$ . Замеры проводились при частоте движения поездов  $n = 10$  пар поездов в час.

Измерительные пункты S1–S4 на станциях укомплектованы дифференциальными манометрами, регистрирующими динамическое давление, что позволяет установить скорость воздушного потока. В пунктах T1 и T2, кроме скорости воздуха, определялось статическое давление.

На рис. 2. приведены типовые осциллограммы статического давления и скорости воздуха в измерительном пункте T2. В момент времени  $t_1$  поезд вошел в портал тоннеля со станции «Октябрьская» и к моменту  $t_2$

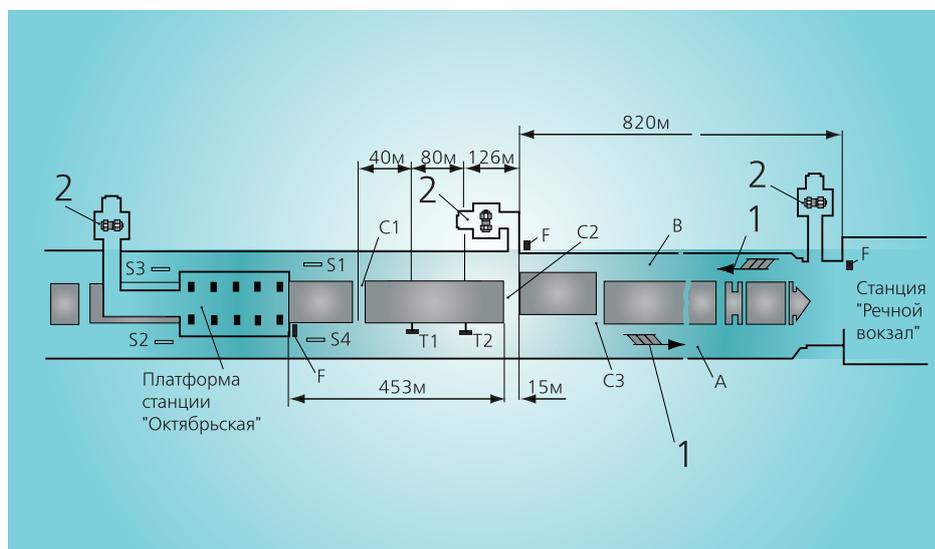


Рис. 1. Схема перегона: А, В – путевые тоннели; С1–С3 – вентиляционные сбойки; S1–S4 – измерительные пункты на станциях; T1, T2 – измерительные пункты в тоннеле; F – фоторегистраторы; 1 – направление движения поезда; 2 – вентиляционные камеры

приблизился к измерительному пункту T2. В течение периода  $t_2\text{--}t_3$  поезд проходит мимо приемников давления пункта T2. В момент времени  $t_3$  состав выходит из тоннеля на ст. «Речной вокзал» и до  $t_4$ , когда встречный поезд войдет в портал тоннеля с этой станции, на перегоне поездов не будет. За интервал времени  $t_4\text{--}t_5$  встречный состав, проследовав примерно  $680 \text{ м}$ , подходит к вентиляционной сбойке С3. В момент времени  $t_6$  его головной вагон подошел в вентиляционной сбойке С1 и к  $t_0$  поезд вышел на станцию «Октябрьская». В течение временного интервала  $t_0\text{--}t_7$  на перегоне поездов нет, а с момента  $t_7$  описанный цикл повторяется вновь.

Проведем анализ изменения скорости и статического давления воздуха по осциллограммам, представленным на рис. 2. Резкое увеличение скорости воздуха в пункте T2, обусловленное повышенным давлением перед головным вагоном поезда, начинается на  $68\text{-й}$  секунде, при нахождении состава на расстоянии  $120 \text{ м}$  от измерителя T2, т. е. в момент, когда поезд проходит вентиляционную сбойку С1. Скорость на участке после С1 увеличивается по закону, близкому к линейному – от  $3$  до  $8 \text{ м/с}$ . Затем, на протяжении  $4\text{-х}$  секунд, датчик показывает скорость

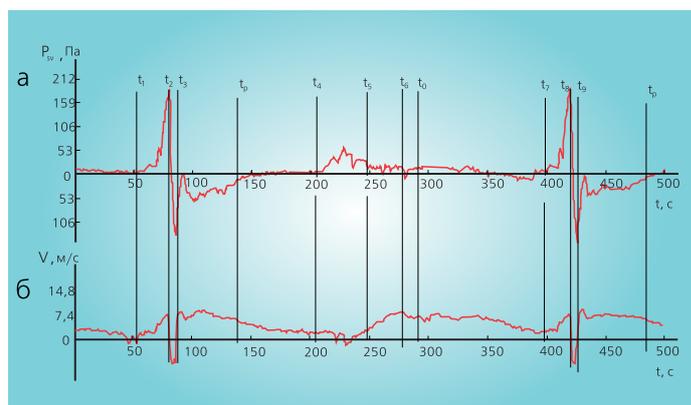


Рис. 2. Осциллограммы: а – статического давления; б – скорости воздуха в измерительном пункте T2

воздуха в зазоре между поездом и стенкой тоннеля. Эта скорость направлена в сторону, противоположную направлению движения. После прохождения последним вагоном пункта T2 воздушный поток, вызванный разрежением за хвостовым вагоном, имеет скорость  $8 \text{ м/с}$  и совпадает с направлением движения поезда. Впадина I (локальное снижение скорости) на осциллограмме 2б соответствует моменту прохождения хвостовым вагоном вентиляционной сбойки С2. Далее, за  $62 \text{ с}$ , до момента  $t_6$ , скорость потока снижается до  $5,7 \text{ м/с}$ . Исследования показывают, что поток воздуха перед головным вагоном, обусловленный повышенным давлением от движущегося состава, имеет максимальную скорость в окрестности лобовой стенки вагона и практически не фиксируется на расстоянии  $180\text{--}220 \text{ м}$  перед поездом, т. е. влияние его поршневого действия распространяется перед ним на расстояние, равное

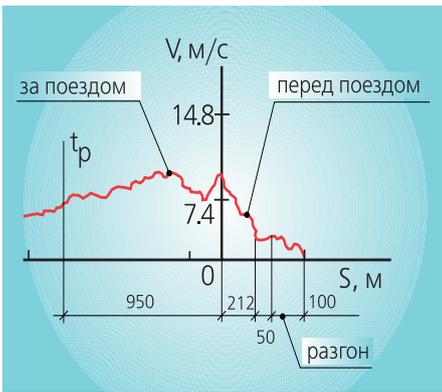


Рис. 3. Изменение скорости воздуха в тоннеле в зависимости от расстояния до движущегося поезда

35–43 калибрам тоннеля. В то же время поток воздуха, вызванный разрежением за хвостовым вагоном, действует в течение всего времени, пока поезд движется в тоннеле. Скорость воздуха при этом снижается по мере его удаления, но незначительно. Особенно хорошо это видно по участку осциллограммы во временном интервале  $t_0$ – $t_p$  (см. рис. 2 и 3). Изменения скорости воздуха, вызванные «поршневым эффектом», распространяются только на перегон, по которому движется поезд, но они незначительны и не регистрируются на смежном тоннеле в измерительных пунктах S2 и S3. Следовательно, станции являются эффективным фильтром, ограничивающим распространение возмущений от поршневого действия поезда.

Для наглядности преобразуем участки осциллограммы в интервалах  $t_1$ – $t_2$  на рис. 2б таким образом, чтобы начало координат совпало с лобовой поверхностью поезда. По оси абсцисс отложим от неё расстояние, которое получим путём умножения времени на скорость движения поезда. Аналогичное преобразование осциллограммы сделаем и для интервала  $t_3$ – $t_p$ . При этом совместим начало координат с задней поверхностью поезда, а ось абсцисс направим в сторону, противоположную его движению. Таким образом, получим графики зависимости скорости воздуха в тоннеле от расстояния до поезда. Очевидно, что давление и скорость воздуха в области возмущенного воздушного потока перед и за

движущимся составом значительно отличаются.

Давление  $P_{SV}$ , развиваемое поездом, рассчитываем по формуле:

$$\Delta P_{SV} = 0,00073 \times V_n^4 \times 9,81,$$

где  $V_n$  – скорость поезда.

Таким образом, определяется перепад давлений  $\Delta P_{SV}$ , равный их сумме перед и за движущимся объектом. Для скорости  $V_n = 19$  м/с  $\Delta P_{SV} = 466$ . Но это значительно отличается от результатов исследований, представленных на осциллограммах на рис. 2, где  $\Delta P_{SV} = 347$ . Также считается, что абсолютная величина избыточного давления перед поездом близка к разрежению за ним, а различия в абсолютных значениях  $P_{SV}$  могут достигать 60%. Очевидно, что наблюдаются значительные расхождения в определении  $P_{SV}$ , вызванном движущимся поездом. Можно предположить, что при подходе его к приемнику давления, который расположен за пределами габаритных размеров поезда примерно 0,5 м от внутренней поверхности обделки тоннеля, возрастет погрешность измерения. Это обусловлено тем, что в окрестности лобовой поверхности поезда распределение поля скоростей воздушных струй, т. е. возмущенного динамического давления, неоднородно. В то же время, за хвостовым вагоном область неоднородного потока существенно меньше.

Для определения зависимости и повышения точности измерения статического давления воздуха перед поездом и за ним, авторами были проведены экспериментальные исследования. На внешних лобовых поверхностях головного и хвостового вагонов метропоезда были установлены приемники давления. Каждый из них соединялся трубками с одним из входов двух дифференциальных манометров (рис. 4). Второй вход одного дифманометра стыковался трубкой с жестким резервуаром – «нулем», давление в котором соответствует атмосферному. Объем резервуара на 3 порядка превышал внутренний объем подводящих трубок и рабочей камеры дифманометра. У другого

Рис. 4. Размещение измерительного оборудования: а – место установки приемника давления на лобовой поверхности поезда; б – схема размещения измерительного оборудования; 1 – приемник давления; 2 – тройник; 3 – дифференциальный манометр; 4 – жесткий резервуар

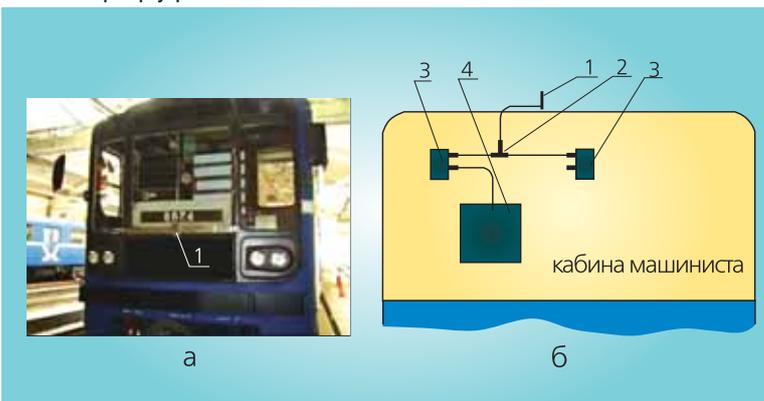
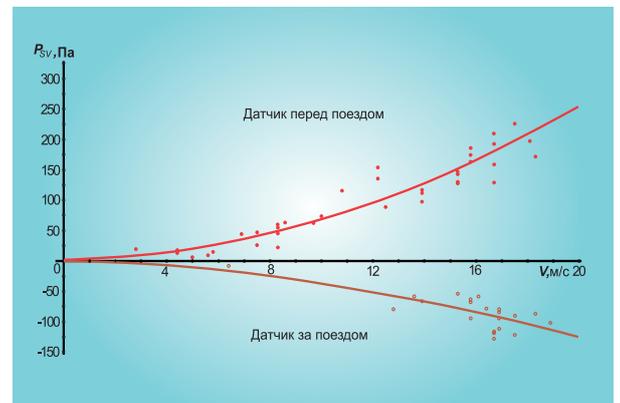


Рис. 5. Зависимость статического давления воздуха перед головным и за хвостовым вагоном от скорости движения поезда



дифманометра вход был соединен с воздухом кабины машиниста. Таким образом, одновременно измерялось статическое давление перед поездом относительно атмосферы и кабины машиниста. Та-

кой метод измерения позволил существенно сгладить скачки возмущений давления, вызванных многочисленными сбойками, разветвлениями тоннелей и т. п.

Эксперименты проводились в Новосибирском метрополитене на участке длиной около 10 км, включающем шесть станций и метромост через р. Обь. На рис. 5 приведены графики изменения статического давления перед поездом и за ним.

В результате проведенных исследований удалось разработать математическую модель возмущения потока воздуха, инициированного поездом, позволяющую использовать ее для расчетов статического воздуха распределения. Проверка адекватности предложенной модели осуществлялась в виде численных экспериментов. В них модель поезда размещалась в различных точках перегона между станциями в обоих перегонах. При этом определялась скорость воздуха в точках, соответствующих расположению измерительных пунктов T1, T2, S1, S4. Анализ результатов численного моделирования воздухораспределения, вызванного поршневым действием поездов, показал удовлетворительную схожесть с экспериментальными данными. В среднем расхождение составило 12%. Это подтверждает адекватность предложенной математической модели и позволяет рассчитывать параметры системы вентиляции с учетом динамики движения воздуха в тоннелях метрополитена от «поршневого эффекта».

## Выводы

Возмущение давления и расхода воздуха в тоннеле вследствие поршневого действия поезда распространяется только на перегон между станциями, в котором находится поезд. Станция является эффективным фильтром, ограничивающим распространение возмущений на соседние перегоны. При этом расход воздуха, вызванный разрежением давления за хвостовым вагоном, распространяется на весь тоннель от входного портала станции до движущегося поезда и существует в течение всего периода движения. Расход воздуха, вызванный повышенным давлением перед поездом, практически затухает на расстоянии, равном 35–43 калибрам тоннеля от головного вагона.



# МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ «CITY BUILD. СТРОИТЕЛЬСТВО ГОРОДОВ 2007»

**С 22 по 25 октября 2007 г. в Москве, на территории Всероссийского выставочного центра, с успехом прошел Международный форум «CITY BUILD. Строительство городов 2007».**

Подводя итоги, следует отметить, что за четыре дня работы форума выставочные мероприятия посетили 12 тыс. человек. Участниками форума стали 350 российских и зарубежных компаний, представив на выставочных стендах свои лучшие достижения и новейшие разработки.

География форума также весьма обширна. В Москве собрались ученые и практики из 30 городов России и 20 зарубежных стран – производители оборудования и строительных материалов, конструкций и технологий, архитектурно-проектные организации, инжиниринговые и сервисные компании, представители отраслевых НИИ и профессиональных ассоциаций.

Организаторами проекта являются Всероссийский выставочный центр и компания «Глобал Экспо». А в роли соорганизаторов выступили известные и весьма влиятельные в профессиональном сообществе компании и организации: Тоннельная ассоциация России, ОАО «Новое Кольцо Москвы», ЗАО «Полимергаз», МА «Системсервис», ВАНКБ, НП «АВОК», Ассоциация по автоматизации зданий BIG-RU, ГУП «Моссвет», ВНИСИ имени С. И. Вавилова, ЗАО НПСП «Светосервис», НП «Росторсвет», Фонд «АМОСТ», Ассоциация «АСПОР».

Официальную поддержку проекту оказали: Федеральное агентство по строительству и ЖКХ и Департамент градостроительства города Москвы.

Международный форум «CITY BUILD. Строительство городов 2007» объединил следующие взаимодополняющие самостоятельные выставки:

- Архитектура, планирование и реконструкция;
- Подземный город;
- Городские инженерные коммуникации;
- ДорМостЭкспо;
- Гараж и паркинг;
- Высотное строительство;
- Интеллектуальное здание;
- Свет в городе.

Также в рамках форума был представлен стенд правительства Москвы с экспозицией Москомархитектуры с макетами самых современных строительных объектов города.

Международная выставка «Подземный город» – это традиционное ежегодное мероприятие, которое позволяет широко осветить опыт освоения подземного пространства для создания городской инфраструктуры, решения неотложных проблем развития крупных городов, повышения инвестиционной привлекательности многофункциональных подземных комплексов. В ней приняли участие такие ведущие компании, как Триада-Холдинг, Мосинжпроект, Мосинжстрой, Бамтоннельстрой, Трансстрой, Крилак, Херренкнехт, Нормет, Моспроект-2, Вирт, НПО «Космос».

Международный проект «CITY BUILD. Строительство городов 2007» изначально был позиционирован организаторами, как мероприятие сугубо профессиональное. Его основная задача была сформулирована в Распоряжении правительства Москвы № 1705-РП 30 августа 2006 г. как «создание благоприятной основы для расширения взаимовыгодного сотрудничества, развития региональных и международных связей в строительстве и планировании городов и вовлечения в этот процесс российских и зарубежных компаний».

С этой целью, в рамках проведения выставочных мероприятий, была организована очень серьезная деловая программа, включающая ряд научно-практических конференций, семинаров, круглых столов.

Как принято в научных кругах, работа велась по секциям и проходила в форме пленарных заседаний.

Так, Тоннельная ассоциация России 23 и 24 октября провела Международную научно-техническую конференцию на тему «Освоение подземного пространства городов: преодоление сложных геологических и градостроительных условий». На ней было заслушано около 40 докладов специалистов из разных городов России, стран СНГ, а также представителей зарубежных фирм.

Но были в деловой программе и выездные заседания, так называемые, технические экскурсии. Участников и гостей секции «Подземный город» организатор – Тоннельная ассоциация России пригласила на две экскурсии: «Краснопресненский проспект Москвы – новые инженерные сооружения» и

«Конструкции и технологии работ по строительству межтоннельных сбоек».

В период подготовки и проведения Международной выставки «Подземный город – 2007» в Тоннельной ассоциации России прошла подготовительная часть и заключительная работа по организации и проведению 3-го конкурса «На лучшее применение прогрессивных технологий при строительстве подземных объектов».

Цель конкурса – повышение заинтересованности строительных и проектных организаций в поощрении за внедрение передовых технологий.

Конкурсная комиссия, в состав которой вошли 12 ведущих специалистов Тоннельной ассоциации России под председательством Первого заместителя руководителя Департамента градостроительной политики развития и реконструкции города Москвы А. Н. Левченко, на двух своих заседаниях детально рассмотрела 17 заявок от 31 организации, в том числе из России – 28, Германии – 1, Канады – 1 и Турции – 1.

Были приняты соответствующие решения о награждении победителей с выдачей им дипломов и почетных знаков установленного образца.

Победитель конкурса при участии его в тендере на территории Москвы и России имеет приоритет в получении заказа на проектирование и строительство соответствующего объекта.

Следует отметить еще одно обстоятельство, которое начало действовать, начиная с настоящего, третьего по счету, конкурса. Ранее, первые два проводили Департамент градостроительной политики, развития и реконструкции города Москвы, Тоннельная ассоциация России и Выставочная компания «Глобал Экспо». По предложению Тоннельной ассоциации и при поддержке Департамента градостроительства Москвы было подготовлено обращение в Федеральное агентство по строительству и ЖКХ с предложением об участии его в конкурсе и было получено согласие. Отныне на конкурс будут представлены достижения различных организаций из большего количества разных регионов страны.





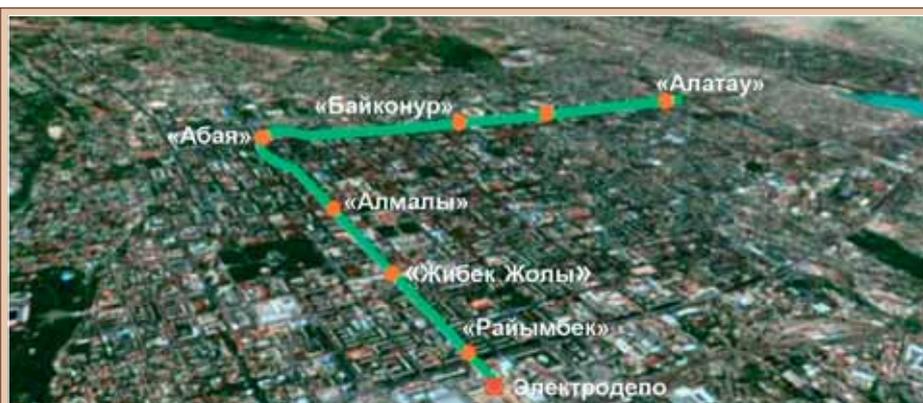
# СООРУЖЕНИЕ МЕТРОПОЛИТЕНА В г. АЛМАТЫ

## СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

М. Т. Укшебаев, В. Л. Коротков, АО «Алматыметрокурылыс», Казахстан



Самоходная станционная опалубка



Трасса первой очереди метрополитена глубокого заложения проходит через центральную часть города от проспекта Райымбека по улице Фурманова до проспекта Абая и далее – до проспекта Гагарина; периферийные участки трассы – станция «Райымбек», ветка в депо и «Алатау» – мелкого заложения.

Строительная длина – 8,56 км, эксплуатационная – 7,61 км, количество станций – семь. Среднее расстояние между ними – 1,27 км, наибольшее – 1,52 км, наименьшее – 0,99 км.

Наименьший радиус кривых в плане на перегоне «Алматы» – «Абая» – «Байконур» – 300 м. Максимальный уклон трассы по перегонам – 40 ‰. Криволинейные участки трассы по отношению ко всей длине составляют 23 %.

Станция «Алатау» – с боковым расположением платформ, остальные приняты с платформами островного типа, длина которых рассчитана на прием пятивагонных составов.

Станции глубокого заложения связаны с поверхностью наклонными тоннелями с четырьмя лентами эскалаторов.

Подземные вестибюли соединены с поверхностью пешеходными переходами.

Уникальность Алматинского метрополитена определяется комплексом особых геотехнических факторов:

- сложная региональная геодинамика Северного Тянь-Шаня;
- высокая сейсмичность территории в 9–10 баллов по шкале MSK;
- предгорная зона с наклонным рельефом, представляющая межгорную впадину;
- грунты разнообразные, слабоустойчивые, галечниковые с включениями валунов значительных размеров до 3 м в диаметре;
- разные глубины заложения перегонных и станционных тоннелей – от 11 до 60 м.

Район прокладки первой очереди метрополитена расположен на северном склоне Заилийского Алатау в пределах выноса конуса рек Большая и Малая Алматинка.

Участок строительства сложен галечниковыми грунтами с включением валунов размером от 200 до 400 мм преимущественно с песчаным заполнителем, который представлен разнородными песками кварцполевошпатового состава.

Галечниковые грунты – это обломки гранитов, гранодиориты, реже диориты, сиениты, кварциты преобладающего серого цвета, прочные, крепкие, хорошо окатанные, иногда встречаются выветрелые до состояния рыхляка.

Грунтовые воды по трассе залегают ниже уровня выработок – на глубине от 4 до 100 м.

Общая оценка инженерно-геологических условий принята как условно благоприятная.

Алматинский метрополитен один из немногих, где строительство ведется без применения рельсового транспорта. Все работы



**Монтаж ТПМК в поперечной камере ст. «Алматы» на глубине 40 м**

по вывозке грунта, доставке материалов производятся самоходной техникой – КамАЗами, малогабаритными автомобилями-самосвалами ТСШ-4Б, РАУС и погрузочно-доставочными ПД-2, ЛК-1. Подвозка и укладка бетона осуществляется бетонотранспортными машинами на базе ТСШ-4Б.

С целью реализации плана по внедрению современных технологий при прокладке Алматинского метрополитена был приобретен высокопроизводительный тоннелепроходческий комплекс (ТПМК) Herrenknecht S-320. Он должен обеспечить проходку перегонных тоннелей метрополитена, удовлетворяющих функциональному назначению в соответствии с проектом и требованиями эксплуатации в части бесперебойного и безопасного движения транспортных средств, капитальности, надежности и долговечности строительных конструкций, систем современных средств безаварийности и экологической защиты городской территории.

Участок проходки ТПМК находится в достаточно сложных условиях сооружения тоннелей вдоль пространственной кривой, где накладываются друг на друга плановые кривые и кривые продольного профиля.

Принципиальная схема ТПМК диаметром 5,86 м основана на новой технологии, предусматривающей при проходке систему активного грунтопригруза и монтажа сборной железобетонной сейсмостойкой водонепроницаемой обделки из высокоточных блоков с упругими уплотнительными прокладками в стыках, а также использование конвейера для транспортировки разработанного грунта по тоннелю и далее на поверхность через наклонный ход.

Применение грунтопригруза связано с необходимостью обеспечения стабилизации грунта при неустойчивом забое для предупреждения осадок земной поверхности в условиях существующей плотной городской застройки.

Рабочий орган ТПМК, оснащенный режцовым инструментом для разработки мягких грунтов и дисковыми шарошками, способными дробить валуны (размером 300–400 мм и более). Такая схема дает возможность



**Валуны, встречающиеся по трассе перегонного тоннеля**



**Износ ротора ТПМК**

разрабатывать забой при вращении ротора в любом направлении.

ТПМК состоит из механизированного щита для сооружения тоннелей в слабоустойчивых грунтах и защитного комплекса оборудования.

Принятая технология проходки тоннелей включает современные компьютерные навигационную и управляющую системы, обеспечивающие ведение щита с минимальными отклонениями в плане и профиле. Интегрированное оборудование ТПМК и использование универсальной конструкции обделки из высокоточных колец позволяют получить тоннельную обделку высокого качества как на прямых, так и на кривых участках перегонных тоннелей.

ТПМК ведет проходку перегонов на участке ст. «Алматы» – «Абая» – «Байконур» общей протяженностью 2,98 км.

Для осуществления пуска в работу комплекса специалистами АО «Алматыметрокурылыс» и фирмы «Herrenknecht AG» решена технически сложная задача – монтаж ТПМК на глубине 40 м в стесненных подземных условиях. ТПМК был собран в течение трех месяцев, а его запуск в работу осуществлен в мае 2006 г.

На первых 100 пог м проходки комплекс находился на гарантийном обеспечении фирмы-производителя и сопровождался её представителями, которые выполняли отладку всех систем и обучали специалистов АО «Алматыметрокурылыс».

Учитывая инженерно-геологические условия участка строительства, после проходки 350 м был выявлен большой износ ротора, а также винтовой части и корпуса шнекового конвейера ТПМК. Было принято решение по восстановлению изношенных частей с применением пластин специального металла с большой стойкостью к истиранию.

Испробовав пластины из нескольких марок стали с различными физико-механическими свойствами, мы остановились на хорошо себя зарекомендовавшей стали, изготавливаемой в Республике Казахстан. Вся контактирующая с забоем часть ротора была усилена дополнительными металлическими пластинами толщиной 60 мм, что позволило очень надежно защитить шарошки и их крепление от износа при разрушении валунов большой крепости. Также решили повысить крутящий момент ротора за счет регулировки гидромоторов привода, что позволило разрабатывать забой за более короткое время.

При тяжелых условиях работы шнекового конвейера произошло истирание его винтовой части с проектной высоты 240 до 40 мм, и выдача разработанного грунта этим конвейером стала невозможной. Чтобы иметь доступ к винтовой части шнекового конвейера ТПМК корпус сделали разъемным. Для устранения износа применили специальное литье профиля винтовой части шнека с наплавкой твердосплавными электродами, что позволило восстановить шнек для нормальной работы.

Учитывая происходящий износ ротора и шнекового конвейера, было принято решение выполнять восстановительные работы через каждые 300 м проходки с целью своевременного восстановления изношенных частей и успешного продолжения проходки.

С момента пуска комплекса сооружено уже свыше 2 км тоннелей.

Параллельно сборке ТПМК в перегоне от ст. «Жибек» до ст. «Алматы» и её наклонном эскалаторном тоннеле производился монтаж оборудования ленточных конвейеров:

- приводных станций;
- ленточной кассеты (в перегонном тоннеле);
- металлоконструкций подвески транспортерной ленты.

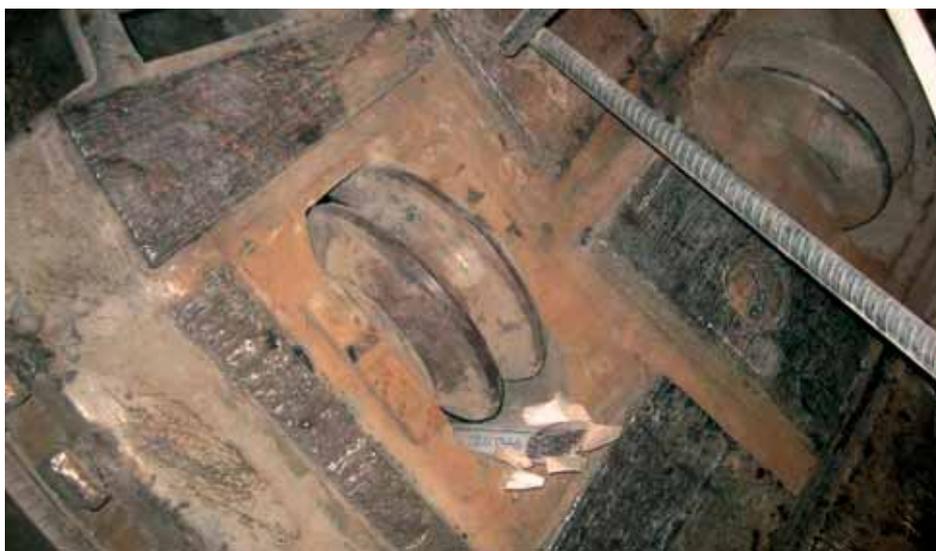
В перегонном тоннеле лента конвейера продвигается по мере проходки тоннеля за счет запаса в кассете до 100 м, а в наклонном используется стационарный специальный конвейер для транспортировки грунта под углом 30°.

По этой схеме разработанный грунт транспортируется по конвейеру перегонного тоннеля и выдается на поверхность по наклонному.

Для своевременного ввода в эксплуатацию станций первой очереди метрополитена специалистами АО «Алматыметрокурлылыс» было использовано современное оборудование и новая технология строительства. Впервые на территории СНГ внедрен Новоавстрийский тоннельный метод (НАТМ) при возведении станции пилонного типа «Жибек-Жолы». Эта же технология применяется



Износ шнекового конвейера ТПМК



Восстановление ротора установкой пластин

и на остальных четырех станциях глубокого заложения.

В период проектной проработки конструкции ст. «Жибек Жолы» было проведено исследование напряженно-деформированного состояния обделки станционных тоннелей, а также определение характера её взаимодействия с грунтом на разных этапах строительства с помощью наиболее апробированного и универсального метода физического моделирования – применения эквивалентных материалов. Экспериментальные исследования велись в лаборатории моделирования тоннелей кафедры тоннели и метрополитены ПГУПСа под руководством профессора Д. М. Голицынского и позволили установить места с наибольшими значениями растягивающих и сжимающих напряжений в обделке и учесть это при её армировании.

Технология НАТМ позволяет в кратчайшие сроки возвести основные несущие конструкции станции глубокого заложения по сравнению с традиционными методами и с минимальными осадками дневной поверхности, а также максимально обезопасить и механизировать труд проходчиков.

С использованием данной технологии получена скорость проходки станционных тоннелей во временном креплении более 24 пог. м в месяц, а темпы возведения постоянной обделки – не менее 30 м в месяц.

Безопасность эксплуатации Алматинского метрополитена обеспечена применением сейсмостойких тоннельных конструкций, разработанных ведущим инсти-

тутом на территории СНГ – НИЦ «Тоннели и метрополитены» филиал ОАО ЦНИИС (Москва), и внедрением при строительстве станционных тоннелей прогрессивных решений фирмы «Бетон-унд Монирбау» (Австрия).

В районе сооружения перегонных тоннелей в местах пересечения с ул. Жарокова и проспектом Гагарина, учитывая интенсивность транспортного движения и большой объем действующих инженерных сетей, вынос которых из зоны строительства сильно затруднен по техническим и экологическим причинам, применили технологию микротоннелирования для возведения защитных экранов при строительстве тоннелей без вскрытия земной поверхности.

Для этих целей использовали микротоннелепроходческий комплекс AVN-600 фирмы «Herrenknecht AG».

Были выполнены также работы по устройству защитного экрана из труб диаметром 820 мм в сводовой части тоннеля и осуществлена его проходка под ул. Жарокова. В настоящее время ведётся устройство экранов под проспектом Гагарина.

Применение высокопроизводительного тоннелепроходческого комплекса Herrenknecht S-320 с конвейерной транспортировкой грунта, Новоавстрийского метода при сооружении станционных комплексов позволит значительно сократить сроки строительства и произвести пуск первой очереди метрополитена в г. Алматы в установленные сроки.

# ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА НОВОГО УЧАСТКА МЕТРОПОЛИТЕНА В ПРАГЕ

Р. Достал, Метростав, Прага

## Участок линии метро IV.C1 – Прага, Голешовице – Ладви

Построенный новый участок метро IV.C1 продлил трассу С на 3981 м и соединил её со станцией «Вокзал Голешовице», после которой она резко уходит вниз, а тоннели пролегают под дном реки Влтавы. Далее трасса поднимается в максимально разрешенном уклоне 39,5 ‰, и в районе улицы Полтавской тоннели выходят на поверхность. Затем следует протяженный участок двухпутного тоннеля, который приблизительно за 250 м до станции «Кобылисы» разделяется на два тоннеля с одним путем.

Односводчатая станция «Кобылисы» возведена на глубине 31,5 м в скальном массиве. Она имеет два вестибюля – западный подземный и восточный на поверхности. Для лиц с ограниченной возможностью передвижения предусмотрена транспортировка их на поверхность с помощью лифта.

Трасса метро продолжается с максимальным подъемом сначала двумя тоннелями с одним путем, которые приблизительно через 200 м опять соединяются в один двухпутный. Перед станцией «Ладви» прочность грунта настолько низкая, что тоннели, станции и вспомогательные запасные пути были построены в открытом котловане.

Вестибюль этой станции размещен над перроном и конструктивно образует с ней единое целое.

Расстояние между станциями «Вокзал Голешовице» – «Кобылисы» – 2749 м, «Кобылисы» – «Ладви» – 1140 м.

## Проходка перегонных тоннелей под р. Влтавой

Технология выдвигаемых тоннелей представляет собой оригинальный способ строительства. Изначально предложенный вариант, за небольшими исключениями, был не достаточно быстрым. Кроме того, возникал большой риск из-за погодных условий, да и расходы оказались довольно высокими. Реализованная технология позволила сократить сроки строительства и финансовые затраты, менее зависит от внешних погодных условий, но технически более сложная. Она особенно эффективна с точки зрения экологического влияния проведения работ на окружающую среду, существенно ограничивая вмешательство в берега и русло р. Влтавы. Трудность применения данного способа заключалась в том, что уровень воды в реке очень низкий и сложная, в смысле высоты и направления, изогнутая форма тоннеля.

Принцип хода строительства состоит в том, что на дне реки выкапывается ров, тоннели постепенно бетонируются в яме на берегу, которая имеет характер сухого дока, который потом затопляется, а отдельные отрезки тоннелей по всей длине передвигаются и устанавливаются в окончательное положение. После укрепления и засыпки тоннели соединяются с остальными частями трассы метро.



Проходка под р. Влтавой

### Технические данные, м:

длина строительного отдела	217
длина выдвигной части	168
глубина рва под поверхностью воды	12
высота тубуса	6,5
ширина тубуса	6,48

### Радиусы изгиба, м:

правый тоннель напротив арки	750
высотная арка	3800
левый тоннель напротив арки	670
высотная арка	3800

### Главные физические объемы, м³:

копание рва в р. Влтаве	57070
конструкция тоннелей В 30 V 12	5480

## Двухпутные тоннели

На трассе метро IV.C1 пройдены два двухпутных тоннеля общей протяженностью 1925,3 м. Оба участка сооружены Новоавстрийским способом. На отрезке между станциями «Ладви» и «Кобылисы» проходка была осуществлена по нисходящей, с использованием взрывных работ, за ст. «Кобылисы» – по восходящей в глинистых сланцевых шарецких слоях, порталный участок – в выветрелом слое шарецких сланцев. Здесь для проходки был предложен защитный экран из микросвай. Тоннель перед улицей Тройской пройден без применения взрывных работ со щадящей разработкой горной породы фрезой, за ней – с помощью буровзрывных работ. Выемка на всех отрезках была горизонтально разделена на выемку свода с опорами и на добор дна, в порталном – таким же образом, но только вертикально.

Обделка пройденного тоннеля с двумя путями состоит из двух слоев бетона с про-



Док на берегу

межуточной изоляцией из пленки ПВХ. Первичная обделка выполнена из распыленного бетона в комбинации с креплением стальными решетчатыми арками и бетонировочными сетками, постоянная – из монолитного железобетона, залитого в два этапа. Сначала было забетонировано дно тоннеля, затем его опоры и свод до передвижной опалубки. На отрезках с повышенным гидростатическим давлением толщина обделки была увеличена.

Поперечный профиль тоннеля с двумя путями в свету можно было изменять в зависимости от расстояния между осями путей метро в интервале от 3,7 до 6,5 м в месте соединения с однопутными тоннелями у станции «Кобылисы».



# СООРУЖЕНИЕ КАБЕЛЬНОГО КОЛЛЕКТОРА ЩИТОВЫМ СПОСОБОМ С ПНЕВМОПРИГРУЗОМ ЗАБОЯ В МОСКВЕ

Д. В. Добрянский, зам. главного инженера ООО «Трансстройтоннель»

Проект строительства кабельного тоннеля щитовым способом на участке ПС «Гражданская» – ПС «Войковская» разработан согласно Постановлению правительства г. Москвы № 301-ПП от 02.05.2006 г. «О реализации мероприятий по реконструкции кабельных линий электропередачи 110, 220 кВ с увеличением их пропускной способности».

В соответствии с утвержденным проектом предусматривалось сооружение кабельного коллектора на участке К № 5 – К № 7 механизированным щитом диаметром 3,79 м с пневмопригрузом. На данном участке запроектировано возведение обделки из высокоточных водонепроницаемых блоков.

Тоннель проходит по зоне городской застройки на глубине 8–10 м и заложен в толще мореных суглинков с щебнем, обводненных флювиогляциальных и аллювиальных отложений, представленных наслоением песков, супесей и суглинков. В забое щита встречаются смешанные грунты, вплоть до пльвунного типа. Гидростатический напор подземных вод составляет 7–9 м. Гидрогеологические условия являются крайне сложными, так как водоупорные флювиогляциальные моренные суглинки располагаются в днище тоннеля, а в его кровле – обводненные пески с повышением уровня подземных вод до 7 м, которые при динамической нагрузке переходят в пльвунное состояние.

Принципиальная схема ТПМК фирмы «БЕССАК» основана на технологии, предусматривающей при проходке применение сжатого воздуха (пневмопригруза), экскаваторной разработки грунта в рабочей зоне, ограниченной призабойной камерой щита, а также водонепроницаемой железобетонной обделкой из высокоточных блоков, снабженных упругими прокладками в стыках. Использование сжатого воздуха связано с необходимостью стабилизации неустойчивого обводненного забоя, недопущением осадков (более 10 мм) земной поверхности при обеспечении благоприятного режима проходки и механизированной разработки грунта.

Участок щитовой проходки общей протяженностью 455,25 м начинается от камеры № 5 и заканчивается в демонтажной камере № 7. Часть трассы пролегает вдоль линий МКС и пересекает большое число подземных коллекторных, кабельных и других переходов (учтенных до 89), водопроводы и водостоки.

Указанные обстоятельства предъявляют особые требования по обеспечению безопасности проходки. Сооружение тоннеля на участках прохождения его под коммуникациями и дорогами, а также вблизи зданий и сооружений производилось с предварительным нагнетанием тампонаж-



ного раствора в грунт верхней половины забоя на глубину 2–3 м через три-четыре инжектора, задавливаемых из призабойной камеры, и с нагнетанием этого раствора за щитовую оболочку через патрубок, находящийся в верхней части щита.

Разработка грунта осуществлялась экскаваторным рабочим органом на величину очередной заходки. Верхняя часть забоя разрабатывалась при поднятых забойных плитах синхронно с передвижением щита, нижняя – при необходимости, при закрытых плитах. Порода транспортировалась при помощи шнекового конвейера, который обеспечивал выемку грунта без нарушения давления в рабочей камере. Откатка производилась электровозом.

Для обеспечения необходимым объемом сжатого воздуха для пневмопригруза на строительной площадке была установлена компрессорная станция. В её состав входили: воздушный накопитель объемом 25 м<sup>3</sup>, пункт регулирования давления и семь компрессоров, которые автоматически подключались при повышении расхода воздуха. Суммарная мощность установки составляла 1800 л/с. Для необходимой очистки воздуха была предусмотрена система фильтров. Воздух на ТПМК подавался по двум трубопроводам: основному и резервному.

Техническое обслуживание и ремонт экскаваторного рабочего органа под давлением воздуха производились кессонной службой: техническое обслуживание ежедневно, ремонт – при необходимости. Ремонтники кессонной службы находились под строгим медицинским наблюдением, для чего на строительной площадке был организован медицинский пункт с постоянно дежурившим врачом.

Кольца обделки тоннеля монтируются из шести железобетонных блоков, укладываемых

с перевязкой швов. Внешний диаметр обделки составляет 3680 мм, внутренний – 3200 мм, номинальная длина кольца – 1200 мм, толщина – 240 мм. Блоки изготавливались из тяжелого бетона со следующими показателями: В40, W8, F75. Каждый блок оснащён упругой резиновой прокладкой и водонабухающей резиной, которая устанавливалась на строительной площадке перед монтажом колец в специальном помещении. Кольца монтировались в 16-ти вариантах со сдвигом 22,5°, что обеспечило перевязку швов. Положение замкового блока определяется до монтажа компьютером из условия наилучшего вписывания обделки в проектную трассу. Радиус кривой при проходке составлял 300 м.

Нагнетание тампонажного раствора за обделку производилось одновременно по обе стороны кольца в два симметрично расположенных отверстия вместе с перемещением щита. Для нагнетания использовали два насоса, оснащенных манометрами и обеспечивающих независимо друг от друга необходимое давление и количество подаваемого раствора, который доставлялся к месту подачи электровозом одновременно с блоками обделки.

Приготовление тампонажного раствора производилось в растворяющем узле, смонтированном на поверхности и оборудованном для работы в зимних условиях.

Проходка щитом начиналась 25 октября 2006 г. После его врезки были смонтированы защитный комплекс и система вентиляции, оборудован руддвор, установлен электровоз.

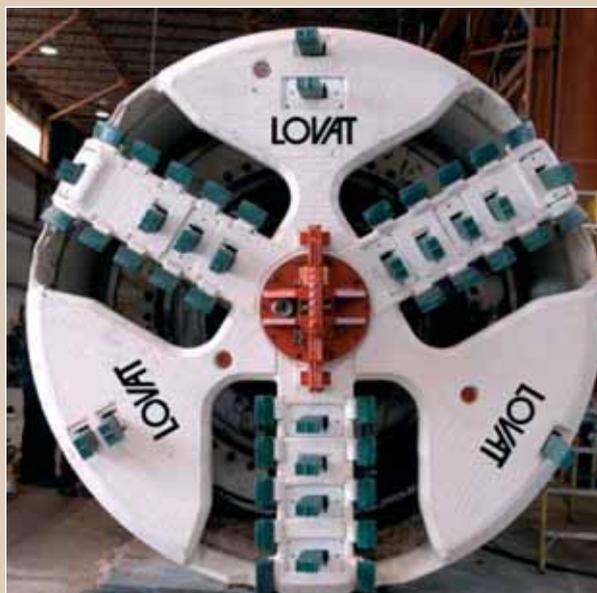
Средняя скорость проходки составляла 8 колец в сутки (9,6 пог. м готового тоннеля), максимальная – 12 колец (14,4 пог. м готового тоннеля).

Окончание проходки 26.12.2007 г.



## НОВОСТИ LOVAT

### НОВЫЙ ТОННЕЛЕПРОХОДСКИЙ КОМПЛЕКС «ЛОВАТ» ДЛЯ БАБУШКИНСКОГО КАБЕЛЬНОГО КОЛЛЕКТОРА В МОСКВЕ



Московская организация ООО «Спецтоннельстрой» получила новый тоннелепроходческий комплекс канадской фирмы «Ловат» модели RME 129 SE серии 23500 с грунтовым пригрузом забоя. Данная машина предназначена для проходки кабельного тоннеля от подстанции Бабушкино в Москве.

ТПМК диаметром 3,3 м должен будет пройти около 700 м в флювиогляциальных и морских отложениях. Грунт по большей части состоит из заиленного песка мелкой и средней крупности, а

также гравия. Уровень грунтовых вод находится на 10 м от дневной поверхности, в то время как трасса тоннеля проходит на глубине от 5 до 20 м. Врезка щита будет осуществляться в обводненных грунтах.

Компания «Ловат», помимо ТПК и защитного оборудования, также запроектировала и поставила подрядчику формы для производства тоннельной обделки. Специалисты фирмы осуществляют монтаж, тестирование и запуск комплекса. Начало проходки ожидается к концу текущего года.

[www.LOVAT.com](http://www.LOVAT.com)

## ООО «КОМПАНИЯ КРОТ» – ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ВОССТАНОВЛЕНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЙ

А. М. Абрамов, генеральный директор

А. Н. Семенов, зам. генерального директора по науке

П. В. Тананакин, главный технолог, ООО «Компания Крот»



Начало проходки микрокомплексом MTS 2000

**Интенсивная застройка и рост населения Москвы за счет резко увеличившегося притока иногородних граждан вызвали весьма ощутимую перегрузку и без того изношенных, со сниженным запасом надежности, тридцати–сорокалетних и более старых инженерных коммуникаций и сооружений.**

**Наряду с необходимостью проведения модернизации и ремонта существующих коллекторных тоннелей, а также строительства новых для нужд традиционных видов инженерного обеспечения города, существенно возрастают объемы строительства тоннелей для подземной прокладки кабельных линий электропередач. На территории Москвы протяженность воздушных высоковольтных линий составляет десятки километров.**

**К**омпания Крот, как и в прошлые годы, в 2007 г. осуществляет строительство новых, а также ремонт и реконструкцию существующих коллекторных тоннелей различного назначения. Сооружение, реконструкция и ремонт канализационных коллекторов ведется в Восточном административном округе (ВАО); строится тоннель для прокладки кабельных линий в Северо-Восточном округе (СВАО), а также коммуникационный в Зеленограде. Идет подготовка к строительству аналогичных объектов в других районах Москвы, в частности, канализационного тоннеля глубокого заложения от Новорязанской улицы до коллектора в Нижне-Сусальном переулке, на Фрунзенской набережной и др.

Для проходки тоннелей объекта «Кабельный коллектор от п/ст «Дубнинская» были применены механизированные проходчес-

кие комплексы с экскаваторными щитами диаметрами 3,6 и 4,0 м.

Строительство их осуществляется в сложных гидрогеологических условиях: в песчаном, супесчаном грунтах, а на отдельных участках – пльвинного характера. Осложняется проходка наличием валунов, особенно крупных, превышающих порой 500 мм.

Трассу тоннеля пересекают многочисленные инженерные коммуникации – водоводы, кабельные линии, канализационные сети и др.

Для повышения безопасности работ при проходке головные части щитов оснащены горизонтальными ножевыми площадками и забойными плитами с гидравлическим приводом.

Кабельные тоннели собираются из шести железобетонных блоков трапециевидной формы (рис. 1). Тампонаж производится непосредственно за второе-третье кольцо после схода их с хвостовой части оболочки щита.

В последующем, с целью обеспечения надежности и долговечности кабельного тоннеля, перед возведением вторичной обделки, внутренняя поверхность его выстилается с пристреливанием дренажно-защитного слоя геотекстиля, на который монтируется гидроизоляция из ПВХ чулочного типа (рис. 2) и арматурный каркас на заходку длиной 5 м.

Возведение вторичной обделки выполняется механизированными опалубками. Конструктивная схема сечения стенки кабельного тоннеля показана на рис. 3.

Бетонная смесь подается к опалубке пневмоподатчиками емкостью 2 м<sup>3</sup>. Пока бетонная смесь набирает разопалубочную прочность, производятся операции, описанные выше по подготовке очередного цикла бетонирования тоннеля.

В ВАО на объекте «Перекладка Реутовского канализационного коллектора» тоннели со-



Рис. 1. Общий вид тоннеля из железобетонных блоков



Рис. 2. Монтаж геотекстильного и гидроизоляционного слоев

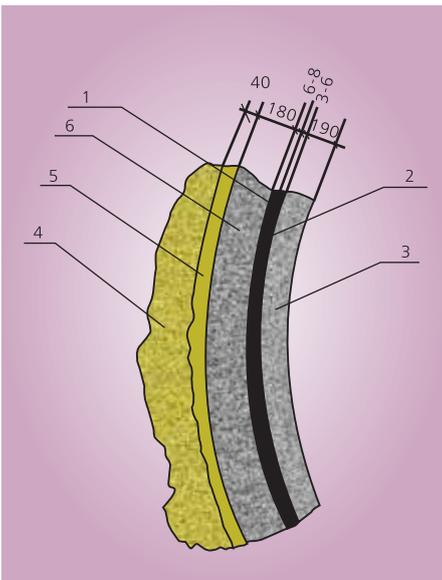


Рис. 3. Конструктивная схема сечения стенки кабельного тоннеля: 1 – дренажно-защитный слой, 2 – гидроизоляция ПВХ, 3 – железобетонная обделка тоннеля, 4 – массив грунта, 5 – тампонаж, 6 – блочная крепь, 7 – дренажно-защитный слой из геотекстиля

оружаются с помощью микрокомплекса MTS-2000 (изготовитель фирма «Perforator», Германия) методом продавливания железобетонных труб длиной 3 м, наружным диаметром 1780 мм, внутренним 1500 мм с полиэтиленовой футеровкой, которая по окончании очередного интервала проходки сваривается.

Трасса тоннеля пролегает в обводненных песчаных, супесчаных и суглинистых грунтах с включениями булыжников, галечника и валунов размерами 200–250 мм. Интервалы проходки по длине между стартовыми и финишными котлованами достигают более 300 м. При интервалах большой длины и в зависимости от горно-геологических условий используются промежуточные дократные станции.

Одним из важнейших и ответственных этапов в подготовке строительства тоннелей, является сооружение шахтных стволов и котлованов. В 2007 г. в ООО «Компания Крот» было построено 19 стволов и котлованов.

Серьезно осложняется выполнение работ в этом виде строительства – наличие неустойчивых обводненных грунтов. В этих случаях широкое распространение получило шпунтовое ограждение. При этом погруже-



Рис. 4. Вибропогружение шпунта Larssen

ние шпунта, как правило, осуществляется забиванием его в грунты ударным способом молотами различной конструкции, вплоть до использования «баб». Это вызывает в окружающих породных массивах сейсмические колебания низкой частоты со значительной возмущающей энергией, способные нарушить целостность фундаментов зданий, подземных коммуникаций и др.

Естественно, применение таких способов в условиях городской застройки не допускается.

Во избежание указанных недостатков устройство данного ограждения при сооружении шахтных котлованов в условиях города ООО «Компания Крот» выполняет способом высокочастотного вибропогружения типа «Larssen» вибропогружателем «Movax», который навешивается на стрелу экскаватора «Hunday» (рис. 4) и гидравлически запитывается от насосной станции на экскаваторе.

В случаях возникновения значительных сопротивлений погружению шпунта при пересечении плотных слоев грунта, предусмотрено их ослабление предварительным опережающим бурением или головная часть шпунта оснащается размычковыми форсунками. На рис. 5 показан извлекаемый из пробуренной скважины став шнеков.

В 2007 г. одиннадцать шахт и котлованов сооружены со шпунтовым ограждением при использовании высокочастотного вибропогружения шпунта.

Рис. 5. Извлечение става шнеков из пробуренной скважины



# ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ, ВНЕДРЯЕМЫЕ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ГОРНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ

Ю. С. Фролов, д. т. н., профессор ПГУПС

Со второй половины прошлого столетия отмечается интенсивное развитие сети крупных европейских железнодорожных и автомобильных магистралей. В настоящее время во многих странах Европы (Франция, Германия, Италия, Нидерланды, Бельгия, Норвегия, Португалия, Испания, Великобритания) проложены высокоскоростные железнодорожные трассы. Активно растет сеть скоростных автомобильных дорог (Трансальпийская и Транспиренейская автомагистрали из центральной Европы в Италию, Испанию и Португалию). Увеличивается количество транспортных магистралей в странах азиатского континента (Япония, Китай, Корея, Тайвань). Значительное число транспортных тоннелей предстоит построить в ближайшие годы и в России.

В этот период коренным образом меняется концепция принятия решений при обосновании трассы тоннельного пересечения в условиях горного рельефа. Такие сооружения из объекта, предназначенного только для преодоления высотных препятствий, становятся средством улучшения эксплуатационных качеств транспортной магистрали. Поэтому предпочтение отдается протяженным базисным тоннелям, обеспечивающим на трассе повышение скорости сообщения и безопасность движения за счет снижения уклонов и увеличения радиусов кривых. В последние годы в связи с ужесточением требований по охране окружающей среды, в частности, сохранению природных ландшафтов, мест обитания редких животных и реликтовых растений, в условиях даже сравнительно спокойного холмистого рельефа предусматривают прокладку автомобильных и высокоскоростных железных дорог в тоннелях. С ростом городских территорий возрастают потребности в упорядочении транспортных артерий путем сооружения тоннельных объектов на городских магистралях, кольцевых дорогах и на обходах крупных городов.

В качестве примера можно привести высокоскоростную железнодорожную линию,

соединяющую западный портал тоннеля под Ла-Маншем с Лондоном, где предполагается увеличить среднюю скорость сообщения со 100 до 200 км/ч. Из-за требований, продиктованных экологическими принципами, 24 % линии протяженностью 108 км пройдет в тоннелях. Для сохранения заповедной зоны на обходе г. Вены сооружаются два двухпутных железнодорожных тоннеля: WIENERWALD длиной 13,35 км и LAINZER – 12,8 км. В Москве трасса автомагистрали в заповедных зонах исторической застройки Лефортово и Серебряный Бор также проложена в тоннелях.

В настоящее время самым протяженным горным железнодорожным тоннелем мира является построенный в 2007 г. Лёчберг в Швейцарии длиной 34,6 км. Затем следуют Гуадаррама длиной 28,4 км, проложенный в Испании в феврале 2005 г., и Хаккода длиной 26,5 км, сданный в эксплуатацию чуть раньше в этом же году в Японии. Однако после завершения проходки Готтардского тоннеля протяженностью 57 км (2012 г.) эти рекорды останутся в прошлом.

Самым протяженным автодорожным тоннелем в мире является Лаэрдаль в Норвегии (24,5 км), далее следуют 18-километровый Жонгнаншань в Китае (находится в стадии строительства), Готтардский тоннель в Швейцарии – 16,9 км (построенный в 1980 г.), 14-километровый Арлберг в Австрии (1971 г.) и PINGLIN – 12,9 км, сооруженный в Тайване в 2004 г. Заканчиваются подготовительные работы на проходке автодорожного тоннеля длиной 17 км между Францией и Италией.

Резкому увеличению объемов строительства транспортных тоннелей способствовали существенные изменения в освоении новой техники и внедрении высоких технологий. Эти изменения по степени влияния на состояние техники и технологии транспортного тоннелестроения могут быть поставлены на один уровень со скачком в области прокладки тоннелей, отмеченным в начале XIX века, когда был изобретен пироксилин

и динамит, и получили развитие буровзрывные работы (БВР). В настоящее время в ряде стран наряду со стремительным развитием БВР разработаны новые методы проведения работ в различных инженерно-геологических условиях, внедрены эффективные конструктивные типы крепи, универсальные механизированные проходческие комплексы и комбайны. Динамично развивающийся технический прогресс в тоннельном строительстве вполне отвечает современным требованиям высоких технологий.

Развитие приемов и методов сооружения горных транспортных тоннелей идет по двум традиционным направлениям: проходка горным способом и с применением тоннелепроходческих механизированных комплексов (ТПМК). В связи с этим в подавляющем большинстве случаев главным вопросом в процессе принятия проектных решений при прокладке горных тоннелей является выбор способа сооружения между горным и ТПМК. Ниже приводятся примеры из практики, которые представляются весьма показательными для суждения как об успешных, так и ошибочных решениях.

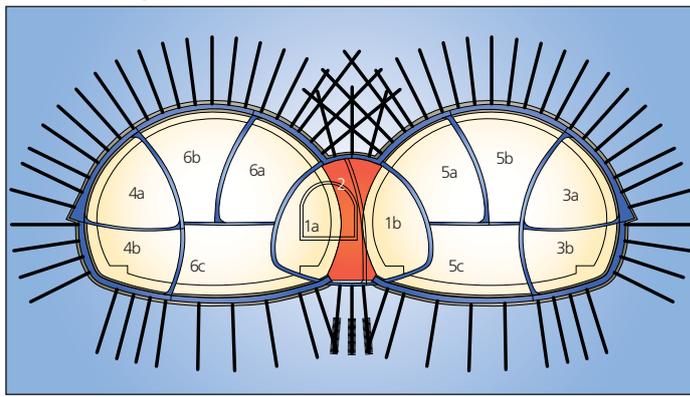
Анализ мирового опыта строительства транспортных тоннелей горным способом позволяет выделить два, которые отвечают на современном этапе развития тоннелестроения требованиям «высоких технологий»: новоавстрийский (NATM) и норвежский (NTM) методы.

В первом выработка раскрывается по частям на полный профиль и поддерживается на временной крепи до возведения обделки, которую бетонируют за один прием, начиная с фундамента и кончая сводом. Новация заключается в переходе на поточную схему организации работ даже в слабых неустойчивых грунтах и применении контурной податливой крепи из набрызг-бетона в комбинации с анкерами или с арматурными арками, устанавливаемыми с различным шагом. Раскрытие большепролетной выработки на полное сечение с поддержанием ее на времен-

Рис. 1. Сооружение выработок с устройством экрана из труб



Рис. 2. Схема проходки смежных тоннелей



ной крепи ведется по различным схемам.

В относительно благоприятных условиях сечение тоннеля разбивается на две-четыре ступени, и разработка забоя растягивается по длине, причем продвижение каждой нижерасположенной ведется с отставанием по длине (15–20 м) от разработки ступени, находящейся выше.

В слабых неустойчивых грунтах раскрытие выработки большого пролета начинают с более устойчивых элементов профиля – с проходки боковых штолен, придавая их сечению очертание «готической арки». Затем с отставанием на 15–30 м последовательно разрабатывают калотту, уступ и лотковую часть тоннеля. При этом крепь каждого раскрываемого элемента должна быть замкнута.

Показателем в этом отношении чешский опыт строительства автодорожного тоннеля в пригороде Пльзени, где проходит часть Трансевропейской дорожной сети. Основной тоннель выполнен из двух смежных длиной 390 и 380 м. Он сооружался путем последовательной проходки центральной штольни и двух большепролетных выработок площадью по 154 м<sup>2</sup> каждая.

Врезка всех трех выработок осуществлялась с устройством опережающего экрана из труб (рис. 1). После сооружения центральной штольни и бетонирования общей опорной конструкции в виде продольной аркады осуществляли проходку смежных тоннелей (по схеме, представленной на рис. 2) в слабых скальных грунтах с креплением арматурными арками, омоноличенными набрызгбетоном толщиной 250–300 мм со стальной сеткой, и анкерами. Эти работы заняли примерно семь месяцев. Постоянная обделка толщиной 400 мм и обратный свод 600 мм выполнялись из монолитного бетона.

Гибкая технология NATM позволяет сравнительно легко приспосабливаться к изменяющимся по трассе тоннеля инженерно-геологическим условиям без замены основного технологического оборудования за счет различных схем поэтапного раскрытия опережающих забоев и возможности варьирования конструктивным решением временной крепи. Повышение несущей способности обделки в слабых грунтах достигается не путём увеличения ее толщины, а за счет податливой временной крепи и овального очертания поперечного сечения конструкции, замкнутой мощным обратным сводом.

Метод, реализуя возможность управления горным давлением за счет податливой временной крепи, позволяет включить в работу грунтовый массив и, в конечном итоге, снизить нагрузку на обделку тоннеля. Отсюда следует, что ведение проходки требует не только высокой культуры производства, применения современного горно-проходческого оборудования и надежных средств измерения, но и определенно-го уровня знаний технического персонала о геомеханических процессах, возникающих в грунтовом массиве при его нарушении выработкой, одновременного представления о механизме взаимодействия системы «крепь – грунтовый массив».

Концепция норвежского тоннельного метода (NTM) разработана для сооружения тоннелей в более широком диапазоне инженерно-геологических условий.

При NTM для оценки качества породного массива и необходимого типа временной крепи тоннеля пользуются эмпирической системой Q. Конструктивные параметры крепи практически детерминированы этим обобщенным критерием, который количественно выражен многочисленными показателями, характеризующими физико-механические свойства грунтового массива, вмещающего выработку (мониторинг выполняют только в критических ситуациях). Отсюда следует, что NTM является не способом строительства тоннелей, а совокупностью методик, определяющих только конструктивные параметры крепи в конкретных инженерно-геологических условиях. Чем они благоприятнее, тем с большей эффективностью могут быть реализованы рекомендации методики.

Как следует из опубликованных материалов, при сооружении тоннелей по методу NTM повышаются скорость проходки и безопасность производственного процесса, снижаются финансовые затраты. В частности, подчеркивается, что при высоком качестве строительства железнодорожных и автодорожных тоннелей темпы работ в относительно благоприятных условиях достигают 250–300 м в месяц.

Специалисты многих стран с интересом наблюдают за использованием тоннелепроходческих механизированных комплексов (ТПМК) при прокладке транспортных тоннелей. Проходка щитом, оснащенным исполнительным органом роторного типа (Ловат, Вирт, Херренкнехт и др.), ведется на



Рис. 3. Тоннелепроходческий механизированный комплекс фирмы «Херренкнехт» диаметром 9,6 м

полное сечение диаметром до 14,6 м и длиной 150–400 м с одновременным устройством постоянной сборной железобетонной обделки из высокоточных блоков, либо из монолитного железобетона (рис. 3).

Как правило, ТПМК используются при сооружении горных тоннелей протяженностью более 4 км. В том случае, если условия вдоль трассы соответствуют техническим параметрам комплекса, то достигаются превосходные результаты. Например, в некоторых источниках представлены скорости 150 м в сутки, 500 м в неделю и 2 км в месяц. Однако, к сожалению, это ни типичные, ни даже средние характеристики. Чаще всего среднемесячные показатели проходки составляют от 0,3 и не более 1 м/ч, но существуют периоды с непредвиденными событиями, которые значительно снижают среднюю скорость. Как видно из диаграммы, представленной на рис. 4, область эффективного применения ТПМК ограничена инженерно-геологическими условиями на трассе тоннеля. Весьма далекими от идеальных для использования ТПМК условий могут оказаться как наличие неустойчивых, склонных к обрушению грунтов, так и чрезвычайно прочных и абразивных.

Показательным в этом отношении является строительство упомянутого выше пятого в ми-

Рис. 4. Эффективность использования ТПМК в различных грунтах: 1 – средняя скорость резания, 2 – средние темпы проходки



ре по протяженности (12,9 км) автодорожно-го тоннеля PINGLIN в Тайване (рис. 5, 6).

Работы по сооружению сервисно-дренажной штольни начали в 1991 г. Для проходки основных тоннелей в 1993 г. были задействованы два ТПМК диаметром 10,8 м каждый, которые начали работу с восточных порталов. Стоимость комплексов – около 70,4 млн долл. США. Однако ввиду наличия многочисленных зон разломов и обвалов породы, дату завершения объекта пришлось переносить четыре раза. Во время аварий погибло 11 человек. В декабре 1997 г., ввиду мощного прорыва воды в западный тоннель и его разрушения, пришлось бросить один поврежденный ТПМК. Работы на объекте были приостановлены на год. Таким образом, остался только один комплекс – тот, что использовался на восточном тоннеле. На западном направлении было встречено, по крайней мере, шесть разломов, на одном из участков проходку пришлось вести в очень крепком песчанике. Однажды за сутки пришлось 13 раз менять инструмент на буровой машине. Все это создавало громадные трудности для строителей.

Для консультаций по решению конструктивно-технологических вопросов приглашались ведущие специалисты из Италии, Германии, Австрии и Японии, но и они вскоре прекратили давать советы по поводу того, что делать с неблагоприятным объектом. В итоге было принято решение вести работы горным способом из дополнительных забоев от вентиляционных стволов. Проходка в тоннеле завершилась только через 13 лет после начала строительства – в 2004 г.

В более благоприятных условиях на сооружении 7-километрового железнодорожного тоннеля Абдалахис в Испании с помощью ТПМК диаметром 10 м средний темп колебался от 0,9 до 1,5 м/ч. Теоретически возможной величины 3,75 м/ч на пройденной трети тоннеля достичь не удалось. Причина кроется в том, что значительное время на первых 2000 м ушло на практическое обучение персонала, приспособление к сложным геологическим условиям: преодоление зоны разлома с укреплением массива вокруг щита цементными и полимерными растворами.

На строительстве двуступного Гуттардского железнодорожного тоннеля в Альпах длиной 53 км (начало строительства 2002 г., окончание 2012 г.) механизированными комплексами фирмы «Херренкнехт» будет пройдено и закреплено 75,25 км тоннеля в двухпутном исчислении. Уже установлена рекордная скорость проходки в крепчайших гнейсах – 43 м в сут. Однако то в одном, то в другом тоннеле ТПМК вязнут в зонах ослабленных грунтов. На одном из участков вывал намертво сжал рабочий орган машины. Чтобы освободить головную часть комплекса пришлось сначала разбирать завал с помощью БВР и экскаваторов, затем, опасаясь повредить ТПМК, работы продолжили вручную.

Основная часть расположенного на этой же линии тоннеля Лечберг выполнялась с помощью ТПМК со средними темпами 370–380 м в месяц, участка, сооружаемого буровзрывным методом – 6 м/сут (в сред-



Рис. 5. Общий вид автодорожного тоннеля PINGLIN

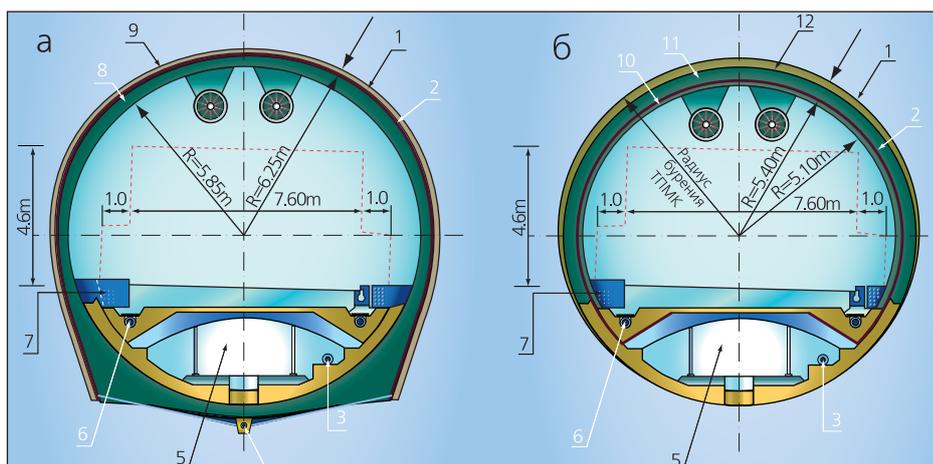


Рис. 6. Поперечные сечения автодорожного тоннеля PINGLIN: а – на участках, пройденных горным способом; б – с помощью ТПМК: 1 – контур выработки; 2 – мембранная гидроизоляция; 3 – пожарный водовод; 4 – глухая дренажная труба; 5 – Сервисная галерея; 6 – дренаж; 7 – группа каналов; 8 – бетонная обделка; 9 – горная крепь; 10 – обделка из монолитного бетона; 11 – сборная железобетонная обделка; 12 – нагнетание за обделку

Таблица 1

Проходка, м	ТПМК 1	ТПМК 2	Буровзрывной метод
Среднесуточная	12,6	12,2	6
Среднемесячная	380	370	160
Максимальная месячная	672	747	312

Таблица 2

Категория устойчивости	Степень устойчивости	Значение показателя	Характер вывалообразования	Время устойчивости
I	вполне устойчивые	>70	вывалы отсутствуют	практически неограниченно
II	устойчивые	5–70	возможны отдельные отслоения	до шести месяцев
III	средней устойчивости	1–5	локальные вывалы из кровли	10-15 сут.
IV	неустойчивые	0,5–1	вывалы из кровли и боков	не более 1 сут.
V	весьма неустойчивые	<0,5	вывалы, соизмеримые с пролетом выработки	обрушение вслед за раскрытием

нем) и 17 м/сут (максимум), (табл. 1). Темп проходки буровзрывным методом возрастал по мере продвижения тоннеля.

Очень важной особенностью ТПМК является то, что темпы проходки даже в относительно однородных грунтах различаются для каждого временного отрезка, например, в сутки, в неделю, в месяц и год. Выполненный зарубежными специалистами обширный обзор 145 тоннелей общей длиной более 1000 км с использованием ТПМК показал, что существует постоянное снижение средней скорости по мере увеличения пери-

ода, в течение которого фиксировались полученные показатели.

На рис. 7 приведены графики, иллюстрирующие отмеченную тенденцию. На них показатели, характеризующие свойства грунтового массива и в первоисточнике представленные в системе Q, адаптированы применительно к классификации устойчивости выработок, предложенной проф. Н. С. Булычевым (табл. 2).

Таким образом, краткий аналитический обзор применения ТПМК свидетельствует о том, что прогноз эффективного использо-



Рис. 7. Средние темпы проходки: А – в месяц, Б – в неделю, В – в год



Рис. 9. Нанесение набрызг-бетона установкой Sika PM-500



Рис. 8. Проходческий комбайн Paurat T 3.20 в забое тоннеля



Рис. 10. Устройство анкеров установкой Boltek LC

вания щитов должен строиться на основе анализа многочисленных факторов, включая прочностные характеристики грунтов и степень их абразивности, свойства грунтового массива по трассе тоннеля, уровень начальных (бытовых) напряжений в массиве, показатель срока службы резцов, а также силу резания, которая, как правило, должна быть не менее 20 тс. Важным фактором является то, как направление проходки ориентировано к простиранию пластов.

Ошибки, приводящие к потере времени и финансовым издержкам при строительстве тоннеля, могут быть вызваны неправильным выбором способа сооружения (ТПМК вместо горного и наоборот), так как в относительно благоприятных условиях суммарные темпы сооружения тоннеля горным способом с двух забоев и тоннелепроходческим механизированным комплексом с одного портала вполне сопоставимы. В связи с этим для принятия решений необходимо тщательное и глубокое технико-экономическое обоснование рассматриваемых вариантов. В некоторых случаях, например, в протяженных тоннелях наилучшим вариантом может быть комбинированная технология. В ожидании запуска ТПМК могут быть начаты работы на одном или обоих порталах, или проходка может осуществляться с центрального участка в одном или двух направлениях. Так это и делается в большинстве случаев при прокладке протяженных тоннелей и, как в конечном итоге,

было сделано на Тайване при строительстве тоннеля PINGLIN, где прогнозируемое успешным применение ТПМК оказалось под сомнением.

В настоящее время во многих странах мира, в том числе и в России, горные способы не обеспечивают такой эффективной скорости, как скажем в Австрии, Чехии и в Скандинавии, где присутствует высокий уровень механизации. Поэтому сравнение горного способа и ТПМК может быть корректным только в том случае, если темпы проходки горным способом будут соответствовать результатам, достигнутым в мировой практике тоннелестроения.

В этой связи следует отметить позитивные показатели в освоении высоких технологий при строительстве транспортных тоннелей горным способом, достигнутые специалистами Тоннельдорстрой. В данной организации в соответствии с разработанной комплексной целевой программой внедряются передовые технологии, наукоемкие методы работ, высокопроизводительные машины и механизмы.

Ежегодно руководящие работники выезжают в Западную Европу для ознакомления с передовыми технологиями, посещают выставки и форумы, обмениваются опытом с зарубежными коллегами. В качестве специальных консультантов по решению технических задач выступают: ЦНИИС Транспортного строительства, тоннельные кафедры ПУПС (Санкт-Петербург), МИИТ (Москва), НИИЖТ (г. Новосибирск), ГипродорНИИ (г. Ростов) и другие

специализированные институты. Сложные технические решения и технологические новации обсуждаются и согласуются на техническом совете Тоннельной ассоциации России.

Для сооружения автодорожного тоннеля на обходе г. Сочи длиной 2619 м Тоннельдорстрой приобрел у поставщиков горной техники и технологий Wirt-Paurat, Sika, Atlas Copco, Kato, Caterpillar и Geodata два проходческих комбайна Paurat – Т 3.20 и Т 2.61 (Германия) производительностью резания  $34 \text{ м}^3/\text{ч}$ , две установки для нанесения набрызг-бетона Sika PM-500 (Швейцария) производительностью  $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ , анкероустановщик Boltek LC (Швеция) для всех известных видов анкеров (рис. 8, 9, 10). Эта техника позволила внедрить новоавстрийский метод (NATM) и довести среднюю скорость проходки тоннеля до 90 м в месяц, сократив плановый срок строительства на год.

В плане работ по внедрению новых технологий совместно с компанией «Geodata» (Австрия) разработана система мониторинга деформаций временной крепи, которая включает программное обеспечение EUPANOS для трехмерного оптического наблюдения за деформациями, а также датчики инструментального контроля состояния породы и напряжения в самой крепи.

Все вышесказанное дает основание полагать, что в России появилась мощная горно-строительная организация, способная обеспечить сооружение горных транспортных тоннелей на уровне мировых достижений.

# СХЕМА КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА ЕКАТЕРИНБУРГА ДО 2025 г.

**М. В. Корнилков, Б. Д. Половов**, Уральская государственная горно-геологическая академия  
**А. В. Попов**, Уральская государственная архитектурно-художественная академия  
**С. У. Зиганшин**, ОАО «Уралгипротранс»

## Градостроительные предпосылки комплексного освоения подземного пространства

Необходимость подземного строительства в крупнейших и крупных уральских городах predetermined исторически. На Урале городские структуры складывались в течение столетий по пути экстенсивного развития территорий, и сегодня они оказались неспособными к динамичному изменению и безболезненной адаптации к новым формам жизни. Критическая ситуация, сложившаяся в городах по многим аспектам градостроительной деятельности, обусловлена именно отсутствием пространственно организованной системы взаимосвязей всех жизнеобеспечивающих элементов подземного и наземного уровней города.

Выход из сложившейся критической ситуации сегодня следует искать в принципиально новых решениях за счет рационального использования городских территорий на основе принципа глубинно-пространственного их освоения с широкомасштабным использованием подземного пространства. Понимание значимости этих мер для решения проблем крупнейшего уральского города нашло отражение в Концепции комплексного освоения подземного пространства г. Екатеринбурга, утвержденной главой администрации города в 1998 г. В соответствии с этим документом была разработана Программа комплексного освоения подземного пространства г. Екатеринбурга на период до 2005 г., затем аналогичная на период до 2015 г., причем мероприятия, включенные в первую программу, рассматривались как начальный этап планомерного городского подземного строительства. Продолжающееся обострение проблем урбанизации в Екатеринбурге обусловило необходимость дальнейших разработок в данной области, в силу чего Главное архитектурно-планировочное управление города совместно с Уральским филиалом Тоннельной ассоциации России, представленным специалистами ЕМУП «УЗПС Метро», ОАО «Уралгипротранс», УГГА (УГТУ), УрГАХА, УрГУПС, в 2002 г. приступило к формированию Схемы комплексного освоения подземного пространства в соответствии с Постановлением главы г. Екатеринбурга от 28.12.2000 г. № 1379 «Об утверждении Программы разработки нового генерального плана развития МО г. Екатеринбурга на период до 2025 г.».

Разработка раздела «Схема комплексного освоения подземного пространства» как не-



Рис. 1. Откорректированная схема линий Екатеринбургского метрополитена (Уралгипротранс, УГТУ)

отъемлемой части нового генерального плана открывает новые перспективы развития крупнейшей на Урале промышленно-селитебной агломерации.

### Главные цели данного раздела генерального плана:

1. Создание единой научно-обоснованной системы подземного пространства как целостной органичной части городской среды обитания человека и инженерно-транспортной инфраструктуры с разработкой схемы планировочной организации и комплексного использования подземного пространства. Основной планировочный каркас раздела – Екатеринбургский метрополитен.

2. Разработка территориальной нормативной базы проектирования и строительства подземных сооружений (ТСН) с регламентируемыми показателями использования подземного пространства городских территорий различного функционального назначения (общественно-административные, коммерческие, жилые и т. д.).

3. Выбор приоритетных направлений нового строительства и комплексной реконструкции существующей застройки, транспортных узлов, инженерных коммуникаций и систем с использованием подземных сооружений.

4. Освобождение для человека дневной поверхности земли на селитебных территориях от инженерно-технических, коммунально-складских, подсобно-вспомогательных объектов, гаражей, складов и т. п.

5. Повышение пропускной способности городских улиц за счет размещения в подземном пространстве гаражей-паркингов для легкового транспорта, устройства подземных транспортных тоннелей и развязок в грузопассажирских напряженных узлах, строительство подземных переходов и пешеходных тоннелей.

6. Увеличение надежности и срока службы инженерных сетей с улучшением условий их эксплуатации за счет сооружения много-

функциональных магистральных проходных коллекторов.

**Принципы подземного строительства, реализованные в разделе**

1. Возведение подземных объектов на основе единой градостроительной системы, включая транспорт, инженерную инфраструктуру и другие автономные сооружения. Размещение их в городской застройке на основе многофакторного анализа градостроительной ситуации в увязке с перспективным развитием генерального плана города и схемами транспортных и инженерных коммуникаций.

2. Обеспечение максимального взаимодействия вновь строящихся объектов с существующими подземными сооружениями с использованием в качестве градостроительного подземного каркаса комплекса сети метрополитена, крупных коммуникационных коллекторов, инженерной инфраструктуры.

3. Глубинно-пространственная организация городской застройки с различными вариантами возможных сочетаний и комбинаций объектов в зависимости от инженерно-геологических и градостроительных условий по функциональному назначению и типу сооружений.

4. Многоярусность подземной застройки.

5. Рациональное использование городских земельных ресурсов, поэтапность освоения подземного пространства, обеспечение максимального взаимодействия «новых» объектов с существующими надземными и подземными сооружениями.

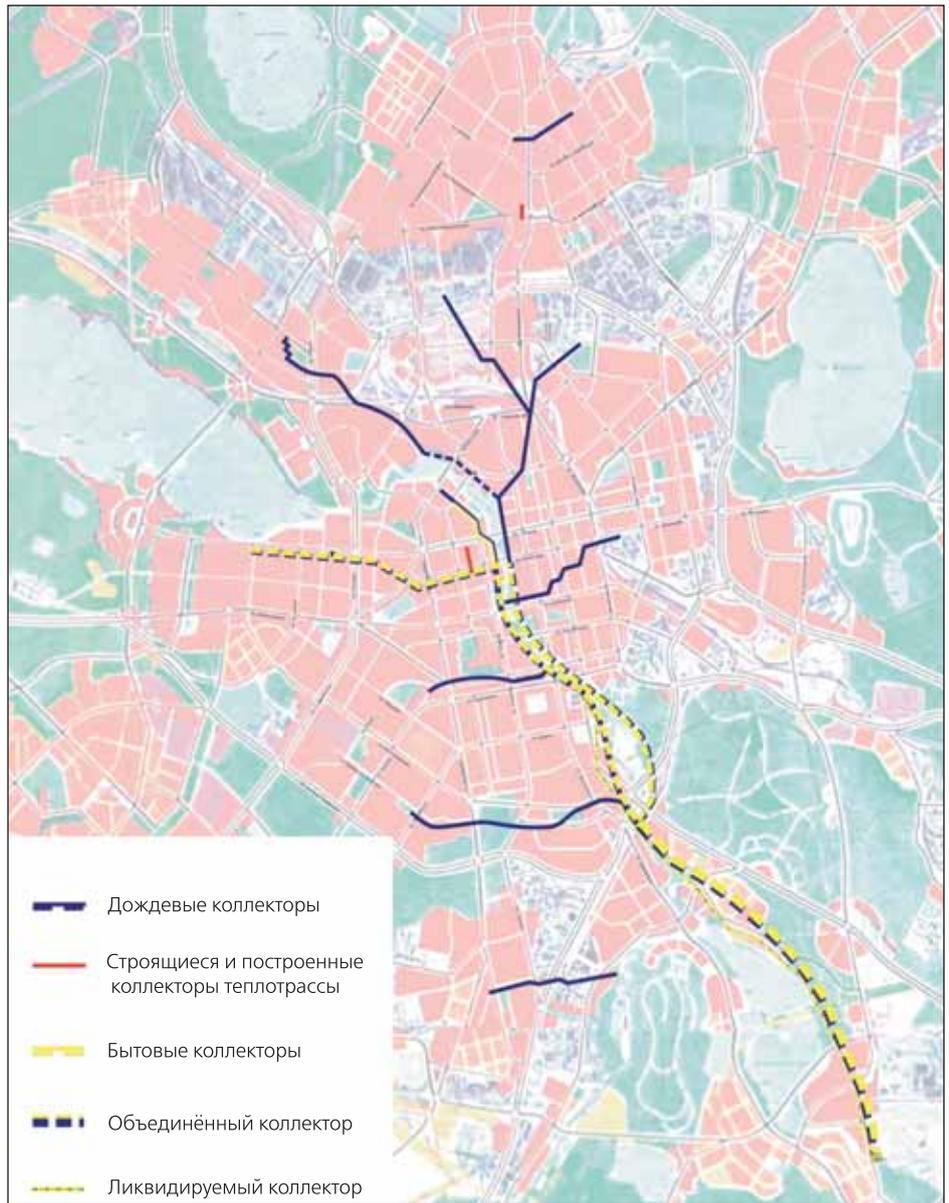
6. Проектирование и строительство подземных объектов на основе комплексного изучения инженерно-геологических, горно-технических, теплофизических, температурно-влажностных и других факторов.

**Структура и содержание раздела**

Он содержит шесть подразделов:

- обеспечение инженерно-геологической и экологической безопасности при освоении городского подземного пространства;
- комплексное освоение подземного пространства при проектировании и строительстве Екатеринбургского метрополитена с созданием многофункциональных объектов (метрополициентров);
- разработка комплексной схемы общегородских многофункциональных тоннелей для инженерных коммуникаций, включая глубокого заложения, шахтные колодцы, подземные камеры и резервуары;
- комплексная схема транспортных подземных сооружений (тоннели, развязки, гаражи, паркинги, подуличные переходы);
- комплексная схема многофункциональных подземных пространств при реконструкции существующей застройки и освоении новых территорий;
- предложения по использованию подземного пространства на промышленно-коммунальных территориях, в первую очередь, экологически неблагоприятных и реструктурируемых.

Каждый из подразделов сформирован на основе системного подхода – взаимовязки



**Рис. 2. Схема магистральных коллекторов Екатеринбурга (УГТУ)**

природных, технических, технологических и социально-экономических факторов, характеризующих особенности освоения подземной среды.

Приоритетные направления комплексного освоения подземного пространства в г. Екатеринбурге: глобальные цели, общие планировочные решения и приоритетные объекты (подцели второго и третьего уровней), включенные в подразделы, устанавливались на основе методологии системного анализа. В частности, по результатам структуризации, групповой экспертизы, анализа по ресурсным и критериям условий реализации, системного обобщения оценок установлены четыре приоритетных направления освоения подземного пространства с оценками приоритетности от 0,959 до 0,625 (превышающими среднюю оценку, равную 0,562):

- комплексное освоение подземного пространства при проектировании и строительстве метрополитена;
- транспортные подземные сооружения (тоннели, развязки, гаражи, паркинги, пешеходные переходы);

- общегородские многофункциональные тоннели для инженерных коммуникаций (в том числе глубокого заложения);

- система использования многофункциональных подземных пространств при реконструкции существующей застройки и освоении новых территорий.

Завершающим элементом содержания подразделов является оценка экономической эффективности инвестиций в подземное строительство, выполняемая в соответствии с Методическими рекомендациями по оценке эффективности инвестиционных проектов. С этой целью использованы критерии: чистый дисконтированный доход (ЧДД), суммарные дисконтированные затраты (СДЗ), внутренняя норма доходности (ВНД), срок окупаемости (СО). Главная их особенность заключается в соизмерении в пределах «горизонта расчета» (предельного срока, при котором ведется оценка вариантов) разновременных экономических показателей – инвестиций, доходов, эксплуатационных затрат, налогов и др.

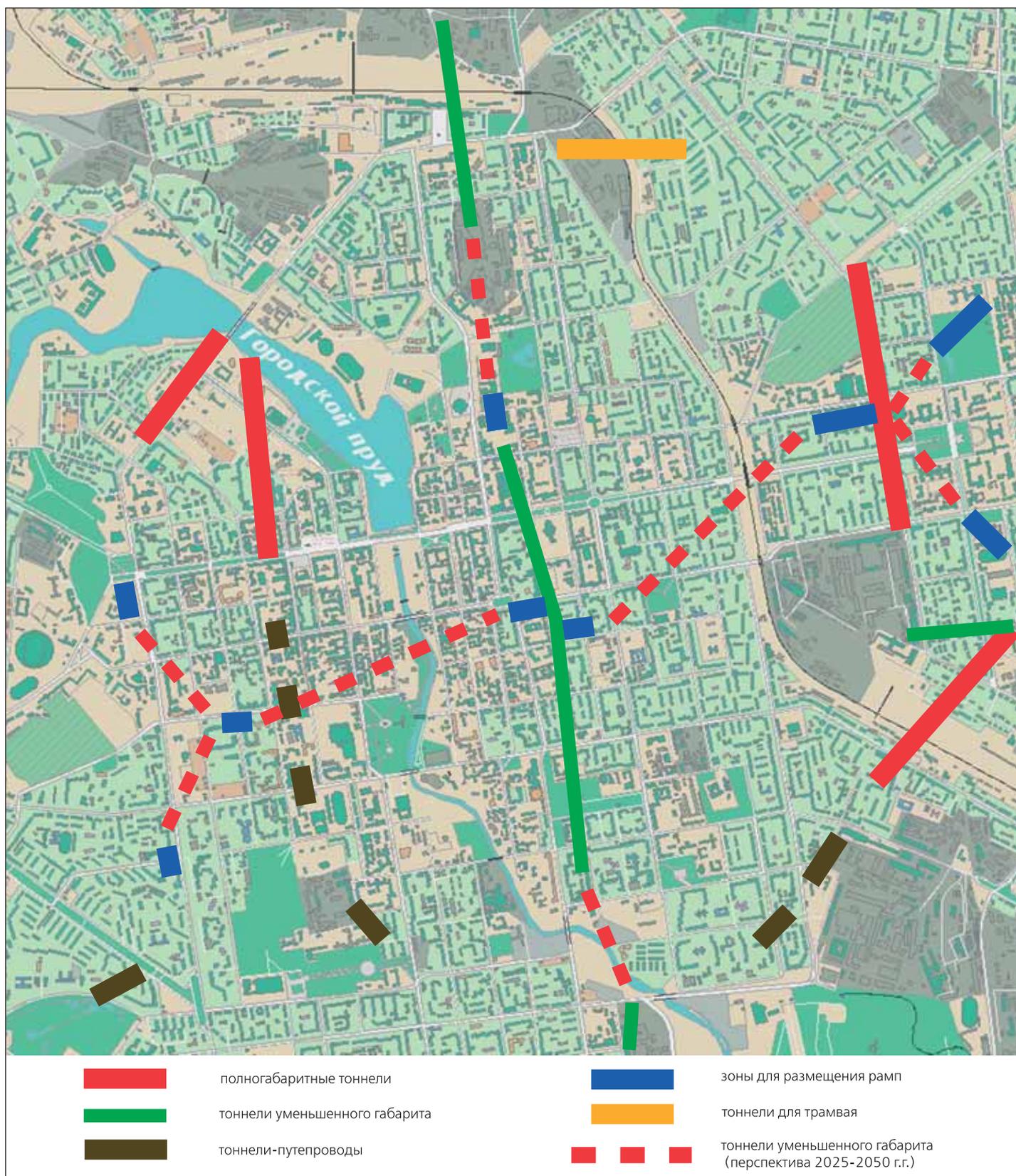


Рис. 3. Схема подземных транспортных коммуникаций в центре Екатеринбурга (УГТУ)

По признаку «прямой интегральный экономический эффект» оцениваемые подземные сооружения подразделены на три категории:

1 – объекты, окупаемые за счет доходов от их эксплуатации;

2 – частично компенсирующие капитальные вложения;

3 – социально значимые бездоходные подземные сооружения.

Проектирование и строительство объектов первой и, частично, второй категорий предусматривается финансировать, как правило, из внебюджетных источников, третьей – должно выполняться за счет средств, поступающих из городских, региональных и федеральных бюджетов. Ограничения бюджетных инвестиций, с одной стороны, и острота проблем освоения подземного пространства, с другой, обусловили актуальность раз-

работки специальных методов оценки эффективности инвестиций в строительство городских подземных сооружений. С этой целью был проведен комплекс исследований, позволяющих произвести дифференцированный анализ особенностей подземных объектов и установить основные входные параметры критериев ЧДД, СДЗ, ВНД, СО, а также разработана машинно-ориентированная методика их расчетов.





compactfiltertechnik

**Все из одних рук:**

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

## НАШЕ ПРЕДПРИЯТИЕ - ВОЗДУХ

### ОБЕСПЫЛИВАНИЕ



compactfiltertechnik



[www.cft-gmbh.de](http://www.cft-gmbh.de)

### ВЫРАБОТКА

**Korfmann**  
Luftechnik GmbH



[www.korfmann.com](http://www.korfmann.com)

### СБЫТ ЧЕРЕЗ ФИРМУ

**CFT GmbH**  
compactfiltertechnik

Beisenstraße 39 - 41

D-45964 Gladbeck

Tel. +49 2043 4811-0

Fax +49 2043 481120

E-Mail [mail@cft-gmbh.de](mailto:mail@cft-gmbh.de)

Internet [www.cft-gmbh.de](http://www.cft-gmbh.de)

### НАПРАВЛЕНИЕ



**Schauenburg**  
Tunnel Ventilation GmbH



[www.tunnel-ventilation.de](http://www.tunnel-ventilation.de)

# ПОДЗЕМНЫЕ СООРУЖЕНИЯ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В СОСТАВЕ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

В. В. Петров, институт «Ленгидропроект»

К подземным сооружениям гидроузлов, независимо от их назначения, всегда предъявлялись высокие требования по их эксплуатационной надёжности, срокам сооружения и другим параметрам.

Предназначение подземных сооружений гидроузлов крайне разнообразно. Это транспортные, деривационные напорные и безнапорные, кабельные тоннели и шахты, подземные камеры (машинные залы, уравнивательные камеры и прочее), искусственные русла рек и др.

При их проектировании отправной точкой в закладываемых проектных решениях, в подходе к тому или иному объекту основную роль играет его назначение.

Рассмотрим несколько примеров.

## Кабельный тоннель и шахта Бурейской ГЭС

К кабельным подземным сооружениям предъявляются жёсткие требования в части гидроизоляции и пожарной безопасности. В тоннеле и шахте Бурейской ГЭС прокладываются сигнальные и силовые кабели, в том числе уникальные кабели напряжением 500 кВ.

Существенно усложняет технологию и уменьшает набор возможных способов гидроизоляции тоннелей долгострой, когда выполнена проходка, возведены, зачастую, некачественная крепь и обделка. Примером тому может служить кабельный тоннель Бурейской ГЭС.

Учитывая сложившиеся условия, был применён комплексный подход:

- повышена водонепроницаемость бетона за счёт применения добавки ЦМИД-4Б, которая при небольшом сроке выдерживания бетона в опалубке позволила сократить расход цемента, при этом снизив градиент температур между ядром и периферией блока, в результате чего было достигнуто снижение трещинообразования в бетоне обделки;

- перед бетонированием конструкции производился монтаж закладной инъектосистемы для последующего нагнетания двухкомпонентных смол в сводовую (при необходимости и по стенам) часть тоннеля.

Особое внимание уделяется строительным и деформационным швам. Решение строительных швов стандартное – устанавливается шпонка из ПВХ. Деформационные представляют собой набор материалов, выполняющих две основные функции: первая – заполнение деформируемого пространства при сейсмических воздействиях гидропластом, либо резиновыми пластинами ТМКШ, либо качественно антисептированными деревянными досками; вторая – гидроизоляция в составе шпонки из ПВХ с увеличенной шириной

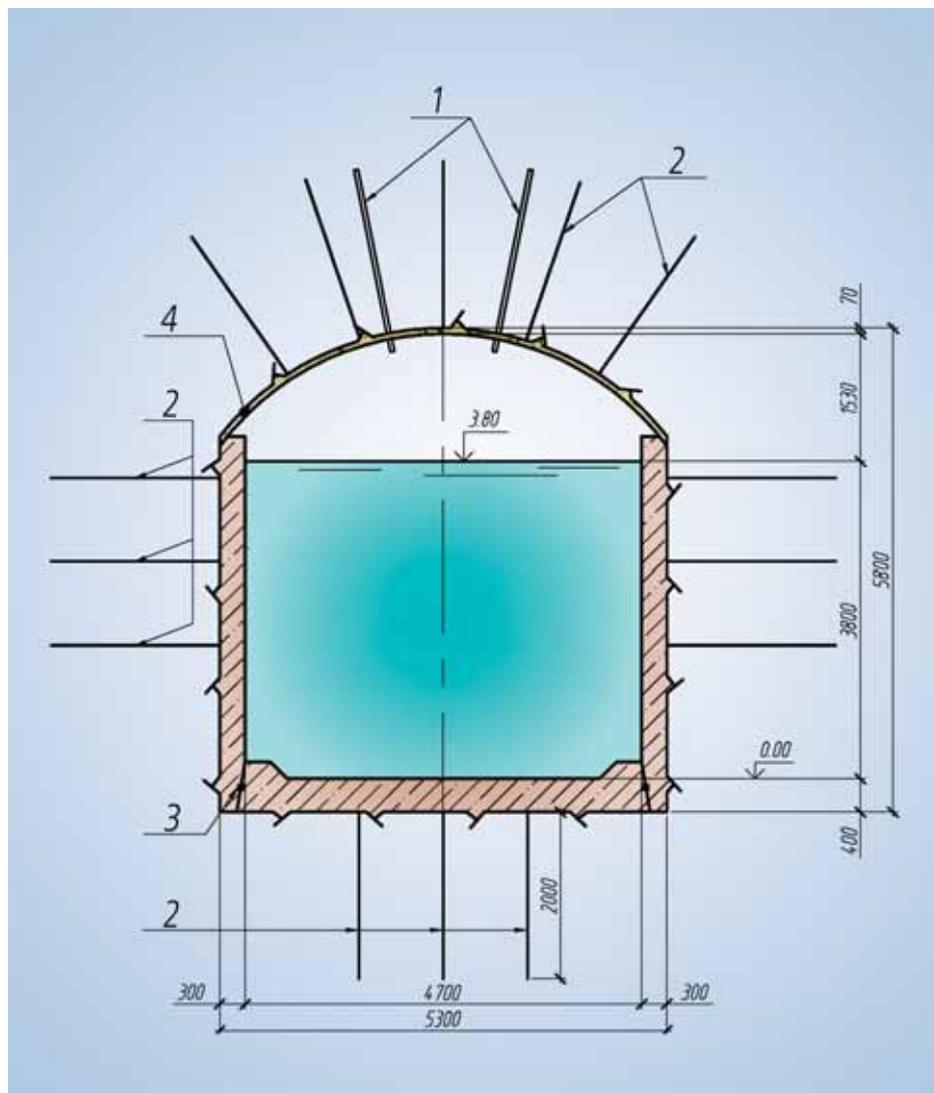


Рис. 1. Конструкция обгелённой обделки безнапорного деривационного тоннеля № 2 Зарамагских ГЭС: 1 – дренажные шпурты в местах сосредоточенного выхода воды длиной 2 м; 2 – анкера диаметром 25 АIII длиной 2 м; 3 – бентонитовый шнур; 4 – набрызг-бетон  $\delta = 70$  мм

и наличием компенсатора в средней части сечения, бентонитового шнура, закладной инъектосистемы, или разделка и чеканка лицевой поверхности деформационного шва.

## Деривационный тоннель № 2 Зарамагских ГЭС

Безнапорный деривационный тоннель № 2 является самым протяжённым (14,3 км) и сложным по инженерно-геологическим условиям подземным сооружением Зарамагских ГЭС. Он играет роль подводящего тракта к бассейну суточного регулирования (БСР) ГЭС-1.

Сечение тоннеля корытообразное размерами в свету 4,5×5,0 м, обделка монолитная железобетонная.

Безнапорный деривационный тоннель № 2 находится на критическом пути пуска ГЭС-1

каскада Зарамагских ГЭС в конце 2010 г. Наибольшие затруднения в вопросе лимита времени вызывает непройденный участок между забоями № 5 и 6. Его длина составляет 5,3 км при общей протяжённости таких участков 7,9 км. Открытие дополнительных забоев со стороны дневной поверхности невозможно в связи с отсутствием подъездных дорог, причиной чему служит сложный рельеф. Таким образом, в нашем распоряжении остаются следующие мероприятия:

- применение современного высокопроизводительного бурового, погрузочно-доставочного оборудования;
- повышение культуры производства работ, сокращение продолжительности их цикла и подготовительно-заключительных процессов;

• развёртывание фронта работ по длине тоннеля, в частности, увеличение количества заходок бетонирования. Для этого необходимо оптимизировать конструкцию обделки тоннеля, а именно: сделать её такой, чтобы можно было отказаться от инвентарной опалубки порталного типа и перейти на щитовую плоскую опалубку стен.

Конструкция обделки (рис. 1) состоит из монолитного железобетонного лотка толщиной 400 мм с вутами; монолитных железобетонных стен толщиной 300 мм, превышающими расчётный уровень наполнения тоннеля на 300 мм; свода, закреплённого набрызг-бетоном толщиной 70 мм по арматурной сетке в сочетании с анкерами. Обделка представляет собой разрезную конструк-

по всей высоте ствола с отводом воды по закладному дренажному коллектору.

Данная конструкция не может найти применение по следующим причинам:

- практика показала недолговечность работы подобного простейшего дренажа без специального дополнительного оборудования (лифтовое отделение кабельной шахты Бурейской ГЭС);
- кустарные способы производства работ ввиду отсутствия необходимой сантехнической арматуры на строительстве;
- отсутствие возможности инспектирования дренажной системы и её восстановления в случае выхода из строя.

Ввиду перечисленного принято решение об отказе от тотального дренажа вертикаль-

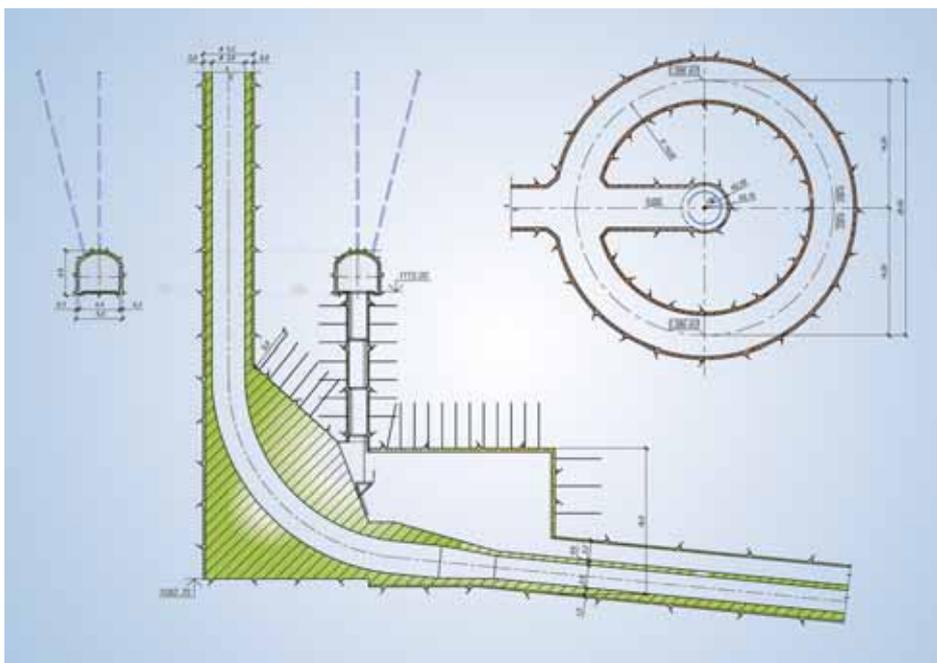


Рис. 2. Воротниковые дренажные штольни вертикального турбинного водовода

цию, допускающую взаимное перемещение её элементов относительно друг друга при возникновении сейсмических нагрузок, значительно снижая их разрушительное воздействие. Несущую способность конструкции обеспечивают анкера, количество (шаг) которых зависит от внешнего гидростатического давления (уровня грунтовых вод).

### Напорный вертикальный и субгоризонтальный водоводы

Такие водоводы являются ответственными подземными гидротехническими сооружениями. При проектировании особое внимание уделяется их безопасной эксплуатации на протяжении всего срока службы. Критериями безопасности являются: качество выполнения строительно-монтажных работ; устойчивость конструкции к проявлению внешних факторов; возможность обслуживания и ремонтпригодность.

Особое внимание следует уделить уникальному турбинному водоводу, а именно дренажной системе как элементу, обеспечивающему надёжность его работы.

На ранней стадии проектирования был предусмотрен дренаж короткими шпурями

ного турбинного водовода в пользу участковой, обслуживаемого через воротниковую штольню (рис. 2), дающего 100-процентную гарантию ремонтпригодности и надёжности.

Такой водовод следует проектировать не как чисто металлический трубопровод, а как сталежелезобетонную конструкцию, в которой растягивающие нагрузки частично воспринимает обжатый вмещающий скальный массив. При этом обязательным условием применимости такого подхода является наличие контроля возможных протечек из водовода и дренирования вмещающего скального массива. Воротниковые дренажные штольни располагаются в средней и нижней частях турбинного водовода. Причём подходящая выработка к верхней воротниковой штольне используется в строительный период для подачи затрубного бетона, перекачки воды, а также как дополнительный горизонт развёртывания строительно-монтажных работ. За счёт отсутствия арматуры и других элементов затрубного бетона (дренажный коллектор, дополнительные рёбра жёсткости) значительно снижается металлоёмкость обделки ствола.

## Олегу Владимировичу Тимофееву – 80 лет



Олег Владимирович Тимофеев 52 года трудится на кафедре строительства горных предприятий и подземных сооружений Санкт-Петербургского государственного горного института имени Г. В. Плеханова (технического университета).

После учебы в институте (ЛИИЖТ, 1944–1949), работы на строительстве Ленинградского метро (1949–1952), обучения в аспирантуре Ленинградского горного института при кафедре СП (1952–1955) и защиты кандидатской диссертации он с 1955 г. был ассистентом, а с июня 1961 г. – доцентом кафедры.

С 1972 по 1977 г. дважды избирался деканом шахтостроительного факультета. Являлся активным участником открытия в институте специализации «Строительство подземных сооружений». Первым на кафедре подготовил и читал лекции по дисциплинам этого профиля и методические указания по дипломному проектированию.

О. В. Тимофеев подготовил около 400 горных инженеров-строителей, 7 кандидатов наук (в их числе известные специалисты – проф. В. Л. Трушко, доценты Н. С. Конокотов, И. Г. Шелехов, Герович, и др.)

Свыше 30 лет непрерывно и успешно руководил хозяйственными научными работами по проблемам обеспечения устойчивости горных выработок в сложных условиях на шахтах Подмосквовного угольного бассейна, Донбасса, Кузбасса, Североуральского бокситового бассейна и др.

Опубликовал более 160 работ, в том числе 7 учебников, 3 монографии, 6 нормативно-технических работ, 12 изобретений.

Награжден знаками «Отличник Минвуза СССР», «Шахтерская слава», медалями «Ветеран труда», «В память 250-летия Ленинграда», «В память 300-летия Санкт-Петербурга», Золотой, Серебряной и Бронзовой медалями ВДНХ.

Олег Владимирович отличный лектор, готовит студентов по профилирующим предметам специальности «Шахтное и подземное строительство», руководит дипломным проектированием.

Тоннельная ассоциация России и редакция журнала «Метро и тоннели» поздравляют О. В. Тимофеева с юбилеем и желают крепкого здоровья и больших успехов в его научной и преподавательской деятельности.



# КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ ГОРОДСКИХ АВТОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ

Н. Ф. Давыдкин, Научно-производственный координационный центр «Интерсигнал», г. Москва

В статье приведен краткий анализ пожарной опасности, количественных и качественных показателей пожарной нагрузки, источников зажигания, температурных режимов при пожаре, безопасного времени эвакуации людей из тоннелей.

Рассматриваемая комплексная система противопожарной защиты городских автодорожных тоннелей, разработанная НПКЦ «Интерсигнал», включает в себя системы: предотвращения пожара, пассивной, активной противопожарных защит, организационно-технических мероприятий, ликвидации пожара оперативными подразделениями и спасения людей.

Разработанная система позволяет в должной мере обеспечивать безопасность людей, сохранение материальных ценностей, снизить риск возникновения пожаров и ликвидировать их с минимальным ущербом.

Несмотря на значительный прогресс, современная техника еще не располагает абсолютно безопасными способами строительства, эксплуатации, методами и средствами прогнозирования возможной чрезвычайной ситуации (пожара), определяемой как внешне неожиданная, внезапно возникшая обстановка, характеризующаяся неопределенностью и сложностью принятия решений, остроконфликтностью и стрессовыми состояниями населения, социально-экологическим и экономическим ущербом, прежде всего, человеческими жертвами и, вследствие этого, необходимостью значительных людских, материальных и временных затрат на проведение эвакуационно-спасательных работ и ликвидацию катастрофических последствий.

При пожарах в автодорожных тоннелях транспортные средства, металлические конструкции, инженерное оборудование сооружений превращаются в груды металла. Строительные конструкции, обделка тоннеля (металл, железобетон и др.) разрушаются, теряют свою несущую способность, что приводит к их обрушению. Это особенно опасно, когда автодорожные тоннели проходят в мегаполисах под существующими строениями. В этом случае обрушение конструкций может привести к огромным провалам на поверхности, влекущим за собой катастрофические последствия.

Известны трагические последствия пожаров в тоннеле Бакинского метрополитена (1995 г.), под Мон Бланом (25 марта 1999 г.), в фуникулерном тоннеле Капрон (11 ноября 2000 г.), унесший жизни более 150 человек, на подъезде к автодорожному тоннелю Фрежю (28 мая 2001 г.), в 17-километровом тоннеле Сен-Готард (24 октября 2001 г.).

Любой пожар в тоннеле приводит к парализации функционирования транспортной системы не только микрорайонов, мегаполисов, но и крупных регионов.

Обеспечение безопасности людей, нормального функционирования подземных автодорожных тоннелей в крупных городах является стратегической задачей.

Тоннель, являясь замкнутым пространством большой протяженности и различной глубины залегания, со значительной массой горючих веществ и материалов, наличием широкого спектра источников возгорания, представляет значительно большую опасность возникновения и развития пожара, чем наземные автодорожные магистрали.

Проанализируем наличие и количество горючих материалов в объеме трехполосного трехкилометрового тоннеля при прекращении движения (заторе) на выезде из него<sup>1</sup> (рис. 1).

<sup>1</sup> Принимается движение только легковых автомобилей; длина автомобиля – 6 м. При смешанном движении параметры могут увеличиваться. На рис. 1 приведены данные без учета автомобилей, работающих на газе.

Фактически, тоннель становится огромным подземным складом легковоспламеняющейся жидкости, горючих веществ и материалов, а каждый автомобиль, оказавшийся в опасной зоне, – это бомба с зажигательной смесью, готовая воспламениться или взорваться в любой момент.

При вероятном возникновении пожара температура горения легковоспламеняющейся жидкости, пластмасс и других материалов может достигать 1100–1300 °C и держаться в течение длительного времени – 2–3 суток. Через 3–5 мин после начала пожара ситуация для людей в объеме тоннеля становится критической, что и определяет необходимое время их эвакуации.

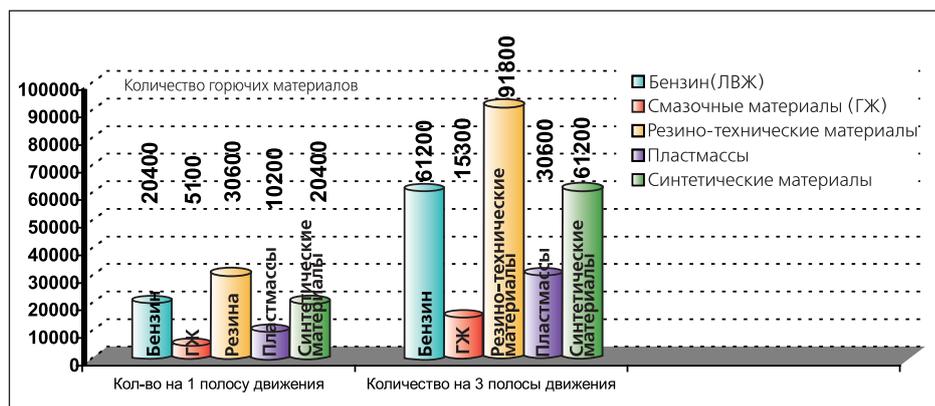


Рис. 1. Наличие и количество горючих материалов в трехполосном трехкилометровом тоннеле (в л и кг)

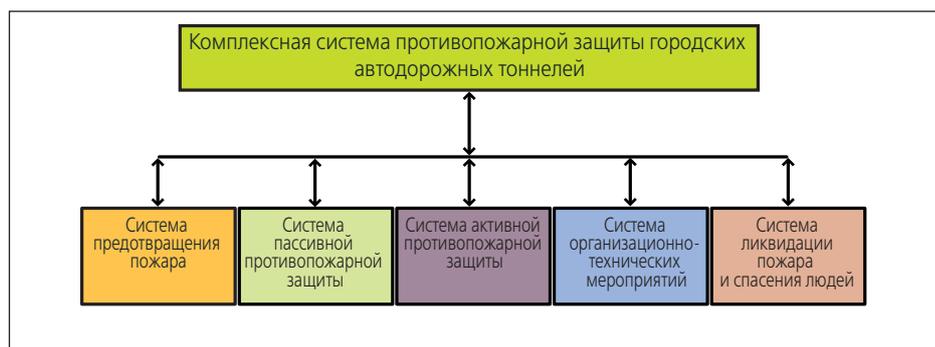


Рис. 2. Комплексная система ППЗ городских автодорожных тоннелей



Рис. 3. Система предотвращения пожара

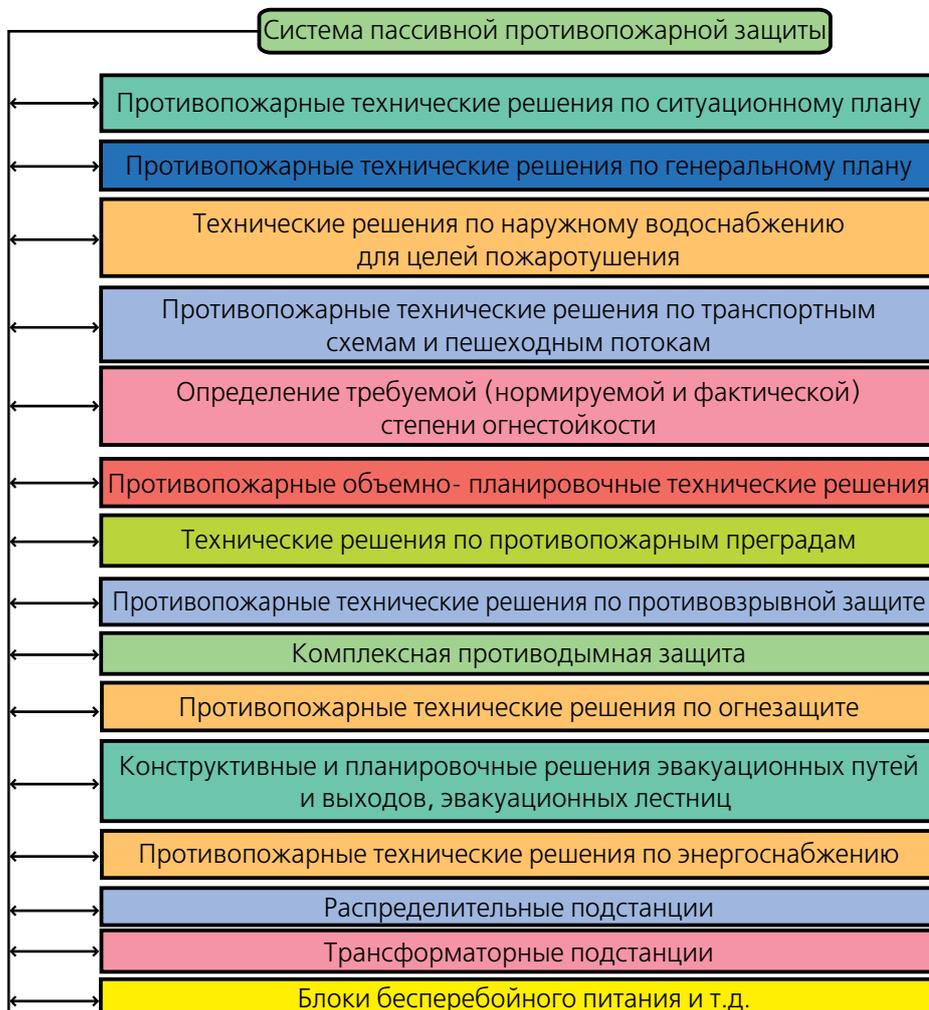
При таких температурных режимах доступ аварийно-спасательных служб в тоннели (если это заранее не было предусмотрено проектными решениями) для ликвидации пожара практически не возможен.

Выделяющийся при пожарах дым (токсичные газовоздушные смеси – ТГВС) содержит до 50–70 видов химических соединений,

оказывающих отравляющее воздействие на человека.

Профессор В. А. Покровский и другие исследователи установили, что при комбинированном воздействии на человека температуры и токсичных газов, их влияние усиливается с нарастанием первой. Токсичность окиси углерода увеличивается при наличии дыма и повышении влажности среды, то есть воз-

Рис. 4. Система пассивной противопожарной защиты



никает синергический эффект – совместное воздействие факторов, превосходящее сумму отдельных воздействий тех же факторов.

Психологическое состояние человека заключается в том, что он отказывается вступить в атмосферу видимого дыма.

В случае прекращения движения (заторе) на выезде из тоннеля минимальное количество людей, находящихся в транспортных средствах, которых необходимо эвакуировать в случае возникновения пожара, будет составлять ориентировочно до 2 тыс. человек.

Поэтому приоритетным направлением при разработке проектных решений по противопожарной защите является обеспечение безопасной эвакуации людей при техногенных катастрофах и пожарах в автодорожных тоннелях. С учетом психологического состояния человека, попавшего в экстремальную ситуацию, это весьма сложный процесс.

Актуальность пожарной безопасности при эксплуатации автодорожных тоннелей диктует разработку сложнейших инженерно-технических решений их проектирования и строительства.

По результатам анализа стандартов и норм России, США, Франции, Германии, Италии, Швейцарии, Японии и др., научного и практического мирового опыта, накопленного в ходе проектирования, строительства и эксплуатации автодорожных тоннелей НПКЦ «Интерсигнал» при участии Тоннельной ассоциации России, научно-исследовательских и проектных организаций разработана комплексная система противопожарной защиты (ППЗ) городских автодорожных тоннелей (рис. 2). Права авторов на её разработку защищены.

Комплексная система ППЗ представляет собой совокупность взаимосвязанных сложнейших технических решений по различным направлениям и включает в себя системы, приведенные на рис. 2:

Необходимо отметить, что каждый, отдельно взятый «прямоугольник» представляет собой весьма сложную, самостоятельную систему.

Система предотвращения пожара (рис. 3) в первом приближении предусматривает исключение одного из трех условий возникновения пожара (т. е. предотвращение образования горючей среды): источников воспламенения, зажигания, пожарной нагрузки (горючие вещества и материалы), ограничение доступа кислорода или других окислителей.

Это весьма краткое объяснение целой системы, включающей огромный комплекс мероприятий по предотвращению и профилактике пожаров.

Система пассивной противопожарной защиты (рис. 4) оптимизирована по схеме разработки проектно-сметной документации на различных этапах для всех участников проектирования (заказчик – проектная организация – экспертный орган – государственные надзорные органы – строительные, монтажные организации).

В систему пассивной ППЗ входит комплекс технических решений по архитектур-

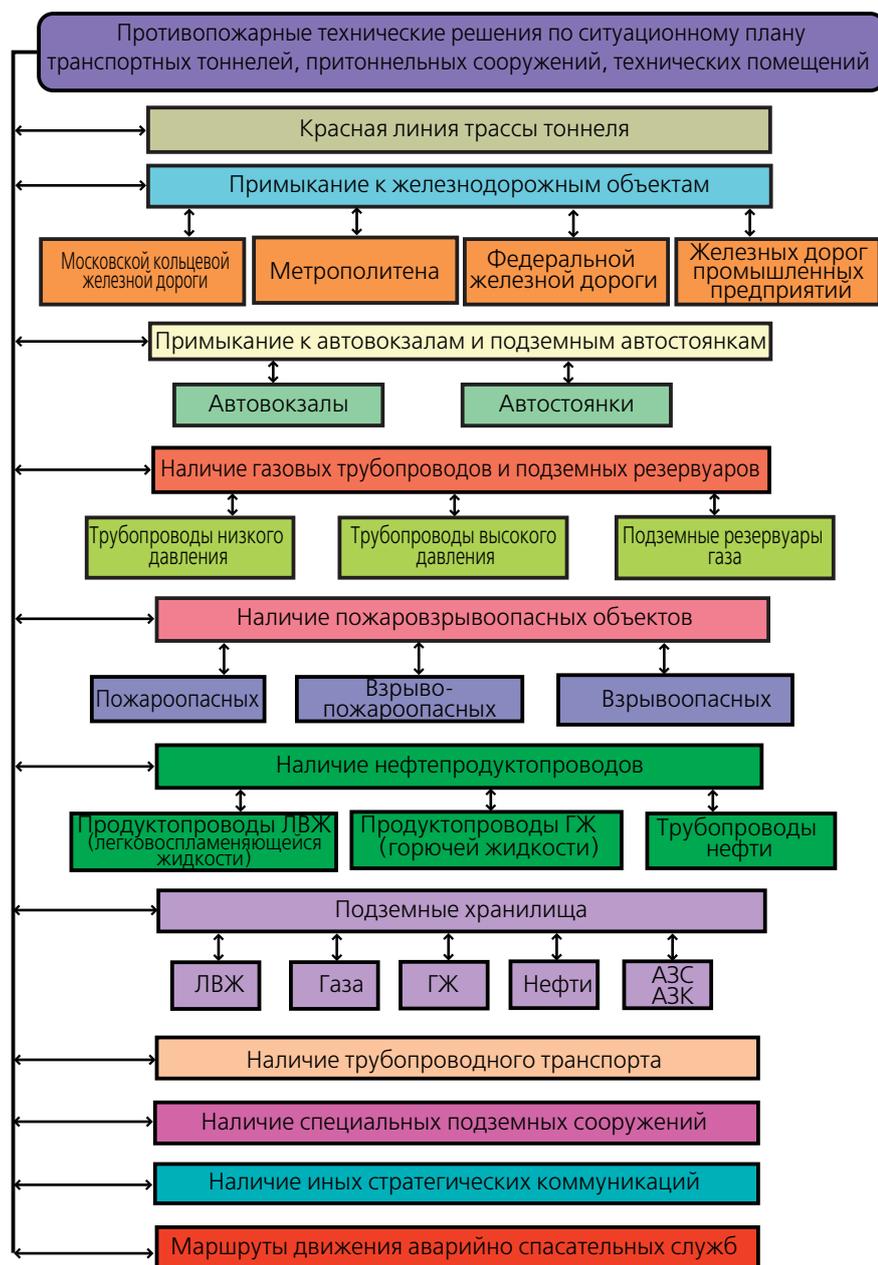


Рис. 5. Структурная схема противопожарных технических решений по ситуационному плану

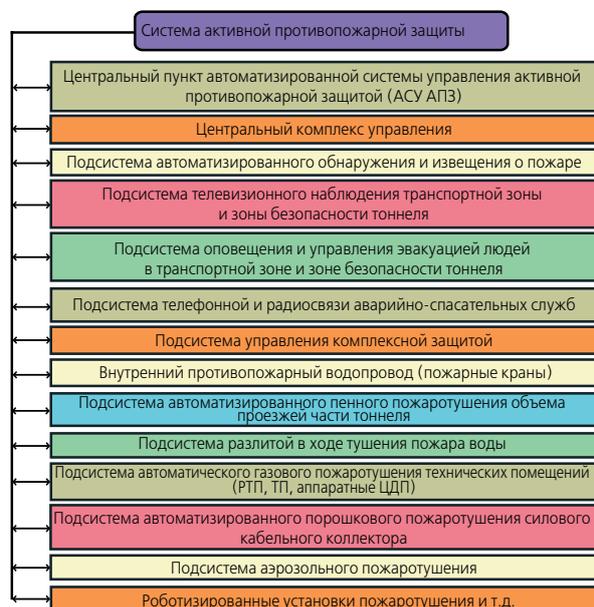


Рис. 6. Система активной противопожарной защиты

но-строительной части проекта, включая: решения по ситуационному и генеральному планам, технические по наружному водоснабжению для целей пожаротушения, транспортным схемам и пешеходным потокам; определение требуемой (нормируемой) и фактической степени огнестойкости тоннеля, противопожарные объемно-планировочные решения, допустимых площадей пожарных отсеков, секций; разделение помещений по опасности и функциональному назначению; противопожарные преграды, противозрывную и комплексную противодымную защиты; конструктивные и планировочные решения путей и выходов, лестниц для эвакуации людей, пути и маршруты доступа аварийно-спасательных служб к вероятным местам возникновения пожара или ЧС, электроснабжение (рис. 5).

Выполняются расчеты огнестойкости и огнезащиты, играющие ключевую роль в обеспечении пожарной безопасности, т. к. конструкции, применяемые в современных автодорожных тоннелях, имеют, как правило, большие размеры, сложную структуру и пространственную форму.

Система активной противопожарной защиты (рис. 6) является информационно-управленческой частью комплексной системы ППЗ и предназначена для автоматизированного выполнения функций, анализа информационных параметров, принятия необходимых решений по подсистемам обнаружения и извещения о пожаре, оповещения и управления эвакуацией людей из горящего тоннеля, а также управления комплексной противодымной защитой, автоматизированными установками пенного, водяного, порошкового (кабельных коллекторов, электроустановок и т. д.) и газового (аппаратных ЦДП и т. д.) пожаротушения.

В автоматизированной системе управления активной противопожарной защитой (АСУ АПЗ) существуют три уровня приоритета:

высший – назначается блоком, обеспечивающим предотвращение пожаров и взрывов, отвечающим за непрерывно-дискретную работу АСУ АПЗ;

первого уровня – блоком, предназначенным для обеспечения безопасности людей, объекта и личного состава аварийно-спасательных служб, выполняющих работу по ликвидации пожара, ЧС;

второго уровня – блоком, осуществляющим пожаровзрывозащиту отдельным помещениям, сооружениям, выход из строя которых не сопровождается катастрофическими последствиями и не влияет на безопасность людей.

Для каждой подсистемы составляется алгоритм и программное обеспечение.

Затем разрабатываются комплексные алгоритм и программное обеспечение работы АСУ АПЗ.

Центральный пульт управления АСУ АПЗ, как правило, располагается в центральном диспетчерском пункте (ЦДП), в котором находятся АСУ системы жизнеобеспечения и АСУ дорожных тоннелей. Это сложнейший

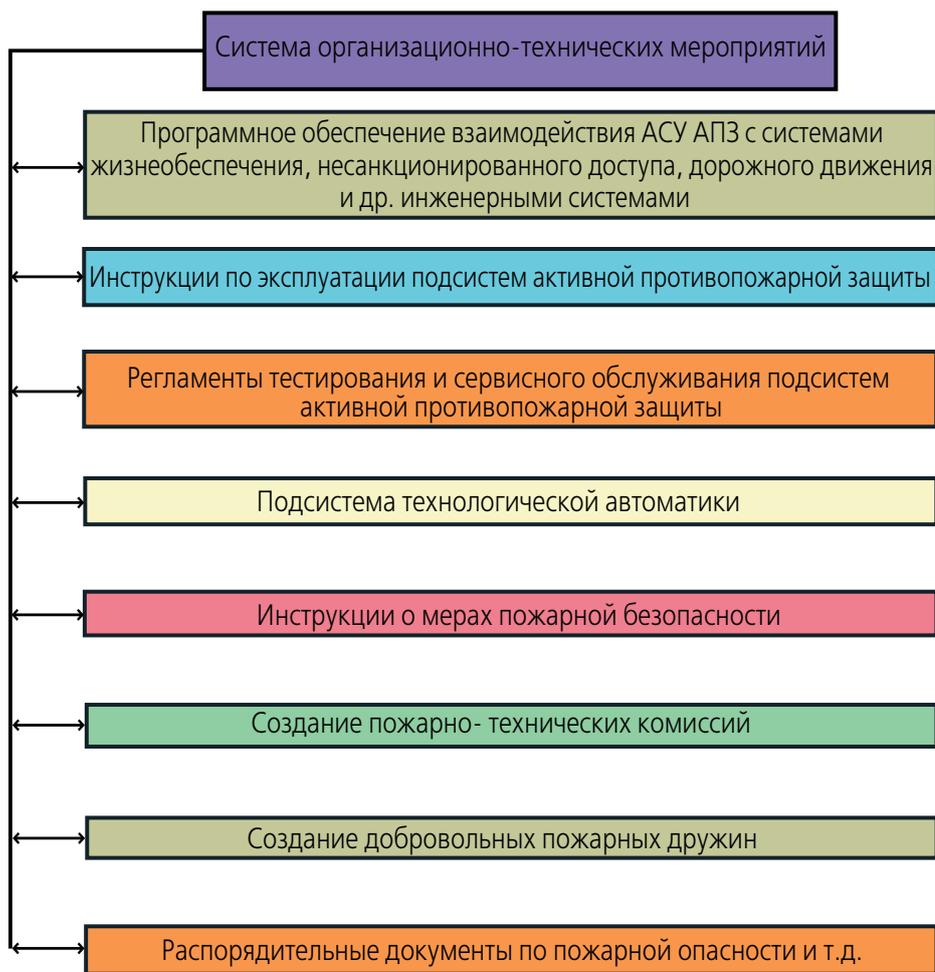


Рис. 7. Система организационно-технических мероприятий

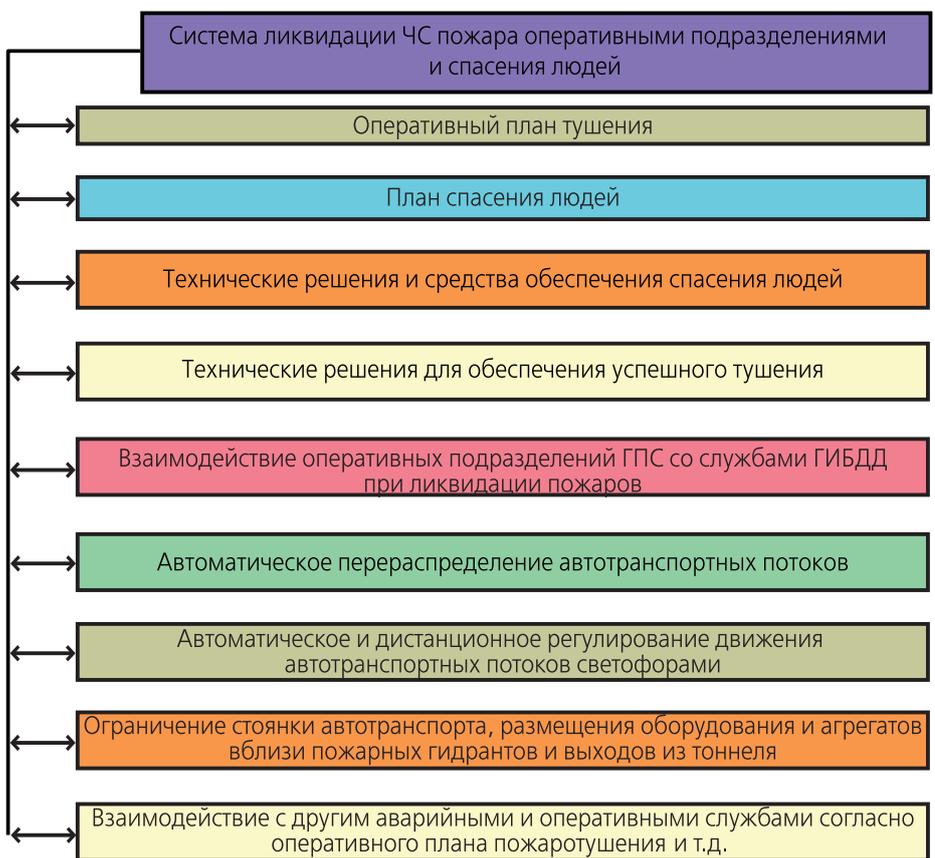


Рис. 8. Система ликвидации пожара оперативными подразделениями и спасения людей

комплекс инженерно-технических устройств, управляемых централизованно в автоматизированном режиме.

Организационно-технические противопожарные мероприятия (рис. 7) включают в себя целый ряд алгоритмов и программных обеспечений по интеграции АСУ АПЗ с другими автоматизированными системами (жизнеобеспечения, дорожного движения, несанкционированного доступа и др.), а также алгоритмов, тестов, инструкций, регламентов по сервисному обслуживанию и др.

Система ликвидации пожара оперативными подразделениями и спасения людей (рис. 8) служит основой для математического моделирования параметров вероятного возникновения пожара в автодорожных тоннелях и выполнения расчетов его площади в различных координатах по протяженности сооружения. Расчеты позволяют оценить тактические возможности пожарных команд, аварийно-спасательных служб города, определить виды, количество специальной техники и личного состава для ликвидации пожара.

Система дает возможность максимально точно выполнить рекомендации для разработки плана тушения пожара, спасения людей и материально-технических ценностей.

Разработанная НПКЦ «Интерсигнал» комплексная система ППЗ апробирована при проектировании, строительстве и эксплуатации Волоколамского, Кутузовского, Суцеского, Гагаринских автодорожного и железнодорожного тоннелей, комплекса Лефортовских тоннелей глубокого заложения и тоннельно-эстакадного варианта.

Комплексная система ППЗ автодорожных тоннелей вызывает профессиональный интерес у ведущих зарубежных специалистов, занятых в области проектирования и строительства тоннелей.

В настоящее время НПКЦ «Интерсигнал» активно сотрудничает со многими зарубежными фирмами в проведении экспертиз противопожарных технических решений по обеспечению безопасности людей и сооружений в эксплуатируемых, проектируемых европейских тоннелях.

Комплексный подход позволяет выйти на качественно новый уровень проектирования, монтажа и наладки системы противопожарной защиты объекта в целом, и в должной мере обеспечить безопасность людей, сохранность материальных ценностей, оптимизировать экономические затраты, снизить риск возникновения катастроф, а в случае, если они произошли при эксплуатации – ликвидировать их с минимальным ущербом.

Учитывая функциональное назначение комплексной системы противопожарной защиты, ее значимость в обеспечении безопасности людей и сооружения в целом, многоплановость направлений, сложность специального и инженерного оборудования, авторы понимают, что осветить данную проблему в одной статье крайне сложно.



# CONDAT STAB

## укрепление грунтов и водонепроницаемость

**CONDAT**

LUBRIFIANTS

Компания **CONDAT**, имеющая 15-летний опыт в области тоннелестроения и работ, связанных с укреплением грунтов, всегда играла активную роль в разработке специализированных продуктов для этой отрасли. Компанией разработан полный спектр продукции, соответствующей различным типам грунтов и применяемого оборудования, а также отвечающей требованиям экологии и безопасности.

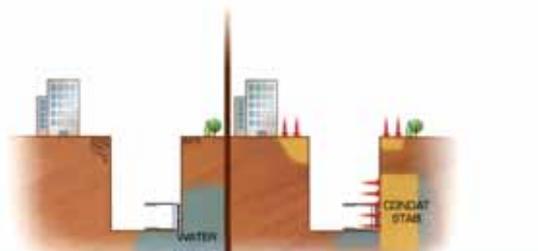
Продукция **CONDAT Stab** была разработана для решения задач укрепления грунта и водонепроницаемости при строительстве подземных сооружений и других видов подземных работ.

Компания **CONDAT** предлагает ускорители схватывания для растворов на силикатной основе, используемых для укрепления грунта путем нагнетания. Благодаря их высокой проникающей способности можно достичь максимального заполнения пустот и трещин в грунте, а следовательно, и максимальной водонепроницаемости. Нагнетание раствора в проницаемый грунт позволяет:

- повысить его механическую прочность;
- уменьшить проницаемость.

### Области применения CONDAT Stab

**Укрепление стен стартовых котлованов при запуске тоннелепроходческих комплексов**



**Ремонт существующих подземных коммуникаций в случае их повреждения**



**Ремонт и укрепление фундаментов**



**Водонепроницаемость и герметизация подземных сооружений**



**Укрепление насыпей**



**Работа тоннелепроходческого комплекса в предельно тяжелых условиях**



Официальный представитель фирмы Condat Lubrifiants в России

ООО «ТА Инжиниринг Инт.»

107078, Москва, ул. Новорязанская 16, оф. 20

тел.: (495) 724-7481

факс: (495) 265-7951