



Памятник Святому Владимиру в Киеве

## Учредители журнала

Тоннельная ассоциация России  
Московский метрополитен  
Московский метрострой  
Мосинжстрой  
Ассоциация Ассодстройметро  
Издательский центр «ТИМР»

## 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, Е.А. Демешко,  
Е.Г. Дубченко, О.В. Егоров,  
С.Г. Елгаев, А.В. Ершов, В.Н. Жданов,  
В.Н. Жуков, А.М. Жуков, Ю.А. Кошелев,  
Н.Н. Кулагин, А.М. Летуновский,  
В.В. Котов, В.Е. Меркин,  
В.М. Мостков, В.В. Неретин,  
К.П. Никифоров, А.Ю. Педчик,  
П.В. Пуголов, В.П. Самойлов,  
А.А. Севастьянов, Л.К. Тимофеев,  
Б.И. Федунец, Ю.А. Филонов,  
В.Х. Фомин, Ш.К. Эфендиев

## Главный редактор

С. Н. Власов

## Издатель

ЗАО «ТА Инжиниринг»

Лицензия ИД № 04404

тел.: (095) 929-6673

(095) 929-6482

факс: (095) 929-6548

Отдел рекламы: (095) 929-6673

103051, Москва,

Цветной бульвар, 17, оф. 217, 221

e-mail: tunnels@metrostroy.ru

## Тоннельная ассоциация России

тел.: (095) 208-8032, 208-8172

факс: (095) 207-3276

e-mail: rus\_tunnel@mtu-net.ru

## Редактор

Г. М. Сандул

## Директор

О. С. Власов

## Компьютерный дизайн и верстка

С. В. Пархоменко, М. Б. Брилинг

Журнал зарегистрирован

Минпечати РФ ПИ № 77-5707

## Год Украины в России 2002

Развитие метро- и тоннелестроения в Украине	3
В. И. Петренко	
Проходка горизонтальных и наклонных выработок большого сечения сплошным забоем	6
С. Н. Лихман	
Сооружение стволов метрополитена комбинированным способом	8
В. Н. Пальчик	
Применение резиновых уплотнителей железобетонной обделки при строительстве метрополитенов	10
М.С. Хорольский, С.Н. Лихман, В.И. Лещенко, Л.Г. Политикова	
Первый украинский тоннелепроходческий комплекс с пригрузом	12
А. В. Швиченко, Ю. Н. Мирошников	
Технология перемещения щитового комплекса КМ-24 по станции и камерам съездов	13
В. Н. Пальчик	
Тоннельное братство	14
В. И. Зозуля	
Генеральная схема развития метрополитена в Украине	15
А. П. Волинский	
Проектирование и строительство Киевского метрополитена	16
В. А. Лысяк	
Киевметрополитен - 2010	18
А. К. Охотников	
Геодезическо-маркшейдерская служба ОАО «Киевметрострой»	19
Н. В. Белоус	
Опыт использования подземного пространства	20
В. И. Петренко, И. П. Гордеев	
Последствия недостатков инженерных изысканий и проектирования при эксплуатации подземных сооружений	22
Ю. И. Сушкевич	
Особенности строительства Харьковского метрополитена	24
Ю. В. Войтюк	
Днепропетровское метро	28
Ю. И. Михайлов	
Донецкий метрополитен: дорога в XXI век	29
Н. А. Ключниченко, В. Ф. Шаталов	
Концепция защиты от влияния горных разработок и геологических нарушений	31
Г. Р. Розенвассер	

# СОДЕРЖАНИЕ

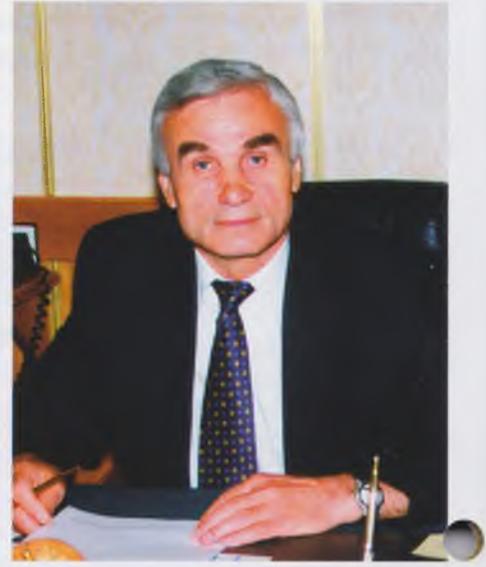
## ФОТО НА ОБЛОЖКЕ:

Общественно-культурный центр на площади Независимости в Киеве



## **УВАЖАЕМЫЕ ТОННЕЛЬЩИКИ И МЕТРОСТРОИТЕЛИ!**

Прошло более 10 лет с того времени, когда большая семья метростроевцев, состоящая из 17-ти метростроев страны, возглавляемая Главтоннельметростроем Министерства транспортного строительства СССР, после распада Союза стала перед дилеммой - как дальше жить и выживать в непростых и неодинаковых условиях, в которых оказалась. Время опеки нас Главком кончилось. Каждому пришлось искать своё место в жизни, продолжая то дело, которому нас научили такие великие организаторы производства как Министр транспортного строительства СССР Владимир Аркадьевич Брежнев, начальник нашего Главка Юрий Павлович Рахманинов, а также Юрий Анатольевич Кошелев и Владимир Асланбекович Бессолов.



Как же сложилась судьба у украинских метростроителей? Мы не разошлись по своим обочинам, и после распада Союза на собрании руководителей трех метростроев решили создать Корпорацию, которая бы решала вопросы дальнейшей технической политики строительства метрополитенов. Это решение было взвешенным и оправданным. Оно помогло нам продолжить строительство метрополитенов в Киеве, Харькове, Днепропетровске и, как результат этого, - пуски метро в этих городах. За это время был создан Донецкий метрострой, и началось строительство метрополитена в этом городе. Создана программа строительства метро в 7 городах Украины, где количество жителей превышает 1 млн человек. С 1993 г. финансирование строительства метрополитена из государственного бюджета было полностью передано городскому бюджету в Киеве и областным бюджетам в других городах Украины. В связи с этим судьба метростроения сегодня в значительной степени зависит от позиции местных властей.

Нельзя сказать, что со времени распада Союза мы отдалились, и не было контактов с метростроителями других городов. Мы всё время поддерживаем связь. За этот период было принято много решений, которые изложены в этом выпуске журнала. Те наука и опыт, которые были приобретены при работе в тесной метростроевской семье, нами не растеряны, а наоборот, приумножены. И я хотел бы всему нашему тоннельному братству пожелать успехов в производственной деятельности, чтобы мы чаще встречались и в жизни, и на страницах этого журнала.

**В. И. Петренко**

**Президент Украинской государственной  
корпорации "Укрметротоннельстрой"**



# РАЗВИТИЕ МЕТРО- И ТОННЕЛЕСТРОЕНИЯ В УКРАИНЕ

**В. И. Петренко,**  
президент Украинской  
государственной корпорации  
"Укрметротоннельстрой"

**В** 2001 г. исполнилось 10 лет с момента принятия Кабинетом министров Украины решения о создании Украинской государственной корпорации по строительству метрополитенов и тоннелей - "Укрметротоннельстрой". Корпорация объединяет 18 организаций и предприятий разных форм собственности: шесть открытых акционерных обществ - "Киевметрострой", "Харьковметрострой", "Днепрометрострой", "Укрспецстроймонтаж", СБМУ "Тоннельстрой", "Харьковметрострой"; четыре закрытых; два - проектно-изыскательских института. Остальные предприятия - других форм собственности. Они занимаются выполнением специальных методов работ: водопонижением, замораживанием, химическим закреплением грунтов, креплением котлованов, монтажом пути и оборудования, архитектурно-отделочными работами.

Уровни их технической оснащенности и научно-технической подготовки кадров позволяют решать сложнейшие задачи прокладки метрополитенов и тоннелей. Причем на долю метростроения приходится 80-90% всего объема строительного-монтажных работ.

В состав корпорации входит также акционерное общество "Трансмост", которое осуществляет возведение мостов, сооружение путепроводов, фундаментов и объектов транспортного, промышленного и гражданского назначения.

Финансирование метростроения в Украине осуществляется за счет городских и областных бюджетов с государственной поддержкой.

Все метростроительные акционерные общества имеют свои производственные базы, которые обеспечивают их подразделения всем необходимым для успешной работы: монтажом и ремонтом горной и строительной техники, сборными элементами тоннельных обделок, внутренних конструкций и товарным бетоном, транспортными средствами.

В настоящее время в корпорации работают более 7 тыс. высококвалифицированных специалистов, способных выполнить качественно и в обусловленные сроки разнообразные подземные и открытые работы в любых инженерно-геологических условиях.

Анализ реализованных корпорацией проектов за прошедшие годы показал, что решение по ее созданию было одним из самых значительных для обеспечения высоких темпов и уровня развития подземного строительства в Украине.

Предприятия корпорации вносят наибольший вклад в решение транспортных проблем крупных городов Украины, создавая сложные транспортные системы метрополитенов, основные показатели которых приведены в таблице.

Следует отметить, что за последнее 10-летие темпы сооружения метрополитенов достигли 3-4 км в год.

За период с 1949 по 2001 гг. организациями, входящими в корпорацию, построено и введено в строй:

- метрополитенов (в двухпутном измерении) - 104,5 км;

- тоннелей (железнодорожных, автодорожных, гидротехнических, трубопроводных, коммунальных, пешеходных), виохранилищ и других подземных сооружений - 82 км.

Возводятся станции различных конструкций: наземные, подземные и открытого способа работ (колонные и односводчатые) и подземные закрытого способа (пилонные и колонные в чугунной и железобетонной водонепроницаемой и комбинированной обделке). При строительстве используются специальные бетоны с повышенной водонепроницаемостью, а также резиновые уплотнители.

Защита выработок от грунтовых вод осуществляется на современном техническом уровне с применением новых гидроизоляционных рулонных материалов и мастик отечественного и зарубежного производства.

В отечественном метростроении, начиная с 1949 г., на станциях и пристанционных сооружениях внедрялись асбоцементные зонты, которые служили для защиты пассажиров от проникающей воды и были негорючими, согласно противопожарным нормам. Устройство таких зонтов

**Таблица 1. Основные показатели действующих метрополитенов в Украине (по состоянию на 1 января 2002 г.)**

Показатель	Киев	Харьков	Днепропетровск	Всего
Количество линий, шт.	3	3	1	7
Количество узлов пересадки, шт.	3	3	-	6
Количество станций, шт.	40	26	6	72
В том числе:				
закрытого способа работ	19	6	5	30
открытого	15	21	1	36
наземных	6	-	-	6
Длина линий, км:				
строительная	57,7	37,8	9,0	104,5
эксплуатационная	51,6	33,0	7,1	91,7
Длина станционных платформ, м	102	102	102	-
Количество вагонов в поезде, шт.	5	5	5	-
Частота движения поездов, пар/ч:				
проектная	40	40	40	40
фактическая	40-48	32	8	27
Среднесуточные перевозки пассажиров, млн чел.	1,27	0,90	0,07	2,24
Количество населения в городе, млн чел.	2,65	1,65	1,20	51,43
Плотность линий метро, км/млн	19,47	20,00	5,91	1,78
Год пуска первой очереди	1960	1975	1995	-

требовало выполнения трудоемких процессов при их монтаже, а также было вредным для здоровья пассажиров и обслуживающего персонала метрополитена.

В результате проведенных исследований учеными Института механики Национальной академии наук Украины, инженерами и специалистами ОАО "Киевметрострой" и ПИИ "Укрметротоннель-проект" была разработана, изготовлена и внедрена на станции "Лукьяновская" новая конструкция зонта, которая эксплуатировалась с 1996 по 1999 гг.

В дальнейшем, при строительстве станции "Дорогожичи", был применен усовершенствованный зонт, обладающий водонепроницаемостью, негорючестью, легкостью при монтаже и являющийся эстетически совершенным. Кроме того, он изготовлен из экологически чистого материала.

За прошедшие 10 лет корпорацией совместно с научно-исследовательскими, проектно-конструкторскими институтами и рядом вузов разработан комплекс мер по усовершенствованию существующих технологий строительства выработок большого поперечного сечения и дальнейшему повышению уровня механизации производственных процессов.

Для обеспечения высокого уровня техногенной надежности проходимых выработок при прокладке новых линий метрополитенов созданы и внедрены новые технологии проходки вертикальных, наклонных и горизонтальных выработок среднего и большого диаметра:

- сооружение вертикальных выработок с применением специальных способов, включая опускные секции обделки, продавливание, буронабивные секцие сваи, разработку грунта с гидропригрузом и задавливание секций обделки шахтного ствола из кольцевой штольни, находящейся выше уровня грунтовых вод (безлюдная выемка грунта при проходке ствола);

- проходка наклонных (эскалаторных) тоннелей диаметром 10,1 м сплошным забоем с предварительным замораживанием водонасыщенных грунтов и созданием искусственного ограждения вокруг проходимой выработки;

- технологии проведения горизонтальных выработок большого сечения (станционные тоннели, камеры съездов, блоки технических помещений, совмещенные тяговые подстанции и др.) сплошным забоем в связанных и слабосвязанных грунтах.

Кроме того, было развернуто строительство важнейших объектов, включая подземные сооружения Днестровской гидроаккумулирующей электростанции, рекреационных и подземных комплексов в Киеве и других городах.

Особое внимание уделяется внедрению энерго- и ресурсосберегающих технологий в метро- и тоннелестроении, что позволяет существенно снизить стоимость работ. При строительстве метрополитенов, тоннелей и других подземных объектов различного назначения применяются:

- закрытый способ работ с использованием щитовых механизированных и немеханизированных проходческих комплексов;
- открытый;
- буровзрывной с применением самоходного бурового оборудования;
- горный способ.

При неблагоприятных гидрогеологических условиях подземного строительства, включая метрополитены, научно обоснованы и широко внедрены специальные методы производства работ:

- замораживание грунтов;
- понижение уровня грунтовых вод;



Вертикальный ствол ш. 222 с применением ж/б связевой обделки

- химическое закрепление и тампонаж слабых грунтовых структур;
- стена в грунте;

- опускные колодцы подземных сооружений различного назначения, конструкции которых возводятся на земной поверхности, затем опускаются на проектную глубину;

- анкерное и свайное крепление котлованов.

При сооружении метрополитенов, тоннелей и других подземных объектов разработаны и широко используются следующие конструкции:

- а) для закрытого способа работ:
  - сборная железобетонная обделка диаметром 3,63; 4,2; 5,5; 5,65; 6,0; 6,1; 7,7; 8,5; 9,8; 10,1; 12,9; и 14,3 м;
  - монолитная железобетонная различного очертания;
  - сборная железобетонная, обжимаемая в грунт и применяемая при щитовой проходке перегонных тоннелей;

- б) для открытого способа работ:
  - сборная железобетонная обделка станций метрополитена;
  - монолитная железобетонная для станций;
  - сборная железобетонная из цельносекционных блоков для перегонных тоннелей;
  - водонепроницаемые железобетонные сборные и монолитные обделки для закрытого и открытого способа работ, изготовленные с применением суперпластификаторов и различных добавок.

Важнейшей разработкой считается конструкция сборной железобетонной обделки с гидроизолирующими резиновыми уплотнительными элементами, которая практически повсеместно позволила отказаться от использования чужуной обделки. Разработку и выпуск резиновых уплотнителей осуществляет УНИКТИ "ДИНТЭМ" (г. Днепрпетровск).

Для сооружения тоннелей и метрополитенов предприятия корпорации "Укрметротоннельстрой" имеют широкий выбор оборудования, включая:

- механизированные комплексы КМ-24-0 для проходки перегонных тоннелей диаметром 5,65 м в среднеустойчивых грунтах способом обжатия обделки в породу;
- механизированные комплексы КМ-5,6Д2 для

сооружения тоннелей в устойчивых породах средней крепости, а также в песках и глинах с включением гравийно-галечных отложений и валунов;

- буровые установки типа УБШ для прокладки тоннелей в устойчивых крепких породах;

- подъемно-транспортное оборудование для вертикальной транспортировки породы и спуска материалов;

- оборудование для монтажа железобетонной и чугунной обделки при сооружении станционных, эскалаторных и перегонных тоннелей;

- землеройное и грузоподъемное оборудование для строительства метрополитенов открытым способом;

- технологическое оборудование для доставки и укладки бетона;

- козловые краны для возведения станционных и пристанционных объектов метрополитена открытым способом;

- оборудование для забивки и извлечения свай ограждения котлованов;

- автотранспорт для вывозки породы и доставки материалов.

В составе корпорации одной из самых крупных в Украине организации по комплексному строительству объектов метрополитенов, специальных подземных сооружений и технических тоннелей является ОАО "Киевметрострой", которому в 1999 г. исполнилось 50 лет. За период своего существования в г. Киеве на 3-х линиях метрополитена сооружено 57,7 км тоннелей и 40 станций.

Кроме тоннелей метрополитенов Киевметростроем в Украине и за рубежом построены крупные подземные объекты различного назначения.

В течение 3,5 лет с применением специальных способов осуществлялась проходка в сложных инженерно-геологических условиях гидротехнических тоннелей Днепр-Донбасс (длина 6,6 км, диаметр 5,5 м), Днепр-Ингулец (длина 2,2 км, диаметр 6 м) и Донского магистрального канала (длина 6 км, диаметр 6 м). С помощью буровзрывного способа за 2,5 года был проложен Новороссийский нефтепроводный тоннель (длина 3,3 км, диаметр 5,6 м).

В течение 4-х лет в г. Киеве велось строительство главного городского канализационного кол-



лктора диаметром 3,6 м, длина которого составила 9 км, а также водопроводных тоннелей диаметром 2,5-3,5 м и протяженностью 6,7 км.

За 2 года были пройдены Приморский канализационный коллектор в г. Одессе диаметром 3,6 м и длиной 1,5 км и Воронежский двухпутный железнодорожный тоннель длиной 700 м.

С применением буровзрывного способа в скальных породах за 3 года был построен однопутный тоннель на железнодорожной линии Иджеван-Раздан в Армении (диаметром 8,5 м).

На 4-х Криворожских горно-обогатительных комбинатах сооружены опускные колодцы для подземных дробильных комплексов циклично-поточной технологии диаметром 40 м и наклонные тоннельные галереи диаметром 9,9 м.

При возведении подземного комплекса Днестровской гидроаккумулирующей электростанции пройдены вертикальные, горизонтальные и наклонные водоводы сечением до 100 м<sup>2</sup> буровзрывным способом. При сооружении дренажных штолен в скальных грунтах использовали механизированный комплекс.

Кроме того, построены подземные торговые центры и пешеходные тоннели в г. Киеве, а также канализационные коллекторные тоннели в г. Червовцы.

При прокладке линий Киевского метрополитена и тоннелей различного назначения коллективом Киевметростроя в сотрудничестве с институтом "Укрметротоннельпроект", другими проектными и научно-исследовательскими организациями разработан и внедрен ряд прогрессивных технологий проведения горнопроходческих работ, а также конструкций крепи.

Впервые в мировой практике создан и внедрен способ продавливания сборной железобетонной обделки в стволе из кольцевой штольни, пройденной вокруг его контура на промежуточном горизонте выше уровня грунтовых вод.

Новое техническое решение было принято и реализовано при переводе щитового комплекса через готовый участок станции "Дорогожичи" без оборудования демонтированной и монтажной камер.

При планировании продления Святошино-Броварской линии метрополитена в Киеве от станции "Святошин" до "Прспекта Победы" была запроектирована трасса мелкого заложения в сложных инженерно-геологических условиях с замораживанием грунтов на протяжении 1 100 м. Трасса метро пересекает различные подземные коммуникации, которые необходимо было перекладывать и закрывать движение автотранспорта на одной половине автомагистрали проспекта Победы. Применение замораживания привело бы к удорожанию работ, значительному увеличению сроков и ухудшению экологии в зоне строительства. Поэтому было принято решение сооружать тоннели при помощи механизированных комплексов, которые могут эксплуатироваться на небольшой глубине в сложных гидрогеологических условиях без просадки дневной поверхности.

В связи с тем, что в странах СНГ подобные комплексы не изготавливались, был объявлен тендер на покупку тоннелепроходческих комплексов в дальнем зарубежье. Из представленных пяти предложений западных фирм были выбраны комплексы немецкой фирмы "WIRTH", которая предложила их по более низким ценам. Вес самых тяжелых неразборных узлов комплексов составляет менее 20 т, что позволяет их монтировать на трассах строительства метрополитена при глубоком заложении.

Тоннелепроходческий комплекс предназначен для прокладки тоннелей с наружным диаметром

5,6 м и внутренним 5,1 м. Разработка грунта производится при помощи роторного экскаватора с усилием на кромке ковша 295 кН. При сооружении тоннелей в сложных гидрогеологических условиях в переднюю часть щита, которая имеет герметичную перегородку, подается сжатый воздух давлением до 0,2 МПа. Разрабатываемая порода при помощи винтового конвейера транспортируется на ленточный транспортер и грузится в автомобили-самосвалы типа КАМАЗ. Передняя часть щита оборудована семью шандорами, которые выдвигаются на 0,5 м и имеют забойные плиты и гидроцилиндры, удерживающие забой под углом 135 градусов. Комплекс оборудован шлюзовой камерой входа для обеспечения выхода обслуживающего персонала в призабойную зону при аварийных ситуациях и плано-предупредительных ремонтах. Передвигается щит с помощью восемнадцати гидроцилиндров, которые имеют ход штока в 1 400 мм. Рабочее давление гидроцилиндров 35 МПа, общее усилие при передвижении 19 782 кН.

Для лучшего управления щит разделен на две части, между которыми имеется герметичное резиновое уплотнение. Передняя часть щита при помощи 12-ти артикуляционных гидроцилиндров может изменять направление движения до 5 градусов.

Обделка тоннеля наружным диаметром 5,6 м состоит из семи высокоточных нормальных железобетонных тубингов с резиновым уплотнением. Она монтируется при помощи кольцевого блокоукладчика и при выходе из кольцевой оболочки щита сразу производится нагнетание тампонажного раствора за обделку для предотвращения проседания дневной поверхности.

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

В настоящее время в Украине по заказу Киевметростроя создан первый тоннелепроходческий комплекс типа КТ-6,2А24 с пневмопригрузом забоя и экскаваторным органом, который изготовлен на заводе "Большевик" (г. Киев).

Комплекс включает щит диаметром 6,2 м и позволяет проходить тоннели в обводненных породах без присутствия людей в призабойной зоне. Все основные операции механизированы. Важным является то, что комплекс имеет более широкую область применения и может эффективно использоваться при изменении грунтов по трассе тоннеля - от водонасыщенных песков до супесей, суглинков и плотных глин. В плане перспективного строительства предусмотрено внедрение первого тоннелепроходческого комплекса КТ-6,2А24 на линии метро от станции "Лыбедская" до Выставочного центра достижений народного хозяйства Украины.

Специалисты корпорации постоянно работают над решением и дальнейшим совершенствованием технических и технологических разработок, направленных на удешевление сооружаемых объектов, сокращение сроков строительства путем разработки и внедрения новых технологических схем, более эффективных материалов, изделий и конструкций.

Для решения проблем метростроения в Украине по инициативе корпорации "Укрметротоннельстрой" готовится "Генеральная схема развития метрополитенов в Украине до 2050 года". Сейчас над ней работает проектно-исследовательский институт "Укрметротоннельпроект" совместно со многими проектными, научными и конструкторскими организациями Украины.

В этой схеме рассматриваются вопросы строи-

тельства и развития метрополитенов в Киеве, Харькове, Днепрпетровске, Донецке и других крупных городах Украины.

Кроме этого разработана "Программа развития подземного пространства городов Украины", которая охватывает широкий спектр вопросов - от законодательного обеспечения, теоретических разработок, нормативно-методологического, научно-технического обеспечения до экспериментального проектирования и строительства.

Корпорация "Укрметротоннельстрой" сотрудничает с Национальной академией наук Украины, Национальной горной академией Украины, Национальным транспортным университетом, Государственным техническим университетом железнодорожного транспорта, многими научно-исследовательскими институтами и конструкторскими бюро заводов по дальнейшему усовершенствованию тоннельных конструкций, временного крепления забоев, гидроизоляции тоннельных обделок, новых технологий сооружения тоннелей различного назначения в любых геологических условиях.

Примерами такого плодотворного сотрудничества является разработка, изготовление и применение анкерно-пневматической крепи забоев, сборных железобетонных водонепроницаемых обделок тоннелей диаметром от 5,6 до 11,4 м для проходки вертикальных, горизонтальных и наклонных выработок; для повышения гидроизоляции свойств эскалаторных и платформенных участков станций теперь используются сборные железобетонные обделки диаметром 8,5, 9,8 и 11,4 м с болтовыми соединениями и резиновыми уплотнениями стыков, различные механизмы и механизированный инструмент, негорючие стеклопластиковые водозащитные зонты, составляющими конструкций которых являются только отечественные материалы. Эти зонты выполняют не только водозащитную функцию, но и являются яркими архитектурным элементом украшения станций. Эстетический уровень их оформления очень высокий: он учитывает размещение станций, историческое прошлое соответствующих улиц и местностей, их настоящее и будущее.

В архитектурном оформлении применяются разнообразные материалы: полированные гранит и мрамор, керамика, майолика, мозаичное панно, нержавеющая сталь, анодированный алюминий, бронза, чеканка по металлу, разнообразные светильники, фрески, разноцветные краски.

Специалисты организаций и предприятий корпорации привлекались для консультаций и сооружения объектов тоннельного строительства, например: тоннелей Асуанской ГЭС в Египте, автотрасс тоннелей в Афганистане, железной дороги в Сирии, метрополитена в Чехии, железнодорожных тоннелей в России и Армении, гидротехнических, трубопроводных, канализационных тоннелей и скоростного трамвая, винохранилищ в России и Украине (Крым) и других подземных объектов в разных странах мира.

Корпорация "Укрметротоннельстрой" является членом Международной тоннельной ассоциации (ITA).

Корпорация оказывает консультативные услуги по различным вопросам подземного строительства и предлагает успешное сотрудничество в области прокладки метрополитенов, тоннелей различного назначения, возведения других подземных и наземных сооружений как в комплексе (от проектирования до сдачи в эксплуатацию "под ключ"), так и отдельных видов работ. При этом гарантируется высокое качество, надежность объектов и обусловленные сроки их выполнения.



# ПРОХОДКА ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И НАКЛОННЫХ ВЫРАБОТОК БОЛЬШОГО СЕЧЕНИЯ СПЛОШНЫМ ЗАБОЕМ



**С. Н. Лихман,**  
главный инженер  
ОАО "Киевметрострой"

Увеличение объемов подземного строительства метрополитенов в крупных городах и тоннелей различного назначения, особенно в сложных инженерно-геологических условиях, вызывает необходимость разработки новых и усовершенствования существующих технологий их сооружения. Это позволяет обеспечивать высокие скорости и уровень механизации проходческих работ при рациональных затратах труда, энергии и материалов.

При сооружении в неустойчивых грунтах подземных выработок большого поперечного сечения необходимо решать сложные инженерные задачи поддержания их устойчивости, особенно в забойной части, и обеспечения прочности крепления (обделки) при оперативном введении его в работу. Эти задачи действительно становятся составной частью большой научно-технической и инженерной проблемы, над решением которой работают и производственники.

В настоящее время в Украине осуществляется строительство тоннелей и метрополитенов, требующее научно обоснованного подхода к разработке и вне-

дрению новых эффективных технологий. В этой связи выполнен комплекс исследований, направленных на решение данных задач.

Известно, что глубокое изучение инженерно-геологических условий в районах строительства объектов, определение физико-механических характеристик грунтов и выбор их структурно-механической модели, а также моделирование характера поведения грунтового массива и устойчивости крепи выработки дает возможность создать технологии проходки выработок большого поперечного сечения и обосновать применение специальных способов их строительства.

С целью выявления характера сдвига грунтов в призабойной зоне горизонтальной выработки большого поперечного сечения были проведены эксперименты с использованием метода центробежного моделирования. При этом были отобраны глинистые грунты, подобные тем, физико-механические свойства которых определяли в лабораторных условиях. Грунт с объемной моделью выработки в масштабе 1:100 размещали в кассете центрифуги и задавали ей ступенчатое вращение со скоростью от 0 до 250 об/мин. При проведении экспериментов соблюдалось геометрическое подобие и равенство напряжений, обусловленных естественными и искусственными в модели (за счет центробежного ускорения) силами тяжести. Установлено, что поверхности сдвига призмы обрушения имеют криволинейные очертания. Следовательно, в аналитических расчетах нужно учитывать этот факт при определении сил, действующих на временную и постоянную крепи в забойной части выработки. Данное положение было принято в качестве рабочей гипотезы при аналитическом построении математической модели.

С учетом результатов выполненных исследований была разработана технология проходки левого станционного

тоннеля (ЛСТ) диаметром 8,5 м, а также тоннелей совмещенной тяговой подстанции (СТП), блока технологических помещений (БТП) диаметром 10,1 м и среднего станционного тоннеля (ССТ) диаметром 9,5 м станции метро "Дорогожичи" сплошным забоем.

В разработанной технологии следует выделить два важных момента. Во-первых, при проходке выработки большого сечения сплошным забоем необходимо обеспечить его крепление временной крепью, вступающей в работу весьма быстро, по мере разработки породы и крепления забоя. Во-вторых, постоянная крепь в виде сборной железобетонной блочной обделки воспринимает горное давление в плоскости ее поперечного сечения.

Особенность сооружения перегонных тоннелей и станций на ряде строящихся участков Киевского метрополитена правобережья состоит в проходке выработок в толще спондиловых тугопластичных глин мощностью 18-20 м, являющихся водоупором. Над ними залегает толща мягко- и тугопластичных полутвердых суглинков мощностью 4-5 м, водопроницаемых по песчаным прослойкам, выше которых находится пласт водонасыщенных песков (пльвунов) мощностью 25-30 м.

Такие инженерно-геологические условия и ранее применявшаяся технология обуславливали прохождение перегонного тоннеля, являющегося пилот-тоннелем при дальнейшем строительстве станций метрополитена. Вместе с тем, в процессе проведения работ создалась ситуация, при которой левый перегонный тоннель участка Сырецко-Печерской линии, проходимый с помощью щитового комплекса КМ-24 и механизированного Киевского щита ЦМР-1С, не доходил до станции "Дорогожичи" на расстояние примерно 1 200 м, а проходка ствола шахты № 219 с подходными выработками была закончена. Кроме того, было завершено строительство ствола № 218 и подходной выработки к нему. В этой связи можно было расши-

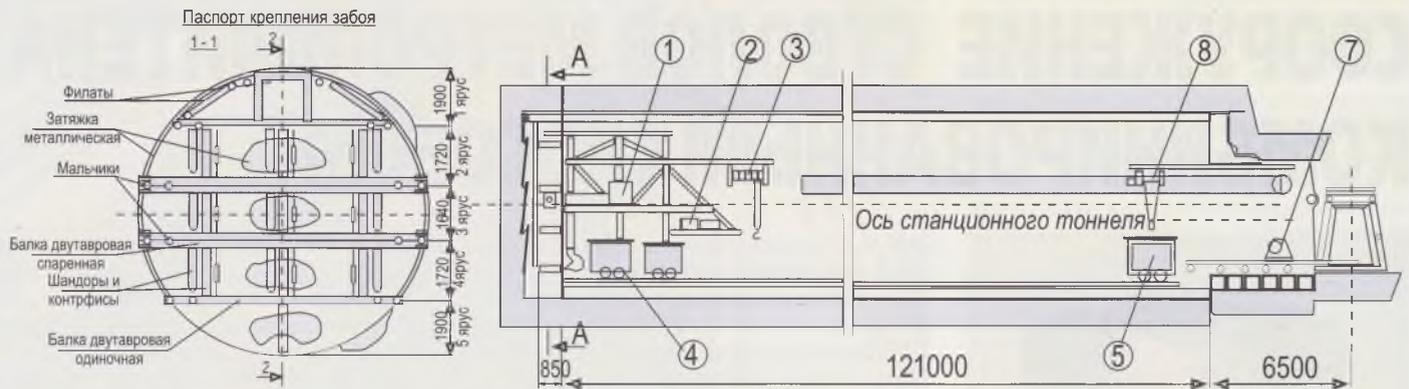


Рис. 1. Технологическая схема проходки станционного тоннеля на полное сечение с разделением забоя на ярусы

рить фронт работ по возведению станции "Дорогожичи" и осуществить проходку ЛСТ, БТП, СТП и ССТ. Причем, данные выработки имели большой диаметр (8,5-9,5 м), что обуславливало высокий уровень сложности их сооружения.

Анализ существующей практики строительства выработок больших сечений в сложных инженерно-геологических условиях показал, что для ускорения темпов производства строительного-монтажных работ в районе станции "Дорогожичи" Сырецко-Печерской линии необходимо было применить разработанную технологию проходки станционных тоннелей в спондилитовых глинах сплошным забоем (рис. 1). При этом тоннели сооружают эректором с разработкой грунта послойно отбойными молотками с его погрузкой породопогрузочной машиной ППН-1 в вагонетки ёмкостью 1,5 м<sup>3</sup>. Для удержания грунтового массива со стороны забоя используются одинарные (первая и четвертая) и спаренные (вторая и третья) двутавровые балки № 45, которые устанавливаются в 4-х уровнях и заведены в породу. Причем 3-й срединный ярус по верху и по низу огражден кон-

Перечень основных механизмов			
№	Наименование	Марка	Примечание
1	Блокоукладчик	ТУ - 2гп	
2	Растворонагнетатель	СО - 126	
3	Тельфер электрический	ТЭ320 - 511	г. п. 3 т
4	Породопогрузочная машина	ППН - 1с	с траверсой
5	Вагонетка	ВГ 1.6 - 600	V = 1.5 м <sup>3</sup>
6	Тельфер электрический	ТЭ320 - 511	г. п. 3 т
7	Лебедка электрическая	ЛМ - 3,2	г. п. 3,2 т

струкцией из спаренных балок. Для создания жёсткости все балки были закреплены между собой, забоем и постоянной крепью - сборной железобетонной обделкой - штендерами, контрфицами и "мальчиками". Кроме того, балки между собой стянули винтовыми устройствами - "фаркопфами". Расстояние между балками по вертикали составляет 1,6 м. Со стороны забоя пространство закрыто металлическими затяжками из спецпрофиля, усиленными металлическими полосами. Разработка грунта производится послойно в направлении сверху вниз на одну заходку, равную ширине кольца обделки - 0,75 м, с последующей поочередной передвижкой подкрепляющих забой балок и их закреплением и установкой затяжки. При этом выемка грунта в ярусе выпол-

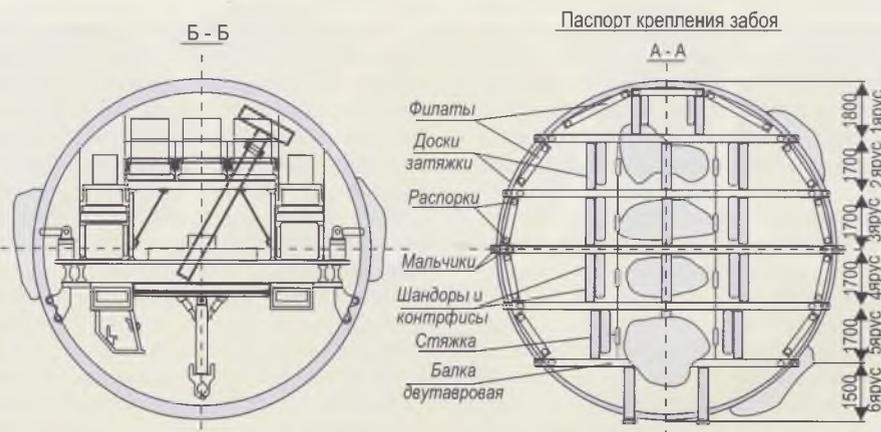
няется от центра к периферии с затяжкой и заклиниванием временной крепи во фронтальной части забоя в ярусе.

Была также разработана и реализована технология проходки выработки большого поперечного сечения (эскалаторный тоннель диаметром 10,1 м) сплошным забоем. Она заключалась в применении 6-ярусной балочной временной крепи и постоянной железобетонной обделки с резиновым уплотнением (рис. 2). Данная технология была успешно внедрена при строительстве наклонного хода (эскалаторного тоннеля) станций "Печерская" и "Дорогожичи".

Для крепления выработок различного назначения большого поперечного сечения была создана обделка в виде железобетонных тубингов со специальными резиновыми уплотнительными элементами. Данная обделка применена для крепления нижнего эскалаторного тоннеля станции "Печерская" длиной 120 м, эскалаторного тоннеля станции "Дорогожичи" - 124,5 м и проемной части 3-сводчатой станции длиной 48 м. Стоимость сооружения эскалаторного тоннеля в сборной железобетонной обделке с резиновым уплотнением стыков снижается в 2,14 раза по сравнению со стоимостью тоннеля с чугунной тубинговой обделкой.

Таким образом, применение разработанной технологии позволило осуществить быстрый ввод станционных выработок в общестроительные и отделочные процессы при высоком уровне организации труда и безопасности работ.

Рис. 2. Технологическая схема проходки наклонного хода с использованием сборной железобетонной обделки с резиновым уплотнителем



# СООРУЖЕНИЕ СТВОЛОВ МЕТРОПОЛИТЕНА КОМБИНИРОВАННЫМ СПОСОБОМ



**В. Н. Пальчик,**

заместитель главного инженера,  
ОАО "Киевметрострой"

**П**ри строительстве метрополитена осуществляется проходка стволов по трассе для выполнения различных технологических функций: выдачи грунта, вентиляции, подачи материалов и др. Наиболее сложным является выбор технологии в гидрогеологических условиях при наличии слабых неустойчивых и особенно водонасыщенных грунтов. Указанные условия имеют преимущественное распространение при строительстве метрополитена глубокого заложения в г. Киеве. В этой связи были разработаны комплексные технологии проходки вертикальных стволов при строительстве Сырецко-Печерской линии Киевского метрополитена. Причем проходка стволов осуществлялась с применением специальных комбинированных способов, наиболее соответствующих свойствам грунтов.

При строительстве ствола № 221 была применена новая технология проходки, включающая обычный способ со сборной крепью из чугунных тубингов выше водоносного горизонта и метод продавливания в тиксотропной рубашке с гидравлическим пригрузом на уровне и ниже водоносного горизонта.

До отметки 23,0 м грунты были представлены песками, суглинками, глинами, песчаником малой прочности. Ниже указанной отметки располагались водонасыщенные пески с водоупором - спондиловой глиной со слоем суглинка над ней. До отметки 14,0 м проходка ствола диаметром 6 м проводилась горным способом с разборкой грунта отбойными молотками на величину заходки в 1 м и выдачи его грейфером с объемом ковша 1 м<sup>3</sup>, размещенным на кране типа КС-5363. После выемки грунта осуществлялся монтаж кольца обделки из чугунных тубингов, а после проходки ствола до отметки

14,0 м (14 колец обделки) в нем были смонтированы предохранительный (верхний) и рабочий (нижний) полки с проемами для пропуска грейфера.

В дальнейшем разрабатывался грунт по внешнему контуру обделки на глубину 2,3 м. При этом в центре забоя было создано опережение диаметром 4 м на глубину 1 м, а по фланцу 14-го кольца обделки устанавливались прижимные стальные планки толщиной 20 мм. После этого перпендикулярно от оси ствола проходили заходками глубиной 1 м боковую штольню трапециевидного сечения высотой 2,3 и длиной 3 м с монтажом полных рам и их затяжкой обрезной доской в кровле и боках выработки. Размеры рамы по верху составляли 2,74, а понизу - 3,19 м. По кругу на отметке 16,3 м заходками по 2 м проходили кольцевую штольню (нишу) с креплением кровли и боков забоя полурамми и затяжкой из обрезной доски толщиной 40 мм. В штольне устанавливали монтажную лебедку, а к кольцу тубинговой крепи с накладками навешивали 8 гидроцилиндров и монтировали гидросистему и маслостанцию. В забое разрабатывали грунт выемкой глубиной 1,7 и диаметром 1,2 м, после чего, при помощи крана и монтажной лебедки, собирали ножевую часть и на ней первое кольцо обделки. При этом нож с высокой точностью выставляли в плане и профиле. Подработав грунт на величину заходки, нож с первым кольцом обделки опускали на 1 м, и монтировали второе кольцо, устанавливая направляющие (8 шт.) и бетонируя промежуточный оголовок. Затем собирали проходческий полок, а в кольцевой нише монтировали коллекторную сеть гидропромыва и подачи бентонитовой суспензии.

В соответствии с принятой технологией, далее проходка ствола осуществлялась в тиксотропной рубашке. Грунт разрабатывался при помощи грейфера подводным способом. При помощи 8 гидроцилиндров, расположенных на границе кольцевой ниши, производилось задавливание сборной крепи. После проходки на 1 м с монтажного полка лебедкой или краном собирали очередное кольцо обделки. По фланцам между кольцами обделки производили гидроизоляцию из одного слоя гидростеклоизола. Кроме того, выполняли зачеканку (законопачивание) монтажных (межтубинговых в кольце и межкольцевых) швов и устанавливали тубинговые пробки. При помощи ручных лебедок, размещенных на перекрытии устья ствола, перемещали проходческий полок на смонтированное кольцо. Далее цикл повторялся.

При опускании крепи путем продавливания гидроцилиндрами между обделкой и грунтом на уровне промежуточного оголовника постоянно поддерживалось наличие бентонитовой суспензии (тиксотропного раствора). Её применение обеспечивало существенное снижение сил трения по внешней поверхности колец обделки. Уровень воды в стволе постоянно находился на отметке 22,0 м, создавая тем самым ги-

дравлический пригруз при проходке до отметки 52,2 м.

Разработанная технология и её технико-экономические показатели сравнились с технологией продавливания крепи ствола № 222 с поверхности. Как оказалось, новая технология имеет существенные преимущества. Во-первых, исключается большой объем земляных и бетонных работ при строительстве воротника и самой форшахты. Глубина ее по старому варианту составляет 4,7 м, внутренний диаметр - 2,4 м, а внешний - 21,8. По новому варианту оголовок сооружается на глубину 1 м с наружным и внутренним диаметром соответственно 11 и 8,3 м. Во-вторых, она позволяет осуществить продавливание обделки на большую глубину в сравнении с традиционным способом погружения колодца с поверхности.

Кроме того, сокращается объем металлоконструкций и работ по их монтажу для обустройства продавливающей установки. Однако одним из главных факторов выбора новой технологии проходки в сложных условиях является эффективное продавливание части ствола без увеличения числа гидроцилиндров. Это обусловлено тем, что, как показала практика, при использовании гидроцилиндров с общим усилием 12-18 МПа можно высокопроизводительно, безаварийно и без отклонений от графика осуществить строительство ствола глубиной 50-55 м способом опускных колодцев и продавливания в инженерно-геологических условиях, относящихся к исключительно сложным.

Для проходки ствола № 220 в районе предполагаемой станции "Герцена" Сырецко-Печерской линии, с учетом особого места его расположения (с тыльной стороны здания Института международных отношений), была запроектирована технология строительства комбинированным способом в два этапа с применением буронабивных свай. Свайные работы выполняли по специальной технологии, разработанной АО "Трансмост", с применением способа "стена в грунте" из секущих бетонных и железобетонных свай. Технология основана на бурении скважин диаметром 1 020 мм с обсадной трубой внутренним диаметром 820 мм. Глубина скважин составляет 36 м, а сооружаемого ствола на первом этапе - 32,1 м.

Скважины располагали по концентрической окружности диаметром 9 800 мм. Порядок их бурения определялся 11-ю этапами, что зависело от очередности их выполнения в пределах одного этапа. Всего были пробурены 44 скважины по 5 в каждом этапе. Так, например, в первом этапе первую скважину бурили с удалением шлама и обустранивали ее путем заполнения бетоном без помещения армокаркаса. Через одну скважину на расстоянии 1 400 мм по дуге окружности бурили третью и также бетонировали ее без армокаркаса. Рядом с первой бурили 44-ю и заполняли ее песком. Затем между первой и третьей по варианту "секущая скважина" бурили скважину "номер два" и выполняли ее в виде железобетонной конструкции с армокаркасом.



Устье ствола № 220, сооруженного из секущих бетонных (первичных) и железобетонных (вторичных) свай

В следующем варианте сооружали скважину "номер четыре" и заполняли ее песком. Далее работы во втором этапе выполнялись в таком же порядке, однако отличительной особенностью было разбуривание скважины "номер четыре" и обустройство ее в виде железобетонной конструкции.

После выполнения всех работ по созданию защитной стенки из секущих буронабивных свай производилась выемка грунта с помощью строительного крана и грейферного выемочно-погрузочного органа.

Проходка ствола с глубины 32,1 м осуществлялась по следующей технологии. К закладным деталям в буронабивных сваях приваривали консоли с укосинами, к которым крепили гидродомкраты и далее задавали ножевую секцию. После ухода ножевой секции в грунт на высоту кольца на нее наращивали железобетонные тю-

бинги с внешним и внутренним диаметрами соответственно равными 6 100 и 5 600 мм. При этом осуществляли выемку грунта грейферным краном на одно кольцо и монтировали обделку.

Задавливание колец крепи с ножевой секцией проводилось комбинированным методом, включая способ опускных секций (колец) в тиксотропной рубашке с внешней стороны крепи и гидропригруза внутри ствола.

После достижения проектной глубины ствола на промежуточный оголовок последовательно до самого устья наращивали железобетонные кольца и засыпали пространство между ними и буронабивными сваями песком.

Как установлено опытным путем, разработанная технология имеет следующие преимущества.

Во-первых, создание кольцевой стены из буронабивных свай полностью исключило дефор-

мации основания и фундамента важнейшего объекта - корпуса Института международных отношений.

Во-вторых, исключается процесс забивки свай, в том числе с ударными динамическими нагрузками на основание, фундамент и здание и шумовыми эффектами при его реализации.

В третьих, задавливание секций опускной крепи с промежуточной опорной конструкцией на границе буронабивных свай и грунтового массива позволило исключить предельное сопротивление трения при внедрении ножевого кольца в чередующиеся песчаные и глинистые грунты.

В четвертых, наращивание колец крепи ствола производилось с промежуточного устройства без опускания ее в забойную часть при горном способе, что нельзя было осуществить при гидравлическом пригрузе (на 1 м выше уровня грунтовых вод) в стволе.

Стволы № 218 и 219 проходили горным способом с подведением ж/б тюбингов снизу (I этап). Средняя часть (II этап) сооружалась путем продавливания обделки в тиксотропной рубашке из специально пройденной вокруг ствола кольцевой штольни с монтажом в ней железобетонной обделки диаметром 6,1/5,6 м и опусканием сверху вниз. В нижней части ствола (III этап) был также применен горный способ с подведением унифицированной железобетонной обделки диаметром 6,1/5,6 м снизу.

При проведении ствола № 217 была применена специальная технология, заключающаяся в следующем. На первом этапе проходка в верхней части выполнялась путем продавливания железобетонных тюбингов диаметром 7,7/7,0 м в тиксотропной рубашке сверху, начиная от оголовника. Второй этап состоял из проходки средней части ствола продавливанием в тиксотропной рубашке железобетонных тюбингов диаметром 6,1 м с их монтажом без кольцевой штольни. На третьем этапе проходка ствола осуществлялась горным способом с подводкой железобетонных блоков снизу.

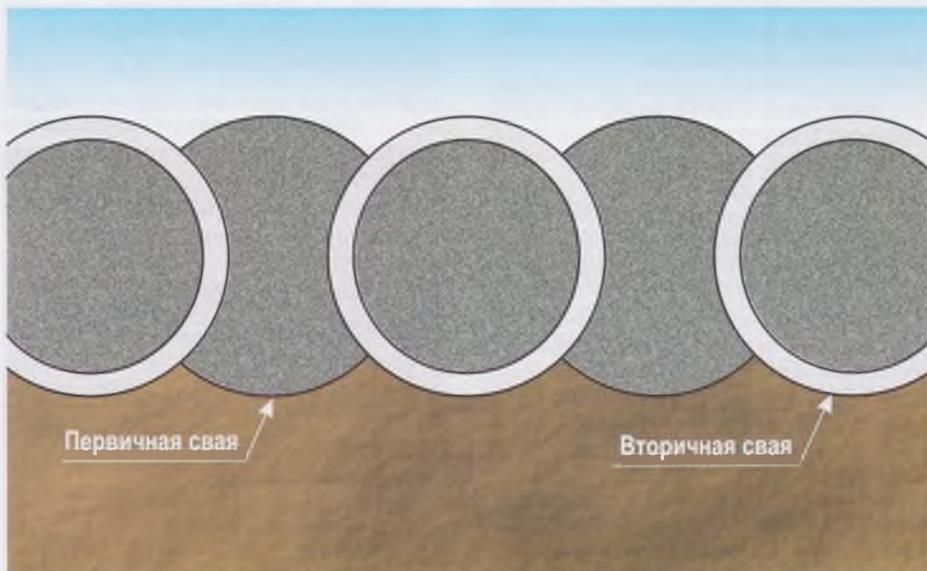
При разработке новых технологий и крепей важное значение имеет уровень унификации конструкций и видов работ для повышения производительности и общей эффективности строительства подземного объекта. С этой целью в Киевметрострое были сконструированы, изготовлены и внедрены обделки из универсальных железобетонных блоков типа Н-61, К-61, С-61 диаметром 6,1/5,6 м, которые использованы для крепления стволов и околоствольных дворов. Их преимущество заключается в унификации элементов, а главное - в более низкой стоимости по сравнению с чугунными.

Анализ результатов внедрения разработанных комбинированных технологий проходки глубоких стволов метрополитена показал, что, во-первых, они эффективны в сложных инженерно-геологических условиях и, во-вторых, позволяют получить значительный экономический эффект за счет высокого уровня механизации технологических процессов, применения специальных способов и железобетонной обделки взамен чугунной в обводненных грунтах.

Таким образом, внедрение разработанных технологий проходки стволов позволило достичь высоких технико-экономических показателей без опасных деформаций грунтового массива вблизи важных объектов.



Стена из секущих свай



# ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗИНОВЫХ УПЛОТНИТЕЛЕЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ОБДЕЛКИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕТРОПОЛИТЕНОВ

**М. С. Хорольский,**

канд. тех. наук, лауреат

Государственной премии, директор УНИКТИ "ДИНТЭМ", Днепропетровск

**С. Н. Лихман,**

главный инженер ОАО

"Киевметрострой", Киев

**В. И. Лещенко,**

начальник НИЛ разработки

материалов и технологий изготовления РТИ для рельсового и трубопроводного транспорта, УНИКТИ "ДИНТЭМ",

Днепропетровск

**Л. Г. Политикова,**

начальник группы трубопроводного и тоннельного транспорта, УНИКТИ "ДИНТЭМ", Днепропетровск

**В** настоящее время изделия из резины, благодаря своим специфическим свойствам, все более широко используются в разных областях народного хозяйства.

Резина относится к эластомерным материалам с резко выраженной способностью к высокоупругому деформированию в достаточно широком интервале температур. Очень важной характеристикой резины является ее сравнительно небольшая твердость и способность к большим упругим деформациям, что позволяет ей быть одним из наиболее распространенных материалов для изготовления уплотнителей различного назначения.

Эксплуатируемые в технике изделия из резины принято называть резинотехническими (РТИ). Среди них наиболее распространена группа уплотнителей.

В практике строительства метрополитенов, стволов шахт и тоннелей в качестве постоянной крепи - обделки, как правило, используются чугунные тубинги и железобетонные блоки. В зависимости от того, на какой глубине и в каких грунтах проходит тоннель, выбирают конструкции сооружений и материалы для них.

Ранее при прокладке метрополитенов в Украине чаще всего использовали чугунные тубинги, а герметизацию стыков между ними осуществляли уплотнителями из свинца. Но такой материал является пластичным и после того, как тоннельная обделка собрана, вследствие динамических нагрузок при движении поездов, стыки соединенных чугунных тубингов перестают быть герметичными, то есть надежность таких уплотнителей является невысокой. Кроме того, свинец является дефицитным материалом, а его использование требует сложной технологии.

В Украинском государственном научно-исследовательском конструкторско-технологическом институте эластомерных материалов и изделий (УНИКТИ "ДИНТЭМ", г. Днепропетровск) уже накоплен большой опыт разработки РТИ для сложных объектов ракетно-космического и военно-

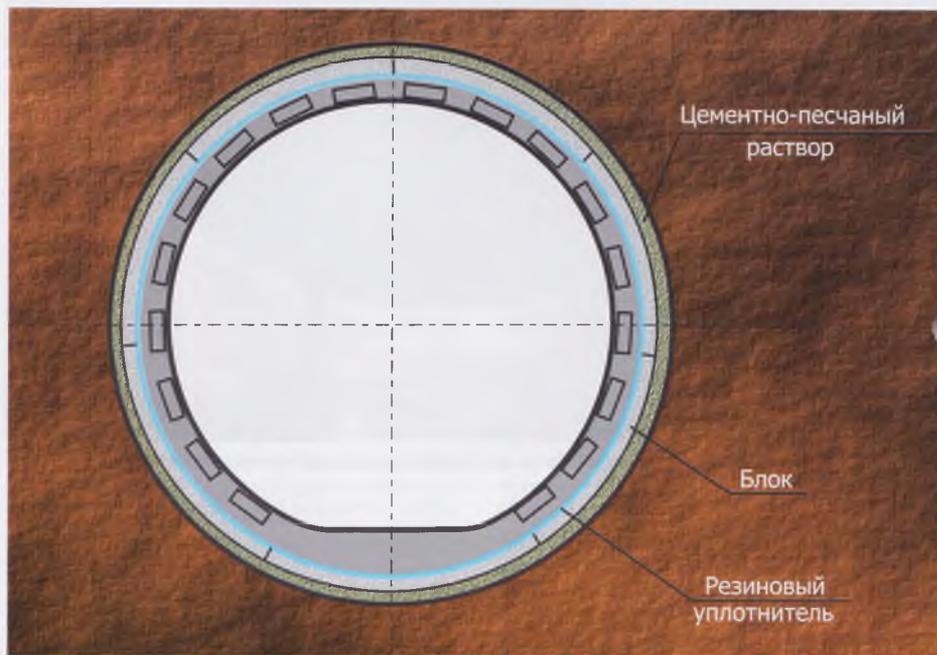


Рис. 1. Схема расположения резиновых уплотнителей по кольцевому стыку

промышленного комплексов, имеющих большие надежность (0,9999), сроки эксплуатации и сохранения эксплуатационных характеристик (свыше 20 лет). В связи с развитием метро- и тоннелестроения в Украине возникла потребность провести научные исследования и предварительные испытания с целью распространения полученного опыта создания резиновых уплотнителей для герметизации стыков тоннельных обделок.

Преимущества применения резины для уплотнителей тоннельной обделки заключаются в следующем:

- за счет упругих свойств резины повышается надежность герметизации стыков;
- затраты на материалы для уплотнения межблочных стыков уменьшаются;
- защита резины от старения, срок эксплуатации уплотнителей из нее увеличивается и составляет более 70-ти лет;
- резина имеет небольшой вес;
- монтаж резиновых уплотнителей осуществляется в условиях изготовления железобетонных блоков, что значительно повышает комфортность и производительность труда, возрастает степень надежности изделий.

Следовательно, резина может успешно конкурировать со свинцом. При этом конструкция уплотнителей должна быть достаточно простой, чтобы обеспечить высокопроизводительную работу при их выпуске и высокое качество при монтаже.

Каждое кольцо обделки тоннеля состоит из определенного количества блоков, которое зависит от диаметра кольца и назначения обделки. Герметизация межблочных соединений по

поперечным (кольцевым) и продольным (радиальным) бортам железобетонных тубингов и блоков достигается за счет точности изготовления блоков, канавок для резиновых уплотнителей и самих уплотнителей. При этом они, сжимаясь между собой в тоннельном кольце фланцевой стороной, создают сплошной пояс герметизации между кольцами обделки в продольном направлении (рис. 1, 2), а сжимаясь торцевой стороной - в радиальном. Такие пояса герметизации могут выполняться как с перевязкой швов, так и без них.

Резина склонна к старению, из-за чего срок эксплуатации изделий из нее резко снижается. Поэтому в УНИКТИ "ДИНТЭМ" на основании широко масштабных и комплексных исследований

Таблица 1  
Физико-механические свойства резины

Основные показатели резины	Резина	
	Тип 1	Тип 2
Условная прочность при растяжении не менее, МПа	12,0	16,0
Относительное удлинение при разрыве не менее, %	300	550
Твердость по Шору А, Шор	55+5	55 <sup>+5</sup> <sub>-10</sub>
Твердость в международных единицах, (IRHD)	65+5	55+5
Относительная остаточная деформация после старения в воздухе при сжатии на (20+3) % в течение 24 часов при температуре плюс (70+2) °С не более, %	20	20

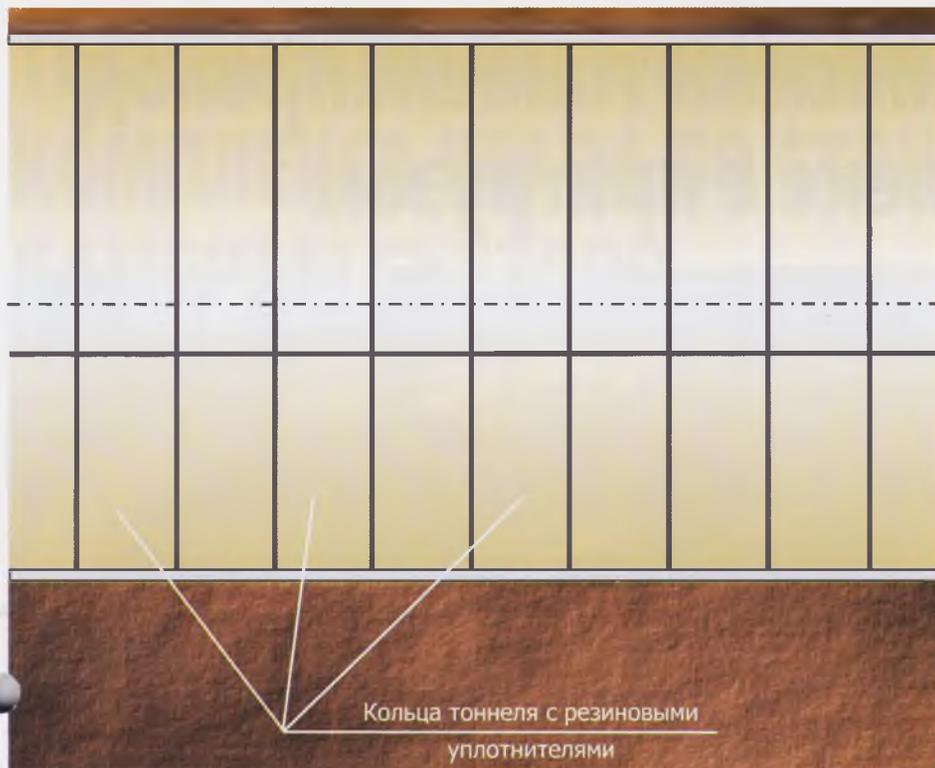


Рис. 2. Схема расположения тоннельных колец в продольном направлении

разработаны рецептуры резин для производства уплотнителей с высокими эксплуатационными свойствами. Применяемые резины отвечают требованиям эксплуатации изделий, и на них имеется нормативная документация.

Для изготовления уплотнителей используются два типа резины сложного состава: I - для профиля, II - для стыковки.

Физико-механические свойства резины (табл. 1) обоих типов обеспечивают условия изготовления эффективных уплотнителей и их монтажа в посадочные канавки блока. Достаточно большая условная прочность при растяжении и относительное удлинение при разрыве способствуют осуществлению легкого монтажа и плотной их установки в канавки блока. Средняя твердость резины позволяет без больших усилий производить сборку блоков в кольцо обделки и колец между собой.

Испытания по специальным методикам ускоренного изучения эксплуатационных характеристик уплотнителей из разработанных резин показали, что в определенных условиях они сохраняют свои свойства в течение более 70-ти лет.

Схема герметизации тоннельной обделки выбрана такой, чтобы на каждый блок монтировался свой уплотнитель в виде прямоугольной рамки. При этом посадочные места под уплотнитель в сопредельных блоках должны совпадать друг с другом (рис. 3). Таким образом, рамка одного блока стыкуется с рамкой сопредельного блока по рабочей поверхности. Размеры рамок и посадочных мест блоков рассчитаны так, что в пределах точности монтажа имеют место контактные напряжения в резине, достаточные для обеспечения герметичности в течение заданного срока эксплуатации тоннеля. Профиль уплотнителя выполнен в виде двух соединенных по большой стороне трапеций. На меньшей - имеются продольные пазы для сокращения объема и повышения контактных напряжений. Этой стороной осуществляется посадка уплотнителя на блок. Для того, чтобы рамка крепче держалась, она имеет несколько меньшие размеры, чем блок, то есть одевается на него с натяжением, не превышающим 10%. Больше натяжение недопусти-

мо, поскольку такой механический фактор отрицательно влияет на процесс старения резины. Перед установкой рамки посадочное место покрывается тонкой пленкой адгезионного материала. Поэтому она прочно удерживается на блоке как при монтаже, так и в процессе эксплуатации.

В средней части уплотнителя имеются продольные цилиндрические каналы. Они расположены по отношению к пазам на короткой стороне трапеции так, чтобы при уменьшении объема уплотнителя он не утратил упругих свойств, а его элементы - устойчивость в собранном виде в кольце обделки. После монтажа рамки должны находиться в отведенных для них посадочных местах. Причем максимальный объем уплотнителя с учетом допусков всегда должен быть меньше минимального объема посадочного места. В противном случае уплотнитель будет работать за пределами упругих деформаций, что приведет его к разрушению, а тоннельную обделку - к потере герметичности. Для тоннелей на прямых участках выпускаются блоки и уплотнительные рамки с одинаковыми величинами ширины. На кривых участках изготавливают "угловые кольца" с блоками и уплотнительными рамками, имеющими разные величины ширины и разные углы стыков. В зависимости от требований к уплотнителю и свойств резины с учетом сложности конструкции профиля уплотнителя его производят многоэтапным методом, основные этапы которого заключаются в следующем:

- изготовление резиновых профилей определенной конструкции соответственно их назначению и привязки к конкретным типам блоков;
- подготовка резиновых профилей заданной длины и их торцов;
- подготовка стыковочной резиновой смеси и стыковка профилей под заданными углами;
- стабилизация после стыковки.

Профили изготавливаются методом экструзии на червячных прессах с помощью специально созданной головки с регулированием давления резиновой смеси. После подготовки резиновых профилей и стабилизации, их стыкуют в специальной многоугольной пресс-форме.

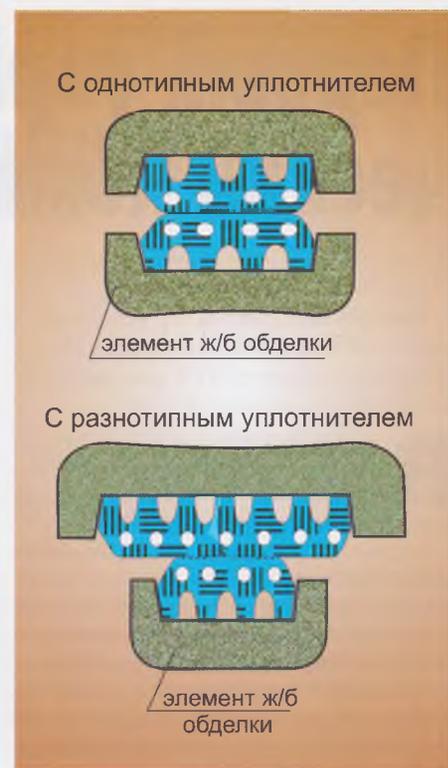


Рис. 3. Схема герметизации соединений

Все оснащение разработали и выпустили специалисты УНИКТИ "ДИНТЭМ". Изготовление уплотнителей тоннельной обделки осуществляется на участке экспериментального производства. Наибольшим потребителем резиновых уплотнителей в Украине является Киевметрострой, где разработана новая технология проходки тоннелей. Впервые в мире, в сложных геологических условиях, были использованы резиновые уплотнители при строительстве наклонного хода (эскалаторного тоннеля) в сборной железобетонной обделке диаметром 10,1 м станции "Печерская" Киевского метрополитена, которая введена в эксплуатацию в декабре 1997 г. Резиновые уплотнители были применены также при сооружении наклонного хода и тоннелей самой станции "Дорогожичи", которая вошла в строй действующих в марте 2000 г. На этих станциях поддерживается высокий уровень герметичности тоннельной обделки в процессе эксплуатации.

Разработанные технология и материалы продолжают внедряться на строительстве Киевского метрополитена: сооружаются две станции и перегонные тоннели между ними на продлении Святошино-Броварской линии. Киевметрострой и УНИКТИ "ДИНТЭМ" помогают осваивать эту технологию в Донцке на прокладке тоннелей метрополитена.

Следует отметить, что работы по использованию уплотнителей из эластомеров для герметизации чугунной обделки начинались с ЦНИИСа (Москва). Это были годы творческого сотрудничества с коллективом специализированного института. Несмотря на положительные результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, по различным причинам они не получили дальнейшего развития в Москве.

Опыт применения уплотнителей из эластомеров для железобетонной обделки оказался довольно успешным и испытанным временем.

Учитывая уникальность новой технологии, ее конкурентоспособность и надежность, Киевметрострой и УНИКТИ "ДИНТЭМ" готовы оказать помощь и содействие всем организациям, которых заинтересовали указанные разработки.

# Первый украинский тоннелепроходческий комплекс с пригрузом

**А. В. Швиченко,**  
главный конструктор КП "Комплекс"  
**Ю. Н. Мирошников,**  
к. т. н., директор КП "Комплекс"

**В** декабре 2001 г. по заказу Киевского метростроя на заводе "Большевик" (г. Киев) был изготовлен новый тоннелепроходческий комплекс КТ-6,2А24.

Впервые в СНГ создана машина, позволяющая сооружать тоннели в пльвунах без присутствия людей в призабойной зоне. Комплекс с пневмопригрузом включает щит диаметром 6,2 м, передняя часть которого отделена от остального тоннеля герметичной диафрагмой. Порода в забое разрушается телескопическим экскаваторным органом, усилие на кромке ковша которого, составляет 60 кН, ход телескопической стрелы - 1 600 мм. При проходке тоннелей в неустойчивых водонасыщенных грунтах в призабойную зону щита подается сжатый воздух. Для уменьшения его потерь предусмотрена возможность нанесения на поверхность забоя бентонитовой суспензии или пенообразующего раствора. Воздух к комплексу поступает от двух компрессоров, расположенных на поверхности. Для создания аварийного запаса воздуха на комплексе установлены два ресивера емкостью 3 м<sup>3</sup> каждый. Разрушенная порода удаляется из забойной зоны шнековым конвейером с регулируемой скоростью вращения шнека и подвижным шибером, позволяющим полностью герметизировать конвейер. Далее порода транспортируется по комплексу ленточным конвейером и загружается в вагонетки. Для возможности выхода обслуживающего персонала в призабойную зону при проходке с пневмопригрузом в щите предусмотрен шлюз. Все это позволяет вести работы при гидростатическом давлении воды в забое до 0,3 МПа. При этом обслуживающий персонал находится вне зоны повышенного давления и работает в нормальных условиях. Кроме того, дополнительно в ножевом кольце щита установлены две забойные перегородки, что дает возможность при проходке в породах естественной влажности не использовать сжатый воздух и увеличить жесткость корпуса щита.

Машина перемещается с помощью 20-ти щитовых домкратов диаметром 250 мм и с ходом штока 1 200 мм, которые при максимальном давлении 32 МПа обеспечивают получение суммарного напорного усилия до 30 МН. При рабочей подаче щита гидроцилиндры разделены на четыре группы, давление в каждой из которых может регулироваться независимо. При установке обделки каждый щитовой домкрат управляется индивидуально. Для облегчения управления оболочка соединена со щитом шарнирно при помощи 16-ти гидроцилиндров. В результате оболочка при перемещении имеет возможность отклоняться относительно комплекса щита на угол до 3° и смещаться на расстояние до



Тоннелепроходческий комплекс КТ-6,2А24

200 мм. Оболочка снабжена хвостовым уплотнением, герметизирующим зазор между ней и смонтированным кольцом обделки.

Обделка тоннеля наружным диаметром 6 м из высокоточных бетонных блоков с резиновыми уплотнениями монтируется 2-рычажным укладчиком шагающего типа. Конструкция обделки разработана специалистами Киевметростроя и Укрметротоннельпроекта. С ним соединены две платформы. На укладчике блоков и платформах расположено электро- и гидрооборудование. Все основные операции по сооружению тоннеля механизированы.

## Основные параметры комплекса:

Производительность техническая по разработке забоя, м/ч	0,5 - 1
Гидростатическое давление в забое не более, МПа	0,3
Наружный диаметр щита, мм	6 200
Прочность пород на одноосное сжатие не более, МПа	1,5
Минимальный радиус кривизны тоннеля на трассе, м	300
Общая длина комплекса, м	35
Масса комплекса, т	320
Общая установленная мощность, кВт	400

Механизированные тоннелепроходческие комплексы изготавливались в Украине и ранее (Ясиноватский машзавод). Однако эти агрегаты были предназначены для работы только в породах естественной влажности, к тому же последний комплекс был изготовлен в 1997 г. Поэтому, когда возникла необходимость проходки тоннелей в пльвунах, приходилось выбирать - либо использовать специальные способы строительства (замораживание, химическое закрепление и т. п.), либо приобретать комплексы в дальнем

зарубежье (в Германии, Японии, Канаде и др.). Но специальные способы крайне дороги и экологически небезопасны, к тому же требуют больших объемов ручного труда и характеризуются очень малыми скоростями проходки, а для приобретения импортных машин необходимы значительные капитальные вложения (стоимость одного комплекса с пригрузом - более \$ 8 млн). Создание тоннелепроходческого комплекса КТ-6,2А24 позволило отказаться от применения специальных способов, и, в то же время, увеличить скорость проходки в 5-7 раз. Поскольку в конструкции комплекса использовались материалы и комплектующие, изготавливаемые в СНГ, то его стоимость гораздо меньше зарубежных аналогов.

Комплексы с пневмопригрузом и экскаваторным органом (а именно к этому типу относится КТ-6,2А24) имеют производительность несколько ниже, чем роторные с гидравлическим или грунтовым пригрузом. Однако они легче, проще по конструкции и дешевле. И очень важно, что они имеют гораздо более широкую область применения и могут эффективно использоваться, когда породы по трассе тоннеля изменяются от песков с водой и включениями гальки до супесей, суглинков и плотных глин. К тому же комплекс КТ-6,2А24 без перемонтажа может работать как с пригрузом (в пльвунах), так и без пригруза (в породах естественной влажности). Новые трассы метрополитена в Киеве имеют очень сложную геологию, и комплекс создавался именно для таких условий.

Первый тоннелепроходческий комплекс КТ-6,2А24 будет использоваться на строительстве линии метро от станции "Лыбедская" в сторону Выставочного центра. Трасса тоннеля пересекает старое русло реки Лыбедь. Планируется, что после испытаний в подземных условиях будет выпущен еще один такой же комплекс для Киевметростроя.



# ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЩИТОВОГО КОМПЛЕКСА КМ-24 ПО СТАНЦИИ И КАМЕРАМ СЪЕЗДОВ

**В. Н. Пальчик,**

заместитель главного инженера  
ОАО "Киевметрострой"

**П**ри возведении комплекса подземных сооружений участка метрополитена Сырецко-Печерской линии была применена новая технология, включающая подготовку широкого фронта работ и обеспечивающая высокий уровень совмещения и концентрации строительства объектов.

Одним из основных этапов в реализации технологии явилось перемещение щитового комплекса по станции и камерам съездов общей длиной 193 м. Поскольку траектория трассы имеет в плане криволинейный профиль, процесс подготовки и перемещения механизированного комплекса КМ-24 через сооруженный ранее левый стационарный тоннель (ЛСТ) станции "Сырецкая" включал в себя следующие виды работ:

- замены в конструкциях обделок станции и примыкающих к ней перегонных тоннелей;

- бетонирование основания с направляющими рельсами под щит и монтаж фундаментных блоков;

- перемещение механизированного комплекса КМ-24 через ЛСТ;

- врезку щита в забой 4-й (последней) камеры съездов;

- демонтаж оснастки блоков, опорных металлоконструкций и направляющих рельсов.

Замены в деталях обделок станции и примыкающих к ней перегонных тоннелей были вызваны необходимостью выдерживать габариты приближения строений при прохождении комплекса по проектной разбивочной оси пути вдоль всей трассы. Причем основные работы заключались в расширении отдельных звеньев обделки и смещении камер в плане в сторону разбивочной оси для обеспечения зазоров между оболочкой щита и кольцами обделки камер.

Бетонирование основания с направляющими рельсами под щит и монтаж фундаментных блоков производится в два этапа заходками по 8 м (на длину рельса). Поскольку в месте наибольшего смещения оси перемещения щита крайний (дальний от обделки) рельс выходит за проектное очертание жесткого основания, на нем размещают фундаментные, опорные и лотковые блоки. Причем три направляющих рельса укладываются на фундамент, а на них - лотковый блок, четвертый рельс устанавлива-

ется между фундаментным, лотковым и опорным блоками.

Перемещение механизированного комплекса КМ-24 через ЛСТ осуществляется вместе с блокоукладчиком и технологическими платформами циклично с шагом 1 м. При выходе из перегонного тоннеля, упираясь щитовыми домкратами в последнее смонтированное кольцо обделки, щит передвигается по направляющим рельсам на 1 м. Далее рычагом щитового блокоукладчика лотковый блок длиной 1 м устанавливается на направляющие рельсы с плотным примыканием его с помощью специальных прокладок к последнему кольцу обделки перегонного тоннеля. Для последовательного передвижения щита, блокоукладчика и платформ на фундаменте основания и фундаментном блоке монтируют семь пар опор блокоукладчика. Каждый раз, опираясь на фланцы опор гидроцилиндрами шагания, блокоукладчик перемещается на 1 м вместе с технологическими платформами. Следующий лотковый блок монтируется аналогично описанному процессу. На криволинейных участках направляющих рельсов между фланцами опор по внешнему радиусу и между лотковыми блоками устанавливаются специальные прокладки. На прямолинейных отрезках последние не монтируются. После нескольких циклов перемещения комплекса, освободившиеся опорные блоки (опоры) переставляются на вновь смонтированный лотковый блок.

Перед врезкой в забой четвертой камеры на двух последних метрах за щитом вместо железобетонных лотковых блоков монтируются два полукольца диаметром 5,63 м из пяти чугунных тьюбингов. Кроме того, устанавли-

вается упор для полукольца, балки и подкосы которого опираются на кессоны обделки камеры № 3 и приварены к закладным деталям в бетонном основании. После передвижки щита в забой на 1 м монтируются третье полукольцо из шести чугунных тьюбингов, четвертое кольцо - из семи, пятое - полностью замыкается.

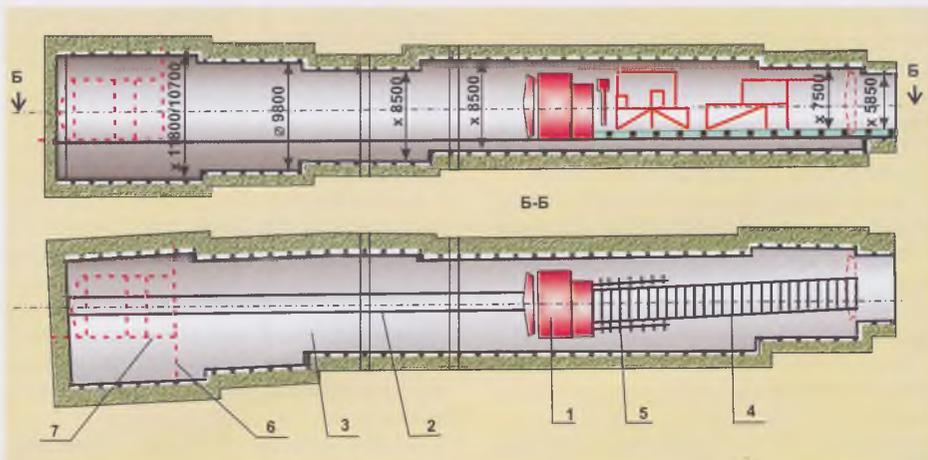
Демонтаж оснастки, блоков, опорных металлоконструкций и направляющих рельсов осуществляется после врезки в забой механизированного щита и проходки на полную его длину. Лотковые блоки, установленные на направляющих рельсах за щитом, последовательно демонтируются тельфером, грузятся на блоквозки и доставляются к механизированному комплексу для сборки обделки перегонного тоннеля. После демонтажа лотковых блоков из бетонного основания извлекаются направляющие рельсы Р24 для дальнейшего их использования. Фундаментные блоки разбираются с помощью тельфера и выдаются на поверхность.

Таким образом, разработка и внедрение данной технологии позволили осуществить одновременную проходку перегонного и стационарного тоннелей, создать условия для перемещения щитового комплекса и обеспечить более высокую устойчивость выработки большого сечения. Кроме того, были исключены строительство монтажных и демонтажных камер по трассе тоннеля, транспортировка и монтаж щита при высоком уровне совмещения строительно-монтажных работ. На этой основе были получены высокие технико-экономические показатели сооружения сложного объекта при его ускоренном пуске в работу.



Технологическая схема перемещения щитового комплекса по станции и камерам съездов:

1 - щитовый комплекс, 2 - рельс направляющий (4 нити), 3 - основание из монолитного железобетона; 4 - основание из сборного железобетона, 5 - оснастка переставная (7 секций), 6 - упорная рама, 7 - кольцо обделки





**В. И. Зозуля,**  
вице-президент Государственной  
корпорации "Укрметротоннельстрой"

# Тоннельное братство

Харькова и Днепропетровска не стали создавать общую структуру с транспортными строителями Украины, а основали добровольное объединение - корпорацию "Укрметротоннельстрой".

С позиций сегодняшнего дня это было единственно правильное решение, в результате чего мы сохранили и упрочили в Украине подотрасль метроостроения и утвердили себя в центре и в регионах как авторитетная, стабильно работающая организация.

В девяностые годы с помощью московских коллег создали московскую фирму "Киевметротоннельстрой", которая и сейчас работает на строительстве метро в Москве и других городских объектах.

Мы стремились не потерять тех нитей дружбы и делового товарищеского сотрудничества, которые объединяли транспортных строителей и отличали их от других.

Не прерывались у нас производственные связи и дружеские отношения с Мосметростроем - Кошелевым Ю. А., Штерном Г. Я., Ленметростроем - Александровым В. Н., Трансинжстроем - Рахманиновым Ю. П., Миловым В. Т., Метромашием - Жуковым А. М., Главком - Бессоловым В. А., Миллерманом С. И.

К нам всегда относился с вниманием и проявлял интерес к строительству метро в Украине президент корпорации "Трансстрой" В. А. Брежнев.

Десять лет, что прошли со дня создания корпорации "Укрметротоннельстрой" стали периодом испытания на зрелость. Сеть метрополитенов в городах Украины за это время увеличилась на 35,05 км (всего до 104,3 км), количество станций на 20 (всего до 72). Только в Киеве за этот период произведено пять пусков в эксплуатацию участков метро.

За эти годы в Украине создана индустриальная и проектная база метроостроения.

Имея сегодня современную отечественную и зарубежную технику для проходки тоннелей и сооружения станций метро, мы с благодарностью вспоминаем тех рабочих, кто в далеком 1949 году по призыву приехал из Москвы и Ленинграда: И. Сморгачев, П. Кузнецов, А. Денисов, И. Широчкин и другие, которые, возглавив бригады, за короткое время научили нелегкой горной профессии десятки и сотни молодых киевлян, со временем возглавивших проходческие бригады.

Прибывшие по направлению из Москвы инженеры Кузьмин Ф. И., Часовитин П. Л., Холодный А. Л., Демиденко Г. И., Титов Н. В., и другие в большинстве нашли в Украине, Киеве свою вторую Родину, возглавили коллективы метростроевцев, а сегодня уже их дети продолжают дело отцов.

Так, сын Демиденка Г. И. - Павел Глебович - сейчас главный инженер ТО-14, а сын Титова Н. В. - Владимир Николаевич - начальник отдела СМУ-3.

Часовитин А. П. и Кузьмин Ф. И. возглавляли Управление строительства "Киевметротоннельстрой", а со временем были откомандированы в Москву на руководящие должности в Главтоннельметрострой.

Школой мужества, мастерской формирова-

ния личности стал для нас, метростроевцев, БАМ.

Председатели правлений ОАО "Харьковметротоннельстрой" Войтюк Ю. В., ОАО "Днепрометротоннельстрой" Савченко В. И., заместители руководителей подразделений ОАО "Киевметротоннельстрой" Афанасьев В. А., Попович Н. И. в разные годы участвовали в строительстве тоннелей на Байкало-Амурской магистрали.

В суровые и напряженные дни ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС ярко высветились черты нашего характера - мужество и самоотверженность, верность долгу и стойкость духа, а вообще-то, с особенной силой, проявилось "чувтя единой родины".

В первые недели непредсказуемой беды, в числе первых, в особую зону Чернобыля приехали специалисты Министерства транспортного строительства со всех регионов Союза.

Под непосредственным руководством министра Брежнева В. А. возле 4-го энергоблока принимали участие в ликвидации последствий аварии москвичи-тоннельщики Власов С. Н., Рахманинов Ю. П., Плохих В. А., Ходош В. А. и многие другие.

Увы, слишком часто в наше время героизм оказывается вынужденным.

Сложившаяся исторически общность, духовное единство, культура, религия и другие ценности наших народов не могут стать и быть границей между нами.

Расширяя свое профессиональное и деловое сотрудничество в России через корпорацию "Трансстрой", "Гидроспецстрой" мы, кроме этого, совместно с ассоциацией "Интербудмонтаж" рассматриваем проект строительства дренажно-коммуникационного тоннеля протяженностью 17,5 км в городе Ашхабаде, Туркменистан.

Укрметротоннельпроект выполняет проект понижения уровня грунтовых вод в городе Ашхабаде способом глубинного дренажа, что и сегодня является уникальным проектным решением и методом его осуществления на всем так называемом постсоветском пространстве.

Ассоциацией "Интербудмонтаж" закуплены три проходческих комплекса немецкой фирмы "Херренкнехт", сооружаются для них монтажно-демонтажные камеры методом "стена в грунте".

Можно сказать, что этот проект, на осуществление которого скорректирован срок менее 5-ти лет, сегодня в работе.

Корпорация "Укрметротоннельстрой" в течение последних двух лет с частым выездом специалистов корпорации в Багдад, Ирак ведет переговоры с Министерством транспорта Ирака о строительстве метрополитена в Багдаде.

По решению двух президентов - Леонида Даниловича Кучмы и Владимира Владимировича Путина - 2002 год объявлен годом Украины в России.

Идя навстречу друг другу, мы сокращаем отдаленность между нами, приближаем, говоря на метростроевском языке, время и место сбойки.

Пусть всегда будет виден свет в конце тоннеля.





# Генеральная схема развития метрополитена в Украине



**А.П. Волынский,**  
директор института  
"Укрметротоннельпроект"

**Р**еформирование социально-экономической системы, прошедшее в Украине в конце двадцатого столетия, создало необходимые предпосылки для интенсивного развития социальной, инженерной и транспортной инфраструктур. В этих условиях наблюдается дальнейший территориальный рост городов, увеличение интенсивности движения городского транспорта. Все это ставит задачу перевозок населения в ряд важнейших проблем, являющейся и сейчас одной из наиболее острых.

Специальными исследованиями разных видов городских транспортных систем, которые проводились в разных странах мира и в Украине, определено перспективным ориентирование на развитие скоростных видов пассажирского транспорта, и, прежде всего, метрополитена, который стал главным видом массового пассажирского транспорта практически во всех крупнейших городах мира.

О степени развития метрополитена может свидетельствовать показатель длины линий на 1 млн жителей. Сейчас в Украине он составляет 1,9 км, в России - 2,5 км, в других странах, где эксплуатируется метрополитен - до 10 км.

В Украине, где сложилась наиболее высокая в мире концентрация крупнейших городов, необходимо значительно увеличить объемы и темпы метростроения, чтобы достичь уровня этого показателя хотя бы в ближайшие 50-60 лет. Этим определилась актуальность и необходимость рассмотрения проблемы, срочной разработки программы ее решения.

В качестве создания такой программы Кабинет министров Украины своим распоряжением № 668-р от 8 сентября 1994 г. обязал Министерство транспорта Украины подготовить Генеральную схему развития метрополитена в Укра-

ине. Генеральным проектировщиком стал институт "Укрметротоннельпроект".

Вначале, исходя из прогнозных данных, рассматривали вопрос целесообразности развития метрополитена в 15 городах: Киеве, Харькове, Днепропетровске, Донецке, Одессе, Запорожье, Львове, Кривом Роге, Симферополе, Мариуполе, Николаеве, Луганске, Виннице, Севастополе, Черкассах.

В последующем, в процессе работы, список городов ограничился десятью: Киевом, Харьковом, Днепропетровском, Донецком, Одессой, Запорожьем, Львовом, Мариуполем, Луганском, Черкассами.

Генеральная схема рассматривает три периода развития метрополитена в Украине:

- первый - до 2010 года;
- расчетный срок до 2030 года;
- перспектива до 2050 года.

Структура Генсхемы предусматривает разработку следующих разделов.

1. Градостроительные основы развития метрополитена в Украине.

2. Развитие производственной базы строительства и эксплуатации метрополитена.

3. Схемы развития метрополитена в крупнейших городах Украины.

4. Определение объемов работ и капиталовложений для развития метрополитена в Украине.

5. Создание научной базы и подготовка кадров для работы по проектированию, строительству и эксплуатации метрополитена.

Градостроительные аспекты развития метрополитена в городах Украины охватывают широкий круг вопросов, важнейшие из них:

- определение на основании анализа тенденций развития сети городских поселений Украины групп городов, в которых целесообразно создание метрополитена;
- определение особенностей развития архитектурно-планировочной структуры крупнейших городов и их возможного влияния на выбор типа городского пассажирского транспорта, в том числе и метрополитена;
- оценка масштаба ожидаемого спроса в метрополитене в городах Украины.

Раздел "Развитие производственной базы строительства и эксплуатации метрополитена" призван обосновать возможность и целесообразность размещения объектов производственно-эксплуатационной базы в данном городе, обосновать их мощности и номенклатуру изделий, технически и экономически обоснованно определить номенклатуру технических средств, основных материалов для эксплуатации метрополитенов как производимых в Украине, так и приобретаемых за рубежом; на основе анализа выработать концепцию конструктивного построения и функционирования традиционного типа метрополитена, а при необходимости и других.

При составлении схем развития метрополитена в крупнейших городах в качестве исходных данных принимаются выводы и рекоменда-

ции раздела градостроительных основ. При этом изучаются различные типы метрополитена и для каждого конкретного города предусматривается наиболее целесообразный.

Для городов с большим объемом пригородного пассажирского сообщения прорабатывается вопрос о целесообразности использования метрополитена для связи города с пригородом, так называемые "вылетные линии".

В разделе определяются варианты очередности строительства линий метро как по каждому городу в отдельности, так и по Украине в целом. Составляются технико-экономические показатели, и устанавливается наиболее целесообразный вариант.

Далее, на основе этих технико-экономических показателей, рассчитываются объемы работ и необходимые капиталовложения на строительство линий, развитие производственной базы, создание промышленности по изготовлению подвижного состава и оборудования метрополитена, эскалаторов и лифтовых подъемников повышенной грузоподъемности, а также современных горнопроходческой техники, материалов и конструкций.

Исходя из потребностей всех разделов, разрабатываются основные направления научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, указывается перечень существующих научно-исследовательских организаций, на базе которых возможно проведение вышеуказанных работ и определяется целесообразность создания специализированной научной организации для нужд метрополитена.

В проекте указывается перечень основных специальностей для проектирования, строительства и эксплуатации метрополитена и необходимое количество работников по различным периодам. Определяются учебные заведения для подготовки таких специалистов.

В итоге, разработка Генеральной схемы развития метрополитена в Украине позволит решить проблемы:

- определения потребности в объемах и темпах строительства, ранжированию городов по времени начала и масштабов строительства метрополитена;
- развития эксплуатационной и производственно-строительной базы;
- поиска оптимальных решений по созданию промышленно-производственной базы, которая обеспечит функционирование и развитие метрополитена;
- изготовления подвижного состава, оборудования, строительных материалов и конструкций, средств автоматизации, телемеханики и связи;
- выбора оптимальных типов метрополитена для разных городов;
- создания научно-проектного комплекса "Укрметротоннельпроект";
- подготовки кадров для работы в сфере проектирования, строительства и эксплуатации метрополитена.





**В. А. Лысяк,**  
заместитель главного инженера  
института "Укрметротоннельпроект"



# ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬСТВО КИЕВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

**Т**ехнический проект первой Святошино-Броварской линии был разработан Московским институтом "Метрогипротранс". Начало строительных работ непосредственно на трассе требовало увеличения объема выпуска рабочей документации, с которым проектная группа уже не могла справиться ввиду своей малочисленности. Поэтому приказом МПС СССР от 01.11.1950 она была реорганизована в Киевский филиал Метропроекта Главтоннельмостроя МПС СССР "Киевметропроект". На первых порах он был укомплектован специалистами Московского института "Метрогипротранс" и технического отдела Киевского стройуправления Главтоннельмостроя.

На это время коллектив Киевметропроекта состоял из 65 инженерно-технических работников метростроения.

В дальнейшем, по мере увеличения объемов работ, рост коллектива обеспечивался за счет молодых специалистов ведущих вузов Москвы, Ленинграда, Днепропетровска, Харькова, Киевских автодорожного и строительных институтов.

Большую помощь, особенно в начальный период становления Киевметропроекта, оказывал Московский институт "Метрогипротранс".

К девяностым годам Киевметропроект насчитывал в своем составе 220 специалистов по подземному строительству и был способен на высоком техническом уровне решать самые сложные задания по проектированию тоннелей, метрополитенов и освоению подземного пространства.

С первых дней своей деятельности инженерный состав Киевметропроекта внимательно следил за направлениями научно-технического прогресса, реализуя в рабочих чертежах не только последние достижения в области строительства и эксплуатации метрополитенов, но и собственные оригинальные разработки. В тесном содружестве со строителями метрополитена, с учеными научно-исследовательских и учебных институтов уже на сооружении первого участка первой линии метрополитена было внедрено немало новых прогрессивных конструкций, механизмов и способов выполнения строительных работ.

Среди таких решений могут быть выделены конструкции обделок перегонных тоннелей из сборного железобетона, которые заменили чугунные тубинговые, оригинальный, первый в СССР, механизированный проходческий щит и комплексную механизацию проходки перегонных тоннелей, новый способ возведения и конструкции промежуточных вестибюлей для 2-маршевых эскалаторных подъемов, которые сооружаются в неустойчивых грунтах способом опускного колодца в цилиндре из замороженного грунта на глубину более 50 м, комбинированный способ прокладки тоннелей под древним руслом реки Лыбедь (водопонижение и кессон), подача вагонов метрополитена на трассу первого участка (при отсутствии депо) с помощью специального подъемника, встроенного в эстакаду станции "Днепр".

Такие решения отличались новизной, оригинальностью и оказали заметное влияние на развитие отечественной техники метростроения.

Дальнейшее развитие сети метрополитена в г. Киеве, в том числе и Святошино-Броварской линии, проектирование и сооружение Куреневско-Красноармейской и Сырецко-Печерской линий (смотри таблицу вводов линий метрополитена по годам) кроме значительного увеличения объемов работ настоятельно требовало усовершенствования строительной техники.

Полученный опыт и рост квалификации специалистов Киевметропроекта позволили разработать и внедрить в производство ряд новых технических решений.

Среди них необходимо отметить: станции глубокого заложения в сборном железобетоне, которые, кроме Киевского метрополитена, внедрены в Харькове, Ереване, Праге (Чехия), односводчатые станции мелкого заложения в сборном и монолитном железобетоне, тоннели, сооружаемые способом "стена в грунте".

Станцию мелкого заложения возводили в стесненных условиях узкой улицы, где постоянная конструкция стен служила одновременно и ограждением котлована и подкрановыми путями козлового крана.

Техническая зрелость строителей и проектировщиков позволила сделать еще один шаг по замене дефицитного и дорогого чугуна на сборный железобетон. Так, в тесном содружестве со строителями, были разработаны и реализованы в строительстве: сборная железобетонная обделка с резиновым уплотнением для сооружения эскалаторных тоннелей в неустойчивых водонасыщенных грунтах, цельноносекционная обделка открытого способа работ на самонапрягаемом цементе (в содру-



жестве с НИИЖБ), которая не требует устройства внешней оклеечной гидроизоляции, сборная железобетонная обделка с резиновым уплотнением для сооружения перегонных тоннелей в неустойчивых водонасыщенных грунтах закрытым способом.

Эти разработки позволили практически полностью отказаться от дефицитного и дорогого чугуна при прокладке метрополитена в г. Киеве.

Вместо асбестоцементных зонтов, дорогих и трудоемких в эксплуатации, внедряются пластмассовые конструкции.

По мере накопления опыта и роста авторитета Киевметропроекта расширилась география и номенклатура проектов.

Специалисты Киевметропроекта принимали участие в проектировании отдельных объектов метрополитена в Москве, Харькове, Ленинграде, Минске, Днепропетровске, Алма-Ате, Ереване, Ташкенте, Новосибирске.

С помощью наших специалистов запроектирована и построена первая очередь метрополитена в г. София (Болгария) длиной 6,5 км с 5-ю станциями.

Кроме того, отдельные специалисты принимали участие в строительстве Асуанской ГЭС в Египте, автодорожных тоннелей в Афганистане, железнодорожных - во Вьетнаме, метрополитена в Алжире.

Основной задачей нашей организации является проектирование метрополитена. Однако в связи с увеличением в последнее время объемов строительства тоннелей и освоения подземного пространства Киевметропроект разработал и проекты горных тоннелей на Урале, Алтае, Байкало-Амурской магистрали, в Крыму и Карпатах. Были подготовлены также проекты железнодорожного тоннеля под взлетной полосой аэродрома в г. Воронеже, гидротехнических тоннелей Чернореченского водохранилища в Крыму, на реке Стрий Львовской области, на канале Днепро-Донбасс, Ново-Днестровской ГАЭС, наклонных тоннелей горнообогатительных комбинатов в Кривом Роге.

В мае 1986 г. 5 специалистов Киевметропроекта участвовали в ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

Перечень был бы далеко не полным, если не отметить проекты специальных подземных объектов: винохранилища тоннельного типа Абрау-Дюрсо, Саун-Дарсс, Массандре, Судак и Сочи, складских помещений в выработках пильного известняка в Хмельницкой области и Крыму, в соляных выработках Артемовска, лифтоподъемников шахтного типа в санаториях Крыма - "Парус", "Сосновая роща", "Днепр", "Нижняя Ореанда", "Торный", "Украина" и другие.

В числе сооружений, запроектированных Киевметропроектом, представляет интерес эскалаторный подъем, сооруженный рядом со знаменитой Потемкинской лестницей в г. Одессе вместо устаревшего фуникулера, а также путепроводная развязка на подходах к Одесскому морскому вокзалу.

Киевметропроектом разработаны проекты Рижского и Донецкого метрополитенов.

Последний прокладывается в очень сложных условиях.

Для оказания оперативной технической помощи в г. Донецке Киевметропроектом организован отдел комплексного проектирования.

В г. Днепропетровске с целью обеспечения строительства метрополитена технической документацией и осуществления оперативного авторского надзора создан филиал Киевметропроекта "Днепрометропроект".

Сейчас Киевметропроект стал ведущим институтом в области метротоннелестроения в Украине и в связи с этим решением Госкомитета по строительству, архитектуре и жилищной политике Украины переименован в "Укрметротоннельпроект".

В настоящее время институт закончил разработку СНиП по проектированию метрополитенов, в которую включены все последние достижения науки и техники в данной области.

Готовится комплексная схема развития метрополитена для всех больших городов Украины, которая может послужить толчком для планомерного развития индустрии строительных материалов, машиностроения, электротехнической промышленности, средств автоматизации и связи на мощностях, которыми располагает Украина.

Сегодня Укрметротоннельпроект продолжает трудиться над проектами Киевского метрополитена, которые составляют 90% всех работ, выполняемых институтом. Сейчас он работает над продлением Святошино-Броварской линии в сторону Новобеличи, Куреновско-Красноармейской линии в направле-

нии Выставочного центра, Сырецко-Печерской до ст. "Сырецкая" на пересечении с кольцевой линией железной дороги и проектом выхода из ст. "Львовские ворота" в тесной узвке с реконструкцией этой площади, проектирует вторые входы на станциях "Вокзальная" и "Дарница".

На очереди разработка большого проекта четвертой линии Киевского метрополитена - Подольско-Воскресенской, которая свяжет центр города с большим жилищным массивом города Троещина и аэропортом Жуляны длиной 23 км, а также пятой левобережной линии Троещина-Осокорки протяженностью 12,5 км с тремя пересадочными узлами.

Институт имеет государственную лицензию Украины на выполнение проектов: по градостроительству, архитектурному и строительному проектированию, по инженерным сетям и системам, а также на инженеринговые услуги в строительстве.

Большую роль в становлении нашего института сыграли директора:

Е. Г. Карсницкий - 1950-1956 гг., Г. М. Кольцов - 1956-1971 гг., В. В. Киселев - 1971-1985 гг., А. П. Волынский - 1985 г., главные инженеры института - К. З. Черепанцев - 1950-1960 гг., И. Ф. Жуков - 1960-1974 гг., В. А. Лысяк - 1974-1999 гг., С. Л. Иванчик - 1999 г.

Ряд сотрудников института награждены орденами и медалями СССР, а четырем из них присвоено почетное звание "Заслуженный строитель Украины". За участие в проектировании тоннелей Байкало-Амурской магистрали соответствующей медалью награждены шесть специалистов института.

Таблица 1

Наименование пускового участка	Год ввода в эксплуатацию	Кол-во станций	Длина, м	
			строительная	эксплуат-ая
<b>I. Святошино-Броварская линия</b>				
1. ст. "Вокзальная" - ст. "Днепр"	1960	5	5 845	5 229
2. ст. "Вокзальная" - ст. "Шулявская"	1963	2	3 185	3 295
3. ст. "Днепр" - ст. "Дарница"	1965	3	4 403	4 152
4. ст. "Дарница" - ст. "Черниговская"	1968	1	1 369	1 318
5. ст. "Шулявская" - ст. "Святошин"	1971	3	4 126	4 230
6. ст. "Черниговская" - ст. "Лесная"	1979	1	1 407	1 218
7. ст. "Театральная"	1987	1	37	37
Всего по линии:		16	20 372	19 479
<b>II. Куреновско-Красноармейская линия</b>				
1. ст. "Площадь Независимости" - ст. "Контрактная площадь"	1976	3	4 394	2 317
2. ст. "Контрактная площадь" - ст. "Оболонь"	1980	3	4 683	4 410
3. ст. "Площадь Независимости" - ст. "Республиканский стадион"	1981	2	2 156	2 129
4. ст. "Оболонь" - ст. "Героев Днепра"	1982	2	2 486	2 352
5. ст. "Республиканский стадион" - ст. "Лыбидская"	1984	2	1 840	2 040
Всего по линии:		12	15 559	13 248
<b>III. Сырецко-Печерская линия</b>				
1. ст. "Золотые Ворота" - ст. "Кловская"	1989	3	3 394	1 900
2. ст. "Кловская" - ст. "Выдубичи"	1991	2	4 733	4 373
3. ст. "Выдубичи" - ст. "Осокорки"	1992	2	3 593	4 195
4. ст. "Осокорки" - ст. "Харьковская"	1994	2	3 444	2 616
5. ст. "Золотые Ворота" - ст. "Лукьяновская"	1996	1	3 494	3 100
6. ст. "Печерская"	1997	1	-	-
7. ст. "Лукьяновская" - ст. "Дорогожичи"	2000	1	2 809	2 680
Всего по линии:		12	21 467	18 864
Всего по сети на 01.01.2002		40	57 398	51 591

# КИЕВМЕТРОПОЛИТЕН - 2010



**А. К. Охотников,**  
начальник Дирекции строящегося  
метрополитена

**Р**азвитие Киевского метрополитена в крайне сложных финансово-экономических условиях Украины происходит, в основном, за счет средств местного бюджета. Специалистами Государственного проектного института "Укрметротоннель-проект", коммунального предприятия "Киевский метрополитен", открытого акционерного общества "Киевметрострой" разработана и принята Киевсоветом городская Программа развития Киевского метрополитена на период до 2010 года.

Она предусматривает продление трех действующих линий по радиальным направлениям - от центральной части города к наиболее заселенным жилым районам, сооружение вторых выходов существующих станций, выходов из транзитных станций и начало строительства четвертой линии.

В 2002 г. намечается сооружение участка Святошино-Броварской линии длиной 3,4 км в западном направлении от станции "Святошин" до "Прспекта Академика Палладина". Пуск участка позволит связать жилой массив Ново-Беличи с центром города.

Ввод в эксплуатацию вторых выходов крайне перегруженных станций Святошино-Броварской линии "Вокзальная" и "Дарница" предполагается осуществить в 2003 г.

Выход из транзитной станции "Львовская Брама" Сырецко-Печерской линии должен быть закончен строительством в 2004 г., а в следующем, 2005 - участок длиной 1,2 км в северо-западном направлении от ст. "Дорогожичи" до "Сырецкой" с созданием нового транспортного узла метрополитен - железная дорога.

Южный участок Курневско-Красноармейской линии от ст. "Лыбидская" до "Вы-

ставочного центра" длиной 6 км с четырьмя станциями будет введен в эксплуатацию в 2007 г. и в перспективе продолжен до жилого массива Теремки. В эти же сроки предполагается закончить строительство участка Сырецко-Печерской линии протяженностью 2,5 км и электродепо метрополитена в юго-восточной части города.

Продление Сырецко-Печерской линии на 3,5 км в северо-западном направлении от ст. "Сырецкая" до жилмассива Виноградар и сооружение одноименного электродепо будет закончено в 2009 г.

2010 г. станет рождением в городе четвертой - Подольско-Воскресенской линии, которая соединит юго-западный и северо-восточный районы города. Ее начало положит участок длиной 3,5 км между станциями "Глыбочицкая" - "Вокзальная" в центральной части Киева.

В течение 2002-2010 гг. протяженность линий Киевского метрополитена планируется увеличить на 23,6 км с 12-ю новыми станциями.

За последние 10 лет в Киеве построено и введено в эксплуатацию 17,7 км подземки с 9-ю станциями.

Одновременно проводится техническое перевооружение действующего метрополитена, совершенствование проектных решений, внедрение новой техники и передовых технологий.

Тягово-понижительные подстанции Киевского метрополитена оснащаются трансформаторами ТСЗР с обмотками типа "Резиблок", изготовленными по технологии фирмы АВВ, гарантирующие работоспособность при 100%-й относительной влажности; тяговыми выпрямителями ВПЕД на таблеточных диодах с микропроцессорной схемой управления и диагностикой состояния силовых полупроводниковых приборов, позволяющих уменьшить габариты оборудования и вести постоянный контроль за работой тяговой сети с фиксацией всех нарушений нормальной работы; закрытыми аккумуляторными батареями европейских производителей, которые упрощают схему вентиляции и облегчают процесс эксплуатации; зарядно-подзарядными устройствами аккумуляторных батарей СТП и их хвостовой части ШПКЕ9812-3972-УХЛ4, ШПКЕ9803-274Д-УХЛ4 производства Харьковского завода "Электроцит" с повышенной точностью стабилизации.

На Киевском метрополитене производится опытная эксплуатация вакуумных выключателей завода "Таврида-электрик" (г. Севастополь) и VM 1S производства Ровенского завода высоковольтной аппаратуры, блоков защиты комплексных распределительных устройств 10 кВ. МРЗС, разра-

ботанных совместно со специалистами завода "Киевприбор" на базе микропроцессорной техники.

С целью повышения защищенности и уменьшения вероятности поражения пассажиров метро продуктами горения все кабели энергоснабжения силовых потребителей наземного вестибюля, машинных залов эскалаторов, проложенные в наклонных ходах и под платформами станции "Дорогожичи", изготовлены из изоляционных материалов, не содержащих галогенов.

Надежность, помехозащищенность и качество поездной радиосвязи значительно повысилось после замены волноводов из биметаллической проволоки на цельные кабели с широкополосными частотными характеристиками, что позволяет одновременно создавать служебные, коммерческие и иные каналы связи.

Рост числа абонентов административно-хозяйственной связи превысил возможности трех существующих релейно-шаговых и квазиэлектронных АТС, которые без перебоев в работе были заменены одной цифровой станцией с использованием волоконно-оптического кабеля.

Появление высоконадежных, недорогих волоконно-оптических кабельных линий в метрополитене позволяет осуществить перевод систем диспетчерских связей, телемеханики, часофикации в цифровой формат, исключить прокладку большого количества дорогостоящих медных кабелей в строящихся тоннелях и попутно решить ряд прикладных задач, не связанных с основной, - передача сигналов радио, ТВ и других.

Для оснащения Киевских метростроевцев современной строительной техникой Киевской городской государственной администрацией профинансировано приобретение двух тоннелепроходческих комплексов с пневмопригрузом забоя немецкой фирмы "WIRTH" для сооружения тоннелей метрополитенов в наиболее сложных горно-геологических условиях водонасыщенных грунтов при плотной городской застройке.

Применение вышеуказанных комплексов позволяет повысить качество прокладываемых тоннелей метро на более высокий уровень, ускорить темпы метростроения в городе Киеве, значительно улучшить условия персонала, занятого на подземных горнопроходческих работах.

Ограниченный объем данной статьи не позволяет более детально описать внедренные решения. Подробную информацию все заинтересованные лица могут получить в эксплуатационных службах Киевского метрополитена, разработчиков и производителей продукции и у киевских метростроевцев.



# Геодезическо-маркшейдерская служба ОАО "КИЕВМЕТРОСТРОЙ"

**Н. В. Белоус,**

начальник Маркшейдерской службы

Прокладка метрополитена в Киеве началась в послевоенный период - в 1949 г.

С начала строительства и до сегодняшнего дня на Геодезическо-маркшейдерскую службу возложена большая ответственность - вынос проекта в натуру, строгое соблюдение жестких допусков при выполнении всего комплекса строительно-монтажных работ, проверка габаритов при сдаче метрополитена в эксплуатацию.

За годы войны в г. Киеве почти полностью была уничтожена геодезическая основа. Пришлось создавать ее заново, к тому же с высокой точностью, необходимой для обеспечения строительства метрополитена.

Задолго до начала сооружения первой очереди Киевского метрополитена специалисты изыскательской партии геодезическо-маркшейдерского управления из Москвы приступили к созданию плано-высотной основы и топосъемке поверхности вдоль будущей трассы метрополитена.

В течение всего периода строительства, начиная с выноса на местности первого шахтного ствола до проходки перегонных, станционных и эскалаторных тоннелей и монтажа постоянного оборудования, маркшейдеры выполняют большой объем высокоточных работ по созданию плано-высотной основы на поверхности и под землей, разбивочные работы по перенесению проекта в натуру.

Геодезическо-маркшейдерская служба при сооружении тоннелей является одной из основных инженерных служб. Маркшейдеры справедливо называют "подземными штурманами": только маркшейдер при горнопроходческих процессах под землей может указать направление трассы тоннелей и обеспечить необходимую точность сбойки ( $\pm 50$  мм).

Заданию направления сооружения тоннелей под землей предшествует большая и кропотливая работа по высокоточным измерениям и вы-

числениям геодезическо-маркшейдерских данных, необходимых для ориентирования тоннелей относительно поверхности. Маркшейдер не имеет права на ошибку, почти как сапер, потому что его ошибка очень дорого обходится - приводит к переборке тоннелей. Поэтому девиз маркшейдеров - "точность и еще раз точность", которая достигается высококвалифицированными специалистами за счет применения точных современных приборов, многократных измерений и вычислений разными специалистами в разное время.

Оценкой качества работ Маркшейдерской службы является сбойка тоннелей, пройденных встречными забоями, и проверка габарита приближения оборудования накануне пропуска пробного поезда.

Маркшейдерской службой Киевметростроя обеспечивалось сооружение всех 40 станций и перегонных тоннелей между ними и ни разу не было "недопустимых" сбоек, а проверка габарита приближения оборудования на последнем (в 2000 г.) пусковом участке протяженностью 2,7 км заняла всего 50 мин.

Кроме обеспечения прокладки Киевского метрополитена Маркшейдерская служба принимала участие в строительстве многих других инженерных объектов, а именно: Бортических очистных сооружений и насосных станций, канализационных коллекторных тоннелей различных диаметров и пешеходных подземных переходов, подземных пространств (г. Киев); горнообогатительных комбинатов (г. Кривой Рог); железнодорожного тоннеля (г. Воронеж); тоннеля для нефтепровода (г. Новороссийск); противопожарных сооружений, "тампонаж" катакомб, коллекторных тоннелей (г. Одесса); городского коллектора (г. Черновцы); гидротехнических тоннелей на реке Стрый и ствола для скоростного подземного трамвая (г. Львов); а также гидротехнических тоннелей Днепр-Донбасс, Днепр-Ингулец и Дон-Сал; железнодорожного тоннеля в г. Дилижан (Армения) и на БАМЕ; Новоднестровской ГАЭС (Черновицкая обл.). Сейчас нача-

лись работы по сооружению дренажно-коммуникационного тоннеля в г. Ашхабаде (Туркмения).

Киевскими маркшейдерами предоставлялась помощь при строительстве метрополитенов в городах: Москве, Баку, Ереване, Ташкенте, Софии, Харькове, Днепрпетровске.

Прогрессивные технологии сооружения тоннелей поставили перед маркшейдерской службой сложную задачу - обеспечение с необходимой точностью пространственного положения всех объектов метрополитена. Для этого создается плано-высотная поверхностная и подземная основа, с передачей трех координат и направления в шахту. В своей работе маркшейдеры применяют сегодня новейшие высокоточные приборы - гиротеодолиты, электроннооптические тахеометры, теодолиты и нивелиры, лазеры, компьютеры, вычислительную технику в забоях.

Маркшейдерская служба является дочерним предприятием "Укргеодезмарк" ОАО "Киевметрострой" с правом юридического лица (в ее состав входят 140 человек).

На сегодняшний день на различных участках геодезическо-маркшейдерских работ успешно работают опытные высококвалифицированные специалисты: Н. В. Белоус, Н. В. Бондарь, А. Н. Борисов, П. П. Будаев, И. А. Герашенко, М. Д. Дашкевич, В. Я. Ковтун, А. П. Кондратюк, Е. А. Ладнюк, А. Е. Лубяный, М. М. Небога, А. И. Павук, А. В. Панасюк, С. К. Раков, В. А. Роковой, Л. И. Стах, В. И. Тименко, В. Н. Яровой и многие другие. Они передают весь свой богатый профессиональный опыт молодежи, которая приходит им на смену и за которой будущее маркшейдерского искусства - это Е. В. Валашек, Ф. К. Жданюк, А. Л. Иванченко, М. В. Михайлов, Л. А. Мурза, С. В. Марчук, С. Н. Смирнов, Р. М. Стах, Н. В. Харик, А. И. Шкурацкий и многие другие.

Человеческий фактор и новейшие приборы позволяют сегодня Маркшейдерской службе с честью и необходимой точностью выполнять любые поставленные задачи.



# ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА



Общественно-культурный центр на площади Независимости

**В. И. Петренко,**  
президент корпорации  
«Укрметротоннельстрой», к. т. н.  
**И. П. Гордеев,**  
председатель правления  
АО «Киевпроект»

ОАО "Киевметрострой", как основная подрядная организация по строительству подземных сооружений, имеет большую практику по рациональному подходу к освоению подземного пространства.

Наглядным примером был 2000 г., когда Киевметрострой выступал как генеральный подрядчик на возведении подземного торгового комплекса на бульваре Дружбы народов, подземного книжного комплекса на площади Славы.

Уникальным объектом, который доверено было построить только Киевметрострою в 2001 г. - это общественно-культурный центр на площади Независимости, в состав которого входит монумент в честь провозглашения независимости Украины, подземный музейно-выставочный и торговый комплексы, сопряженные переходы с вестибюлем станции метрополитена "Площадь Независимости".

При сооружении монумента и реконструкции площади Независимости принимали участие десятки организаций. Заказчиком этого грандиозного проекта выступал КО "Киевгоргидродормост", генпроектировщиком - АО "Киевпроект".

Проектные институты "Киевпроект", "УкрНИИпроектстальконструкция", "Укрметротоннельпроект" разработали и своевре-

менно выдали весь комплекс проектной документации для строительства.

Монумент в честь провозглашения независимости Украины - это сооружение башенного типа высотой от уровня фундамента 72 м. Нижняя часть запроектирована в монолитном железобетоне с облицовкой и украшением из натурального камня. Верхняя - в виде пространственной металлоконструкции, разработанной институтом "УкрНИИпроектстальконструкция" с облицовкой натуральным камнем. Масса монумента - 5 150 т. Фундамент выполнен из буронабивных свай диаметром 800 мм и длиной 12 м.

Под круглой площадью запроектирован выставочный центр, который представляет собой одноэтажное подземное сооружение диаметром 72 м с углубленным техническим этажом. Конструкции выполнены из монолитного железобетона с использованием опалубки "PERI Ukraine". Конструкции перекрытия, стен и фундаментов разрезаны деформационными швами на четыре одинаковых сектора.

На продолжении оси монумента в сторону рельефа находится музейный комплекс, который встраивается в многоуровневый общественно-культурный центр. Фасад музейного комплекса охватывает полукругом площадь с главной колонной, создавая амфитеатр, который можно использовать для выступления хора и других коллективов во время проведения праздников.

Фасад выполнен из сплошного стекла, снизу доверху объединяя все уровни комплекса таким образом, чтобы с каждой отметки, каждого уровня музея мож-

но наблюдать за событиями, происходящими на площади.

Общественно-культурный центр, входящий в состав комплекса - это трехуровневое подземное сооружение, включающее мелко- и глубокозаложенные части, располагаемые ниже уровня поверхности соответственно на 4,5-5, 9-10 и 14-15 м. Центральная часть заглублена в среднем на 14 м.

При строительстве комплекса учитывалось его местонахождение в центре Киева, что потребовало детального изучения различных факторов, которые могли оказать влияние на прочность, устойчивость, надежность, долговечность и эксплуатационную пригодность расположенных рядом уникальных исторических зданий и сооружений. Во избежание перерыва в жизнеобеспечении прилегающих к месту строительства исторических и общественных объектов (гостиница "Украина", консерватория, Главпочтамт и др.) были проведены инженерно-геологические изыскания и историко-археологические исследования. Также была выполнена оценка состояния подземного пространства, прилегающих к площади Независимости зданий и эксплуатируемых более 20-ти лет линий метрополитена. Разработаны принципиальные объемно-планировочные и конструктивные решения подземного сооружения, и выбраны оптимальные, в данных конкретных условиях, безопасные методы строительства.

При возведении указанных объектов на площади Независимости было разработано и возведено около 300 тыс. м<sup>3</sup> грунта,



уложено более 45 тыс. м<sup>3</sup> монолитного бетона и железобетона и около 4,5 тыс. т металлоконструкций. Применение технологий и конструкций из монолитного бетона позволило довести качество строительства важнейшего объекта до европейского и мирового уровней. Внедрение монолитных строительных конструкций стало возможным благодаря фирме "PERI Ukraine", поставляющей специальные типы опалубки и выполняющей технологическое сопровождение на объекте, например, универсальная рамная опалубка стен, выдерживающая большое давление литого бетона и обеспечивающая возможность быстрого бетонирования, а для крупных колонн - специальная опалубка, выдерживающая давление свежего бетона до 0,15 МПа. Порошковое покрытие элементов конструкций опалубки приводит к сокращению расходов на их очистку и позволяет получить бетон с чистой поверхностью. Кроме того, специальные опалубки на стройках, смонтированные на высоту 12 м, существенно уменьшили количество опор перекрытий и снизили себестоимость работ по устройству балок GT24. Использование новых пластификаторов и специальных добавок в бетоне обеспечило его подачу бетононасосами и укладку без дополнительного уплотнения вибраторами. Для снижения сроков твердения, увеличения прочности бетона и экономии цемента применяли суперпластификаторы.

Основные решения по количеству элементов опалубки, технологии выполнения монтажа и демонтажа принимались специалистами фирмы "PERI Ukraine", которые сопровождали свои разработки до первой сборки, осуществляли надзор за бетонированием и контролировали разопалубку. В дальнейшем работы велись самостоятельно под наблюдением руководителей подразделений ОАО "Киевметрострой". Причем при использовании элементов опалубки во время сооружения под существующими Людскими воротами специалистами была найдена такая их комбинация, которая не предлагалась инженерами PERI. Следует отметить, что персонал ОАО "Киевметрострой" быстро освоил эту систему, чему способствовали как высокий уровень профессиональной подготовки строителей, так и безукоризненное качество узлов и деталей самой опалубки.

Учитывая чрезвычайную сложность решаемой при строительстве проблемы и необходимость безусловного обеспечения безопасности эксплуатации окружающих уникальных зданий, а также двух линий метрополитена, правительство Киева приняло решение об проведении многопланового научного наблюдения (мониторинга) за реконструкцией площади Независимости силами специалистов ряда академических и отраслевых институтов под руководством



Разработка котлована на площади Независимости

Главного управления строительства и архитектуры г. Киева.

Комплекс научных исследований и технических разработок включал:

- исследование и прогноз возможных деформаций и сдвижения грунтового массива и оснований в результате строительства и разработку мероприятий по их предупреждению;
- моделирование напряженно-деформированного состояния грунтового массива по взаимодействию с подземными сооружениями общественно-культурного центра;
- расчеты ограждающих конструкций и внутреннего каркаса сооружения;
- разработку технических мероприятий по обеспечению безопасности сопряжен-

ных с комплексом объектов в период проведения работ;

- анализ и контроль системы жизнеобеспечения комплекса и окружающих зданий при строительстве и последующей эксплуатации.

Таким образом, при возведении общественно-культурного центра в Киеве была реализована система решения крупнейшей градостроительной проблемы на основе фундаментальных научно-технических, опытно-конструкторских и производственных разработок. Опыт ускоренного сооружения важного центра полезен, прежде всего, в г. Киеве при планируемой в дальнейшем реконструкции Европейской площади и крупном подземном строительстве в других городах Украины.



Монтаж конструкций общественно-культурного центра





# Последствия недостатков инженерных изысканий и проектирования при эксплуатации подземных сооружений

**Ю. И. Сушкевич,**

главный инженер службы Пути и тоннельных сооружений Киевского метрополитена

**О**сновной задачей инженерных изысканий является комплексное изучение геологических условий участков будущего строительства метрополитена, позволяющее обеспечить качественное проектирование, строительство и эксплуатацию подземных сооружений.

Однако перечень основных сведений, которые устанавливаются инженерными изысканиями, не предусматривает получение отдельных данных, отсутствие которых, как показала практика строительства и эксплуатации подземных сооружений, стало главной причиной появления ряда отклонений в их состоянии, а разработки вынужденных инженерных решений, направленных на повышение надежности и долговечности, требует значительного времени и затрат. В отдельных случаях на это уходят десятилетия.

При строительстве перегонных тоннелей между станциями "Шулявская" и "Берестейская" Святошинско-Броварской линии в олигоценовых отложениях Палеогена, представленных мелкозернистыми, каолинистыми обводненными песками, возникла очень обширная и сильная кислотная агрессия, приведшая к значительной коррозии чугунных тубингов и креплений, водопроводных труб, рельсов, временных кабельных кронштейнов и защитной металлической оболочки кабелей. В течение одного года эрозия чугунных тубингов в отдельных местах достигла 5 мм за год, а болтовые крепления приходили в полную негодность через 2-3 месяца.

Проходка тоннелей на этом участке велась с использованием специальных методов: скользящего водопонижения и кессонирования.

Химические анализы воды-среды, проведенные в период изысканий на агрессивность, дали отрицательные результаты.

Исследование причин возникшей кислотной агрессии показало, что олигоценовые отложения Палеогена, в которых велась проходка тоннелей, являются потенциально агрессивными, поскольку в них, наряду с соединениями серы и железа (пириты, марказиты), обнаружались бакте-

рии, трансформирующие серу. В такой экологической обстановке применение кессонного метода проходки способствовало активации размножения и окисления деятельности ацидофильных тионовых бактерий, снижению pH до единицы и превращению среды вокруг тоннелей в агрессивную.

Сильная коррозия элементов обделки привела к значительной потере ее несущей способности. Для обеспечения надежности и долговечности тоннелей на этом участке по внутреннему периметру внутренней обделки была возведена мощная железобетонная обойма толщиной 250-300 мм. Это и другие мероприятия, включая и обеспечение водонепроницаемости железобетонной обоймы в период эксплуатации, привели к увеличению стоимости тоннелей более чем в два раза.

Подобные случаи имели место в угольных шахтах, месторождениях серы и сульфатных руд.

Таким образом, напрашивается вывод, что при проведении инженерных изысканий необходимо определение химического состава грунтов, а при выявлении в них

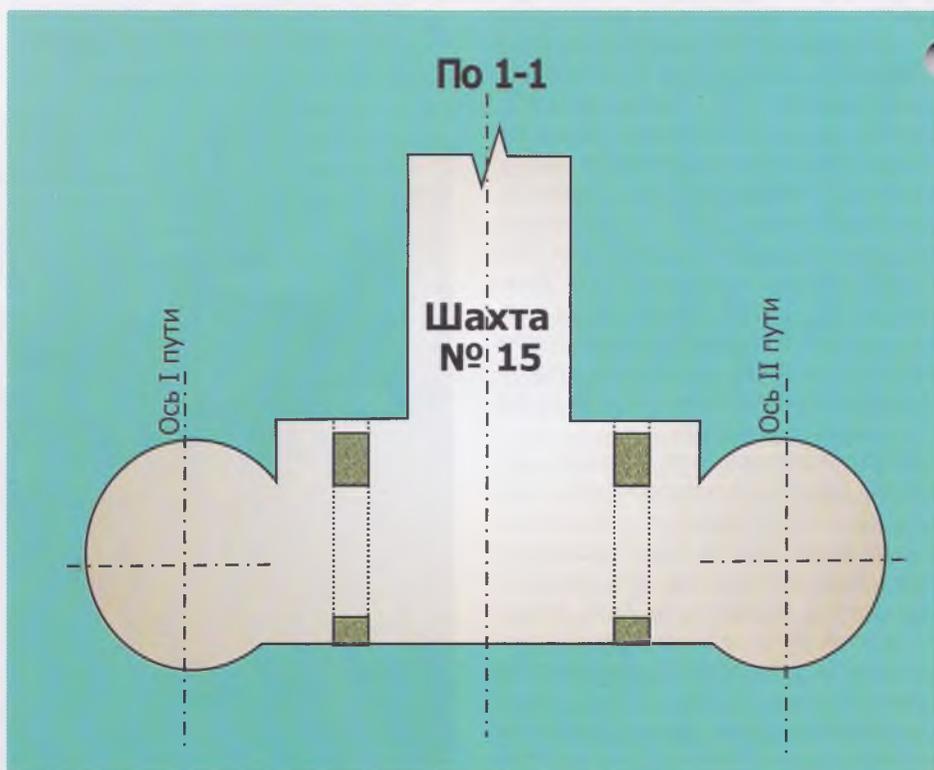
соединений железа и серы нужны и микробиологические исследования.

На этом же участке между станциями "Шулявская" и "Берестейская" проектом было предусмотрено расположить ствол перегонного вентиляционного узла между тоннелями, расстояние между осями которых составляет 25 м. Сложный в инженерном решении нижний узел (два ходка, сопрягаемых с тоннелем, выполненный в этом месте из чугунных тубингов диаметром 8,5 м, двумя металлоконструкциями 3,5 x 2,5 м) заложен в сильно обводненных мелкозернистых каолинистых песках на глубине около 50 м.

Строительство узла велось при постоянно работающем водопонижении. По не установленным сейчас причинам, во время проведения работ произошел вынос песка примерно до 200 м<sup>3</sup>.

После пяти лет эксплуатации через скрытый водоотвод в ходке в лотковую часть тоннеля через дренажную трубу ходка стал поступать песок в количестве 25-30 м<sup>3</sup>. В результате этого появились деформации в сопряжении ходка с правым тоннелем и диафрагмы сопряжения тоннелей диаметром 8,5 и 6,0 м с выносами песка.

Конструкция нижнего узла перегонного тоннеля между ст. "Шулявская" и "Берестейская"



Принимаемые специалистами Главтоннельметростроя меры по ликвидации аварии с помощью быстротвердеющих растворов положительных результатов не дали. Приток воды с песком увеличивался с каждым днем, достигая до 20 м<sup>3</sup> в сутки. Поэтому было принято решение использовать искусственное водопонижение.

Примерно через 8-10 часов после включения глубинного насоса в скважине, расположенной в районе узла сопряжения ходка с правым тоннелем, уровень воды снизился до свода, последний потерял устойчивость и произошла просадка с разрывом узла сопряжения с ходком и диафрагмы сопряжения тоннелей.

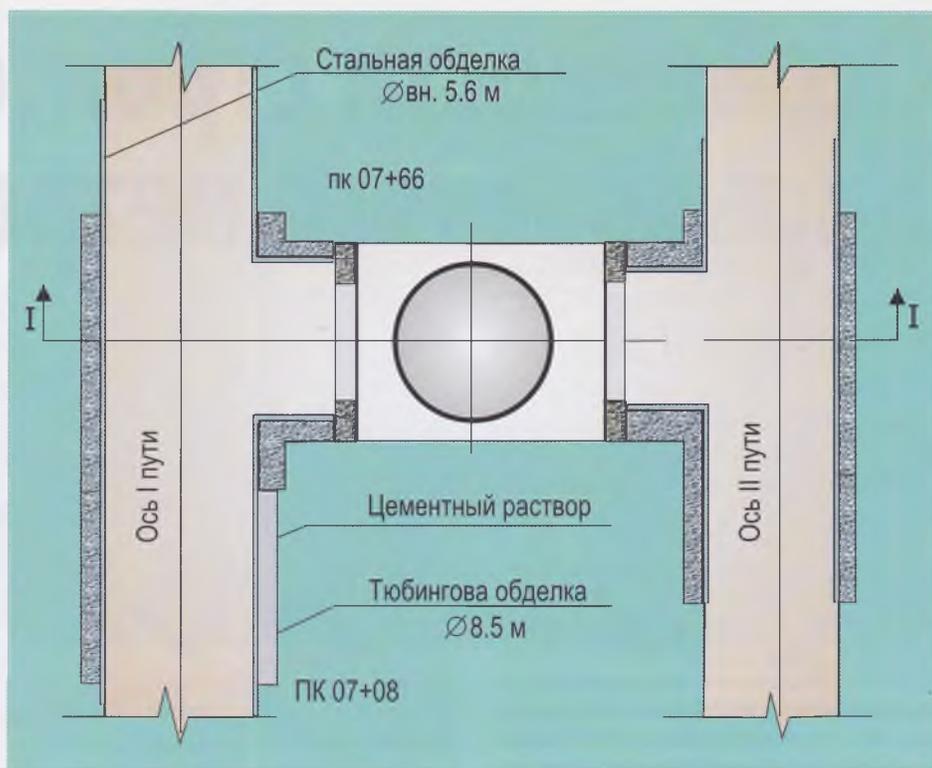
Аварийно-восстановительные работы проводились без прекращения движения поездов. Дополнительная обделка из стальных тубингов и металлоизоляции ходков возводилась в удлиненное ночное "окно" на протяжении 3,5 лет.

Принятое проектом решение места расположения вентстола преследовало цель уменьшения объема горных работ. При этом значительное их усложнение, из-за возведения сопряжений ходков со стволом и тоннелями в неблагоприятных гидрогеологических условиях, учтено не было. Именно это стало причиной того, что в период строительства узлы сопряжений были выполнены в конструктивном отношении не лучшим образом. В период эксплуатации эти узлы не выдержали давления вибрационных нагрузок подвижного состава, о чем свидетельствуют возникшие в них деформации.

Набольшие отклонения от нормального состояния имеют тоннели мелкого заложения, сооруженные в обводненных несвязанных грунтах. Просадкам подвержены все виды конструкций обделки, которые использовались при строительстве, включая и чугунную тубинговую на участке горного способа работ при глубине 6-8 м.

При проведении инженерно-геологических изысканий устанавливаются физико-механические свойства пород для прогнозирования возможности проявления отрицательных процессов и выбора способа строительства. Вопросы эксплуатационных нагрузок на тоннели ни при изысканиях, ни при проектировании не рассматриваются. В железнодорожных тоннелях при движении поездов происходит очень сложный механизм передачи дополнительного к статическому давлению на грунт - динамического.

Проведенные в 1987-1989 гг. ЦНИИСом исследования на одном из участков тоннелей мелкого заложения, пройденном открытым способом и выполненном из железобетонной цельносекционной обделки (ЦСО) показали, что механизм передачи динамических нагрузок вызывает вибро-



Конструкция нижнего узла перегонного тоннеля (вид сверху)

уплотнение и виброползучесть грунта основания. При невысокой его плотности доля виброуплотнения большая, а виброползучести - меньшая. По мере увеличения плотности грунта последняя возрастает, а виброуплотнение падает.

Процесс просадки тоннелей, выполненных из ЦСО, сопровождается разрушением бетонной стяжки в лотковой части, отслоением бетона основания пути от обделки, разрывом монтажных связей между секциями, раскрытием стыков секций в лотковой части с нарушением оклеечной наружной гидроизоляции и водоприток с выносом песка, отрывом шпал от бетона.

Обеспечение безопасного движения поездов требует проведения целого ряда мероприятий, прежде всего по выправке пути и закреплению шпал, предотвращению просадок путем связывания (закрепления) грунтов по бокам тоннелей и наиболее сложной в техническом и организационном отношении работы по ликвидации водопритока и выноса песка в лотковой части.

Сооруженные горным способом в несвязанных обводненных грунтах тоннели из чугунной тубинговой обделки тоже подвержены просадкам. В большей мере это касается, прежде всего, облегченной конструкции типа "ДЗМО" и "Лентрублин", в меньшей - из чугунных тубингов диаметром 6,0 м.

Просадки тубинговых тоннелей сопровождаются рядом деформаций:

- сквозными трещинами ребер и спинок тубингов с водопритоками и выносом породы;

- сдвигом отдельных колец со срезом болтовых креплений;

- уменьшением вертикальных и увеличением горизонтальных диаметров колец;

- разрушением путевого бетона, прежде всего, в лотковой части и отслоением шпал;

- отрыв лоткового блока в чугунной обделке типа "Лентрублин" с плоским железобетонным лотком;
- значительные расстройств стыков.

Таким дефектам подвержены также и станции. На ст. "Петровка" Куреневско-Красноармейской линии вследствие просадки произошло нарушение герметичности температурного стыка, что привело к водопритоку около 90 м<sup>3</sup>/ч с незначительным выносом грунта. На ст. "Минская" этой же линии появились деформации в виде трещин в боковых частях с просадкой свода. Имеют место также просадки эскалаторных тоннелей.

Описанные отклонения от нормального состояния тоннельных сооружений свидетельствуют о том, что ныне действующие строительные нормы и правила на проектирование метрополитенов, охватывают далеко не все вопросы, касающиеся надежности их при эксплуатации.

В новом СНИП необходимо ввести специальную главу, предусматривающую определенные положения, касающиеся проведения дополнительных изысканий, расчетов, научных исследований по разработке инженерных решений, направленных на обеспечение надежности тоннельных сооружений, возведенных в неблагоприятных гидрогеологических условиях, с учетом эксплуатационных нагрузок.



# Особенности строительства Харьковского метрополитена

**Ю.В. Войтюк,**

председатель правления  
ОАО "Харьковметрострой"

С начала строительства Харьковского метрополитена прошло более 32 лет. За этот период сооружены 3 линии, вводимые 5-ю участками. С пуском последнего из них, в 1995 г. длиной 5,3 км с 5-ю станциями и двумя пересадочными узлами, общая протяженность линий метрополитена составила 35 км с 26-ю станциями. Они соединили все железнодорожные и автомобильные вокзалы с основными промышленными предприятиями, расположенными вдоль Московского проспекта, многими торговыми, учебными, культурными и административными центрами, а также жилыми районами города.

Все 3 линии сооружались в сложных гидрогеологических условиях, в мощной толще осадочных отложений с аллювиальными и лессовидными породами и частично в мергелях Киевской свиты. Они пересекаются 4-я водоносными горизонтами различной мощности, с водопритоком в отдельных местах до 200 м<sup>3</sup>/час. На значительных участках водоносные грунты представлены мелкозернистыми песками "бучакского" горизонта, обладающими пльвинными свойствами.

Всё это послужило основой для выбора трассы (с учетом максимального приближения метрополитена к местам труда), методов строительства и технологии работ. В этих условиях получили значительное распространение практически все виды специальных способов - проходка с использованием кессона, замораживание грунтов, различных видов водопонижения, химического закрепления вмещающих грунтов.

Только с применением кессона пройдено более 4,5 км перегонных тоннелей. Большая работа по проведению специальных методов проделана Харьковским участком Московского управления №157 по замораживанию водоносных грунтов, в том числе на строительстве ст. "Южный вокзал", наклонного ствола ст. "Пушкинская", при проходке перегонных тоннелей под р. Харьков. С применением водопонижения сооружались станции "Исторический музей", "Центральный рынок", "Киевская", "Спортивная", "Имени Академика Барабашова", а также более 10 км перегонных тоннелей и других выработок.

За прошедшие годы при строительстве отдельных объектов метрополитена также имели место определённые трудности, для преодоления которых приходилось принимать неординарные решения.

Особо следует отметить возведение станции "Южный вокзал" глубокого заложения,



рядом с одноименным вокзалом. Её вестибюль соединяется с платформой станции 4-леточным эскалаторным тоннелем и с вокзалом - двумя переходами. Вестибюль сооружался открытым способом в котловане площадью 40 x 40 м и глубиной 9-13 м. Учитывая обводненности массива, его строительство осуществлялось под защитой льдопородной стены толщиной 6 м, заглубленной на 2-3 м в глинистый водоупор. Замораживание ограждающих стен котлована выполнялось компрессорами типа ЗАГ, 2АГ, УА-20Л с общей суммарной мощностью 1,3 млн Ккал/ч. Компрессорная станция одновременно (но в разное время) выполняла замораживание массива в зоне проходки тоннелей самой станции. В общей сложности было забурено 24 км скважин, в том числе для создания льдопородной стены - 10 км.

Вестибюль располагается рядом (в 5-ти м) с управлением Южной железной дороги и Главпочтамтом. Учитывая существующие гидрогеологические условия, а также ограниченные сроки до ввода линии в эксплуатацию, одновременно с сооружением наклонного эскалаторного тоннеля и вестибюля выполнялись также работы по проходке 2 км перегонных тоннелей к станции "Улица Свердлова" с водопритоком на отдельных участках до 200 м<sup>3</sup>/час.

Тоннели прокладывали под вестибюлем, распределительным залом вокзала с пролетными строениями до 40 м, высотой до 30 м, опирающимися на колонны, основание которых располагалось на железобетонном ростверке, покоящемся на висячих железобетонных сваях. Расстояние от свода перегонных тоннелей до свай составляло от 2 до 4 м. Кроме того, трасса указанных объектов пересекала 14 магистральных путей. Поэтому здесь

пришлось применить одновременно 2 вида специальных работ:

- для возведения станционного комплекса - замораживание массива (контурное и глубинное);

- для сооружения перегонных тоннелей - кессонную проходку с избыточным давлением сжатого воздуха 1,2 атм.

Такое сочетание, казалось бы, взаимоисключающих способов работ требовало разработки специальных мер, в том числе:

- строгое ограничение давления сжатого воздуха в кессоне (учитывая ограниченную толщину водоупора для создания льдопородной стены);

- принимая во внимание летнее время, сооружение вестибюля и большие площади оголенных стен (около 1 500 м<sup>2</sup>), пришлось, наряду с их защитой специальными "матами" и в целях гарантии сохранности рядом расположенных зданий, соорудить по периметру дополнительную защиту - бетонную стенку и установить в отдельных заглубленных местах трубчатые расстрелы.

Целесообразность принятого решения стала очевидной, когда при разработке 2-го яруса было обнаружено "окно" в льдопородной стене с притоком воды в котлован, что могло привести к ее разрушению.

Бетонная стенка в дальнейшем была использована для устройства гидроизоляции несущих стен вестибюля.

В конечном счете, примененная технология обеспечила своевременное окончание работ, сохранность административных и транспортных объектов при их постоянном функционировании.

При этом проходка под зданием вокзала осуществлена с минимальными просадками несущих колонн (4-6 мм).



Довольно сложная ситуация при прокладке 1-ой очереди сложилась после сооружения перегонных тоннелей между станциями "Советская" и "Проспект Гагарина" в круговой сборной железобетонной обделке, где произошло непредвиденное повышение уровня грунтовых вод. Тоннели, залегаемые в мелкозернистых песках более чем на 3/4 сечения (на длине более 300 п. м), оказались в воде. Появление по этой причине сильных течей с выносом песка, обладающего плавучими свойствами, вызвало просадки дневной поверхности, что могло привести к разрушению жилых зданий и самих тоннелей.

В этой обстановке совместно с Заказчиком, проектной организацией при активном участии института ВНИИОМШС было принято решение об упрочнении вмещающих тоннель грунтов мочевиноформальдегидными смолами типа УКС с крепителем "К" путём их инъектирования из тоннеля за обделку.

В результате проделанной работы вокруг нее образовался устойчивый слой цементированной смолами породы толщиной 30-50 см, что исключило приток в тоннель воды и вынос песчаной массы. Аварийная обстановка была устранена.

Вот уже более 16-ти лет этот перегон нормально эксплуатируется, не требуя никаких материальных затрат.

Опыт строительства указанных объектов и других сооружений 1-ой очереди, позволил его использовать и далее развивать при прокладке последующих линий Харьковского метрополитена.

Так, на участке перегона на длине 400 п. м между станциями "Имени архитектора Бекетова" и "Площадью Восстания" тоннели сооружались на незначительной глубине под р. Харьков и производственными корпусами заводов "Здоровье трудящихся" и "Точмедприбор". Дно реки, глубиной 4 м, представлено мелкозернистыми илистыми песками мощностью свыше 3-х м, расположенными на трещиноватых глинах и "бучакских" песках напорного водоносного горизонта. В этих условиях на участке протяженностью 150 п. м использовались 3 вида специальных работ:

- замораживание грунтов верхнего водоносного (илистого) горизонта и ложа реки над сводом тоннеля. Для этого была отсыпана плотина шириной 25 м, перекрывшая реку, с устройством водосборных труб. С плотины были забурены скважины. Замораживание велось 6-ю компрессорами АМ-200 с производительностью каждого 220 Ккал/ч;

- с плотины были также забурены скважины глубинного водопонижения для снятия воды напорного нижнего горизонта;

- применение кессона с избыточным давлением воздуха 1,2-1,4 атм., как страховочного средства для безопасного проведения работ под рекой и далее в обводненном массиве в зоне производственных корпусов вышеуказанных предприятий.

Довольно сложным было также сооружение соединительной ветки между 1-ой и 3-ей очередями метро протяженностью 1,3 км, трасса которой проходила под 4-этажным производственным корпусом чулочной фабрики, где на



Станция «Площадь Восстания»

незначительной глубине (до 3-х м) ниже подвальной части велась проходка тоннеля с помощью кессона с давлением до 1,2 атм. Это позволило пройти тоннель под фабрикой без её остановки.

Особо серьезным было сооружение соединительной ветки над действующими тоннелями 1-ой очереди, а также на участке 50 м в месте примыкания ветки к станции "Проспект Гагарина". При этом без прекращения движения поездов осуществлялись работы по химическому закреплению массива в месте сбойки. Наиболее ответственной была сама сбойка, где строящийся тоннель проходил в 1 м от действующих перегонных тоннелей. Работы велись без остановки движения поездов, с проведением в ночное время некоторых укрепительных работ на эксплуатируемой линии.

Харьковметрострой, наряду с прокладкой метрополитена, по заданию Министерства транспортного строительства в разные годы возводил другие объекты различного назначения во многих регионах Союза, в том числе закрытые, для которых ему было присвоено дополнительное название п/я А-1550. В их числе:

- объект Министерства обороны на Дальнем Востоке;
- специальные подземные склады в Таджикистане в районе посёлка Табошары;
- технологический и транспортный 2-ярусный тоннель сечением более 40 м<sup>2</sup> под р. Енисей;
- ускорительно-накопительный комплекс Физико-технического института Академии наук СССР в посёлке Протвино Московской области;
- сооружение Волгоградского скоростного трамвая;
- подземные объекты различного назначения в Крыму (стволы, лифтоподъёмники, реконструкция винохранилищ, объекты Министерства обороны, коммунальные объекты, тоннели и др.);
- железнодорожные тоннели в районе

станции "Тигровая" Дальневосточной дороги, а также на Урале, в Армении;

- реконструкция железнодорожных тоннелей (и их осушение) на железнодорожной линии Тайшет-Абакан;
- строительство Днепропетровского метрополитена;
- монтаж эскалаторов в Украине, России, Чехословакии.

В период максимального развития работ в Управлении строительства "Харьковметрострой" трудилось до 9-ти строительномонтажных подразделений, дислоцированных в Красноярске-26, на Дальнем Востоке, Харькове, Волгограде, Днепропетровске, в Крыму, в Московской области (пос. Протвино), которые выполняли годовые объёмы работ до 1991 г. около 200 млн гривен. В процессе сооружения Харьковского метрополитена возник своеобразный симбиоз единомышленников в лице строителей, Заказчика, проектировщиков, служб эксплуатации, который оперативно решал возникшие технические, конструктивные и организационные вопросы и, прежде всего, по внедрению новых прогрессивных решений в технологии производства, новых конструкций, современных материалов. Это позитивно отражалось на своевременном вводе в эксплуатацию пусковых участков линий.

Огромную помощь в этом оказывало руководство города и области.

Так, за прошедшие годы, впервые в отечественном метростроении, на 1-ой очереди метрополитена Харьковметростроем разработана и внедрена на мелком заложении безраспорная односводчатая станция в монолитном исполнении с применением инвентарной передвижной металлической опалубки. В процессе сооружения последующих очередей она получила дальнейшее развитие, как сборно-монолитная, где пяты свода представляют объёмные блоки весом до 10 т с проходным каналом, в котором располагаются станционные коммуникации.

При этом для обеспечения архитектурного



замысла, художественное оформление свода выполняется в виде накладных элементов на самой опалубке.

Это позволило повысить индустриальность строительства, сократить ручной труд и эксплуатационные характеристики станции.

Опыт возведения таких объектов с незначительной модификацией был распространён на строительстве Московского, Новосибирского, Ташкентского, Свердловского метрополитенов, а также Волгоградского и Кировоградского скоростных трамваев.

Дальнейшее совершенствование этих станций позволило перейти от сборно-монолитных до полносборных, разработанных Харьковметропроектом с участием ЦНИИСа и строителей. Они состоят из опорных частей (ранее применяемых), верхнего и обратного сводов с монолитной затяжкой.

Верхний свод состоит из 3-х элементов, имеющих каналы для пропуска осветительной и телекоммуникационной проводки. Вес каждого из них не превышает 10 т.

В общей сложности на 3-х очередях возведено (на мелком заложении) 7 безраспорных станций, в том числе 2 из них - в сборном варианте (ст. "Академика Павлова" и "Площадь Восстания").

Впервые в практике отечественного метрополитена колонная станция с клинчатыми перемышками ("Исторический музей") в обводненных плавунных песках сооружена с применением специальных установок забойного водопонижения, разработанных в Харькове (УЗВМ), вместо кессона, что позволило значительно сократить трудозатраты и избежать вредных социальных факторов - работы под сжатым воздухом.

Пилонно-колонная станция глубокого заложения из сборного железобетона "Пушкинская" впервые построена с увеличенным сечением среднего станционного тоннеля диаметром до 9,5 м, что обеспечило увеличение пространства среднего зала и создало больше удобства для пассажиров.

Впервые в практике отечественного метрополитена при переходе через р. Харьков на участке 900 п. м сооружен метромост с закрытой утепленной галереей с применением экструзионных пустотных плит. Его проектирование и строительство было включено в план экспериментального строительства Госстроя СССР. Галерея позволила повысить эксплуатационную надежность линии, сократила уровень шума, исключила вредное воздействие атмосферных осадков на подвижной состав и постоянные устройства метрополитена.

Широко применяются разработанные Харьковметропроектом укрупненные элементы несущих станционных конструкций, нашедшие воплощение в типовом проекте ТС-109.

Началось внедрение укрепительных модулей объёмно-блочных конструкций.

Так при строительстве станции "Площадь Восстания" на базе основных элементов цельносекционной обделки с модулем 1 м внесены конструктивные изменения, позволившие сократить в 3 раза количество единиц при сооружении вестибюлей.



Рационализаторами метростроя разработаны и внедрены многоместные "кассетные" формы для изготовления сборной круговой железобетонной обделки диаметром 4; 5,5; 6; 8 м, что дало возможность на существующих площадях более чем в 4 раза увеличить выпуск сборной обделки.

В качестве отделочных материалов используются металл-эмалевые элементы (вместо мрамора, гранита и керамической плитки), обеспечивающие долговечность отделки, например, на платформенных стенах станций "Завод им. Малышева", "Имени Маршала Жукова", "Имени Академика Барабашова", "Метростроителей", "Госпром", "Имени архитектора Бекетова".

Совместно с институтом "Южгипроцемент" разработаны и внедрены быстросхватывающиеся, расширяющиеся цементы для гидроизоляции швов круговой обделки станций и перегонов (БРЦ) вместо многокомпонентного БУСа.

При проходке железнодорожного тоннеля в районе станции "Тигровая", выполняемого СМУ-107, из-за неустойчивости пород, представленных Каргиалитами, отставание бетона от забоя, согласно проекту, допускалось не более 100 мм. По указанной причине забой сооружался 2-я уступами с опережением верхнего из них до 80 п. м. Это потребовало иного подхода к проведению работ. По заказу Харьковметростроя СКТБ Главтоннельметростроя разработало принципиально новый беспортальный передвижной опалубочный комплекс (ОПК-28), обеспечивающий пропуск под ним автотранспорта для вывозки породы с одновременным бетонированием верхней части тоннеля. Комплекс, длиной 9 п. м, изготовлен на жёсткой платформе с навешенными полукругами, оборудованными гидравлической системой обеспечения их в проектное положение перед бетонированием, перемещение по рельсам и её отрыв после бетонирования с помощью компактного замка.

На строительстве камер большого сечения в районе поселка Тихоокеанский и при возведении сводовой части станций метрополитена

на в г. Днепропетровске применяли крупногабаритные армоблоки с металлоизоляцией и их механизированной доставкой и монтажом. Для укладки бетона широко использовались пневмобетонуюкладчики.

После ликвидации Союза существенно изменилась география работ Харьковметростроя. Подразделения, выполняющие работы на территории Российской Федерации (Красноярский Край, Дальний Восток, Волгоград), вышли из состава Управления строительства "Харьковметрострой", а в самой Украине значительно сократилось инвестирование строительства как в Харькове, так и в Крыму.

По этой причине намеченный пуск 1-го участка 3-й очереди с 1990 г. был отнесен на более поздний срок, и только благодаря активному участию руководителя администрации области Масельского А. С., этот участок, протяженностью 5,3 км с 5-ю станциями и двумя пересадочными узлами, был введен в эксплуатацию в мае 1995 г. Было начато строительство последующих участков протяженностью 4,8 км с 4-мя станциями, предусматривающих доставку жителей бурно развивающегося Алексеевского жилого массива к местам приложения труда, а также отрезка этой линии в направлении аэропорта длиной 2,5 км с 2-мя станциями.

Однако дальнейшее централизованное финансирование было прекращено, и поступление ограниченных средств осуществлялось только из областного бюджета. Поэтому работы на линии были практически прекращены, и осуществлялась только проходка тоннелей в зоне 2-х станций ("Ботанический сад" и "Улица 23 Августа") в направлении Алексеевки. Остальные начатые объекты были законсервированы.

В основном работы велись в одну смену в целях недопущения выхода из строя оборудования 3-х щитовых комплексов, находящихся в увлажненной среде, и удержания минимальной численности квалифицированных специалистов.

В последующие 5 лет существенного улучшения финансирования не произошло.

Харьковметрострой из организации, кото-



рая в период существования Союза выполняла годовые объёмы работ до 30-40 млн рублей (в ценах 1985 г. или в нынешних ценах Украины 150-200 млн гривен), в 2000 г. реализовала объёмы только на сумму 8 млн гривен. При этом численность рабочих с 3-х тыс. сократилась до 500 человек. Задолженность Заказчика из-за ограниченного финансирования доходила до 10 млн гривен, а задержка по выплате рабочим заработной платы - до 12 месяцев.

Попытки Харьковметростроя изыскать объёмы работ на стройках России или других регионах Украины по вышеуказанным причинам не дали положительных результатов. Поэтому он вынужден был сократить одно строительно-монтажное управление (ТО-24), а также объединить бывшие ранее самостоятельными подразделения - ЗЖБК, Управление механизации, Автобазу и УПТК в единую организацию УСТИВР (Управление специализированных, технологических и вспомогательных работ). Однако и в этих условиях существование организации оставалось сложным. И только с приходом нового руководства администрации области положение с финансированием за счёт бюджетных ассигнований Республики и области существенно изменилось.

В 2001 г. была ликвидирована задолженность по заработной плате. Перед коллективом была поставлена задача - ввести эксплуатацию в первой половине 2004 г. 2-ой участок 3-ей линии протяженностью 2,8 км с двумя станциями.

В условиях существенного сокращения численности рабочих и, в связи с тем, что за последние 10 лет не происходило обновление горнопроходческих и других строительных механизмов и автотранспорта, выполнить этот объем было нелегко.

Однако происшедшие изменения в инвестировании дали положительный импульс в настроении коллектива, который поверил администрации и активно включился в решение поставленной задачи.

За короткий срок было принято около 500 молодых рабочих, организовано их обучение.

В сложных условиях было пройдено более 450 п. м тоннелей. На станциях было вынута около 90 тыс. м<sup>3</sup> грунта и уложено более 7 тыс. м<sup>3</sup> сборного и монолитного бетона и железобетона. Началась укладка постоянного пути метрополитена. Создан также существенный задел по подготовке фронта работ на осенне-зимний период 2001-2002 гг.

Второй участок 3-й очереди сооружается в условиях тесной городской застройки в относительно устойчивых грунтах, представленных суглинками, переслаивающимися с обводнёнными песками.

Все перегонные тоннели проходят на незначительной глубине под действующей оживленной автомагистралью города - проспектом Ленина с развитой инфраструктурой городских коммуникаций. Это создавало значительные трудности в процессе проходки тоннелей, так как по условиям сложившейся планировки города снятие с проспекта движения не представлялось возможным.

Станция "Улица 23 Августа" возводилась в благоприятных геологических условиях в сухих суглинках, где, в целях экономии средств, значительная её часть с тупиками выполнялась в открытом котловане без крепления.

В более сложных условиях сооружается станция "Ботанический сад". Она расположена в районе Саржина Яра, в отсыпанной дамбе. Она соединяет две части города, по которой проложены автомагистраль, значительная часть инженерных коммуникаций.

Для освобождения дамбы и передачи её под строительство Харьковметрострой проложил под будущей станцией 2 коллектора протяженностью по 170 п. м каждый и сечением 2,6 м для пропуска канализационных и промышленных стоков, расположенных в теле будущей станции. Для снятия автомобильного движения с дамбы была произведена дополнительная её отсыпка (уширение).

В теле дамбы остался ещё пучок связевых кабелей (26 единиц), вынос которых до начала работ не представлялся возможным. Это потребовало дополнительной корректировки трассы. По этим причинам произошла за-

держка начала строительства практически на 2 года, что поставило под вопрос ввод всего участка в эксплуатацию.

В связи с ограниченностью средств до 2001 г. Харьковметрострой не смог приобрести балки под ограждение станции для выемки грунта и приёмки в котлован щитовых проходческих комплексов после проходки тоннелей.

В этой ситуации на участке 40 п. м были применены в качестве ограждающих буронабивные сваи, устанавливаемые с шагом 2 м с соответствующей затяжкой лесом котлована.

Для их изготовления из разных источников были изысканы материалы. Стоимость их удовлетворяла имеющуюся смету строительства, но в них был и существенный недостаток - невозможность повторного употребления после окончания работ. С учётом фактического рельефа дамбы станция возводится с применением 2-х козловых кранов, расположенных в 2-х уровнях.

Учитывая отставание строительства станции от остальных объектов пускового участка, было изменено также размещение тягово-понижительной подстанции, приблизив её непосредственно к вестибюлю и платформе. На этой же станции в целях экономии средств, по согласованию с проектным институтом и Заказчиком, было перенесено расположение санитарного узла за счёт упразднения его на перегоне "Ботанический сад" - "Улица 23 Августа". Это существенно сократило затраты на строительство дополнительной выработки. С учётом рельефа местности на одном из вестибюлей предусмотрено устройство эскалатора.

В целях разнообразия архитектурного облика обеих станций в качестве облицовки платформенных стен проектом предусмотрена отделка из металло-эмалевых элементов разного рисунка и цвета, изготавливаемых на местных предприятиях, которые применялись на предыдущих очередях.

Перекрытие станций выполняется из сборных железобетонных плит новой конфигурации с мелкими кессонами, перекрываемыми по условиям заданной прочности монолитным железобетоном.

В текущем году строительство 2-го участка 3-й линии входит в новую стадию, включая сооружение всех объектов станций с их выходами и насыщение необходимым технологическим оборудованием (вентиляторами, электрооборудованием, металлоконструкциями и др.).

В целях сохранения рабочих кадров, в связи с прекращением в 1-ом полугодии основных горно-капитальных работ на пусковом участке, предусматривается также (хотя и в ограниченных объёмах) проходка тоннелей на 3-м участке линии, практически законсервированных с 1995 г.

Мы благодарны Тоннельной ассоциации России и редакции журнала "Метро и тоннели" за то, что ими сделано за последние годы для совершенствования подземного строительства всех стран бывшего Союза.



# ДНЕПРОПЕТРОВСКОЕ МЕТРО

Ю. И. Михайлов,  
главный инженер  
ОАО "Днепрометрострой"

29 декабря 1995 г. в г. Днепропетровске открыл свои станции для перевозки пассажиров новый вид городского общественного транспорта - метрополитен. В настоящее время он представляет собой одну линию протяженностью 7,86 км с шестью станциями, соединительной веткой длиной 1,24 км и комплекса электродепо для подвижного состава.

Действующий 1-й пусковой участок Днепропетровского метрополитена от станции "Коммунарковская" до "Вокзальной" связал три отдаленных жилых массива и заводские районы с центральным проспектом города. Возле "Вокзальной" находится железнодорожный вокзал и центральный автовокзал.

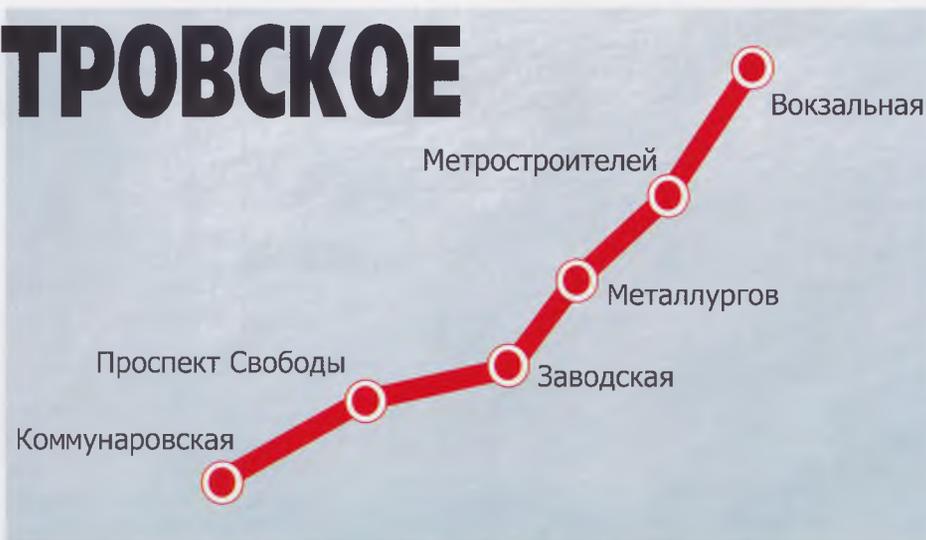
Подготовительные работы по прокладке 1-го пускового участка начались в 1981 г., а в феврале 1982 г. на торжественном митинге, на месте будущей станции "Заводская", было заложено первое тубинговое кольцо и тем самым положено начало горнопроходческим работам.

Сооружение перегонных тоннелей и станционных комплексов велось в сложных горно-геологических условиях. Горные выработки проходили в обводненных скальных, абразивных, с высоким содержанием кремнезема породах, неоднородных по степени трещиноватости и устойчивости, повсеместно покрытых обводненными песчано-глиняными отложениями. Поэтому при их строительстве требовалось качественное крепление горных выработок без отставания от лба забоя, а также применение специальных способов (укрепительная цементация, тампонаж, замораживание и т. д.).

Перегонные тоннели сооружались в основном буровзрывным способом с обделкой из железобетонных блоков и чугунных тубингов (на обводненных участках, в зонах каолинизации, разломов) с использованием механизированных комплексов АБТ-5,5. Скорости проходки были в основном от 20 до 30 п. м в месяц из-за сложных гидрогеологических условий. Левый перегонный тоннель между станциями "Метростроителей" и "Вокзальной", в сплошной зоне скальных пород и каолинизации, проходили с помощью немеханизированного горнопроходческого щита с разработкой забоя по частям и сплошным креплением лба забоя. Прокладка правого перегонного тоннеля на указанном участке, ввиду более благоприятных горно-геологических условий, велась способом нижнего уступа с устройством опережающей крепи свода выработки.

При проходке перегонных тоннелей с обделкой из сборных железобетонных блоков для повышения водонепроницаемости обделки предусматривалась заобделочная цементация пород на глубину до 3,0 м.

Из 6-ти станций действующего Днепропет-



ровского метрополитена одна - "Коммунарковская" - мелкого заложения, колонного типа из сборных железобетонных элементов, которая возводилась открытым способом с применением искусственного понижения уровня грунтовых вод. Четыре станции - "Проспект Свободы", "Заводская", "Металлургов", "Метростроителей" - односводчатые глубокого заложения с обделкой из монолитного железобетона. Строительство их осуществлялось горным способом с помощью высокопроизводительного горнопроходческого оборудования. Разработка сечения станций велась по частям с применением временного крепления кровли с последующим монтажом арматурных каркасов с металлоизоляцией сводовой части (на заходку до 3-6 м), их бетонирование и разработка среднего породного "ядра" с технологическим отставанием до 10-20 м. "Вокзальная" представляет собой трехсводчатую станцию колонного типа с обделкой сводов из монолитного железобетона и металлоизоляции. Сооружение ее велось в очень сложных горно-геологических условиях, сильной трещиноватости скальных пород, наличием тектонических нарушений, что повлекло за собой проходку, кроме нижних латтовых выработок, выработок под опорные балки свода с дальнейшей разработкой сечения по частям.

Строительство первого пускового участка Днепропетровского метрополитена длилось с 1982 по 1995 гг. Прокладка метрополитена - это сложный технологический процесс. Трудности технического плана строительства в сложных горно-геологических условиях совмещались с недостаточным финансированием, особенно в период 1991-1994 гг. Однако в рамках намеченной программы 1994-1995 гг. были разработаны организационно-технические мероприятия. Срок исполнения определялся графиком финансирования строительного-монтажных работ, поставками оборудования основных материалов.

К сооружению, монтажу и пусконаладочным работам был привлечен целый ряд подрядных организаций Днепропетровской области. Численность работающих на пусковых объектах достигала 12 тыс. человек. Особенно большой объем работ необходимо было выполнить на ст. "Вокзальная", где к началу 1995 г. было разработано только 50% ядра станции, платформенный участок еще не сооружался. Также было необходимо произвести большой объем строительных работ на блоке служебных помещений и СТП. И все они были выполнены в установленные сроки.

Основным генеральным подрядчиком строительства метрополитена в г. Днепропетровске является ОАО "Днепрометрострой", образованный на базе организаций, работавших на прокладке метрополитена с 1982 г. ОАО "Днепрометрострой" было создано с целью централизации промышленно-строительного потенциала для завершения работ на 1-ом пусковом участке. По виду деятельности ОАО "Днепрометрострой" - предприятие, специализирующееся на возведении подземных сооружений промышленного, гражданского и коммунального назначения. ОАО "Днепрометрострой" в настоящее время продолжает строительство 2-го участка первой очереди метрополитена протяженностью 2,3 км, трасса которого прокладывается к центральной части города. Ввод его в эксплуатацию увеличит пассажиропоток в 2 раза и, соответственно, снизит дотации на содержание Днепропетровского метрополитена на 15-20%. Второй пусковой участок включает в себя две станции глубокого заложения.

При сдаче в эксплуатацию 3-го участка длиной 2,9 км и, соответственно, всей первой очереди откроется движение поездов метрополитена от ст. "Коммунарковская" до ст. "Днепр". Эта линия свяжет отдаленные жилые массивы с центром города и ж.-д. вокзалом, увеличив пассажиропоток еще в 3 раза.

За время существования Днепрометрострой, наряду со строительством метрополитена, соорудил и ввел в эксплуатацию:

- железнодорожный тоннель длиной 200 м под автомобильной развязкой при въезде на автодорожный мост через реку Днепр в г. Днепропетровске, проходный открытым способом из сборного и монолитного железобетона с последующей засыпкой и устройством автодорог;
- канализационные насосные станции в г. Днепропетровске, которые сооружались способом опускного колодца из сборного и монолитного железобетона;
- подземный пешеходный переход общей длиной 250 м от вестибюля станции "Металлургов" к проходной металлургического завода им. Г. И. Петровского, который построен частично открытым (горным) способом и частично открытым.

ОАО "Днепрометрострой" имеет достаточно большой опыт возведения подземных сооружений как малого, так и большого сечения в сложных горно-геологических условиях с применением специальных способов проходки.



**Н. А. Ключниченко,**  
генеральный директор  
Донецкшахтометростроя

**В. Ф. Шаталов,**  
начальник Донецкой  
дирекции строящегося  
метрополитена



**Пролетарско-Киевская линия (первая очередь), протяженность 21 км**  
**Петровско-Червоногвардейская линия, протяженность 26 км**  
**Горняцко-Макеевская линия, протяженность 21 км**  
**Первый пусковой комплекс от станции "Пролетарская" до ст. "Политехнический институт":**  
 - длина линии 9,67 км, в том числе: мелкого заложения - 3,55 км, глубокого заложения - 6,12 км;  
 - количество станций - 6, в том числе: мелкого заложения - 3, глубокого - 3;  
 - среднее расстояние между станциями 1,6 км;  
 - провозная способность 20,3 тыс. человек, а в перспективе - 30,4 тыс. при 36 парах поездов.

# Донецкий метрополитен: дорога в XXI век

**Е**динственный в Украине только строящийся метрополитен - Донецкий. Однако название Донецкий имеет в известной степени условный, обобщенный характер. Сам Донецк, с населением более одного миллиона человек, занимает площадь 380 км<sup>2</sup>. Наличие же по соседству другого крупного индустриального центра - города Макеевки с почти полумиллионным населением - образует единую мощную агломерацию, тесно взаимосвязанную территориально, экономически, социально, имеющую общую инфраструктуру и протянувшуюся с востока на запад на 60 и с севера на юг на 40 км. С учетом этого обстоятельства и принималось решение о проектировании и строительстве метрополитена в Донецке.

Но это не единственная особенность, которая отличает Донецкое метро от многих подобных сооружений в разных городах и странах. Донецкая подземка уникальна по ряду причин.

Преимущество метрополитенов в целом, как экологически чистых, не загрязняющих окружающую среду видов городского транспорта, для Донецка и всего региона особенно актуально. Город и прилегающие населенные пункты перенасыщены предприятиями тяжелых отраслей промышленности с вредными производствами - металлургическими, уголь-

ными, химическими. По статистике, около трети всех промышленных выбросов Украины приходится на Донецкую область. Поэтому улучшение экологической обстановки за счет снижения транспортных выхлопов имеет для Донецка, его жителей жизненно важное значение.

Следующее отличие Донецкого метрополитена заключается в том, что его подземные коммуникации прокладываются в городе, недра которого на разных уровнях и в разных направлениях пронизаны горными выработками, остающимися в результате деятельности угольных предприятий, расположенных в черте города. Это обстоятельство предъявляет повышенные требования к обеспечению абсолютной безопасности при эксплуатации будущего метро.

Нужно сказать и еще об одной важной, примечательной особенности строительства метро в Донецке, которая обусловлена всем характером жизнедеятельности города, его огромным промышленным и научным потенциалом. Город, с учетом возможностей всего Донецкого региона, располагает всем необходимым, чтобы самостоятельно, без привлечения специалистов и техники со стороны, выполнить проходческие, строительные-монтажные работы по сооружению подземных магистралей. В этом деле у

Донецких шахтостроителей накоплен огромный многолетний опыт; город и регион располагают всей необходимой материально-технической и сырьевой базой.

Начало и ход строительства Донецкого метрополитена пришлось на сложные времена - период коренных, переломных преобразований общегосударственного масштаба. Это, разумеется, наложило ощутимый отпечаток на весь процесс проведения работ. Но неизменно и твердо донецкие метростроители придерживаются девиза: "Донецкому метро - быть!".

Строительство метрополитена, согласно распоряжению Кабинета министров Украины № 13917/59 от 18.09.1990, было начато в 1991 г. Общее руководство осуществляет Донецкая дирекция строящегося метрополитена, созданная в 1990 г.

Технико-экономическое обоснование проектирования и строительства первой очереди от станции "Пролетарская-1" до ст. "Октябрьская" разработано Киевским филиалом института "Метрогипротранс" - Киевметропроект (ныне - Государственный проектный институт "Укрметрогонтельпроект").

Функции заказчика в настоящее время осуществляет региональный орган исполнительной власти - Донецкая облгосадминистрация.

На первом пусковом комплексе длиной



9,67 км размещены шесть станций, в том числе три из них: "Пролетарская", "Чумаковская", "Красный городок" - мелко заложения и три: "Мушкетовская", "Левобережная", "Поли-технический институт" - глубокого.

В связи с тем, что Донецкий метрополитен впервые в отечественной практике строится на подрабатываемых территориях (по всему региону расположены угольные шахты, обрабатывающие угольные пласты мощностью от 0,6 до 1,4 м), для обеспечения сохранности его конструкций применяются специальные деформационные швы, разрабатываемые донецким институтом "ПромстройНИИпроект".

Интерьеры станций решены в соответствии с их технологическими параметрами, где используются обделки из натурального камня, пластика с различными элементами из цветных металлов.

Основной прием освещения - закарнизный, опробованный в метростроении.

Шумопоглощение предусматривается за счет применения в конструкциях подшивного потолка из профилированного алюминия и заполнения пространства за ним плитами из супертонкого стекловолокна, обернутыми стеклотканью.

Шпалы - деревянные, замоналиченные в путевом бетоне. Рельсы главных путей свариваются в петли электроконтактным способом. Изолирующие стыки - клеболтовой конструкции.

Вентиляция участков - объединенная для станций и перегонов. Расчетная кратность воздухообмена:

- в теплый период - 3,2;
- в холодный - 3,1.

Для теплоснабжения сооружений метрополитена запланировано использование двух источников тепла:

- перегретая вода с параметрами 150-1700;
- электроотопление распределительных сетей подстанции метрополитена.

Водопровод оборудуется объединенной системой, обеспечивающей подачу воды в станции, перегонные тоннели и притоннельные сооружения на хозяйственно-питьевые и технологические нужды.

Электроснабжение принято от городских подстанций по децентрализованной системе питания контактной сети с размещением трансформаторных подстанций в комплексах станций. Удельный расход электроэнергии на тягу поездов составляет 60,2 Втч/ткм.

Все жизненно важные системы и элементы метрополитена оборудуются автоматикой и телемеханикой с централизованным управлением. Обеспечение безопасности движения пассажирских поездов на перегонах осуществляется устройствами автоматической регуляции составов, а на станциях - системой ЭЦ.

Сеть связи метрополитена состоит из телефонной связи, часофикации и телемеханики.

Инженерный корпус предназначен для технической централизации управления устройствами метрополитена, как непрерывного транспортного конвейера, и включает в себя: диспетчерский пункт управления дви-



Пуск в работу тоннелепроходческого комплекса КТ-5,6Е-22

жением поездов (ЦДП-АТ), устройствами энергоснабжения, санитарно-техническими устройствами и эскалаторами, информационно-вычислительный центр и узел связи.

Инженерный корпус запроектирован как один из архитектурных узлов центральной части г. Донецка. Это наземное здание размером 148 х 36 м, возводимое над конструкциями вестибюля станции "Политехнический институт" и камеры № 1 пункта управления. Каркас - сборно-монолитный с кирпичным заполнением.

Одним из основных технологических узлов метрополитена является электродепо "Пролетарское", генплан которого выполнен с учетом создания удобных транспортных связей, необходимых для его обслуживания.

Следует отметить, что в первоначально разработанную проектную документацию были внесены существенные коррективы, направленные на значительное удешевление проекта. Снижение себестоимости работ достигнуто, в частности, за счет уменьшения расходов на сооружение объектов метрополитена, предназначенных для нужд бывшей системы гражданской обороны. Это оправдано кардинально изменившейся геополитической ситуацией и новыми задачами государства в сфере оборонных мероприятий.

В настоящее время генподрядной организацией является основанное в 1997 г. специализированное предприятие "Донецкшахтометрострой" Украинской государственной корпорации по строительству метрополитена и тоннелей.

По уточненным срокам выполнения работ, ввод в эксплуатацию первого пускового комплекса первой очереди намечен на 2007 год.

До начала работ было осуществлено отселение жителей - 90 семей - в предоставленное жилье и были снесены постройки на месте строительных площадок.

В настоящее время подготовлено 11 строительно-технологических площадок,

полностью или частично пройдены и оснащены четыре ствола различного назначения, возводится вентиляционная камера, обустраиваются водопропускные сооружения, построены административно-бытовой комплекс, а также мастерские для ведения работ на объектах метро.

Этапным в ходе строительства стало окончание сооружения монтажно-щитовой камеры на станции "Красный городок" и ввод в действие в конце 1998 г. уникального механизированного тоннелепроходческого комплекса КТ-5,6 Е22, изготовленного Ясиноватским машиностроительным заводом. С его помощью прокладывается правый перегонный тоннель. Для проходки левого - применяется механизированный тьюбингокладчик КМ-14ТУ-1ИГП.

В орбиту стройки вовлечены десятки предприятий и организаций различного профиля в г. Донецке и его области. Заказы метростроя позволяют на длительный период обеспечить загрузку производственных мощностей смежников, проводить реконструкцию и техническое переоборудование, сохранять существующие и создавать новые рабочие места.

Сейчас, непосредственно на строительстве Донецкого метрополитена, занято около 850 человек. В процессе развития работ появится возможность трудоустроить до 3-х тыс., а с началом эксплуатации - до 4-х тыс. человек.

Сегодня и на перспективу сооружение метро - главная стройка столицы Донбасса. К настоящему времени на объектах метрополитена освоено около 200 млн гривен.

Конечно, нынешняя сложная экономическая ситуация в Украине отражается и на ходе строительства, порождает различные проблемы. Но метростроители надеются на поддержку правительства страны, Украинского Парламента - Верховной рады, местных органов власти и уверены в том, что Донецкому метрополитену - быть.



# КОНЦЕПЦИЯ ЗАЩИТЫ ОТ ВЛИЯНИЯ ГОРНЫХ РАЗРАБОТОК И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ

Г. Р. Розенвассер,

директор научно-технического центра "Метродон"

Проектируемые трассы Донецкого метрополитена (рис. 1) находятся в непосредственной близости от выходов под наносы и на земную поверхность смесителей разрывных тектонических нарушений или пересекают их. Наличие этих нарушений, а также прохождение трассы на подработанных ранее территориях, возможность проведения новых горных работ при частичной отработке целиков может привести к существенным подвижкам грунтовых массивов и недопустимой деформации сооружений метрополитена.

Геодезические измерения в зоне Французского надвига показали, что сжатие земной поверхности происходит со скоростью в среднем 1-2 см в год. Измерения на поле закрытой шахты "Мушкетовская" свидетельствуют, что, хотя процесс сдвижений и деформаций характеризуется небольшими величинами, они постепенно возрастают: за 2 года оседания увеличились в пределах 27 мм, горизонтальные деформации и наклоны - до 0,8 мм/м, а минимальные радиусы кривизны на отдельных интервалах составляют 25-40 км (ДНТУ).

В целом, массив горных пород по трассе строительства метрополитена представляет собой дискретную среду, состоящую из отдельных блоков различных размеров, а тектонические зоны - сложные геологические структуры, разбитые многочисленными системами трещин. Они также имеют блочное строение, а отдельные зоны дробления, как правило, - небольшую мощность.

При проектировании обделки перегонных тоннелей рассматривались, кроме распределенных нагрузок, сосредоточенные - от вероятного вывалообразования отдельных породных блоков с контура выработки. Однако, как показали результаты сравнительных расчетов различных железобетонных необжатых обделок (связевых и бессвязевых) по соответствующему этому состоянию методу "заданных нагрузок", ни одна из них не проходит по несущей способности. Альтернативой могла служить чугунная обделка, которая, в свою очередь, неприемлема по экономическим соображениям.

В этих условиях железобетонная обжатая в породу обделка оказалась наиболее эффективным решением с точки зрения недопущения смещений породных блоков с контура выработки и провокации смещений других элементов.



Рис. 1. Линии Донецкого метрополитена, совмещенные с выходами тектонических нарушений

В тектонических зонах в пределах всей полумульды сдвигения преобладают горизонтальные деформации сжатия с двумя четкими наиболее опасными участками концентрации на границах нарушений - "входа" и "выхода". В то же время блочное строение массива может вызвать деформирование вышележащей толщи в виде перемежающихся зон растяжения-сжатия. Поэтому конструкция обделки воспринимает знакопеременные вертикальные и горизонтальные деформации как в поперечном, так и в продольном направлениях. В связи с тем, что размеры отдельных смещающихся породных блоков неизвестны и могут изменяться в широком диапазоне, длина жестких отсеков перегонных тоннелей принята минимально возможной - равной длине одного блочного кольца. При этом компенсационная способность деформационных швов между отсеками предусмотрена двузначной.

Учитывая, что метрополитен охраняется от влияния горных работ и тектонических нарушений целиками, образование уступов по трассам не ожидается. Радиус кривизны  $R_p=3,1$  км, использованный при проектировании, принят с запасом. По имеющимся результатам наблюдений минимальные "слаженные" радиусы кривизны в граничных частях мульды сдвигения -  $R_p > 10$  км даже при непосредственной подработке нарушений. Имеются также предпосылки для смягчения приведенных величин. Для этого проводятся непосредственные маркшейдерские наблю-

дения в зонах тектонических нарушений вдоль трассы метрополитена. Это позволяет получить обоснованные исходные данные для перепроектирования других участков в зонах нарушений, например, Калининского надвига и др.

В преимущественно сжатом грунтовом массиве, ввиду стесненных условий работы блочной обделки, наиболее вероятным характером ее деформирования в продольном направлении является плоскопараллельное перемещение незакрепленных между собой блочных колец с раскрытием или закрытием кольцевых швов (рис. 2).

Напряженно деформированное состояние сечений блочной обделки, своевременно введенной в работу с массивом грунта, характеризуется внецентренным сжатием с малыми эксцентриситетами. Этот факт дал основание конструировать блоки с симметричной рабочей арматурой от усилий особого сочетания нагрузок и воздействий.

ПТИ "Укрметротоннельпроект" реализовал приведенные предпосылки в рабочем проекте перегонных тоннелей на участке ст. "Красный Городок" - "Мушкетовская", который пересекает Заперевальский и Мушкетовский надвиги.

В зонах тектонических нарушений чугунная связевая обделка заменена на сборную железобетонную со связями монтажа между блоками в блочных кольцах.

На всей трассе указанного участка, вне зон и в зонах тектонических нарушений, применена железобетонная блочная обделка диа-

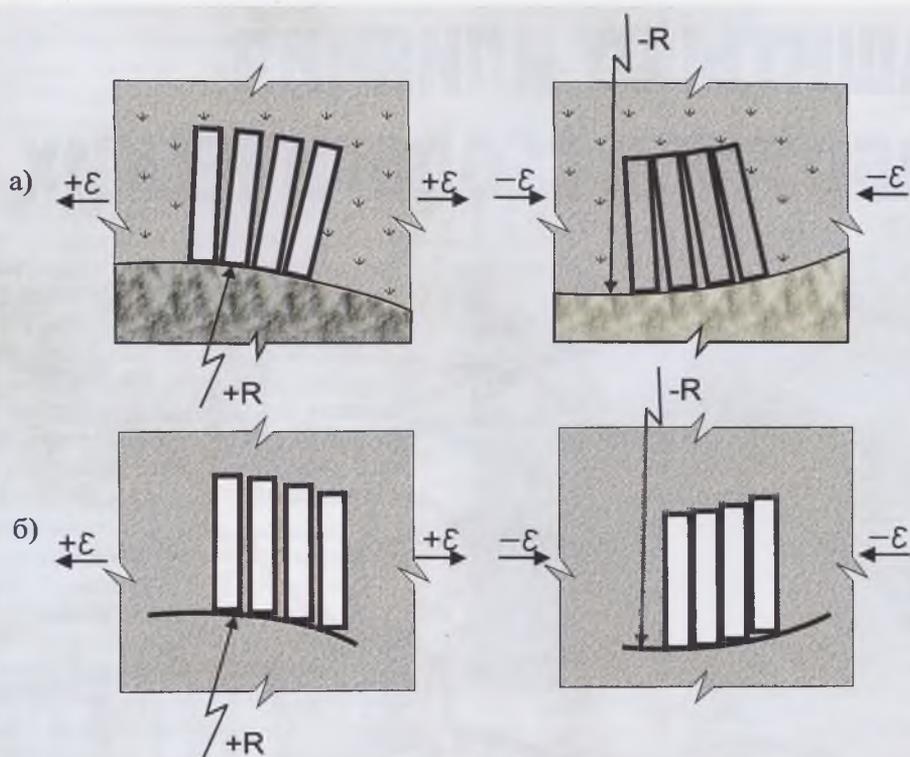


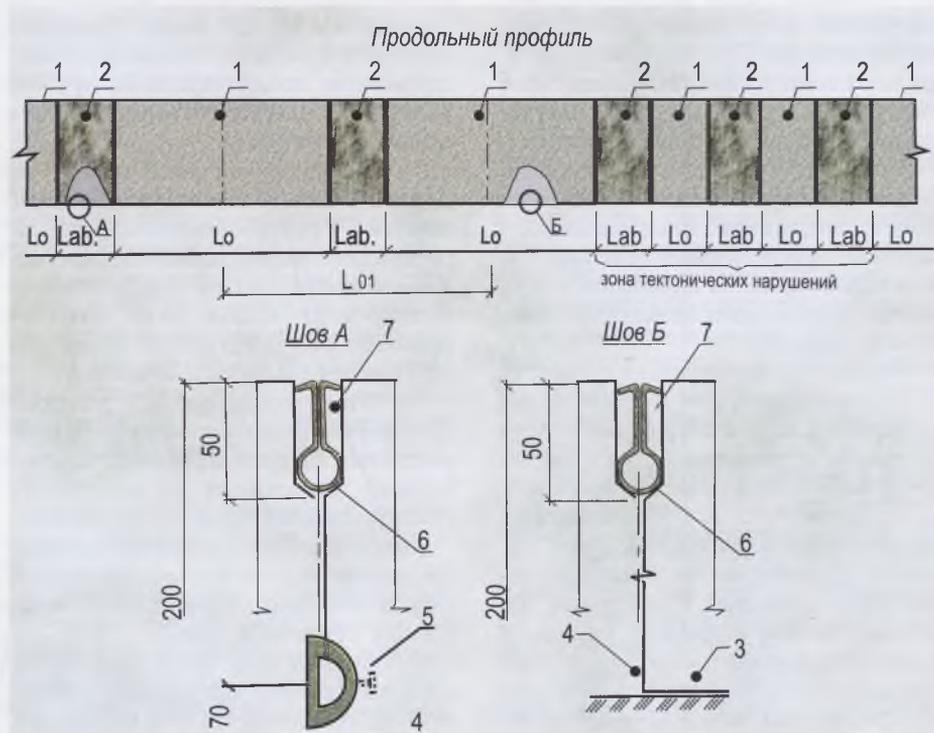
Рис. 2. Схемы деформирования блочного тоннеля в подрабатываемом грунтовом массиве: а - по ДБН В.1.1-5-2000. Часть 1 (для заглубленных и наземных сооружений); б - гипотетические для подземных сооружений

метром 5,65 м с цилиндрическими стыками между блоками. При этом перегонный тоннель в продольном направлении (рис. 3) выполняется из податливых отсеков  $L_0$  и деформационных вставок  $L_d$  в между ними (патент Украины № 1061).

В податливых отсеках соединительно-деформационные швы между блочными кольцами обеспечивают их одностороннюю работу - только на горизонтальные деформации

растяжения, при которой длина жесткого отсека становится равной длине одного блочного кольца  $L_0$  и, следовательно, требуемая компенсационная способность шва даже при максимальных значениях  $\epsilon = \pm 12 \cdot 10^{-3}$  составляет не более  $[K] = \pm 12$  мм. При действии горизонтальных деформаций сжатия блочные кольца, перемещаясь в продольном направлении относительно друг друга, выбирают монтажные зазоры  $a_n$ , смыкаются и ор-

Рис. 3. Строительные меры защиты перегонных тоннелей Донецкого метрополитена от влияния горных разработок и тектонических нарушений: 1 - податливый отсек; 2 - деформационная вставка; 3 - ж.-б. блок обделки; 4 - тампонажный раствор; 5 - предварительно обжатая зазорообразующая резиновая уплотнительная прокладка РПЦ-40; 6 - разомкнутый чеканочный компенсатор; 7 - полимербетон.



ганизуют жесткий отсек длиной равной сумме длин блочных колец на участке податливого отсека. При этом длина организованного жесткого отсека при действии усилий сжатия ( $\sim 7$  200 кН/пог. м) ограничивается только расчетным сопротивлением бетона на смятие торцевых поверхностей блочных колец.

Дальнейшие перемещения отсека сбрасываются в деформационную вставку, в которой между блочными кольцами предусмотрены деформационные швы, работающие в двух направлениях - на сжатие-растяжение. В этом случае длина жесткого отсека в деформационной вставке в любом из двух направлений работы равна длине одного блочного кольца, а зазоры между ними подбираются таким образом, чтобы их сумма в деформационной вставке была не меньше величины деформационного зазора между расчетными отсеками. Это дает возможность, исходя из наличия упругих герметичных уплотнителей с заданной компенсационной способностью, принять любое количество блочных колец в деформационной вставке.

Технический результат нового конструктивного решения заключается в том, что компенсация значительных деформаций грунтового массива, действующих на тоннель, происходит при минимальных зазорах между блочными кольцами в деформационной вставке, заполненных упругими герметичными материалами массового изготовления.

Для рассматриваемого участка перегонного тоннеля в рабочем проекте принято: вне зон тектонических нарушений соотношение длин податливых отсеков и деформационных вставок - 10:1, соответственно  $L_0 = 60$  м и  $L_{db} = 6$  м; в зонах тектонических нарушений указанное соотношение - 1:1, соответственно  $L_0 = L_{db} = 6$  м. При этом зазоры между блочными кольцами в деформационных вставках составляют  $a_n = 5-7$  мм (рис. 3).

Как видно, предложенное техническое решение перегонного тоннеля адекватно отражает концепцию его защиты от влияния горных разработок и тектонических нарушений и обеспечивает качественно новые условия его работы, позволяющие при минимальных затратах повысить эксплуатационную надежность сооружения.

Технологии организации податливых отсеков и деформационных вставок защищены патентами Украины № 44041А и № 44042А.

Для проходки перегонных тоннелей глубокого заложения Ясиноватским машиностроительным заводом был изготовлен экспериментальный тоннелепроходческий комплекс КТ-5,6Е22.

Основные параметры комплекса:

- производительность с обжатой в породу обделкой: по устойчивым породам - 1,4 м/ч, по слабым породам - 0,7 м/ч;
- наружный диаметр - 5,63 м;
- общая длина - 60 м;
- масса комплекса - 600 т.

Тоннелепроходческий комплекс смонтирован и запущен в декабре 1998 года. В настоящее время пройден Заперевальный надви:



Памятник Богдану Хмельницкому в центре Киева

# **Руководителям, инженерно-техническим работникам строительно-монтажных, проектно- изыскательских, научно-исследовательских и других организаций, связанных со строительством подземных сооружений**

Тоннельной ассоциацией России при участии Госгортехнадзора России составлена переработанная и дополненная редакция Правил безопасности при строительстве подземных сооружений (ПБ 03-428-02)

Госгортехнадзор России

НТЦ «Промышленная безопасность»

Серия 03

Нормативные документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр

Выпуск 12

## **ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

ПБ 03-428-02

2002

В новой редакции Правил учтены организационные, технологические изменения, произошедшие в практике проектирования и строительства подземных сооружений за последние 10 лет, а также опыт зарубежного строительства. В состав Правил введены 7 новых разделов, приведены ссылки на нормативные документы, разработаны новые формы журналов производства работ.

*Правила (ПБ 03-428-02) введены в действие 01.07.2002 постановлением Госгортехнадзора России № 2 от 16.01.2002*

**По вопросам приобретения Правил обращаться в Тоннельную ассоциацию России**

Контактные телефоны: (095) 208-80-32, 208-81-72, факс: (095) 207-32-76