

Журнал  
Тоннельной ассоциации России

## Председатель редакционной коллегии

С. Г. Елгаев, доктор техн. наук

## Зам. председателя редакционной коллегии

В. М. Абрамсон, канд. эконом. наук  
И. Я. Дорман, доктор техн. наук

## Ответственный секретарь

Г. И. Будницкий

## Редакционная коллегия:

В. П. Абрамчук  
В. Н. Александров  
В. П. Антощенко  
М. Ю. Бельский  
А. Ю. Бочкарев, канд. эконом. наук  
Н. Н. Бычков, доктор техн. наук  
С. А. Жуков  
А. М. Земельман  
Б. А. Картозия, доктор техн. наук  
С. В. Мазеин, доктор техн. наук  
И. В. Маковский, канд. техн. наук  
В. Е. Меркин, доктор техн. наук  
М. А. Мутушев, доктор техн. наук  
А. А. Пискунов, доктор техн. наук  
М. М. Рахимов  
М. Т. Укшебаев, доктор техн. наук  
Е. Ф. Чумаков  
Т. В. Шепитько, доктор техн. наук  
Е. В. Щекудов, канд. техн. наук

## Тоннельная ассоциация России

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

## Издатель

ООО «Метро и тоннели»

тел./факс: +7 (495) 981-80-71  
127521, Москва,  
ул. Октябрьская, д. 80, стр. 3,  
оф. 4206  
e-mail: metrotunnels@gmail.com

## Генеральный директор

О. С. Власов

## Компьютерный дизайн и вёрстка

С. А. Славин

## Фотограф

С. А. Славин

Журнал зарегистрирован  
Минпечати РФ ПИ № 77-5707

Перепечатка текста и фотоматериалов  
журнала только с письменного  
разрешения издательства  
© ООО «Метро и тоннели», 2014

№ 2 2014

## Панорама

2

## В Тоннельной ассоциации России

О необходимости и достаточности  
инженерно-геологических изысканий  
для проектирования метрополитена в Москве

6

## Предприятия отрасли

Строить прочно, сдавать досрочно

8

Е. И. Стрелкова

Киевметрострою – 65!

10

В. И. Петренко

## На строительстве метро

Строительство левого перегонного тоннеля  
от ст. «Раменки» до ст. «Ломоносовский проспект»  
Московского метрополитена

18

М. А. Потапов, Е. В. Потапова

Проблемы строительства транспортных тоннелей  
и метрополитенов в сложных инженерно-геологических  
и градостроительных условиях Вьетнама  
(на примере города Ханой)

21

Е. В. Щекудов, Нгуен Куанг Ван

## Тоннельная обделка

Резиновые эластомерные уплотнители  
для сегментов тоннельной обделки

24

Вернер Грабе

## Обобщая опыт

Вертикальные и наклонные тоннели в транспортном  
строительстве (эволюция конструктивных решений  
и технологий сооружения), *продолжение*

26

В. А. Гарбер

## Геотехника

Исследование поведения и взаимного влияния  
крепления котлована и прилегающего  
к нему грунтового массива

32

В. О. Буценко

# СОДЕРЖАНИЕ



## ФОТО НА ОБЛОЖКЕ

Коллектив СМУ-162  
ОАО «Трансинжстрой»  
после завершения проходки  
левого перегонного тоннеля  
от ст. «Раменки»  
до ст. «Ломоносовский проспект»  
(с. 18)

## ЩИТ «ЮЛИЯ» ПРОЛОЖИТ ТОННель МОСКОВСКОГО МЕТРО ОТ СТАНЦИИ «ХОДЫНСКОЕ ПОЛЕ» ДО «ПЕТРОВСКОГО ПАРКА»

На стройплощадке ст. «Ходынское поле» Третьего пересадочного контура метро специалисты ЗАО «Объединение «ИНГЕОКОМ» осуществили запуск тоннелепроходческого механизированного комплекса (ТПМК) Lovat. К ноябрю этого года щит должен преодолеть расстояние 1550 м до ст. «Петровский парк».

Тоннелепроходческий комплекс «Юлия» приступил к строительству правого перегонного тоннеля от ст. «Ходынское поле» до ст. «Петровский парк». Длина перегона составит 1550 м. Щит (MP254-SE) произведен в Канаде. Длина комплекса – более 75 м. Установочная мощность – 1,6 МВт. Тоннельная обделка производится укладчиком кольцевого типа тубингами. Внутренний диаметр обделки – 5,7 м, внешний – 6,3 м. Общий вес ТПМК с учетом вспомогательного оборудования составляет более 400 т. Щит оснащен системой грунтопригрузки, которая регулирует давление грунта в забое, не позволяя допускать просадок на поверхности земли. Выдача породы во время проходки производится шнеком

на горизонтальную конвейерную ленту.

Во время работы комплекс пройдет технологическую наладку, после которой будет готов к выходу на проектную скорость – 200 м тоннеля в месяц.

При проходке на данном участке щит пройдет под Ленинградским проспектом и над действующим тоннелем Замоскворецкой линии метро.

Тоннелепроходческий комплекс «Юлия» уже применялся на строительстве Третьего пересадочного комплекса Московского метрополитена. С его помощью построен правый перегонный тоннель от ст. «Ходынское поле» до ст. «Хорошевская» протяженностью 1200 м.

В настоящее время на Третьем пересадочном контуре работают еще два щита. Комплекс «Мария» (Lovat RME238SE серии 22401) осуществляет проходку левого перегонного тоннеля от ст. «Ходынское поле» до ст. «Петровский парк». Щит «Натали» (NFM 1331/342/0920) ведет строительство правого перегонного тоннеля от ст. «Ходынское поле» до ст. «Хорошевская».



По расчетам метростроителей комплекс «Мария» дойдет до ст. «Петровский парк» в июне этого года, а «Юлия» – в ноябре. После завершения проходки щиты демонтируют и перевезут на другие площадки.

Первый участок Третьего пересадочного контура Московского метрополитена от ст. «Деловой центр» до «Нижней Масловки» планируется ввести в эксплуатацию в конце 2015 г. Генеральный подрядчик – ЗАО «Объединение «ИНГЕОКОМ», государственный заказчик – Департамент строительства г. Мос-

квы. В состав линии входят шесть станций: пять – вновь строящиеся («Нижняя Масловка», «Петровский парк», «Ходынское поле», «Хорошевская», «Шелепиха») и одна достраиваемая («Деловой центр»). Протяженность перегонных тоннелей и соединительной ветки в однопутном исчислении – 26,84 км. Сооружение этих станций станет началом формирования нового пересадочного контура метро, который будет обеспечивать пересадку с одной ветки на другую без использования перегруженных центральных пересадочных узлов.

## МЭР МОСКВЫ ПОСЕТИЛ СТРОЯЩУЮСЯ СТАНЦИЮ «РУМЯНЦЕВО»

3 апреля 2014 г. мэр Москвы Сергей Собянин вместе с заместителем по градостроительной политике и строительству Маратом Хуснуллиным, руководителями Департамента строительства и метрополитена посетили площадку строящейся станции «Румянцево». Ключевым событием стало завершение проходки правого перегонного тоннеля на участке от станции «Тропарево» до станции «Румянцево» с помощью тоннелепроходческого механизированного комплекса (ТПМК) «Лия». С августа 2013 г. он преодолел расстояние в 2100 м. Тоннель сооружен под Ленинским проспектом и самой оживленной московской магистралью – МКАДом. Проходка велась круглосуточно силами четырех бригад коллектива «Тоннель-2001» – подразделения ОАО «Мосметрострой».

ТПМК Herrenknecht S-755 был специально приобретен для продления Сокольнической ли-

нии метрополитена. Он монтировался без специальной камеры, непосредственно в станционном котловане «Тропарево».

Руководитель Мосметростроя Сергей Жуков рассказал, что на станции «Румянцево» практически завершены работы по возведению монолитных конструкций. «Румянцево» – двухъярусная станция мелкого заложения, которая строится вдоль Киевского шоссе рядом с одноименным бизнес-центром. Она запроектирована с двумя подземными вестибюлями и выходами на обе стороны Киевского шоссе.

Сергей Собянин сообщил, что никаких сомнений по поводу сдачи объекта в эксплуатацию нет – пуск намечен на декабрь 2014 г.

Параллельно «Лии» проходку левого перегонного тоннеля ведет ТПМК «Анастасия», который с октября 2013 г. прошел 1379 м. Выход щита намечен на начало лета 2014 г.



Также готовится к старту еще один тоннелепроходческий комплекс с гидропригрузом для проходки правого перегонного тоннеля протяженностью 1380 м от станции «Саларьево» до станции «Румянцево».

Ввод в эксплуатацию участка продления Сокольнической линии метрополитена с тремя новыми станциями «Тропарево»,

«Румянцево» и «Саларьево» запланирован на 2014 г.

Материал подготовлен пресс-службой Московского метрополитена





## МОСМЕТРОСТРОЙ МЕНЯЕТ СОБСТВЕННОСТНИКА

ОАО «Мосметрострой» сообщает, что основатели «Трансмашхолдинга» Искандер Махмудов и Андрей Бокарев консолидировали 100 % акций Группы компаний «Мосметрострой», выкупив 49 % акций у его топ-менеджеров. Бизнесмены стали единственными владельцами крупнейшей компании по строительству метро и других масштабных транспортных объектов. Сумма сделки является коммерческой тайной и не разглашается.

С 3 апреля 2014 г. председателем Совета директоров избран Абрамов Александр Сергеевич, ранее занимавший должность советника Президента РФ. Для стратегического развития компании и оптимизации управленческих и производственных процессов, новым генеральным директором назначен Юзефович Иван Михайлович, первым заместителем Жуков Сергей Анатольевич.

Избран новый Совет директоров Группы компаний «Мосметрострой» в количестве семи человек в следующем составе:

- Абрамов Александр Сергеевич – председатель Совета директоров;
- Юзефович Иван Михайлович – заместитель председателя Совета директоров;
- Бокарев Андрей Рэмович – член Совета директоров;
- Жуков Сергей Анатольевич – член Совета директоров;
- Пономарев Константин Викторович – член Совета директоров;
- Тукацинский Александр Самуилович – член Совета директоров;
- Ямов Петр Вячеславович – член Совета директоров.

ОАО «Мосметрострой» – одна из крупнейших российских компаний, специализирующаяся на строительстве объектов городской транспортной инфраструктуры. История компании началась еще в 1931 г., когда потребовалось реализовать правительственное решение о строительстве столичного метрополитена. За 80 лет коллективом метростроевцев построено 180 станций

Московского метрополитена, проложено более 600 км перегонных тоннелей, а также возведены автодорожные развязки и магистрали общей протяженностью более 30 км.

Сегодня Мосметрострой является крупнейшим подрядчиком в реализации программы правительства по развитию Московского метрополитена. До 2020 г. в столице планируется построить более 160 км линий метро и открыть 79 новых станций. До 2015 г. в портфеле проектов компании более полутора десятка километров путей и девять станций. Это самый протяженный и сложный для метростроителей участок глубокого заложения Люблинской-Дмитровской линии протяженностью 10,3 км с шестью станциями: «Бутырская», «Фонвизинская», «Петровская-Разумовская», «Окружная», «Верхние Лихоборы», «Селигерская». Важный инфраструктурный объект – продление Сокольнической линии со станциями «Тропарево», «Румянцево» и

«Саларьево» протяженностью 6,7 км. Пуск станции «Тропарево» намечен на сентябрь 2014 г.

Успешно реализованы зарубежные проекты по сооружению гидротехнического тоннеля под проливом Босфор (Турция) и строительству тоннелей скоростной железной дороги Тель-Авив – Иерусалим (Израиль).

В настоящее время коллектив метростроевцев задействован на строительстве метро в четвертом по величине индийском городе Ченнай. В 2010 г. Мосметрострой в консорциуме с Gammon India Ltd. выиграл два из пяти тендеров, объявленных Chennai Metro Rail Limited (CMRL). Совместный проект предполагает строительство двух связанных тоннелей и семи станций метро в г. Ченнай.

ОАО «Мосметрострой» – одна из немногих строительных компаний в столице, признанных на международном рынке.

Материал подготовлен пресс-службой Московского метростроя

# CityExpo

Международная выставка оборудования и технологий для градостроительства, энергоснабжения и городской инфраструктуры

14–16 октября 2014 года

Москва, ВВЦ, павильон 75

www.city-expo.ru



Тел.: +7 (495) 935-81-20  
+7 (495) 935-73-50  
e-mail: city@ite-expo.ru  
www.ite-expo.ru

Поддержка:





Николай Иванович родился 1 апреля 1954 г. С 1971 по 1977 г. учился в МАРХИ.

С 1977 г. по настоящее время работает в области проектирования транспортных сооружений и иных объектов промышленно-гражданского назначения.

Являясь руководителем архитектурного процесса проектирования подземных объектов, Николай Иванович определяет стратегию развития архитектуры метро. Под его началом идет разработка новых концептуальных решений архитектуры подземных сооружений и иных транспортных объектов.

Он является автором многих станций метро как в Москве, так и в других городах. К наиболее значительным его московским работам относятся

**Главному архитектору ОАО «Метрогипротранс», заслуженному архитектору РФ, академику Российской академии художеств, академику Международной академии архитектуры, члену Союзов архитекторов и художников, президенту Союза московских архитекторов Николаю Ивановичу Шумакову исполнилось 60 лет!**

станции метро: «Красногвардейская», «Коньково», «Теплый стан», «Ясенево», «Битцевский парк», «Савеловская», «Крылатское», «Крестыанская застава», «Борисово», «Зябликово», «Сретенский бульвар», «Парк Победы», «Воробьевы горы», Бутовская линия метрополитена. Московская монорельсовая транспортная система со станциями: «Тимирязевская», «Телецентр», «Улица Академика Королева», «ВВЦ», «Улица Сергея Эйзенштейна». Трасса мини-метро от станции «Киевская» до станции «Москва-Сити», Солнцевская линия Московского метрополитена.

Помимо Москвы спроектированы и строятся: первая линия Омского метрополитена, первая линия Челябинского метрополитена и метрополитена в Мьянме.

Кроме объектов подземной архитектуры, Н. И. Шумаков является автором ряда проектов наземных зданий и сооружений: проект музейно-театрального комплекса им. В. Э. Мейерхольда в г. Пензе, проект серии индивидуальных жилых

домов для сельской местности, автомобильные вантовые мосты через Москву-реку, совмещенный мост через Днепр в г. Киеве, музей Толерантности в Москве, Синагога в Барвихе, Музей современного искусства на Воробьевых горах, Западный речной порт в Москве, несколько транспортно-пересадочных узлов.

За последнее десятилетие под руководством Николая Ивановича были запроектированы и построены уникальные сооружения: первые в России монорельсовая транспортная система, линия легкого метрополитена и линия мини-метро, первый в Москве вантовый мост со встроенным рестораном и крупнейший в Европе аэровокзальный комплекс Внуково-1.

Многие объекты отмечены различными наградами как внутренних, так и международных конкурсов, фестивалей, смотров: «Зодчество», «Золотое сечение». Ряд проектов отмечен золотыми медалями и дипломами Брюссельской, Страсбургской и Парижской между-

народных выставок инноваций и новых технологий.

Н. И. Шумаков награжден орденами «Дружба» (Россия), «Офицер» и «Командор» (Бельгия). Лауреат премии Москвы.

За последние годы он провел шесть персональных выставок живописи в России и за рубежом:

2003 – выставка в Московском государственном музее «Дом Бурганова»;

2006 – выставка в галерее «ARTPLAY» (Москва);

2006 – выставка в Российском центре искусств и науки в Брюсселе;

2009 – выставка в Музее искусств Челябинской области;

2009 – выставка в Российской академии художеств (Москва);

2014 – выставка в Музее современного искусства (Москва).

Николай Иванович женат, у него две дочери и три внука.

*Тоннельная ассоциация России и редакция журнала «Метро и тоннели» поздравляют Николая Ивановича с юбилеем и искренне желают ему новых творческих успехов и открытий, новых интересных проектов, любви близких, здоровья и благополучия!*



**13 апреля 2014 г. Александру Петровичу Ледяеву, Первому проректору и заведующему кафедрой тоннели и метрополитены Петербургского государственного университета путей сообщения императора Александра I исполнилось 70 лет!**

Канонерского тоннеля, сооруженного способом опускных секций, железнодорожных тоннелей в Сирийской арабской республике и тоннелей БАМа. Стремление к научной и педагогической деятельности привело к тому, что Александр Петрович возвращается в родной вуз и проходит путь от инженера Научно-исследовательской части до доктора наук, профессора и заведующего кафедрой.

За более чем 40 лет научно-педагогической работы А. П. Ледяев воспитал большое количество специалистов-тоннельщиков, опубликовал в печати более 120 научно-методических трудов, в том числе четыре учебника и три монографии. Под его руководством напи-

сали и защитили диссертации более десяти аспирантов.

Александр Петрович за годы своей работы проявил себя как талантливый организатор. В разные годы он возглавлял Научно-исследовательскую часть университета, факультет «Мосты и тоннели», и до настоящего времени работает в должности Первого проректора университета.

А. П. Ледяев является признанным авторитетом в области тоннелестроения и освоения подземного пространства Санкт-Петербурга. Его профессиональные заслуги широко отмечены. Он награжден рядом медалей, почетных знаков и грамот. Среди них медаль «За строительство Байкало-Амурской магистрали», знаки

«Почетный железнодорожник», «Почетный работник Октябрьской железной дороги», звание «Заслуженный работник высшей школы Российской Федерации» и многие другие. Александр Петрович участвует в работе большого числа научных комиссий, решающих актуальные вопросы развития подземной инфраструктуры Санкт-Петербурга.

*Коллектив кафедры тоннели и метрополитены Петербургского государственного университета путей сообщения императора Александра I сердечно поздравляет Александра Петровича и желает ему крепкого здоровья, долголетия и дальнейшей интересной творческой работы в любимой специальности.*

А. П. Ледяев по окончании Ленинградского института инженеров железнодорожного транспорта в 1967 г. заступил на должность инженера-конструктора в Ленметропроект. За три года работы он приобрел неопценимый практический опыт проектирования ряда линий Ленинградского метрополитена. Участвовал в проектировании единственного в России подводного



# ИНЖИНИРИНГОВАЯ КОМПАНИЯ МОСИНЖПРОЕКТ

Инженерное обеспечение  
инвестиционно-строительных проектов

Управляющая компания  
по строительству

**162 км путей** и  
**79 станций**

Московского метрополитена

Управляющая компания  
по строительству

**48 транспортно-  
пересадочных  
узлов** в системе

Московского метрополитена

Генеральный проектировщик  
реконструкции

**12 вылетных  
магистралей**

Москвы

Управляющая компания  
реконструкции главной  
площадки чемпионата мира  
по футболу-2018 –

**стадиона  
«Лужники»**

реклама



Сверчков пер., д. 4/1, Москва, 101990,  
тел: (495) 225-19-40



# О НЕОБХОДИМОСТИ И ДОСТАТОЧНОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕТРОПОЛИТЕНА В МОСКВЕ

**В** Тоннельной ассоциации России состоялся круглый стол по вопросу обеспечения проектирования метрополитена в Москве надежными и достаточными данными инженерно-геологических изысканий.

В работе круглого стола приняли участие около тридцати специалистов изыскательских, проектных, строительных, научно-исследовательских организаций.

Инициатор обсуждения – доктор геолого-минералогических наук, профессор Е. М. Пашкин сделал сообщение на тему: «Снижение стоимости строительства метрополитена в Москве за счет типизации и мониторинга геологической среды».

Несоответствие между сложностями и неопределенностями инженерно-геологических условий и неадекватными им технологиями проходки тоннелей затрудняет производство работ при строительстве Московского метрополитена. Это несоответствие привело к необходимости применения инновационных технологий, при использовании которых сооружение тоннелей метрополитена оказалось в минимальной степени зависимо от сложностей геологического строения массива горных пород и гидрогеологических условий. Подобные технологии были заложены при создании высокотехнологичных тоннелепроходческих механизированных комплексов с разными типами активного пригруза забоя, обеспечивающими проходку тоннелей в любых породах. В Москве уже несколько лет используются подобные комплексы производства фирм «Херренкнехт» и «Ловат».

Специфика применяемой технологии сооружения тоннелей существенно меняет отношение к качеству и количеству инженерно-геологической информации. Уже нет необходимости оценивать многие показатели свойств грунтов, их фильтрационные свойства, поскольку отпала потребность в определении водопритоков в выработки и прочее. К тому же на территории города к настоящему времени пробурено более миллиона скважин, около 800 км задокументированных пройденных тоннелей в разных породах. Хотя, в конечном счете, объем изысканий сам по себе не определяет благоприятный исход сооружения тоннелей и не может быть мерилом успешного его завершения, о чем свидетельствует мировой опыт.

При разумной систематизации и статистической обработке архивных мате-

риалов можно для целей проектирования и строительства подземных сооружений в городе создать типизацию геологической среды для освоения подземного пространства. Типизацию геологической среды можно уточнять и корректировать материалами гидрорежимного и геофизического мониторинга, проводимого на территории города. В данном случае типизацию следует рассматривать как метод установления типовых условий на основе обобщенных результатов для геологических условий города. Такой метод станет весьма эффективным для проектирования и строительства тоннелей с использованием новейших технологий, в котором скрыты значительные временные и финансовые ресурсосбережения.

Очевидно, что в ситуации, когда скорость сооружения готового тоннеля значительно выше, чем бурение разведочных скважин, должна быть изменена идеология инженерно-геологических изысканий. Применение укоренившегося подхода к инженерно-геологическим изысканиям в сложившейся обстановке бурного строительства метро выглядит анахронизмом при минимальной зависимости тоннелепроходческих технологий от геологических условий, при большом объеме архива геологической информации для мегаполиса и при широких возможностях оперативного геологического мониторинга проходки тоннелей.

После доклада состоялась дискуссия, в которой специалисты прокомментировали доклад проф. Е. М. Пашкина и высказали свои предложения по поставленным им вопросам.

## **В. И. Осипов, академик РАН, Институт геоэкологии РАН**

*– Выступление Е. М. Пашкина носит общий характер. Наш институт геоэкологии РАН имеет шесть приоритетных направлений исследований. Одно из них – изучение инженерно-геологических условий Москвы. С 2007 г. институтом начато обобщение фондового материала, создаются крупномасштабные карты, оцифровано 40 тыс. скважин. Обобщены геологические условия Москвы: 9 % – сложные, 45 % – средние, 44 % – простые. Анализ до глубины Подольско-Мячинского горизонта грунтовых вод 15–120 м.*

*Предлагается:*

*• с минимальными затратами по фондовым материалам составлять геологи-*

*ческие разрезы для предварительного выбора трассы тоннелей метро;*

*• грамотно составить программу исследований по направлениям будущих веток метро; поскольку есть база геозысканий – ее надо использовать по максимуму, по каждой перспективной линии метро выстроить на ее основе разрезы геологические;*

*• наладить более тесное взаимодействие с проектировщиками, создать консорциум для научно-методического сопровождения проектирования и строительства.*

*Необходимо беречь стратегический ресурс – подземную гидросферу г. Москвы. Метрострой производит откачку питьевых вод и их сброс, надо откорректировать нормативную базу для таких работ.*

## **М. Ю. Рудницкий, ОАО «Метрогипротранс»**

*– К сожалению, Градостроительным кодексом отменена третья стадия проектирования. На особые и уникальные объекты – метрополитены – должна быть предпроектная подготовка по имеющимся геологическим изысканиям, то есть по фондовым материалам.*

## **В. В. Лехт, ОАО «Метро-Стиль 2000»**

*– Мы имеем базовый документ, недавно созданный – Свод Правил «Метрополитены», который не надо менять. Там четко прописан необходимый минимум инженерно-геологических изысканий, в том числе и использования фондовых материалов. Метрополитен – это не только труба тоннеля, но и притоннельные сооружения. При нехватке грамотных подземных строителей снижение объемов геозысканий неизбежно приведет к аварии.*

## **А. Н. Пархоменко, ОАО «Мосинжпроект»**

*– К определению объемов дополнительных изысканий нужно подходить дифференцированно. Для проходки конкретного ствола архивными материалами не обойтись, обязательно нужна геологическая скважина. Проблемы с недостаточными изысканиями существуют.*

## **М. П. Федорова, ОАО «Метрогипротранс»**

*– Необходимо принять инструктивное решение по использованию фондового материала. Метрогипротранс приобрел большой фондовый материал из Москомархитектуры, которым пользу-*

ется до сих пор. Но детальные изыскания нужны, поскольку по ним выбирается величина пригрузки в щитовом комплексе, тип ротора, уточняется фактический водонапор по трассе и выбирается способ укрепления грунтов для притоннельных сооружений.

**С. В. Козловский, Институт геоэкологии РАН**

– Часто у нас сначала неспециалисты покупают щитовые комплексы (обычно подешевле, якобы это минимизация расходов), а потом при прохождении возникают нештатные ситуации, вплоть до аварий, что требует уже новых дорогостоящих изысканий для выправления положения и корректировки проектных решений.

Надо восстановить последовательность в проектировании, прописанную в Нормах, и не нарушать ее в угоду директивным, часто непрофессиональным указаниям чиновников. Предлагаю Тоннельной ассоциации России выходить к директивным органам (Минстрой, Департамент строительства) с предложениями. Внутренние обсуждения, подобно нашему, не дают результата. Трудности есть: как заставить нормально работать чиновников, как решать проблему геологических кадров?

**Н. Н. Бычков, ОАО «Трансинжстрой»**

– Проект подается на экспертизу, там пишут: не соответствует СП, СНиП. Задержка проекта при прохождении экспертизы, за счет сокращения изысканий не удастся сократить сроки. Щиты пройдут в неопределенных геологических условиях, а как строить сбойки?

Поэтому спорным является тезис докладчика, что «уже нет необходимости оценивать многие показатели свойств грунтов, их фильтрационные свойства, поскольку отпала потребность в определении водопритоков в выработки».

Эскизное (предпроектное) проектирование надо возрождать, оно определяет, какие грунты, где вода. К сожалению, сегодня получение геологических карт фондового архива затрудняется режимностью выдачи.

Предлагаю обратиться в Департамент строительства с вопросом, как идет работа над обращением акад. В. И. Осипова более чем годичной давности, а также ввести стадию эскизного проекта для строительства Московского метро.

**С. В. Бочаров, Тоннельный отряд-6 Мосметростроя**

– Полностью присоединяюсь к мнению Н. Н. Бычкова. Геология грунтов Москвы специфическая. Проходка перегонных тоннелей щитами с гидро- и грунтотпригрузом не панацея. В среднем через 200 м

тоннеля – притоннельные сооружения. Для рабочего проекта нужны детальные изыскания. Нельзя применять упрощенную схему изысканий, особенно когда проекты делаются зачастую непрофильными организациями, не учитывающими характер горных работ.

Также выступили представители НИЦ ТА ОАО «ЦНИИС», Минскметропроекта, института «ВСЕГИНГЕО», ОАО «ПНИИС», исполнительной дирекции ТАР.

По итогам рассмотрения доклада Е. М. Пашкина и состоявшегося обмена мнениями участники круглого стола пришли к следующему согласованному положению.

1. Существующие нормативные документы обязательного применения регламентируют порядок и объемы проведения инженерных изысканий. Снижение объемов проводимых изысканий приведет к противоречию с действующей нормативной базой.

2. Вместе с тем, необходимо создать в Мосгоргеотресте или Москомархитектуре общедоступный фонд инженерно-геологических изысканий Москвы, где организации, проектирующие метрополитен, могли бы оперативно их получать. На основании материалов этого фонда намечать бурение минимально необходимого количества скважин для нового строительства, за счёт чего и будут сокращаться сроки и стоимость строительства.

3. Предлагается рассмотреть возможность создания единого банка данных проведенных инженерных изысканий под строительство, в том числе метрополитена, в электронном виде. Рекомендовать включить комплект карт масштаба 1:10000, составленный ИГЭ РАН и ГУП «Мосгоргеотрест» в приложение к «Инструкции по инженерно-геологическим и геоэкологическим изысканиям в г. Москве» для предварительной оценки геологических условий и проработки предварительных вариантов трассировки сооружений метрополитена.

4. Несмотря на то, что проходка в настоящее время осуществляется современными тоннелепроходческими комплексами, для расчета величины противодействия (пригрузки) и подбора рабочего механизма щита (ротора) необходимо детально изучать условия предполагаемой проходки, крепость пород, количество включений и пр.

5. Изыскания проводятся не только для проектирования тоннелей, но и для притоннельных сооружений: сбоек, вентиляционных шахт, рабочих стволов, проходка которых требует применения специальных методов (замораживание, химическое закрепление грунтов). Для разработки проектов специальных методов и выбора типа гидроизоляции необходимо определение водопритоков, химического

состава подземных вод и их температурного режима. Учитывая, что строительство ведется в условиях на урбанизированной территории мегаполиса, где возможно изменение данных параметров не только по природным, но и по техногенным причинам, данные вопросы требуют детального освещения. Все эти данные определяются по реально проведенным изысканиям, срок давности которых не более трех лет.

6. Кроме того, при изысканиях выявляются загрязненные грунты, так как экологические исследования грунтов ведутся параллельно с геологическими изысканиями. Данные исследования необходимы для определения степени загрязнения грунтов и выбора площадки складирования грунтовых масс или вывоза их на специальные полигоны. Далее, изменения физико-механических свойств грунтов (модуля деформации, сцепления) возможны под воздействием техногенных факторов: утечек из водонесущих коммуникаций, химического загрязнения.

7. В настоящее время расчет конструкций производится в современных программных продуктах (PLAXIS и др.), для расчетов требуются показатели свойств грунтов, которые ранее не определялись. Определить данные показатели можно при испытаниях в лабораторных условиях, что возможно лишь на отобранных при бурении образцах (кернax) и невозможно по фондовым материалам. Также расчет тоннельной обделки производится по реальным данным с учетом гидростатического давления, которое подвержено кардинальным изменениям по трассе каждой линии на территории мегаполиса.

8. Следует отметить, что на многих территориях Москвы имеют развитие опасные (негативные) процессы: карстовые, суффозионные, карстово-суффозионные, размывы коренных и водоупорных пород, что тоже требует детального изучения. При пересечении щитом зоны размыва, при отсутствии детальных изысканий можно не спрогнозировать безопасную скорость проходки, оптимальное давление пригрузки и некорректными действиями вызвать просадки на поверхности.

В заключение участники круглого стола пришли к единогласному мнению, что необоснованная экономия на исходных данных для проектирования недопустима, так как это может привести к неправильно принятым проектным решениям и повлечь аварийные ситуации как при строительстве, так и при дальнейшей эксплуатации метрополитена.

Участники круглого стола попросили исполнительную дирекцию Тоннельной ассоциации России ознакомить с решениями круглого стола Департамент строительства г. Москвы.





# СТРОИТЬ ПРОЧНО, СДАВАТЬ ДОСРОЧНО

## ОАО «МОСИНЖПРОЕКТ» ОБЕСПЕЧИЛО ВЫСОКИЕ ТЕМПЫ СТРОИТЕЛЬСТВА МОСКОВСКОГО МЕТРО

**В Москве развернута беспрецедентная программа по сооружению метрополитена. До 2020 г. планируется построить более 160 км линий и 79 станций. Высокие темпы стали возможны благодаря новому подходу к организации строительства объектов. За проект отвечает управляющая компания «Мосинжпроект», принадлежащая правительству Москвы.**

**Е. И. Стрелкова**, специалист Службы по связям с общественностью ОАО «Мосинжпроект»

**П**о итогам программы метро в шаговой доступности будут иметь свыше 90 % москвичей, подземка появится в тех районах, где ее давно ждут. Например, метрополитен уже пришел в Новоосино, Братеево и Жулебино. Метро окутает своими линиями и «Новую Москву»: уже в этом году Сокольническая ветка дойдет до Саларьево, через три года Калининско-Солнцевская доберется до Рассказовки. Кроме того, Московский метрополитен продолжит экспансию в область: Таганско-Краснопресненская линия продлится до города Котельники.

Другим важным элементом программы развития метрополитена является перераспределение пассажирских потоков. Так, на юго-востоке и востоке столицы появится новая линия – Кожуховская, которая должна принять часть пассажиров из подмосковных городов и разгрузить фиолетовую ветку. На ряде станций планируется построить транспортно-пересадочные узлы, что позволит снизить нагрузку на дорожную сеть столицы. Но все же «изюминкой» проекта является «Второе кольцо» (Третий пересадочный контур), которое позволит осуществлять пересадку между радиальными линиями, не доезжая до центра и действующей Кольцевой ветки.

Для улучшения качества обслуживания новых участков реконструируют семь и построят девять электродепо. К 2020 г. общая протяженность Московского метрополитена увеличится в 1,5 раза.

### Новый виток в развитии

Высокие темпы строительства потребовали привлечения почти всех ведущих компа-

ний стран СНГ, а для лучшей координации проекта привлечена управляющая компания «Мосинжпроект», которая отвечает за все процессы: от инженерных изысканий и до пуска объектов в эксплуатацию.

Мосинжпроект – компания с 55-летней историей, созданная на базе одноименного проектного института. Больше чем за столетия по проектам Мосинжпроекта в столичном регионе построено свыше 4 тыс. км автомагистралей, 100 транспортных пересечений в разных уровнях, 300 подземных и наземных пешеходных переходов и т. п. Без преувеличения можно констатировать, что специалистами Мосинжпроекта запроектирована практически вся инженерная инфраструктура столицы. Среди значимых объектов в портфеле Мосинжпроекта: Третье транспортное кольцо, Четвертое транспортное кольцо, Садовое кольцо, реконструкция Манежной площади и т. д.

В 2011 г. компания вышла на новый этап развития, выиграв конкурс на управление программой развития метрополитена. «Сегодня компания действует как направляющая сила, – объясняет генеральный директор Мосинжпроекта Константин Матвеев. – На первом этапе конечный пользователь – «Московский метрополитен» задает технические параметры объекта. Наша задача – организовать строительство станций и линий в директивный срок с согласованной стоимостью и качеством, отвечающим установленным требованиям. В наш объем задач входит полный комплекс работ: мы должны организовать проектирование, где закладываются конструктивные решения и стоимость объекта, потом закупить на конкурс-

ной основе по оптимальной цене необходимое оборудование и организовать строительство с помощью сильных подрядчиков. Затем провести пуско-наладочные работы и сдать объект полностью, подготовив все документы по регистрации имущества».

### Преимущества инжиниринговой компании

Применение инжиниринговой концепции позволяет сокращать сроки и стоимость реализации проекта. Мосинжпроект уже продемонстрировал, что способен строить станции неглубокого заложения за 1,5 года. «При стоимости программы в 1 трлн рублей Мосинжпроект позволил городу сэкономить 250 млрд рублей – на эти средства можно построить почти 50 км новых линий, – поясняет заместитель мэра Москвы по градостроительной политике и строительству Марат Хуснуллин. – Во-первых, мы вышли к типовым проектам станций, что экономит 20–30 %. Во-вторых, снизили стоимость закупки материалов на 25 %. В-третьих, вдвое увеличили скорость строительства без потери качества. Но главное – перед Мосинжпроектом не стоит задача зарабатывать прибыль. Эта компания, принадлежащая на 100 % городу, может себе позволить работать на уровне себестоимости. Конечно, некоторые подрядчики пытаются упрекнуть нас в ограничении конкуренции. Мы им говорим: приходите строить ветку, конкурируйте между собой, но не за 6,8 млрд рублей, а за 4,5 млрд рублей».

Важным преимуществом инжиниринговой компании является наличие собственной научной базы. Специалисты Мосинжпроекта стали авторами сотен норма-



тивных документов в сфере строительства. Сегодня в составе компании действуют два научных центра – Научно-исследовательский и производственный институт транспортных сооружений и Научно-инженерный центр по освоению подземного пространства. Таким образом, компания имеет возможность не только применять обширный опыт, накопленный за годы работы, но и разрабатывать новые уникальные технические решения для строительства объектов высокого уровня сложности. Стоит отметить, что инженеры Мосинжпроекта первыми в столице освоили метод микротоннелирования, сооружение тоннелей с помощью проходческих комплексов с щитами больших и средних диаметров.

Помимо использования собственных разработок, институт активно перенимает и использует международный опыт. Например, совместно с экспертами немецкой компании «БАУЭР Технологии» специалисты Мосинжпроекта рассматривают возможность применения в подземном строительстве технологии «стена в грунте» как несущего конструктивного элемента. «По нашей оценке затраты снизятся минимум на 30–40 %, работы будут выполняться быстрее и качественнее, – объясняет начальник НИЦ ОПП Валерий Меркин. – Нам предложен пилотный объект, который мы хотим реализовать с применением знаний, ноу-хау и опыта передовой немецкой компании, чтобы в дальнейшем разработки могли использоваться российскими коллегами».

Кроме того, проектировщики Мосинжпроекта в сотрудничестве с коллегами из испанской компании «Бустрен» ведут работу над Кожуховской линией, где планируется построить двухпутные тоннели и береговые станции. «У двухпутных тоннелей есть свои преимущества, – объясняет координатор профильного проекта российского представительства компании «Бустрен» Хуан Карлос Диес Мартин. – Во-первых, станция получается больше по размерам. Во-вторых,



К. Н. Матвеев на открытии станции метро «Жулебино»

из более широкого двухпутного тоннеля проще эвакуировать людей. В-третьих, стоимость двухпутного тоннеля ниже. Один проходческий щит сооружает один тоннель. Когда тоннеля два, нужно два щита, две бригады специалистов (а это квалифицированные рабочие с высшим инженерным образованием), вспомогательное оборудование. Поэтому когда строят два тоннеля, то выше стоимость и ниже скорость проходки. Кроме того, по московской технологии, когда щит доходит до будущей станции, его необходимо разобрать, перевезти за станцию, снова собрать, и только тогда он может продолжить прокладывать тоннель дальше. Это дополнительное время и расходы. По испанской технологии щит передвигают транзитом через всю станцию, не разбирая».

#### К новым достижениям

Мосинжпроект сегодня также является генеральным проектировщиком реконструкции 12 вылетных магистралей столицы, проектирует участки Северо-Западной и Северо-Восточной хорды и т. д. Богатый опыт про-

ектирования и высокие показатели эффективности управления процессами в строительстве позволяют Мосинжпроекту расширять сферу своей деятельности. Так, в декабре 2013 г. компания выиграла конкурс на реконструкцию большой спортивной арены «Лужники» – главного стадиона Чемпионата мира по футболу, который пройдет в России в 2018 г.

По финансовым показателям 2012 г. Мосинжпроект признан рейтинговым агентством «Эксперт РА» самой динамично развивающейся компанией России. Стоит отметить, что рейтинг не имеет ограничений отраслевого характера, в результате в него вошли компании практически из всех сфер экономики.

Высокое качество работ, передовые технологии в проектировании и строительстве, успешный опыт управления крупными транспортными проектами, высокие финансовые показатели деятельности ОАО «Мосинжпроект» сегодня открывают компании перспективы выхода на международный рынок.

 **МОСИНЖПРОЕКТ**

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
101990, Москва, Сверчков пер., д. 4/1. Тел.: (495) 623 49 91



# КИЕВМЕТРОСТРОЮ – 65!

В. И. Петренко, генеральный директор ПАО «Киевметрострой»



Станция «Теремки»

В апреле 2014 г. исполнилось 65 лет ведущему специализированному предприятию Украины по метро- и тоннелестроению ПАО «Киевметрострой».

ПАО «Киевметрострой» предоставляет строительные услуги мирового уровня, обеспечивая высокое качество, производительность, своевременную сдачу объектов в эксплуатацию и реализует амбициозные планы в современном метро- и тоннелестроении с использованием современной техники и технологий.

Строительство метрополитена в столице Украины началось в 1949 г. За эти годы в Киеве сооружен целый подземный город с прекрасной архитектурой и изысканным убранством. Киевский метрополитен состоит из трех линий общей протяженностью 74 км с 52 действующими станциями. Кроме того построены десятки километров коллекторов, гидротехнических тоннелей, водоводов, гидростанций, подземных торгово-развлекательных комплексов, подземных пешеходных переходов, жилых домов, производственных и административных зданий различного назначения. Это стало возможным благодаря высококвалифицированным специалистам, которые упорно трудятся над

дальнейшим совершенствованием технических и технологических разработок, направленных на сокращение сроков строительства путем внедрения новых технологи-

ческих схем, более оптимальных материалов, изделий и конструкций.

Если заглянуть вглубь времен то увидим, что история зарождения метро в Киеве на-

## Строительство станции «Театральная»





чалась еще в XIX веке. В 1884 г. впервые в Российской империи был рассмотрен проект подземного внеуличного транспорта. Тоннели от набережной Днепра должны были пройти через Почтовую площадь и Бессарабский квартал до железнодорожного вокзала.

Непосредственно перед Октябрьской революцией, в 1916 г., представителем Российско-Американской торговой палаты Ильей Мочалом предложен новый проект строительства метро по образцу американского. Он также был отклонен городскими властями из-за опасений влияния американского капитала на экономику Киева.

В 1935 г. в Москве открывается первый советский метрополитен с 13-ю станциями, построенный ударными темпами за четыре года. Отечественные инженеры со всей страны фактически с нуля смогли разработать технологию, которая легла в основу всей нашей школы строительства и эксплуатации метро. В Киеве 9 июля 1936 г. Президиум Киевсовета рассмотрел дипломную работу выпускника Московского института инженеров транспорта (МИИТ) В. Папазова «Проект Киевского метрополитена». Работа была одобрена.

После освобождения оккупированного Киева началось его восстановление. Город продолжал расти, и 5 августа 1944 г. Постановлением Совета Народных Комиссаров СССР проектным учреждениям было предписано начать изыскательно-разведывательные работы, составить технический проект и генеральную смету с тем, чтобы уже в IV квартале того же года внести на утверждение правительства проектное задание на сооружение Киевского метрополитена. Наркомат финансов СССР выделил Украине из резервного фонда СНК один миллион рублей на про-



Схема Киевского метрополитена

ектно-изыскательские работы – огромные деньги в то время.

В апреле 1949 г. приказом МПС СССР был создан Киевметрострой, который возглавил Филипп Кузьмин. С 1951 по 1953 г. эту должность занимал Павел Ча-

совитин, в 1953–1954 гг. – Александр Холодный. Но первая очередь метрополитена была сдана в эксплуатацию под руководством Леонида Сапрыкина, который управлял Метростроем с 1954 по 1971 г. После него на эту должность пришел

**Строительство тоннеля**



**Строительство Площади Независимости**







Руководящий состав ПАО «Киевметрострой» на обходе пускового участка



Сбойка на станции «Выставочный центр»



Строительство станции «Червоный Хутор»



Электродепо «Харьковское»

Алексей Семенов, а с 1987 г. и по настоящее время – Владимир Петренко – генеральный директор ПАО «Киевметрострой», президент Украинской государственной корпорации по строительству

метрополитенов и тоннелей «Укрметротоннельстрой», Герой Украины, лауреат Государственной премии в области науки и техники, кандидат технических наук, заслуженный строитель Украины, почет-

ный транспортный строитель, почетный гражданин г. Киева.

В Киевметрострое сложился замечательный инженерный коллектив. Этому способствовали несколько факторов – Киевский метрострой был третьим в СССР. Здесь был учтен опыт московских коллег. Они, как известно, открыли первую линию еще в 1935 г. Немало ценного было взято и из опыта коллег из города на берегу Невы, которые дали зеленый свет подземным экспрессам в 1955 г. На строительство Киевского метро охотно ехали опытные кадры отовсюду, талантливые инженеры, проходчики, другие специалисты. А наши местные юноши и девушки оказались способными учениками и вскоре превзошли достижения учителей. Нельзя не вспомнить дружный коллектив Киевметростроя, а именно:

• *главные инженеры:*

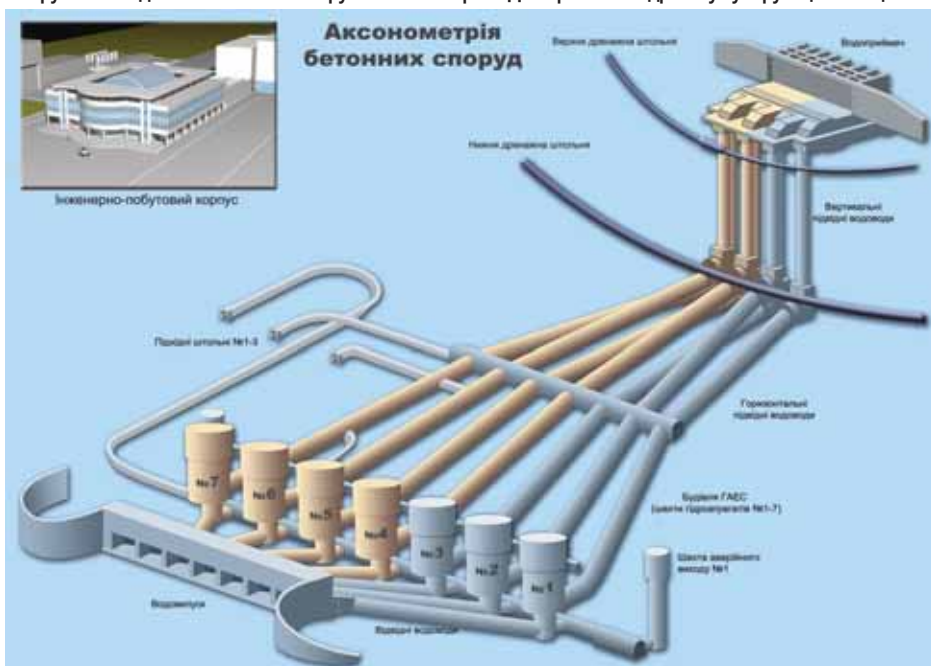
А. Ф. Луфиренко, А. Л. Холодный, Д. Н. Иванов, В. Й. Поправко, В. И. Корешков, С. Н. Лихман;

• *начальники подразделений:*

• СУ-704 - СМУ-3: В. И. Огарков, В. И. Егоров, М. Г. Иванченко, В. И. Корешков, Ф. К. Цимох, Г. Е. Ширшов, Ю. В. Кочегаров;

• СМУ-4: Л. М. Оралов, Г. И. Демиденко, В.М. Балыцкий, В.Н.Санкович;

Сооружение подземного комплекса крупнейшей в Европе Днестровской гидроаккумулирующей станции







Сбойка на станции «Теремки»

- СМУ-5 - ТО-14: А. И. Темников, Й. Ф. Макаев, А. М. Твердохлебов, М. М. Метелица;
- СМУ-6: А. М. Еременко, Л. А. Михайлюк;
- ТО-4: К. И. Кириленко, Д. М. Романов, М. И. Колесников, М. А. Чернишов, Г. И. Демиденко, М. М. Муринский, И. М. Колесников, В. И. Петренко, С. Н. Лихман, В. И. Мишин, А. К. Головатюк, А. Н. Метелица;
- Строительство № 2: Г. А. Омшанский, В. В. Обухов, Г. И. Демиденко, М. В. Титов, М. И. Колесников;
- Управление механизации (УМ): М. А. Вакуленко, М. С. Дружинин, А. Л. Константинов;
- Комбинат производственных предприятий (КПП): М. Д. Пидпальый, А. Я. Косенко, И. П. Панов, П. В. Хортов, В. А. Соловьев, В. С. Пономаренко;
- Автотранспортная контора: М. Ф. Руссо, И. О. Терефера, И. М. Бойко, Г. Ф. Хомченко, В. В. Гриншпун, В. И. Горгонтий, В. В. Горгонтий;
- Управление материально-технической комплектации (УПТК): В. Р. Славинский, М. Д. Пидпальый, А. Ш. Персион, И. М. Чернишов, Г. П. Войцеховский, А. Я. Косенко,

В. Ф. Черноштан, Э. П. Протопопова, В. И. Солопай, В. Н. Чирков;

- Жилищно-коммунальная контора (УРБ): И. В. Каплан, В. А. Трегубчук, М. П. Пономаренко, В. В. Шабатин, Ю. Н. Гнепа, Л. В. Панасюк;
- начальники участков: Т. Т. Лисый, И. А. Захаревич, А. М. Еременко, М. А. Рябоконе, А. Н. Твердохлебов, А. В. Рафалюк, Й. Ф. Макаев, А. В. Семенов, Д. Н. Иванов, И. В. Билоус, Г. В. Кожарин, А. Л. Куций, К. П. Богомолов, В. Н. Санкович, А. И. Исаенко, В. И. Кравчук, М. Д. Корецкий, Л. В. Литвиненко, И. Г. Шановский, В. В. Терещенко, В. П. Науменко, А. П. Манчук, А. Т. Шипаев, В. И. Атаманенко, В. М. Мазуренко, М. И. Перчик, В. Н. Мьяновский, Н. В. Ногань, В. Ф. Градинский, Н. Н. Горбатов, Е. П. Махонько;
- бригады: И. И. Сморгачов, П. Д. Кузенков, М. А. Денисов, И. Н. Широчкин, Н. С. Кичкин, Г. П. Ежак, С. О. Шебалденков, П. Н. Панченко, В. И. Иващенко, П. Т. Шерстюк, П. Г. Ропан, И. А. Анголенко, Н. П. Дзюма, И. Я. Дмитренко, К. А. Танський, П. З. Кардапалов, А. С. Василенко, Д. К. Масько, В. Н. Прудько, С. Н. Хар-

ченко, Н. Корниенко, Комарницкий, А. Р. Удод, М. Х. Кирилов, А. П. Седляр, Н. Г. Крижановский, И. М. Мищенко, Н. А. Рябко, В. Н. Орлов, А. Г. Мироненко, А. П. Марцун, С. И. Уваров, В. С. Мазаный, Н. Г. Полищук, В. И. Кузьменко, И. С. Ельшов, Ю. В. Топоровский, Н. И. Маляр и многие другие.

На сегодняшний день на различных участках геодезическо-маркшейдерских работ успешно работают высококвалифицированные специалисты: Н. В. Белоус, Н. В. Бондарь, В. Н. Яровой, А. И. Шкурацкий. Они передают весь свой богатый профессиональный опыт молодежи, которая приходит им на смену и за которой будущее маркшейдерского искусства – это П. О. Воронин, Д. М. Дашкевич, В. Н. Корчевский, Ю. Н. Юрченко, Л. А. Мурза, С. В. Лазаренко и многие другие.

Для того чтобы определить направление будущих линий метрополитена специалисты Киевского филиала института «Метрогипротранс» длительное время изучали интенсивность движения киевлян маршрутами, как по центральным частям города, так и по удаленным от центра улицам. Этот

Строительство станции «Теремки»







Железобетонная тоннельная обделка, изготовленная на производственном комбинате ПАО «Киевметрострой»



Проводка щитовых комплексов через котлован станции «Ипподром»

Станция «Ипподром»



анализ лег в основу карты пассажиропотоков Киева. Лишь после этого вновь созданный институт «Киевметрострой» приступил к проектным работам.

Наконец, строительство метрополитена в Киеве взяло старт. Ежедневно на строительных площадках былолюдно, сотни желающих приобщиться к делу предлагали свои услуги, предприятия направляли сюда лучших рабочих. В Киев из разных городов и республик бывшего СССР доставляли лес, битум, цемент, металл, щебень, впоследствии – гранит, мрамор, насосы, эскалаторы и т. д. Более трехсот только украинских предприятий выполняли заказы Киевметростроя.

Под землей и на ее поверхности ни на день не останавливались работы, были задействованы сотни единиц технических средств и оборудования. Проходка тоннелей сопровождалась постоянными осложнениями – своеобразный рельеф местности, пльвуны, размывающие подземные пласты, и другие, непредвиденные проектом неурядицы, существенно влияли на отставание в графиках выполнения работ. Однако специалисты настолько были сплоченными и целеустремленными, что никакие трудности не могли их остановить – ситуативно рождались творческие идеи, оригинальные решения проблем, практические предложения по совершенствованию техники. В частности, киевскими инженерами был спроектирован новый механизированный щит для проходки тоннелей в плотных глинах, что позволило увеличить скорость прохождения с 3 до 12 м в сутки.

Летом 1949 г. молодой коллектив метростроя заложил первые шахты, а первая сбойка состоялась в декабре 1951 г., когда были соединены тоннели между станциями «Днепр» и «Арсенальная». Последние сбойки прошли в мае 1959 г. между станциями «Вокзальная» и «Университет». Но настоящим испытанием для проходчиков метростроя было сооружение промежуточного вестибюля станции «Арсенальная». Восемь лучших коллективов вели поединок с подземными пльвунами в то время, когда огромный железобетонный стакан промежуточного вестибюля, построенный на поверхности, спускался на десятки метров вглубь земли. Такое решение было новинкой не только на строительстве Киевского метрополитена, но и в мировом метростроении. При закладке тоннелей первой очереди в недра земли были помещены 660,4 тыс. кубометров бетона и железобетона, на облицовку станций и вестибюлей ушло около 7300 м<sup>2</sup> гранита и мрамора.

В начале 1958 г. был объявлен конкурс на лучшие проекты станций и создана комиссия для рассмотрения конкурсных работ. В ее составе – представители общественных организаций города, академий строительства и архитектуры СССР и



УССР, скульпторы, художники, писатели, руководители Главтоннельстроя, Метрогипротранса и Киевметростроя. В июле того же года открылась выставка коллективных проектов, где были представлены 80 работ. Из них выбрали пять лучших, которые и были воплощены при строительстве наземных частей станций. И до сих пор среди многочисленных историко-архитектурных памятников Украины в Киеве на особом счету четыре первые станции метро: «Вокзальная», «Университет», «Крещатик» и «Арсенальная». Это были действительно лучшие решения архитектурного и скульптурного оформления первых станций метрополитена столицы Украины.

Одиннадцать лет напряженного и нелегкого труда ушло на то, чтобы дать жизнь новой транспортной сети в Киеве и 6 ноября 1960 г. был открыт первый участок Святошинско-Броварской линии длиной 5,2 км с пятью станциями – «Вокзальная», «Университет», «Крещатик», «Арсенальная» и «Днепр». Немного ранее, 1 июля того же года согласно Постановлению Совета Министров УССР № 774 от 7.06.1960 г. было создано Управление метрополитена, в функции которого входила подготовка кадров для эксплуатации нового подземного транспорта.

В дальнейшем с развитием города строились и столичный метрополитен – вводились в строй новые участки, линии, станции: «Политехнический институт» и «Шулявская» (1963), «Гидропарк», «Левобережная» и «Дарница» (1965), «Черниговская» (1968), «Берестейская», «Нивки» и «Святошин» (1971), «Лесная» (1979), «Житомирская» и «Академгородок» (2003), второй выход на станции «Лесная» (2005) и второй выход со станции «Дарница» (2006).

С 1976 г. начата эксплуатация первого участка новой Куреневско-Красноармейской линии со станциями «Площадь Октябрьской революции» (ныне «Площадь Независимости»), «Почтовая площадь», «Красная площадь» (ныне «Контрактовая площадь»). А уже в 1980 г. были введены станции «Тараса Шевченко», «Петровка» и «Оболонь», через год – «Республиканский стадион» (ныне «Олимпийская») и «Площадь Льва Толстого» (1981), через два года – «Минская» и «Героев Днепра» (1983), а еще через два – «Красноармейская» (ныне «Дворец Украина») и «Держинская» (ныне «Лыбедская»), «Демеевская», «Голосеевская» и «Васильковская» (2010), «Выставочный центр» (2011), «Ипподром» (2012), «Теремки» (2013).

В 1989 г. было открыто движение на третьей линии – Сырецко-Печерской – со станциями «Золотые ворота», «Дворец спорта», «Мечникова» (ныне «Кловская»). Постепенно линия пополнялась новыми станциями: «Видубичи» и «Дружбы народов» (1991), «Славутичи» и «Осокорки» (1992), «Позняки» и «Харьковская» (1994), «Лукьяновская»



Открытие станции «Теремки», 2013 г. (В. И. Петренко вручает ключ от станции)

(1996), «Дорогожичи» (2000), «Сырец» (2004), «Бориспольская» (2005), «Вырлица» (2006), «Красный хутор» (2008) и электродепо «Харьковское» (2007).

За годы независимости в Киеве с 1991 г. построено 22 станции метрополитена. Средние темпы строительства метрополитенов за эти годы выросли и составляют 1,5 станции в год против 1,2 станции в Советской Украине.

Сегодня в состав ПАО «Киевметрострой» входят два строительного-монтажных подразделения, три тоннельных отряда, управление реконструкции и строительства, автобаза, комбинат производственных предприятий, трудятся более 2500 рабочих и инженерно-технических работников.

С первых дней строительства и до сегодняшнего дня на геодезическо-маркшейдерскую службу возложена большая ответственность – вынос проекта в натуре, строгое соблюдение жестких допусков при выполнении всего комплекса строительного-монтажных работ, проверка габаритов при сдаче метрополитена в эксплуатацию.

В течение всего периода строительства, начиная с выноса на местности первого шахтного ствола до сооружения 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 натуре.

Геодезическо-маркшейдерская служба при сооружении тоннелей является одной из основных инженерных служб. Маркшейдеров справедливо называют «подземными штурманами»: только маркшейдер при горнопроходческих работах под землей может указать направление сооружения тоннелей

и обеспечить необходимую точность сбойки встречных тоннелей ( $\pm 50$  мм).

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 станций и перегонных тоннелей между ними, и ни разу не было «недопустимых» сбоек. Проверка габарита – приближения оборудования перед пропуском пробного поезда на последнем пусковом участке протяженностью 1,7 км заняла всего 50 минут.

Компания имеет все необходимое оборудование для строительства метрополитена и тоннелей, в том числе механизированные проходческие комплексы: с грунтовым пригрузом забоя фирм Wirth и Herrenknecht и с пневматическим пригрузом забоя фирмы Wirth для проходки в обводненных и водонасыщенных грунтах.

Со времени своего основания ПАО «Киевметрострой» осуществляет строительство сложных объектов различного назначения, включая метрополитены, мосты, путепроводы, подземные комплексы, энергетические объекты. Поэтому необходимость применения новой техники и технологий строительства для обеспечения высокого уровня эффективности и безопасности работ является актуальной. Так, сегодня Киевметростроем применяются следующие способы и методы работ при строительстве метрополитенов и тоннелей:

- закрытый способ работ (подземный) с помощью щитовых механизированных проходческих комплексов, блокоукладчиков;
- открытый способ с разработкой грунта землеройной техникой;
- буровзрывной метод работ с применением самоходного бурового оборудования;

- буронабивные сваи;
- анкерное крепление котлованов;
- бурение скважин с установкой обсадных труб;
- искусственное понижение уровня грунтовых вод;
- разработка грунта в котлованах любой сложности;
- химическое закрепление грунтов.

Успешно применяется метод сооружения станционного комплекса и перегонных тоннелей в водонасыщенных грунтах с креплением котлована методом «стена в грунте». Этот метод позволяет сооружать объекты в условиях плотной городской застройки и сложных гидрогеологических условиях.

Приобретенный опыт и высокая квалификация киевских метростроителей позволили разработать и внедрить в производство ряд инновационных технических решений. Так, впервые в мировой практике внедрен способ опускания сборной железобетонной обделки в стволе с кольцевой штольни, пройденного вокруг его контура на промежуточном горизонте выше уровня грунтовых вод.

При строительстве самой глубокой в СНГ и Европе (глубина 105,5 м) станции «Арсенальная» в вязких глинах и текучих суглинках впервые в практике строительства промежуточный вестибюль был построен на поверхности, а затем опущен на проектную глубину под защитой ледогрунтовой стены.

Замена тубинговой (чугунной) обделки на блочную (железобетонную) при проходе наклонных тоннелей, стволов и строительстве станций стала настоящей революцией в метростроении. Этот метод по праву считается киевским. Новая обделка позволила существенно снизить стоимость строительства.

Также необходимо отметить внедрение таких методов выполнения работ, как проходка тоннелей большого диаметра на полное сечение без пилот-тоннелей, применение цельносекционной обделки для открытого способа работ на самонапряженном цементе без внешней оклеечной гидроизоляции, сборной железобетонной обделки с резиновым уплотнением для сооружения эскалаторных и перегонных тоннелей в неустойчивых водонасыщенных грунтах, проведение щитового комплекса через горную станцию.

Киевметрострой стал первопроходцем в Украине по освоению подземного пространства при сооружении общественных объектов – построены торговые площади в подземных переходах под улицами и площадями города. А самым масштабным строительством является сооружение в крайне сжатые сроки надземной и подземной части общественного-культурного центра на Площади Независимости в центре столицы Украины г. Киеве.

Метростроители занимаются не только строительством метрополитена. В настоя-

щее время продолжается прокладка второй нитки Главного городского канализационного коллектора длиной 9,8 км. Здесь работают проходческие комплексы диаметром 3,6 м. Для продления срока эксплуатации коллектора применяется антикоррозийная защита из полиэтиленовых листов. Такая футеровка позволяет защитить тоннели, камеры и внутренние конструкции камер от газовой коррозии.

Наша работа вложена и при сооружении подземного комплекса крупнейшей в Европе (шестой по масштабу в мире) Днестровской гидроаккумулирующей станции. При строительстве подземного комплекса Днестровской ГАЭС сооружены вертикальные, горизонтальные и наклонные водоводы сечением 100 м<sup>2</sup>. На этом объекте выполняется комплекс горнопроходческих работ по сооружению дренажных тоннелей с использованием механизированных щитов, вертикальных водоводов, пройденных проходческим комплексом, напорных горизонтальных и отводящих водоводов с применением самоходных буровых установок и буровзрывным способом. Также выполнен большой объем бетонных работ с использованием передвижных опалубок. Первый агрегат станции уже введен в действие.

Строятся объекты гражданского и общественного назначения, промышленности и инженерного обеспечения:

- гидротехнический тоннель на канале Днепр – Донбасс (длина 6,6 км, диаметр 5,5 м). Проходка осуществлялась в сложных гидрогеологических условиях с применением специальных методов за три с половиной года коллективом количеством до 150 человек;
- гидротехнический тоннель на Донском магистральном канале (длина 6 км, диаметр 6 м). Проходка выполнена за три с половиной года коллективом численностью до 150 человек;
- Новороссийский нефтепроводный тоннель (длина 3,3 км, диаметр 5,6 м). Проходка выполнена с применением буроподрывного метода за два с половиной года коллективом в составе до 50 человек;
- главный городской безнапорный канализационный коллектор (длина 9 км, диаметр 3,6 м) в г. Киеве. Проходка выполнена двумя механизированными щитами за четыре года коллективом до 100 человек;
- вторая нитка главного городского канализационного коллектора (длина 9,81 км, диаметр 3,6 м);
- водопроводные тоннели (длина 6,7 км, диаметр 2,5 м, 3,6 м) в г. Киеве;
- Приморский канализационный коллектор (длина 1,5 км, диаметр 3,6 м) в г. Одессе. Проходка выполнена за два года коллективом до 30 человек;
- двухрельсовый железнодорожный тоннель (длина 700 м) в г. Воронеже. Проходка выполнена за два года коллективом до 50 человек;

• гидротехнические тоннели на канале Днепр – Ингулец (длина 2,2 км, диаметр 6 м). Проходка выполнена за два года коллективом до 50 человек;

• однорельсовый тоннель на железнодорожной линии Иджеван – Раздан в Армении (диаметр 8,5 м). Проходка выполнена с применением буровзрывного метода в скальных грунтах за три года коллективом до 70 человек;

• опускные колодцы (диаметр 40 м) и наклонные галереи (диаметр 9 м) на четырех Криворожских горно-обогатительных комбинатах;

• подземный комплекс Днестровской ГАЭС. Вертикальные, горизонтальные и наклонные водоводы разрезом до 100 м<sup>2</sup> прокладываются буровзрывным способом, дренажные штольни – механизированным комплексом в скальных грунтах;

• канализационные коллекторные тоннели в г. Черновцы;

• пешеходные тоннели в г. Киеве;

• реконструкция площади перед НСК «Олимпийский» со строительством торгово-развлекательного центра;

• реконструкция и техническое переоснащение полигона твердых бытовых отходов № 5 в с. Подгорцы Обуховского района Киевской области;

• строительство первой очереди пассажирского вокзального комплекса станции «Дарница» Южно-Западной железной дороги;

• жилые дома для работников Киевметростроя общей площадью приблизительно 239 тыс. м<sup>2</sup>;

• реконструкция железнодорожных вокзалов в г. Винница и Ужгород;

• восемь общежитий общей площадью 20660 м<sup>2</sup>;

• детские дошкольные учреждения на 710 мест;

• школа на 1072 учебных мест;

• пионерские лагеря на 240 мест.

Специалисты нашей организации привлекались для консультаций и сооружения тоннелей Асуанской ГАЭС в Египте, автодорожных тоннелей в Афганистане, железной дороги в Сирии, метрополитена в Болгарии, метрополитена и железнодорожных тоннелей в Индии и других объектов в разных странах мира.

В 2014 г. ПАО «Киевметрострой» планирует начать работы по сооружению выхода на поверхность со станции «Львовская брама», второго выхода со станции «Вокзальная», а также приступить к строительству четвертой Подольско-Выгуровской линии метрополитена с организацией пересадочных узлов на три существующие линии Киевского метрополитена. Строительство этой линии даст возможность разгрузить центральные (пересадочные) станции метрополитена и улучшить транспортное обслуживание одного из самых крупных жилых массивов «Троещина», где проживает около 450 тыс. человек.





Что вы слышали про **МЯГКИЙ УГОЛ**?  
**РЕШЕНИЕ** для **ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ** воды,  
позволяющее избежать **СКОЛЫ** в углах сегментов  
бетонной тоннельной обделки.

Эксклюзивно от компании **ES RUBBER**, эксперта передовых решений  
в области **УПЛОТНИТЕЛЕЙ**, работающего на рынке более **20 ЛЕТ**.



- Мягкие углы – это гарантия отличной водонепроницаемости без сколов бетона
- Надежная система уплотнения на весь срок эксплуатации тоннеля
- Тесты MPA NRW Dortmund, MPA Bau Hannover в соответствии с рекомендациям STUVA
- Сертификаты Соответствия ГОСТ Р и РОССТРОЙСЕРТИФИКАЦИЯ



**ESRUBBER**  
EIN SHEMER RUBBER IND.

ES Rubber Ltd. | Kibbutz Ein Shemer | M.P. Hefer 38816, Israel  
T. +972 4.637.1037 | export@esrubber.com | www.esrubber.com  
ООО "ЕС Импорт" | 127051, Россия, Москва | пер. Б. Сухаревский, 20, стр. 1  
Тел +7 925 193 51 39, факс +7 499 995 06 80 | office@esimport.ru

реклама

**WGD**  
Water Gate Development

# СТРОИТЕЛЬСТВО ЛЕВОГО ПЕРЕГОННОГО ТОННЕЛЯ ОТ СТ. «РАМЕНКИ» ДО СТ. «ЛОМОНОСОВСКИЙ ПРОСПЕКТ» МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

**М. А. Потапов**, начальник СМУ-162 ОАО «Трансинжстрой»

**Е. В. Потапова**, начальник отдела инженерной подготовки производства СМУ-162 ОАО «Трансинжстрой»

**Конец октября 2013 г. ознаменовался для специалистов СМУ-162 ОАО «Трансинжстрой» завершением работ по сооружению левого перегонного тоннеля от ст. «Раменки» до ст. «Ломоносовский проспект». Эта сбойка стала первой вехой в реализации проекта по строительству участка Калининско-Солнцевской линии Московского метрополитена от ст. «Парк Победы» в сторону районов Солнцево и Рассказовка.**

Осенью 2012 г. ОАО «Трансинжстрой» приступило к строительству участка Калининско-Солнцевской линии Московского метрополитена от ст. «Парк Победы» до ст. «Раменки» в Западном административном округе г. Москвы. Мичуринский и Ломоносовский проспекты, где размещаются основные площадки для строительства станций, являются густонаселёнными городскими районами с большим количеством жилых и общественных зданий.

На пересечении Мичуринского и Ломоносовского проспектов располагаются корпуса МГУ им. М. В. Ломоносова: факультеты фундаментальной медицины, иностранных языков, биоинженерии и биоинформатики, институт механики, государственного администрирования и другие. Понятно, что обеспечение транспортной доступности этого района – одна из важнейших городских задач на сегодняшний момент. Проект строительства участка Калининско-Солнцевской линии включает в себя: перегон от ст. «Парк Победы» до строящейся ст. «Минская» – 2,5 км; от ст. «Минская» до строящейся ст. «Ломоносовский проспект» – 2,5 км; от ст. «Ломоносовский проспект» до строящейся ст. «Раменки» – 1,2 км (рис. 2). В дальнейшем линия будет иметь продолже-



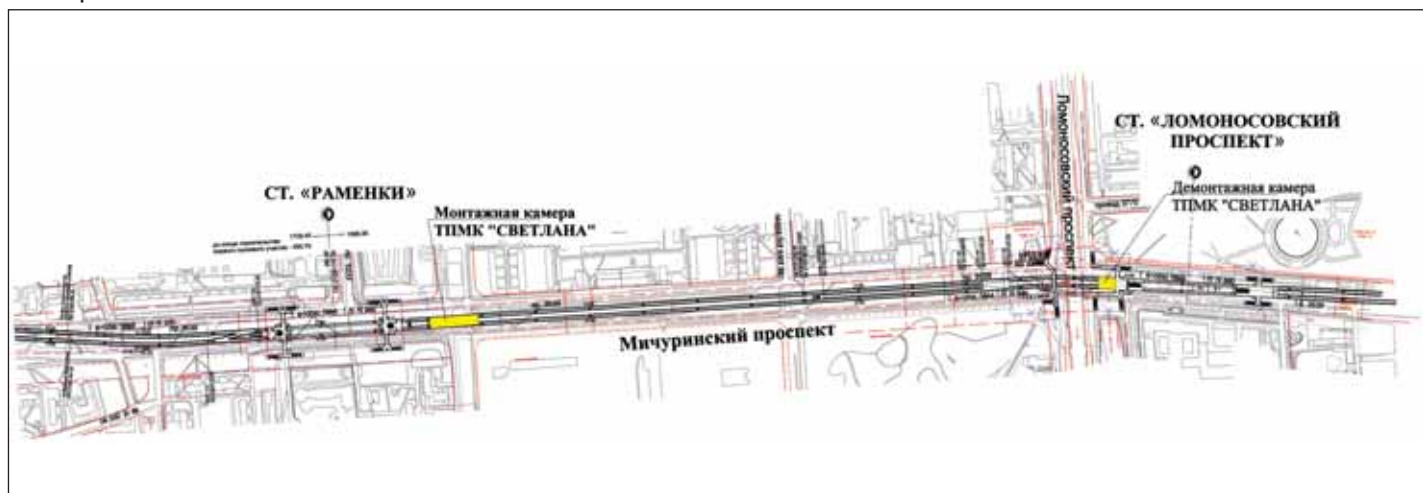
Рис. 1. Перед пуском ТПМК Herrenknecht «Светлана», май 2013 г.

ние в районы Солнцево и Рассказовка, и включать в себя ещё семь новых станций.

Проходка от ст. «Раменки» в сторону ст. «Ломоносовский проспект» началась 31 мая 2013 г. ТПМК фирмы «Herrenknecht AG» с активным грунтопригрузом и внеш-

ним диаметром 6,28 м, получивший название «Светлана», стартовал из монтажной камеры площадки № 13 ст. «Раменки» на Мичуринском проспекте, в районе домов 34 и 36. Следует отметить, что строительная площадка располагается непосред-

Рис. 2. Трасса тоннеля





ственно на Мичуринском проспекте, на разделительном газоне встречных направлений оживленной транспортной магистрали, в зоне плотной жилой застройки (рис. 3). С целью организации строительных работ было отгорожено по полторы полосы в обоих направлениях и перекрыт сквозной проезд со стороны заправки «Лукойл» к Проектируемому проезду. С самого начала строители тоннеля оказались в стеснённых условиях производства работ. Обустроить площадку по обычной схеме для щитовой проходки не представлялось возможным. Все здания и сооружения пришлось концентрировать на ограниченной производственной площади. Необходимо было очень тщательно увязать между собой потоки внутриплощадочного транспорта. Потребовалась установка дополнительного поперечного конвейера-перегрузчика в камере натяжной башни, так как не было возможности расположить зону выдачи грунта с боковой стороны.

Диаметр пройденного тоннеля составляет 6 м, протяжённость 1200 м. Глубина заложения тоннеля – от 12 до 21 м. Грунтовый массив по трассе представлен суглинками полутвердой, тугопластичной и мягкопластичной консистенции, песками пылеватыми, мелкими и маловлажными, глинами тугопластичной консистенции (рис. 4). На большей части трассы проходка тоннеля ведется в песках и глинах флювиогляциальных отложений. По всей трассе пересекаемые при проходке грунты влажные. Грунтовые воды носят безнапорный характер. Тоннель располагается под оживленной автомагистралью Мичуринского проспекта, в непосредственной близости от жилых высотных домов. Над тоннелем присутствует развитая сеть инженерных коммуникаций. Трасса перегонного тоннеля пересекает 29 инженерных сетей, в том числе: общий коллектор 2400×2320 мм, водосток диаметром 2000 мм, подземный пешеходный переход, газ высокого давления. Минимальное расстояние от тоннеля до коммуникаций составляет 1 м.

Из всего вышесказанного понятно, насколько важно было не допустить просадок земной поверхности, которые привели бы к аварийным ситуациям. В данном случае был избран комплексный подход к решению проблемы, включающий анализ внутренних факторов влияния (технологических параметров щитовой проходки) и внешних (состояние грунтового массива и коммуникаций).

В первую очередь следовало правильно подобрать параметры активного пеногрунтового пригруза во избежание опасных подвижек и разуплотнений грунтового массива при экскавации грунта. С этой целью НИЦ «Тоннели и метрополитены» ОАО ЦНИИС был разработан технологический регламент на проходку, в котором рассчитывались параметры пригрута. По результатам анализа выполненных расчетов составлены диаграммы рекомендуемых значений давления пригруза забоя щита (линии синего и зелёного цвета) и предельное давление пригруза в шельге свода забоя (красная линия), (рис. 5). Одновременно в сотрудничестве со специалистами фирмы «Herrenknecht AG» велась работа по выбору пенообразующих материалов и оценки их расхода для полноценного контроля давлением пригрута.

В связи с близостью к тоннелю большого количества подземных коммуникаций и полотна проезжей части возникла необходимость уточнения с помощью новейших геофизических методов инженерно-геологических условий по трассе проходки, анализа и диагностики состояния подземных коммуникаций, поиска зон разуплотнений и карстовых пустот в грунтовом массиве. Обследование проводил НИЦ «Тоннели и метрополитены» ОАО ЦНИИС. В процессе обследования было применено три метода: георадиолокационное зондирование грун-



Рис. 3. Монтажная камера станции «Раменки»

тового массива, динамическое зондирование грунтового массива, сейсмоакустический метод определения качества контакта «обделка-грунт». Георадиолокационное обследование позволило выявить зоны разуплотнения массива, пустоты, незадокументированные коммуникации. Динамическое зондирование уточнило физико-механические свойства грунтов. По результатам сейсмоакустического обследования были построены карты состояния контакта конструкций коллектора и пешеходного перехода, находящихся над тоннелем, с заобделочным грунтовым массивом или отсутствии контакта (рис. 6 и 7). Следует отметить, что данные обследований неоднократно помогли избежать аварийных ситуаций в процессе проходки. Тоннелестроители заранее были предупреждены об аномалиях в грунтовом массиве и могли заблаговременно принять необходимые меры. Подобный анализ и диагностика могут

Рис. 4. Продольный профиль тоннеля с расположением подземных коммуникаций



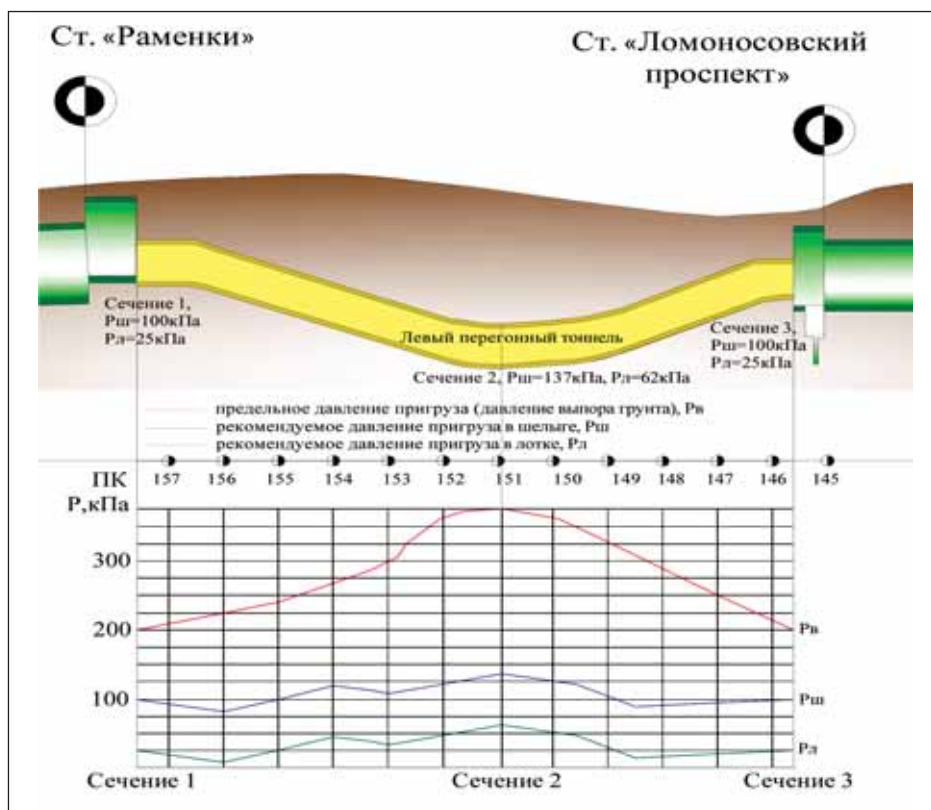


Рис. 5. Диаграмма давления пригруза по трассе тоннеля

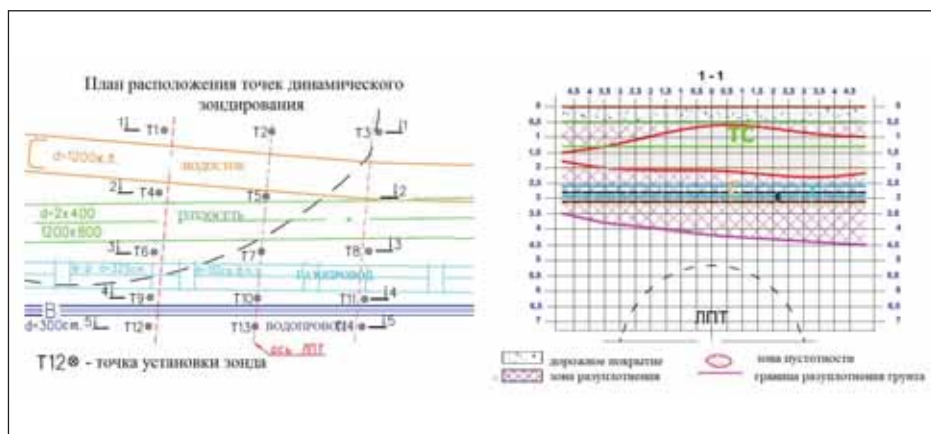
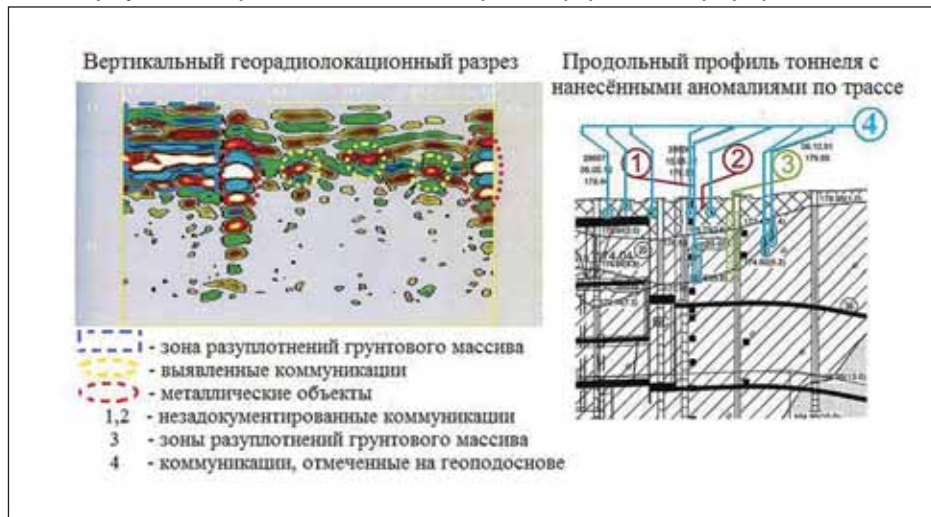


Рис. 6. Выявленные пустоты и разуплотнения грунтового массива по результатам динамического зондирования в районе пересечения трассой тоннеля подземных коммуникаций

Рис. 7. Выявленные задокументированные коммуникации, посторонние объекты, пустоты, разуплотнения по результатам георадиолокационного зондирования (вертикальный разрез)



быть рекомендованы в качестве обязательных мероприятий в процессе изыскательских работ при проектировании тоннелей.

Для крепления перегонного тоннеля применялась сборная высокоточная железобетонная обделка с гидроизоляцией торцов каждого блока резиновыми уплотнительными прокладками. Данные блоки были разработаны ОАО «Метротранс» и впервые изготовлены на заводе железобетонных изделий ОАО «Трансинжстрой» по формам Herrenknecht AG.

При проходке применялась технологическая схема с разделением потоков грузов (рис. 8): блоки обделки, тампонажный раствор и звенья наращиваемых по мере продвижения комплекса технологических трубопроводов, рельсового пути и людского ходка перемещались к забою рельсовым транспортом, а выдача разработанной породы к порталу и на поверхность осуществлялась конвейерным транспортом непрерывного действия.

30 октября 2013 г. сооружение тоннеля было завершено. Сбойка в демонтажной камере на площадке № 11 ст. «Ломоносовский проспект» стала первой вехой в реализации проекта строительства участка линии.

В ходе проходки левого перегонного тоннеля были получены следующие результаты:

- осадки земной поверхности не превышали 20 мм;
- средняя скорость проходки составила 240 м/мес;
- отклонений от запланированных сроков проходки не возникало.

Стоит отметить, что коллектив СМУ-162 впервые осваивал технологию проходки тоннелей при помощи ТПК. Тоннелестроителям пришлось преодолеть немало сложностей. Тем не менее, осуществлённый комплекс мероприятий привел к успешному завершению работ. В настоящее время СМУ-162 ведёт сооружение правого перегонного тоннеля на данном участке, учитывая опыт, приобретённый ранее.

Рис. 8. Тоннель в стадии проходки





# ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ И МЕТРОПОЛИТЕНОВ В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕЛОГИЧЕСКИХ И ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ВЬЕТНАМА (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ХАНОЙ)

Е. В. Щекудов, доцент, к. т. н.  
Нгуен Куанг Ван, аспирант

**В статье дается анализ инженерно-геологических условий территории города Ханой для обоснования проектных решений при строительстве тоннелей (рис. 1). Рассматривается прогноз развития и интенсивности опасных геологических процессов и их влияние на условия строительства и эксплуатацию подземных сооружений.**

Столица Вьетнама город Ханой – крупнейший культурный и промышленный центр страны. Высокие темпы экономического развития, постоянный рост благосостояния граждан, промышленного производства и значительное увеличение автомобилей, мотоциклов, мопедов и т. д. привели к созданию сложной ситуации на транспортных магистралях. Кроме того, эта ситуация усложняется исторически сложившейся градостроительной обстановкой. Улицы Ханоя узкие и не способны обеспечить движение автотранспортных средств более чем по двум-четырем полосам движения.

В общем комплексе транспортных сооружений, в городе с населением более 8 млн жителей, очень важное место занимает строительство метрополитена и автодорожных тоннелей, играющих одну из главных ролей в пассажироперевозках в черте городов.

Руководство государства и города принимают решительные меры по улучшению транспортной обстановки в Ханое (рис. 2). Проблема пассажирского движения может быть решена путём строительства метро – внеуличной магистрали, исключающей пересечения основного пассажиропотока с наземным движением по улицам города. Но этого явно недостаточно для создания благоприятных условий для движения наземного автотранспорта.

В соответствии с постановлениями правительства Ханоя о ходе реализации генерального плана развития города, предприятием «Научно-исследовательский и проектный институт Генерального плана Ханоя» разработан градостроительный план развития территории Северо-Западного административного округа Ханоя до 2030 г.

С целью обеспечения его реализации, а также регулирования градостроительной деятельности, правительство Ханоя приняло решение о сооружении транспортной развязки в одном из наиболее напряжённых транспортных узлов города. Район строительства будущего тоннеля расположен в центре Ханоя.

В городе существуют специфические условия, которые необходимо учитывать при строительстве автотранспортных тоннелей.

Градостроительные условия Ханоя следующие: город расположен в зоне дельты реки Хонг на севере страны. Он состоит из центральной части, включающей семь районов общей площадью 82,78 км<sup>2</sup> и пригородной части из пяти районов – 884,61 км<sup>2</sup>. Население Ханоя составляет 8,7 млн чел. Людей очень много и поэтому город производит впечатление муравейника. Вид транспорта разнообразный: велосипеды, мотоциклы, автомобили, автобусы, поезда и много мотороллеров. Скорость в таком потоке – не более 40 км/ч. И такси, и персональные машины должны подчиняться малым скоростям, определяемым потоками мотоциклов и мотороллеров (табл. 1).

На улицах часто бывают пробки. Тысячи людей и тонны грузов вынуждены



Рис. 1. Географическое положение Вьетнама в Юго-Восточной Азии

Распределение транспортных средств в городе, %

Транспортные объекты	2003 г.	2010 г.	2020 г.	2030 г.
Пешеход	1,5	1,5	1,5	1,5
Велосипед	22	13,7	5,9	3,9
Мотоцикл	65	50,4	25,6	15,5
Машина	1,8	15,8	28,3	32,3
Автобус, трамвай	9,5	18,3	38,6	46,6
Другие средства	0,2	0,2	0,2	0,2
Итого	100	100	100	100

Таблица 1

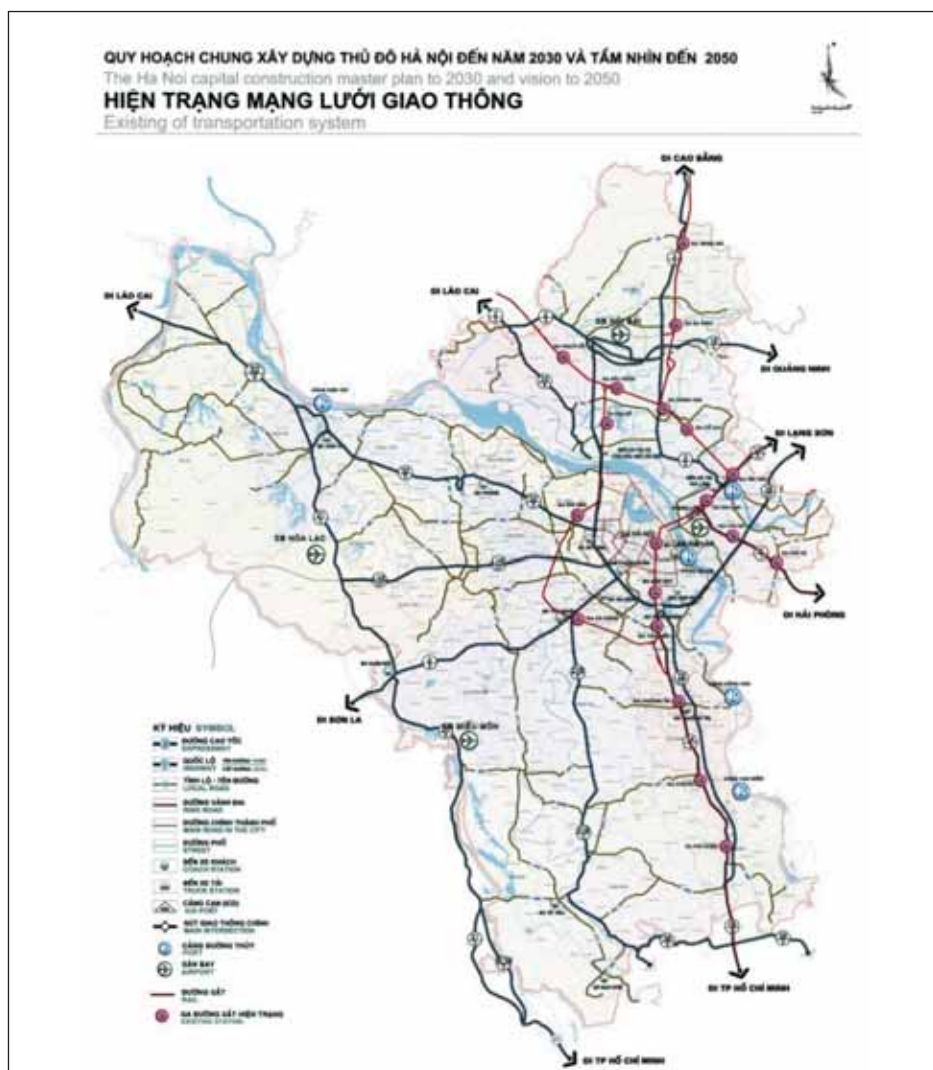


Рис. 2. Существующая транспортная сеть г. Ханой

тратить много времени, находясь в пробках, что приводит к существенным экономическим потерям и ухудшению экологической обстановки.

Одной из основных проблем является решение городской транспортной ситуации, связанной, в первую очередь, с возрастанием числа автомобилей, опережающих в 4–5 раз темпы роста населения, исчерпанием пропускной способности уличных магистралей, нехваткой мест для стоянки автомашин.

Территория Ханоя расположена в центральной погруженной зоне прогиба реки Красной, приуроченной к чрезвычайно сложному тектоническому узлу сгущения тектонических разломов различного порядка и простираемая, в основном, северо-западного, северо-восточного и субширотного, реже субмеридионального направлений. Разломы рек Красной, Чяй, Ло и Винь-нинь относятся к числу сейсмически активных.

В пределах изучаемой территории города распространены четвертичные отложения, имеющие различные циклы накопления, соответствующие фазам неотектонических движений. Каждый цикл начинается с образования крупнообломочных и песчаных пород и оканчивается отложением суглинистых или глинистых пород. Наличие слабых водонасы-

щенных песчано-глинистых отложений (свит Виньфук, Хайхыннг и Тхайбинь) с органическими остатками, которые относятся к грунтам малой степени литификации, с низкими показателями прочности и деформационной способности определяет сложность инженерно-геологических условий подземного пространства Ханоя. Повсеместное распространение в городе имеют плейстоценовый и голоценовый водоносные горизонты (qr и qh), водовмещающими породами которых являются крупнообломочные образования (галька и гравий), пески и супеси.

Подземные воды залегают на различных глубинах от 1–3 до 6–8 м. Вода, обычно, неагрессивна, но местами её pH снижается до 5 и менее, что способствует развитию активной кислотной коррозии черных металлов. Высокая степень сложности инженерно-геологических условий Ханоя определяется не только широким развитием экзогенных процессов на территории города, но и интенсивностью землетрясений от 7 до 9 баллов.

При проектировании тоннелей и метрополитена необходимо учитывать климатические и топографические условия города.

Страна расположена преимущественно вдоль меридианов (от 8°30' до 23°32' северной широты), поэтому на территории Вьет-

нама существуют разнообразные климатические условия. Среднегодовая температура в Ханое составляет +23,4 °С.

На всей территории Вьетнама имеет место высокий объем осадков, которые распределяются весьма неравномерно: в среднем их годовой объем колеблется от 1500 мм на равнинах и невысоких плоскогорьях до 3000 мм в горах и высокогорных плато. Среднегодовые осадки составляют в Ханое 1680 мм. Количество дождливых дней в году – 142. Относительная влажность очень высокая, среднегодовая влажность по всей стране выше 80 %, в том числе в Ханое 83 %.

В Ханое имеется сеть рек и каналов. Главной является система Красной реки, режим течения которой меняется часто с изменениями климатических условий. Вдоль рек построены дамбы для предотвращения наводнений. В 1971 г. было зафиксировано катастрофическое наводнение с максимальной отметкой воды 14,13 м. В городе протекают и другие маленькие реки и каналы, такие как Толич, Кимнгыи, Лы и Шэт, имеющие функцию отвода наземной и бытовой воды. На территории Ханоя имеются многочисленные естественные озера общей площадью около 36 км, в том числе в центральном районе 27 озер, из них некоторые достаточно большие: Хотай, Баимау, Тичбач и др. Они не только украшают природные ландшафты, но и выполняют функции осушения и запаса воды для города.

Анализ климатических и топографических условий Ханоя позволяет отметить, что господствующими являются тропический характер климата и равнинная местность. Такие условия в целом благоприятны для строительства подземных сооружений. Однако наличие системы рек и озер осложняет проходку тоннелей, и большие осадки могут затопить выработки. Следует отметить, что в перспективе можно реализовать проекты сооружения автодорожных тоннелей под реками Хонг, где строительство многочисленных мостов отрицательно влияет на нормальное течение русел рек.

При проектировании и строительстве подземных сооружений должны учитываться специфические инженерно-геологические условия трассы тоннеля, потому что сооружение целиком расположено в земной коре и их конструкции и способы постройки, стоимость и сроки выполнения определяются в основном геологическими и гидрогеологическими условиями, в которых заложен тоннель.

Территория строительства тоннелей находится в сложных геологических условиях, характеризующихся высокой тектонодинамической активностью и связанными с ней сейсмичностью и экзогенными проявлениями. Кроме того, проходка многих участков осложнена наличием горных пород со сложными условиями залегания и обладающих различными физико-механическими свойствами, обилием разрывных нарушений, зон повышенной трещиноватости и дробления пород, неблагоприятной геоморфологической ситуацией и проявлением опасных геологических процессов. В процессе возведения подземного сооружения нару-



шается естественное равновесие массива пород, что может приводить к деформациям и подвижкам. Поэтому одной из наиболее важных задач последующего геомеханического обеспечения является контроль и управление деформационными процессами, протекающими в массиве горных пород и на его поверхности.

Здесь следует указать на недостаточную изученность, которая была на начальных этапах работ, как геологических, так и инженерно-геологических условий территории прохождения трассы, где до последних лет никаких детальных площадных, а тем более комплексных исследований не проводилось. Поэтому на начало работ в геологическом строении территории инженерно-геологические условия были слабо изученной областью, и не охватывали весь возможный круг инженерных задач, при решении которых требуется прямая оценка инженерно-геологических параметров, характеризующих массив горных пород.

Целью исследований явилась оценка инженерно-геологических условий для обоснования проектных решений при сооружении тоннелей различными способами, размещения сооружений в плане по глубине, а также возможности прогноза развития и интенсивности опасных геологических процессов и их влияния на условия строительства и эксплуатацию сооружений.

Для уточнения положения зон разрывных нарушений, характеристики их открытости и активности выполнялись атмогеохимические исследования. В них входили измерения эманиции радона, торона и концентрации углеродосодержащих газов, водорода и метана, а также велись структурно-тектонические наблюдения и изучалась трещиноватость на эталонных площадках.

Результатом съемки явились структурно-тектонические карты с выделением обводненных зон повышенной трещиноватости, с характеристикой неотектонических проявлений вдоль разломных зон и контроля их рельефа, выявлены разрывные нарушения и участки возможного распространения опасных геологических процессов.

По данным карстово-спелеологических изысканий была дана подробная характеристика карстопоявлений по району работ, составлены карты участков поверхностного и подземного карста в полосе трассы, показаны места расположения пещер, поноров, трещин и полостей. В проектах были отображены способы проходки сложных по инженерно-геологическим условиям участков, разработаны гидроизоляция, противокарстовая и противооползневая защита сооружений и дренажные системы.

Кроме того, были выделены зоны мощностью от 10 до 150 м, где отмечалась различная по величине перемежаемость участков дробленых и участков разной степени трещиноватости пород. Дробленность пород часто до состояния песка и песчано-глинистого материала. Эти зоны имеют сложный характер по литологическому и вещественному составу, а следовательно, и по физико-механическим свойствам слагающих их образований. Для безаварийной

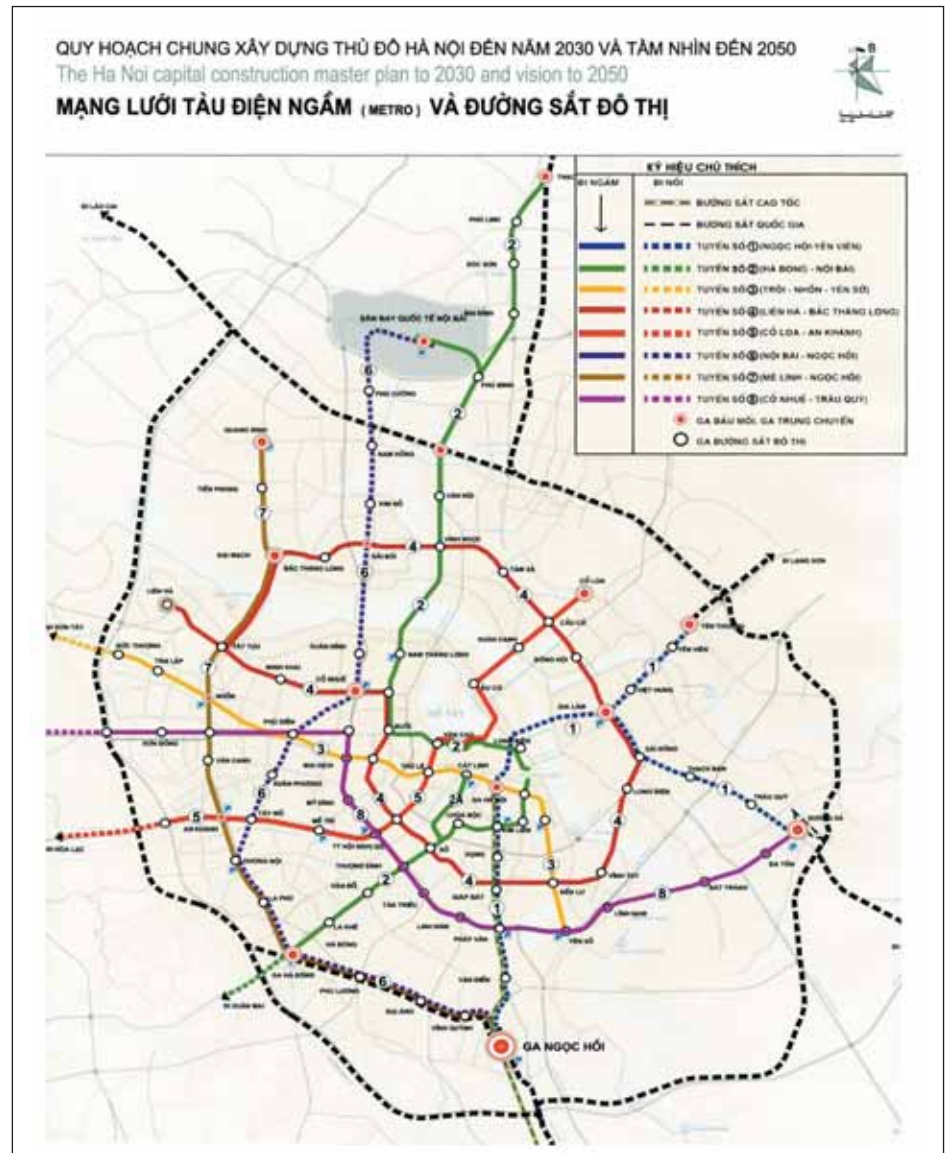


Рис. 3. Перспективы строительство метро и тоннелей в Ханое

работы строительства тоннелей, исходя из имеющихся представлений о геологическом строении тектонических зон на стадии рабочей документации, последовала необходимость дополнения и уточнения инженерно-геологических условий выделенных зон. Проблема надежной оценки устойчивости грунтов в массиве остается чрезвычайно актуальной в целом и стоит особенно остро. Поэтому для обеспечения устойчивости, безопасной проходки и дальнейшей эксплуатации тоннелей важно было вовремя, до подхода к тектоническим нарушенным породам выявить их месторасположение и оценить характер, величину и опасность готовящихся нарушений целостности массива пород. Прогноз инженерно-геологических и гидрогеологических условий впереди забоев тоннелей осуществляется с помощью электромагнитного импульсного сверхширокополосного (ЭМИ СШП) зондирования, которое является разновидностью георадиолокационного метода и основано на восстановлении изображения структуры в разрезах горного массива по отраженному сигналу при распространении электромагнитного импульса наносекундной длительности. Метод ЭМИ СШП

зондирования позволяет дифференцировать технологические структуры на глубину исследования 100 м и более.

Таким образом, изучение инженерно-геологических условий территории строительства и составление прогноза возможных изменений их во время работ и в процессе эксплуатации сооружений – одна из главных задач, влияющих на успех дела. Знание инженерно-геологических условий территорий, подлежащих застройке, позволяет находить наиболее рациональное решение при проектировании сооружения (рис. 3).

Кроме того, по результатам изыскательских работ и на основании обработки всей имеющейся геологической информации были даны инженерно-геологические условия строительства тоннелей. В настоящее время, суммируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы: материалы и объемы выполненных геологосъемочных, горно-проходческих и геофизических работ позволяют принять принципиальные проектные решения, которые значительно снижают риски строительства тоннелей в сложных горно-геологических условиях.

# РЕЗИНОВЫЕ ЭЛАСТОМЕРНЫЕ УПЛОТНИТЕЛИ ДЛЯ СЕГМЕНТОВ ТОННЕЛЬНОЙ ОБДЕЛКИ\*



Вернер Грабе, доктор инженерных наук, эксперт рабочей группы STUVA, фирма WGD, Германия

## Проектирование геометрии профиля резинового уплотнения

Резиновый профиль устанавливается в паз железобетонного сегмента кольца тоннельной обделки. Геометрия профиля зависит от размера паза, в который уплотнитель вклеивается своими нижними и боковыми частями. Паз дает резиновому уплотнителю поддержку от продольных и поперечных нагрузок, возникающих при монтаже кольца в тоннеле, а также от боковой нагрузки, которая возникает от грунтовых вод и действует на профиль с наружной стороны.

Высота профиля проектируется таким образом, чтобы даже в полностью сжатом состоянии он выступал над поверхностью бетонных блоков, предотвращая их прямой контакт при монтаже. Обычно высота полностью сжатого профиля составляет 70 % от первоначальной. Даже при неполном сжатии профиль способен выдерживать заданное проектом давление воды.

В соответствие с рекомендациями STUVA соотношение между высотой и шириной профиля обычно составляет 1:2, что, с одной стороны, позволяет допускать при монтаже блоков тоннеля их смещение относительно друг друга (оффсет) на 20 мм и более, а с другой стороны, придает боковую устойчивость профилю при их контакте во время монтажа сегментов в кольцо.

Это соотношение может быть и больше, до 1:1,5, если сегменты кольца имеют небольшую толщину, что не позволяет спроектировать более широкий паз. Конечно, в этом случае допуски по смещению колец снижаются, что требует вести монтаж тоннельной обделки с минимальным оффсетом. Такие ситуации случаются обычно с тоннелями небольшого диаметра, применяемым в канализационном и кабельном тоннелестроении.

Ширина наружной поверхности уплотнителя должна быть как минимум на 5 мм шире максимально допустимого смещения сегментов (оффсета). С другой стороны, шири-

на уплотнения должна быть меньше ширины верхней части паза бетонного блока, а верхняя сторона иметь наклон таким образом, чтобы при контакте двух уплотнителей их не выдавливало из паза.

Подошва каждой опоры (нижняя часть уплотнителя, опирающаяся на паз) должна иметь толщину не менее 2 мм, желательно 3 мм. Это важно для нормального вклеивания уплотнителя, поскольку маленькие пузырьки воздуха, находящиеся в клее, уменьшают контакт с бетоном, что может привести к отрыву уплотнителя от блока.

Внутренняя геометрия уплотнения отвечает за распределе-

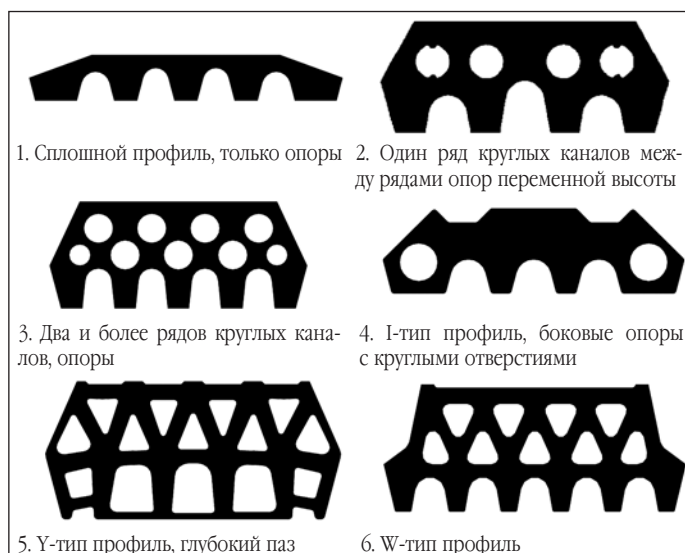


Рис. 1. Обзор несущих систем

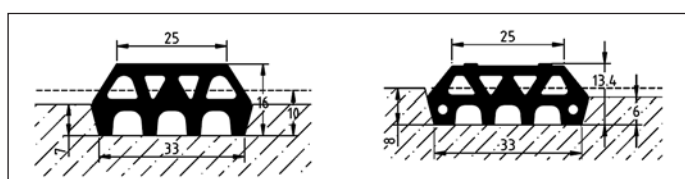
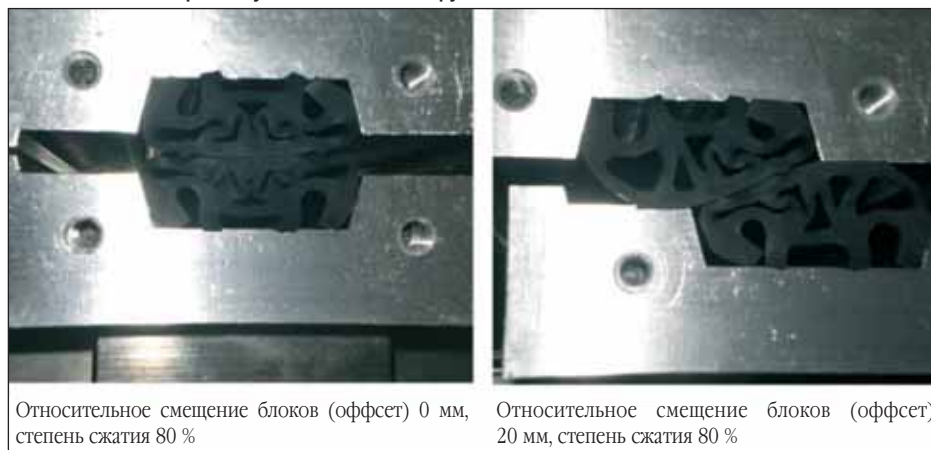


Рис. 2. W-несущая система, паз 33x10(7) и 33x8(6)

## Рис. 3. Испытания прогиба уплотнителя под нагрузкой



Относительное смещение блоков (оффсет) 0 мм, степень сжатия 80 %

Относительное смещение блоков (оффсет) 20 мм, степень сжатия 80 %

\*Продолжение статьи (начало см. МИТ № 1/2014)





Рис. 4. Резиновый уплотнитель на бетонном сегменте, угол склейки стыка 80°



Рис. 5. Испытательный стенд для проведения тестов на водонепроницаемость уплотнителя

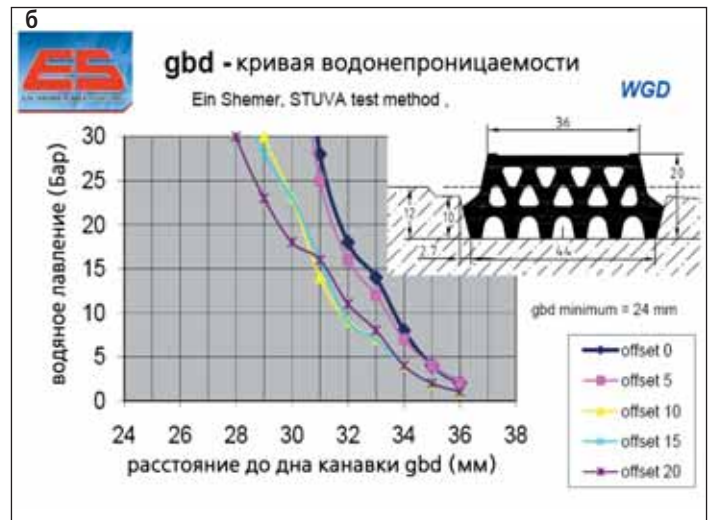


Рис. 6. Результаты испытаний профиля: а – шириной 33 мм; б – шириной 44 мм

ние нагрузок реакции при сжатии и наиболее эффективной передачи нагрузки от внешних сил на боковую поверхность паз.

Примеры различных вариантов внутренней геометрии, которые использовались в прошлом (рис. 1):

- 1 – в случае если допуски в изготовлении сегментов и зазоры очень малы;
- 2 – при больших зазорах;
- 3 – при больших зазорах, но только при низком давлении воды;
- 4 – при очень высоком давлении, но малом смещении;
- 5 – для очень высокого давления воды, паз более глубокий;
- 6 – при высоком давлении воды, паз стандартной глубины.

W-тип профиля (рис. 2) состоит из каналов в виде перевернутых треугольников, опирающихся своей вершиной на опору нижней части профиля для легкой вертикальной деформации. При этом внешняя нагрузка передается через диагонали горизонтальной связующей и далее на боковую поверхность паз.

Площадь поперечного сечения профиля рассчитывается таким образом, чтобы при

полном сжатии уплотнителя избежать выкраивания бетона. Так как разрушение бетонных стенок паз начинается после его 100-% заполнения при сжатии профиля, то стандартным критерием при проектировании считается заполнение (сжатие) профиля на 80 % (рис. 3). Данный параметр применяется при низком давлении воды. При проектировании профиля для его использования в условиях повышенного давления воды паз должен быть заполнен в большей степени, до 90 %. Однако учитывая возможные допуски и наличие в пазе клея, нельзя допускать, чтобы данный параметр приближался к 100 %.

Высота профиля уплотнителя может быть отчетливо видна в углах оклеенных блоков. При правильном монтаже уплотнителя угол резинового профиля находится точно в углу бетонного блока (рис. 4).

#### Тесты на водонепроницаемость

Эти испытания проводятся в соответствии с рекомендацией STUVA, используя испытательный стенд (рис. 5), где стальные плиты заменяют бетонную поверхность трех смежных блоков (место T-образного стыка). Тес-

ты на водонепроницаемость делаются с 2-кратным превышением проектного давления в тоннеле при наиболее критичном взаимном расположении блоков (максимальный оффсет и минимальное сжатие). Окончательным испытанием является удержание уплотнителем давления в течение 24 ч.

На рис. 6 приведены диаграммы испытаний уплотнительных профилей шириной 33 и 44 мм соответственно.

Результаты данных испытаний могут рассматриваться как результаты краткосрочных испытаний. Для правильного учета всех факторов необходимо принять во внимание эффект релаксации напряжений.

На диаграмме (см. рис. 6) красными стрелками показано значение давления воды 9 бар (по вертикальной оси) при проектно допустимом расстоянии между днами пазов 26 мм (gbd, равно двум глубинам пазов 2×11 мм плюс максимальный зазор gap 4 мм между сегментами блоков, по горизонтальной оси) и оффсете 15 мм (голубая кривая). При проектировании тоннелей допустимое давление должно составлять половину от указанного на диаграмме и полученного в результате испытаний.

# ВЕРТИКАЛЬНЫЕ И НАКЛОННЫЕ ТОННЕЛИ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ (ЭВОЛЮЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ СООРУЖЕНИЯ)\*

В. А. Гарбер, д. т. н., Филиал ОАО ЦНИИС «НИЦ «тоннели и метрополитены»

## Особенности сооружения стволов шахт специальными способами

В 1989 г. для проходки стволов были разработаны шагающие комплексы КШС и КСО. Они предназначены для проходки стволов как в устойчивых породах четвертичных отложений крепостью  $f \geq 0,8$ , так и в коренных породах крепостью  $f \leq 0,8$  по шкале проф. М. М. Протодяконова. Крепь ствола – монолитный бетон или железобетон (табл.).

Комплексы КШС и КСО могут работать по двум технологическим схемам:

- с выдачей породы на поверхность в транспортных сосудах;
- со спуском породы через пробуренную по центру ствола передовую скважину на подходную горизонтальную или наклонную выработку.

В состав комплексов (рис. 9) входят: нож, облегченная секционная опалубка, гидродомкраты перемещения комплекса и задавливания ножа, гидравлическая ковшевая погрузочная машина, бурильная машина, гидродомкраты подъема и опускания забойного оборудования во время взрывных работ, поворотная платформа, рама погрузочной машины, проходческий полук с гидродомкратами распора, гидродомкрат подъема-опускания погрузочной и бурильной машин во время работы.

Отличительной особенностью комплексов является то, что применение гидрофицированного забойного оборудования позволяет использовать автоматизированную систему управления операциями проходческого цикла, а его компактность – проходить стволы практически с нулевой отметки.

Проходческий цикл начинается с разработки и погрузки породы ядра забоя, оставляя по периметру ствола берму 100–200 мм в зависимости от устойчивости пород. Затем гидродомкратами перемещения залавливаются режущий нож, который механическим путем срезает берму и одновременно оформляет стены ствола. После этого убирают распор полка, рамы погрузочной машины и отрывают секции опалубки от бетона, включают пульт управления на слив масла и весь комплекс забойного оборудования опускается на нож, опалубка центрируется, затем производится бетонирование следующей заходки и цикл повторяется.

Технические характеристики шагающих комплексов

	КСО	КШС
Диаметр ствола в свету, м	7,0	8,5
Диаметр ствола в проходке, м	8,0	9,5
Глубина ствола, м, до	200	200
Крепление ствола		Монолитный бетон или железобетон
Толщина крепи, мм	500	500

Таблица

Проходка и возведение обделки стволов шахт под защитой водонепроницаемой стенки из закрепленных грунтов или в грунтах, осушенных способом водопонижения, выполняются в такой же последовательности и с применением такого же оборудования, как и при обычном способе производства работ. Проходку начинают только после окончания всего комплекса работ по закреплению грунтов или водопонижению и после оформления приемочного акта.

Применение того или иного способа искусственного закрепления грунтов вызывает только некоторые особенности в выполнении отдельных операций по проходке ствола и возведению обделки.

### Применение искусственного замораживания грунтов

Этот способ заключается в искусственном замораживании водоносных грунтов или пльвунов, в которых предусматривается сооружение ствола шахты. Вокруг будущего контура ствола через всю толщу водоносных грунтов бурят скважины, заглубляя их в водоупорный слой на 2–3 м. При отсутствии на глубине, до которой проходят ствол, водоупора бурят несколько скважин в пределах сечения ствола для

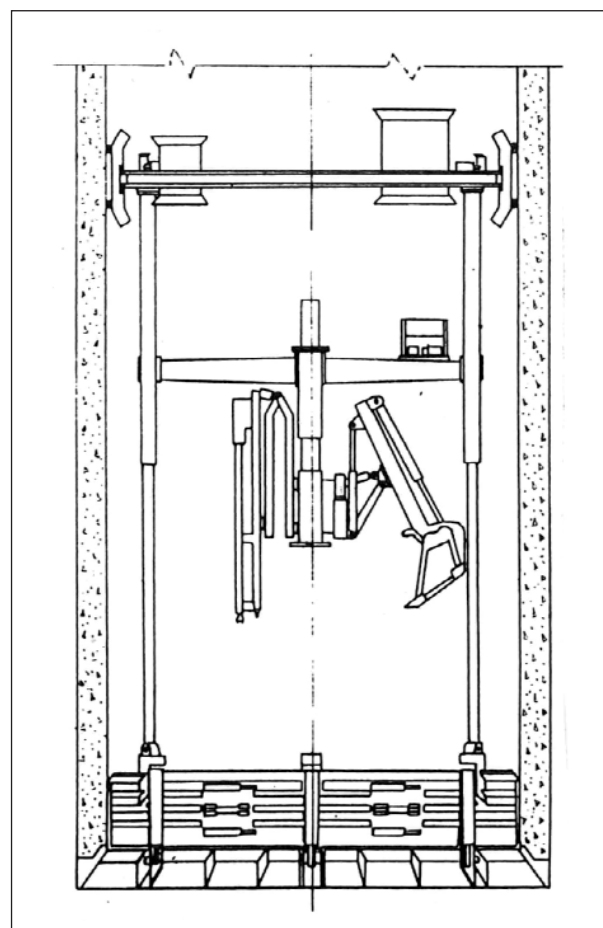


Рис. 9. Комплекс шагающий с монолитной бетонной крепью КШС

образования подушки из замороженных грунтов.

Для наблюдения за процессом замораживания бурят контрольные скважины; гидрогеологические (не менее двух, одна внутри, другая за пределами замораживаемого контура) для наблюдения за колеба-

\*Продолжение статьи, опубликованной в МИТ № 1-2014.



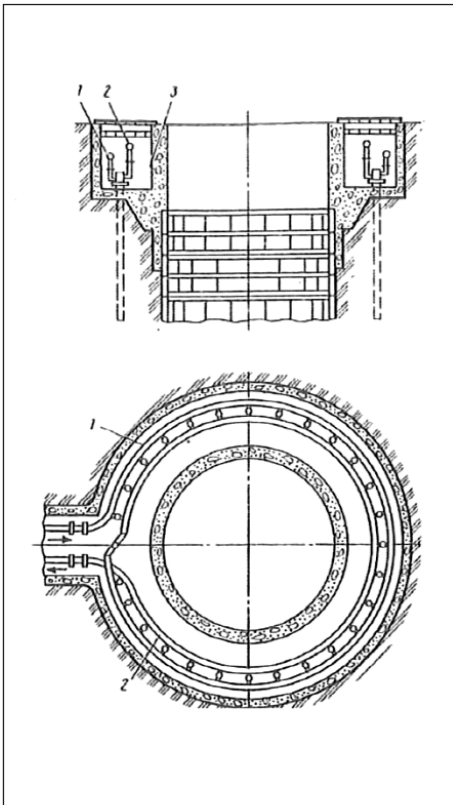


Рис. 10. Галерея для распределителя и коллектора

ниями грунтовых вод и термометрические, оборудованные термометрами для измерения температуры грунта. Термометрические скважины располагают между замораживающими колонками и внешней границей льдопородного ограждения в количестве не менее 10 % от общего числа замораживающих скважин.

Диаметр гидрогеологических и термометрических скважин принимают равным 75–100 мм.

Питающие трубы замораживающих колонок подключают к распределительному рассолопроводу 1 (рис. 10), отводящие трубы 2 подключаются к коллектору. Распределительный рассолопровод и коллектор размещаются в галерее 3. Обычно для рассолопровода принимают трубы диаметром 150–250 мм, прокладываемые в траншеях, глубина которых назначается больше глубины промерзания грунта. Трубы укладывают на деревянные подкладки и закрывают теплоизоляционным материалом, после чего траншею засыпают грунтом. Оборудование замораживающей станции монтируют в соответствии с заводскими инструкциями.

Проходка шахтных стволов в искусственно замороженных грунтах имеет свои особенности, так как в замороженном состоянии водоносные пески и глинны изменяют свои физико-механические свойства и при их разработке частицы грунта имеют форму линз с острыми углами.

Глинистые и песчаные грунты разрабатывают отбойными молотками или специальными лопатами. Сначала на глубину 1 м

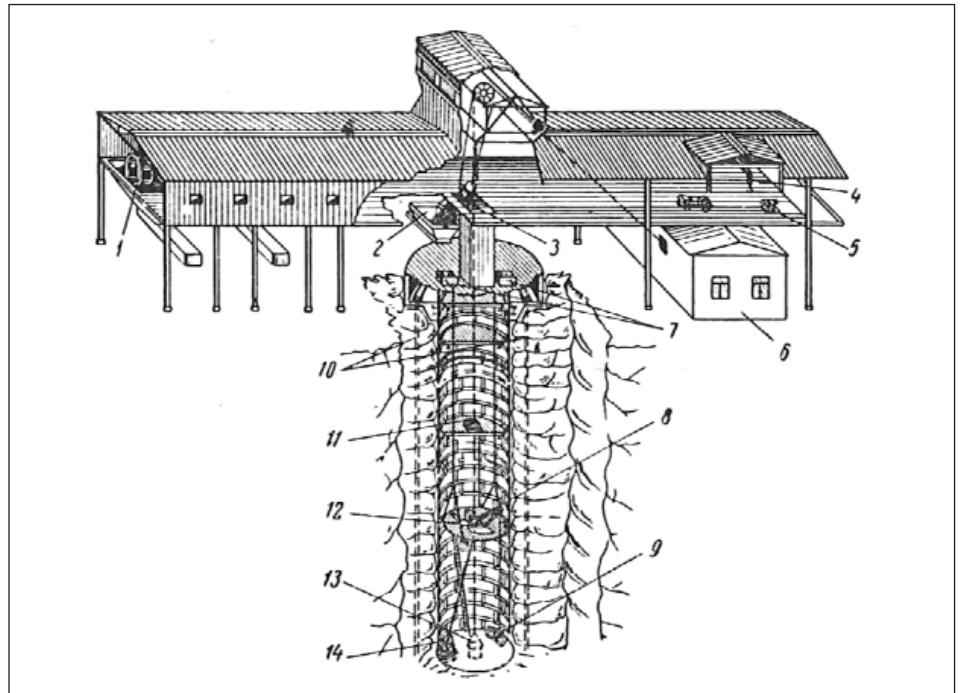


Рис. 11. Проходка ствола с применением искусственного замораживания грунтов: 1 – бункерная эстакада; 2 – временный бункер; 3 – механизированная механическая лядя; 4 – тельферная эстакада; 5 – лебедка для открывания металлической ляди; 6 – машинное помещение; 7 – ручные лебедки для подвески полка; 8 – редукторная лебедка грузоподъемностью 1,5 т со стрелой для установки тубингов; 9 – захват для установки тубингов; 10 – замораживающие колонки; 11 – лебедка для подвески пневмогрузчика; 12 – металлический полук; 13 – бадня емкостью 0,8 м<sup>3</sup>; 14 – пневмогрузчик БЧ-1

разрабатывают зону талых грунтов, а затем производят отбойку замороженных грунтов, продвигаясь от центра к периферии ствола. Если проморожено все сечение, то в центре забоя отбойными молотками делают вруб глубиной 0,5 м и дальше продолжают отбойку в том же порядке. При разработке грунта около замораживающих колонок необходимо соблюдать особую осторожность.

Буровзрывные работы разрешается применять только в устойчивых грунтах, причем должна быть обеспечена целостность льдогрунтового цилиндра. Работы ведутся методом мелкошпуровых зарядов. Для бурения шпуров применяют перфораторы, выбор которых производят в зависимости от крепости грунта. При этом для промывки шпуров в замороженной зоне применяют слабый раствор хлористого кальция.

Одним из специальных способов сооружения стволов является проходка опускным кессоном (рис. 12).

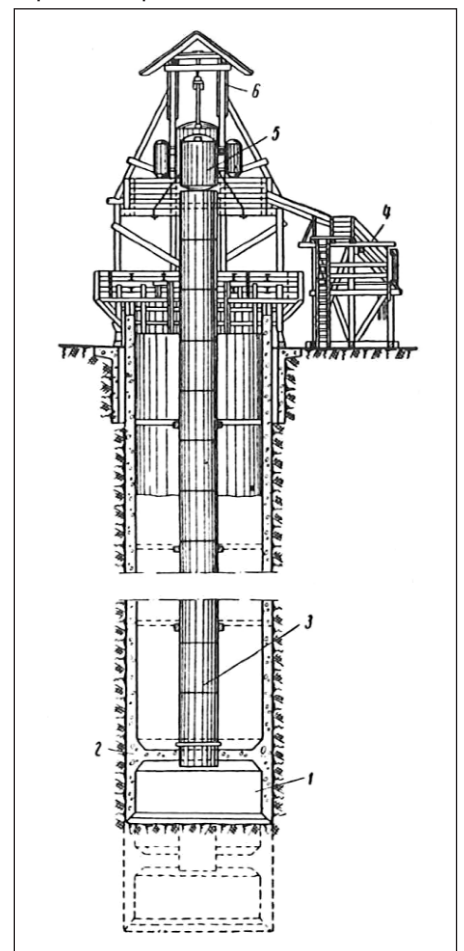
Этот способ в последние годы применяется редко ввиду дефицита кадров кессонщиков: работа под сжатым воздухом весьма вредная для здоровья людей.

#### Применение химического закрепления грунтов (силикатизация и смолизация)

Способ закрепления грунтов, основанный на применении растворов жидкого стекла, называют силикатизацией, а способ, который основан на применении растворов органических смол, смолизацией.

Работы по химическому закреплению грунтов состоят из забивки иньекторов, по-

Рис. 12. Проходка ствола опускным кессоном: 1 – рабочая камера кессона; 2 – потолок кессона; 3 – шлюзовая труба; 4 – бункер; 5 – шлюзового аппарат; 6 – копер



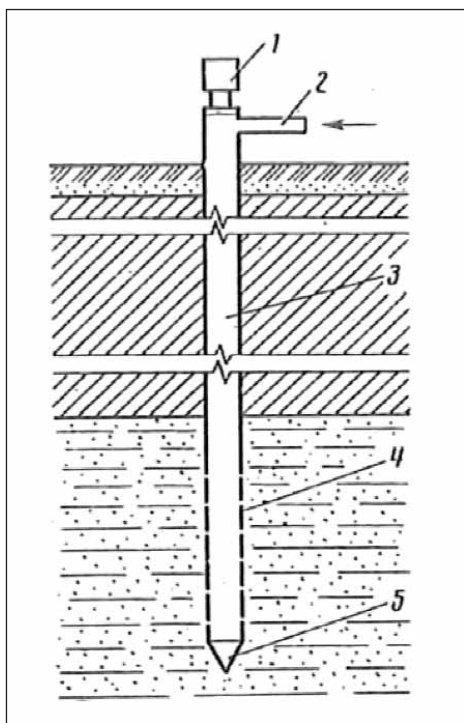


Рис. 13. Инъектор для химического закрепления грунтов

догрева реактивов, нагнетания растворов и извлечения инъекторов.

Инъектор (рис. 13) представляет собой колонку стальных бесшовных труб 3 с внутренним диаметром 25–38 мм.

Для облегчения забивки в грунт нижняя часть инъектора снабжена коническим наконечником 5; на высоту 0,5–1 м он имеет перфорированные отверстия 4 диаметром 1–2 мм. Верхняя часть инъектора имеет штуцер 2 для присоединения нагнетательного шланга и наголовник 1 для восприятия ударов при погружении.

Инъектор собирают из отрезков труб длиной 1–2 м. Погружают в грунт инъекторы пневматическими отбойными молотками или дизель-молотами копровых установок. Применять вибраторы нельзя в связи с местным уплотнением грунтов. Глубина погружения в песках достигает 10–12 м. При необходимости закрепления грунтов, залегающих на большой глубине, бурят скважины, а затем забивают инъекторы. Закрепляющие растворы, подогретые до температуры +40 °С, нагнетают под давлением насосами производительностью 5–10 л/мин.

#### Применение цементации и битумизации

При проходке ствола шахты в сильнопористых и трещиноватых грунтах наблюдаются большие притоки воды в ствол. В этих случаях трещины и поры, по которым поступает вода через скважины, необходимо заполнять тампонирующим материалом. В зависимости от нагнетаемого в скважины материала различают цементацию или битумизацию. Тампонирующее грунта бывает предварительное для проходки ствола и последующее после про-

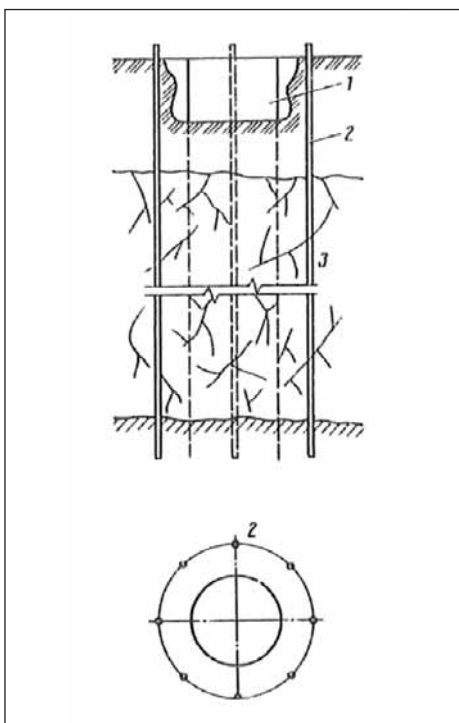


Рис. 14. Схема предварительной цементации грунта с поверхности

ходки ствола, служащее для уплотнения обделки или укрепления грунта за обделкой. Тампонажные растворы можно нагнетать через скважины, пробуренные с поверхности земли или из забоя ствола, что определяется на основании экономических расчетов.

#### Предварительная цементация грунтов

Существуют два способа нагнетания цементного раствора – циркуляционный и зажимной. При циркуляционном способе раствор нагнетается под постоянным давлением, несколько превышающим гидростатическое давление подземных вод, при этом часть раствора, не поглощенная трещинами, возвращается. При зажимном способе весь цементный раствор поглощается грунтом; это требует непрерывного увеличения давления для его нагнетания.

В скальных трещиноватых грунтах, а также гравелистых с крупностью зерен более 2 мм, чистых от песчано-глинистых примесей, при притоке воды до 80 м<sup>3</sup>/сут применяется предварительный тампонаж.

В случае предварительной цементации грунта с поверхности земли (рис. 14) вокруг будущего ствола 1 бурят скважины 2, которые должны пересечь грунты 3, подлежащие цементации, и заглубиться в водоупор на глубину 2–5 м. Скважины располагают по окружности диаметром на 4–5 м больше диаметра ствола шахты в проходке на расстоянии 2–3 м одна от другой. При глубине скважины до 100 м диаметр устья скважины принимается 145 мм, а при глубине скважины до 300 м – 269 мм.

Предварительная цементация грунта из забоя ствола (рис. 15) производится на глу-

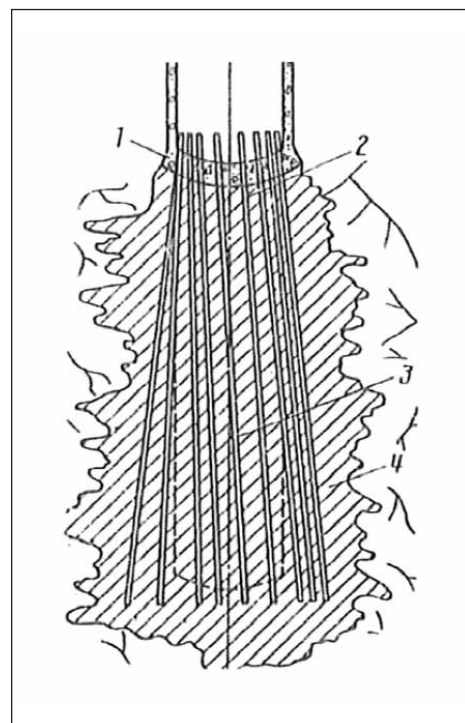


Рис. 15. Схема цементации грунта из забоя шахтного ствола

бину 15–20 м. Предварительно в забое ствола сооружают бетонную (тампонажную) подушку 1, через которую бурят скважины 2, в устье которых устанавливают кондукторы диаметром 108 мм. Если необходимо установить обсадные трубы, диаметр скважины под них принимается 55 мм.

#### Последующая цементация

Она заключается в нагнетании цементного раствора за обделку пройденного ствола через специальные трубки, установленные в обделке.

Последующую цементацию применяют для устранения или снижения притоков воды, поступающей в шахтный ствол, упрочнения обделки, уплотнения и упрочнения грунтов, заполнения тампонажным раствором пространства между обделкой и грунтом.

#### Битумизация грунтов

Битумизация применяется в грунтах, имеющих пустоты или трещины размером не менее 3 мм (не заполненные рыхлым материалом), с коэффициентом фильтрации более 80 м/сут.

Предварительную битумизацию грунта производят с поверхности земли или из забоя ствола шахты на всю мощность водоносных трещиноватых грунтов или отдельными заходками.

Работы, связанные с битумизацией трещиноватых грунтов, выполняются в определенной последовательности: бурение скважин, монтаж оборудования скважин, приготовление битума, нагнетание битума в трещины или пустоты грунта.

Серьезным недостатком способа битумизации является то, что битум, будучи да-



же в твердом состоянии, не теряет своей пластичности, поэтому при определенном внешнем давлении он начинает течь и выдавливаться из трещин. В связи с этим применять предварительную битумизацию для тампонирувания трещин и пустот, заполненных водой, при гидростатическом давлении свыше 0,20 МПа не рекомендуется. Можно применять последующую битумизацию для тампонирувания трещин и пустот за обделкой ствола.

#### Применение водопонижения

В результате откачки воды в водоносном пласте образуется депрессионная воронка, вершина которой должна находиться ниже забоя шахты. В этом случае проходка ствола производится в осушенном грунте. Полное осушение достигается лишь в скальных трещиноватых грунтах.

При искусственном понижении уровня подземных вод над водоупорным пластом всегда остается некоторая толща неосушенного грунта. Для ее пересечения стволом необходимо применить другие средства осушения, например, иглофильтры или специальные способы проходки с использованием забивной крепи.

#### Сооружение стволов шахт с применением специальных видов крепи

В водонасыщенных неустойчивых грунтах, подстилаемых глинами или суглинками, иногда бывает целесообразным отказаться от сооружения стволов шахт с предварительным искусственным укреплением грунта и применить забивную или опускную крепь.

В зависимости от гидрогеологических условий участка применяют деревянную или стальную забивную крепь.

#### Деревянная забивная крепь (шпунт)

Различают два вида деревянной крепи: прямую (вертикальную) и косую. Один ярус комплекта шпунтов, забитых по всему контуру ствола, называют «посадом».

Вертикальную забивную крепь наиболее целесообразно применять в случаях, когда водоносные грунты можно пересечь одним посадом шпунтов. Деревянный шпунт изготавливают из сосновых или дубовых досок толщиной 50–100 мм и шириной 150–200 мм. Длина его принимается в зависимости от способа забивки от 2 до 6 м (6 м при механической забивке) и должна быть на 1–2 м больше мощности водоносного пласта. Наибольшая мощность слоя водонасыщенных грунтов, проходимых за один посад вертикальной крепью, составляет 3–4 м.

Если забивка шпунта предусматривается из забоя, работы выполняют в следующем порядке (рис. 16). В грунтах, расположенных выше водонасыщенных пластов, ствол шахты проходят обычным способом. При этом внутренние размеры обделки участка ствола 1, расположенного выше забивной крепи, должны быть больше проектных размеров ствола 4. Между забоем ствола и водоносным пластом оставляют слой грунта естественной влажности толщиной 0,5–0,7 м, на котором укладывают два направляющих кольца 3 из швеллеров № 18–20. Внутреннее кольцо имеет наружный диаметр, равный диаметру ствола шахты в проходке. В кольцевом промежутке между направляющими кольцами 3 устанавливают вертикально шпунты 2. Шпунты с металлическими наголовниками плотно подгоняют один к одному и забивают заходками по 20–50 см, перемежаясь по контуру ствола. Для забивки применяют молоты или вибропогружатели. По мере забивки шпунтов грунт из забоя вынимают на столько, чтобы концы шпунтов не были обнажены. Промежуточные кольца устанавливают через 1–1,2 м и тщательно раскрепляют. Если не удастся перекрыть всю толщу неустойчивых грунтов одним посадом, внутри него укладывают другие два направляющих кольца и забивают второй посад и т. д. При забивании каждого нового посада происходит соответствующее сужение сечения ствола шах-

ты, что является крупным недостатком данного способа.

После заглубления шпунта в подстилающий водоупорный грунт на глубину не менее 1 м сразу же по всему периметру возводят обделку ствола, при котором элементы забивной крепи не извлекают.

#### Стальная забивная крепь (шпунт)

Стальной шпунт применяют для проходки водоносных грунтов мощностью до 12 м.

В СССР изготавливались следующие типы стальных шпунтов: плоские ШП-1 (рис. 17а), корытные ШК-1 (рис. 17б) и зетового профиля ЩД-3 (рис. 17в). В практике строительства наиболее часто применяют шпунты плоской формы ШП-1 длиной до 17 м. Стальные шпунты являются инвентарными и используются многократно. Погружение шпунтов осуществляется с помощью вибраторов или вибромолотов.

Для обеспечения вертикальной забивки шпунтов устраивают деревянные или стальные направляющие, которые располагаются в два яруса.

Погружение отдельных шпунтин производится равномерно небольшими заходками 0,3–0,5 м.

К выемке плавуна разрешается приступать только после заглубления шпунтового ограждения в водоупор не менее чем на 0,5 м. Выемку осуществляют при помощи грейфера или вручную с помощью бадей. По мере выемки грунта через каждые 0,7–1 м подвешивают кольца из швеллеров № 20–24 по типу временной крепи.

#### Применение опускной крепи

Опускную крепь применяют при проходке стволов шахт в водоносных неустойчивых грунтах при следующих условиях: мощности водонасыщенных грунтов до 10 м; напоре вод водоносного пласта до 10 м вод. ст.; отсутствии включений в проходимых грунтах (валунов с размером в поперечнике более 10 см); под водоносными грунтами должен залегать

Рис. 16. Вертикальная забивная крепь

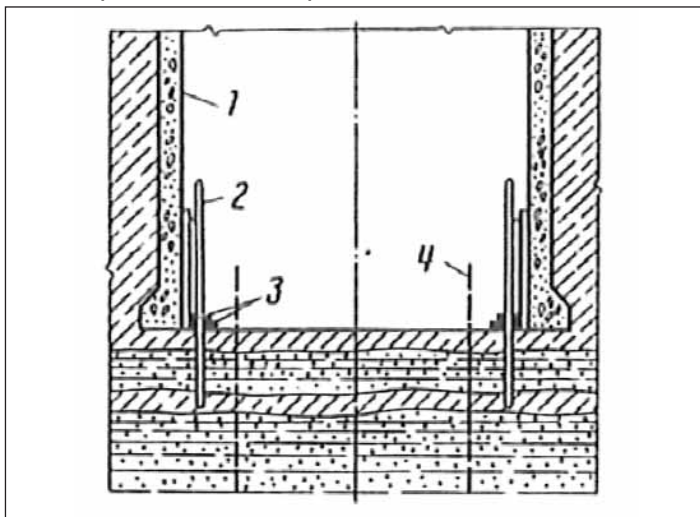
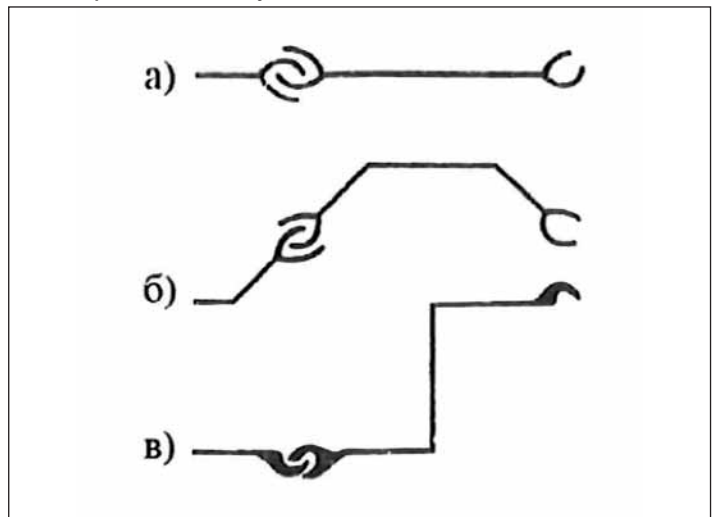


Рис. 17. Крепи стальных шпунтов



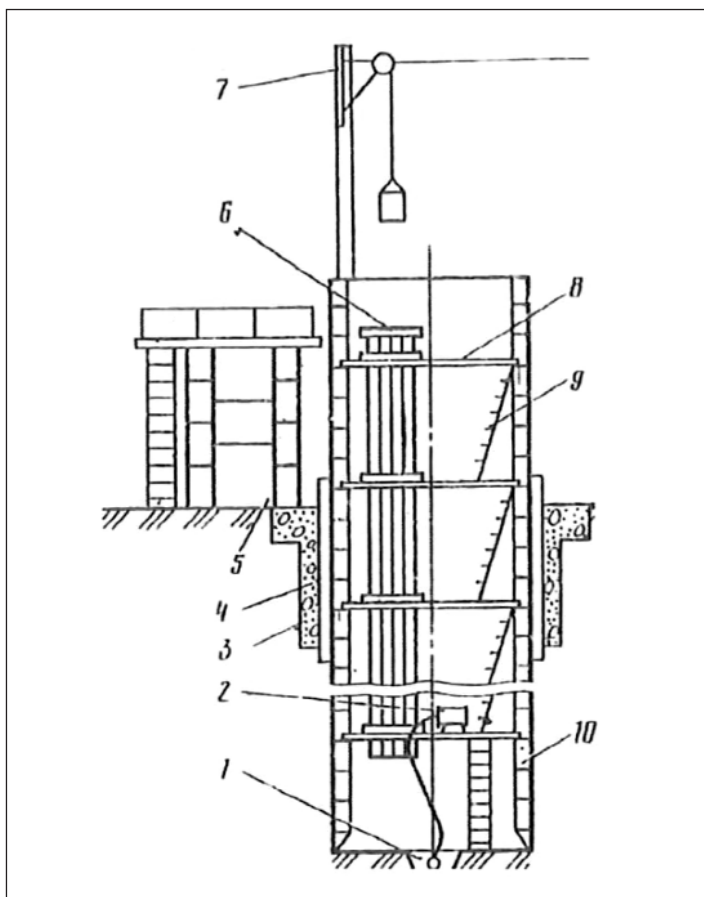


Рис. 18. Схема проходки стволов с применением опускной крепи

пласт водоупора мощностью не менее 3 м; глубина залегания водонасыщенных грунтов не должна превышать 30 м от поверхности земли.

Опускная крепь обычно круглой формы и состоит из двух основных частей: режущего башмака и стенок. Режущие башмаки изготавливают из чугуна или железобетона. На режущем башмаке возводят стенки опускной крепи, которые могут быть бетонными, железобетонными, чугунными или стальными. Бетонную опускную крепь применяют при глубине залегания неустойчивых грунтов до 20 м. При большей мощности неустойчивых грунтов применяют железобетонную или металлическую опускную крепь. Стенки бетонной или железобетонной крепи в вертикальном направлении связывают с режущим башмаком стальными анкерными болтами.

Монолитная опускная железобетонная крепь – это цилиндр, высота которого принимается равной глубине погружения ее до проектной отметки.

Опускную крепь из тубингов собирают на всю длину или только частично с последующим наращиванием во время проходки ствола; режущий башмак изготавливают из срезанных наискось тубингов.

Для опускания крепи под действием собственного веса монтируют комплекс подъемно-транспортного оборудования (рис. 18) – кран-укосину 7 с бункерной эстакадой 5. Внутри крепи 10 по расстрелам

устанавливают прочные настилы 8, бадье-вое отделение 6, лестницы 9, на нижней полке монтируют временную насосную установку 2. Опускание крепи производят следующим образом: из-под режущего башмака вынимают или вырубают опорные брусья; под действием собственного веса крепь, скользя по направляющим брусьям 3, прикрепленным к оголовнику 4, врезается в грунт.

#### **Погружение опускной крепи в тиксотропной рубашке**

Тиксотропная рубашка представляет собой раствор глины в воде, которым заполняют зазор между наружными стенками опускной крепи и грунтом. Тиксотропный раствор снижает силы трения опускной крепи о грунт, удерживает стенки горной выработки от обрушения и снижает водопроницаемость грунта за счет проникания в нее глины.

Для приготовления тиксотропного раствора применяют бентонитовые глины, а при отсутствии их – местные глины, пригодность которых определяют лабораторными испытаниями.

Работы по сооружению ствола шахты способом погружения крепи в тиксотропной рубашке выполняются следующим образом (рис. 19).

До начала проходки сооружают оголовник 5 ствола, в котором закрепляют двутавровые балки 6 с упорами 7 для домкратов

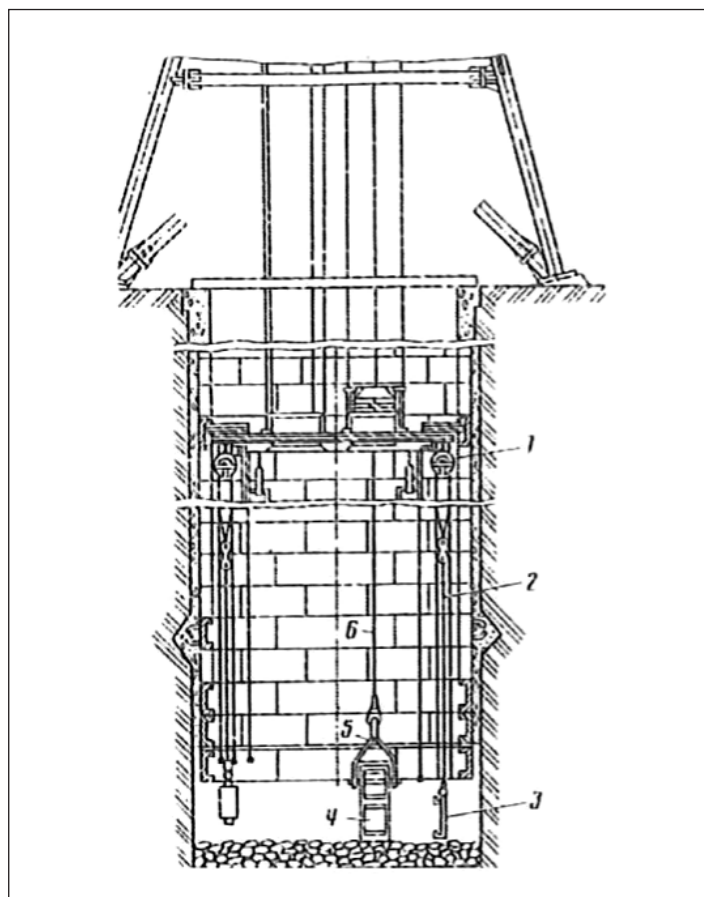


Рис. 19. Схема погружения крепи в тиксотропной рубашке

и монтируют опускную крепь 3 с ножевым кольцом 2. Затем устанавливают гидравлические домкраты, заглубляют крепь и внутри нее монтируют подвесной полок 4. Диаметр ножевого кольца на 15–20 см превышает диаметр опускной крепи и таким образом при заглублении крепи между ней и грунтом образуется зазор. Пространство между тубинговой крепью и стенками грунта заполняется тиксотропным раствором. В забое ствола грунт разрабатывают грейфером 1. На поверхности земли грунт разгружают в бункер, затем грузят в автосамосвалы и транспортируют в отвал. Одновременно с разработкой грунта, гидравлические домкраты вдавливают опускную крепь, так как собственного веса крепи из тубингов для вдавливания недостаточно. Положение крепи проверяется через 1 м погружения. Смещения и перекосы устраняются теми же гидравлическими домкратами. После разработки грунта и погружения опускной крепи на 1 м при помощи крана монтируют следующее кольцо обделки из тубингов.

После проходки неустойчивых грунтов опускную крепью ножевое кольцо необходимо погрузить в устойчивые грунты на глубине не менее 1 м. Зазор между оголовником и опускной крепью бетонизируется. Затем откачивается вода из ствола и демонтируется ножевое кольцо. Далее проходка ствола ведется обычным способом.



(Окончание следует)





# ГРЯЗНАЯ РАБОТА — ПРОЩЕ ПРОСТОГО!

- Повышенная износоустойчивость (корпуса насоса и крыльчатки)
- Работа «всухую» в течение неограниченного времени
- Встроенная функция взмучивания бентонита, шлама и песка
- Попадание влаги в корпус насоса исключено
- Возможность работы в горизонтальном положении
- Сгорание двигателя исключено
- Сделано в Японии

Официальный дистрибьютор  
Tsurumi Pump в России:  
ООО "ТК "Решетилов и Ко"  
129110, г. Москва  
ул. Гиляровского, д. 57, стр. 1  
**тел.: +7 (495) 649 87 59**  
info@reshetilov.ru  
www.reshetilov.ru

реклама



РЕШЕТИЛОВ

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ И ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ КРЕПЛЕНИЯ КОТЛОВАНА И ПРИЛЕГАЮЩЕГО К НЕМУ ГРУНТОВОГО МАССИВА

В. О. Буценко, инженер, магистр техн. наук, ОАО «Минскметропроект»

**В условиях урбанизированной среды нет возможности устраивать большие котлованы, и во главу угла ставится максимально возможное уменьшение размеров строительной площадки. По этой причине возникает необходимость в усовершенствовании конструкций креплений котлованов и, что также немаловажно, методов их расчета. Это необходимо для прогнозирования перемещения стен котлована и окружающего грунта. Широкое применение заанкеренных подпорных стенок в качестве вертикальных ограждающих конструкций котлованов с креплением их буроинъекционными анкерами требует подробного изучения и анализа напряженно-деформированного состояния грунтового массива за подпорной стенкой и в ее основании, для получения достоверного метода расчета таких конструкций.**

## Состав исследования

Целью исследований является достижение точности и достоверности расчета заанкеренных подпорных стен за счет натуральных экспериментальных исследований и анализа напряженно-деформированного состояния численными методами.

Изучению подлежит работа заанкеренных подпорных стен в инженерно-геологических условиях строящейся станции Минского метрополитена «Петровщина».

Выполнен численный анализ напряженно-деформированного состояния заанкеренных подпорных стен, учитывающий стадийность их устройства, сравнение результатов расчетов с данными геодезических наблюдений.

Произведен численный анализ напряженно-деформированного состояния буроинъекционных анкеров и сравнение результатов с данными испытаний анкеров.

## Конструктивное решение ограждения котлована

Ограждение котлована рассматриваемой станции метро «Петровщина» выполнено в традиционном для объектов мет-

рополитена конструктивном решении – из металлических шпунтовых балок с забиркой из деревянных брусьев и досок между ними (рис. 1). В двух уровнях ограждение закреплено буроинъекционными анкерами.

Шпунтовые балки (рис. 2) представляют собой прокатные металлические элементы двутаврового профиля 60Б1. Глубина котлована составляет 9,3 м. Глубина погружения шпунтового ограждения – 3,5 м.

Анкерное крепление ограждения состоит из двух ярусов анкеров (рис. 3). Первый ярус установлен на расстоянии 1,9 м от уровня верха сваи. Длина анкера 13,2 м, шаг установки 5,2 м. Второй ярус установлен на расстоянии 4,4 м от уровня верха сваи. Длина анкера 11,7 м, шаг установки 1,6 м.

Данное крепление представляет собой ряд буроинъекционных преднапряженных анкеров из стальных стержней диаметром 40 мм. Все анкера выполнены с инъекцией цементного раствора в геотекстильную оболочку, что позволяет сформировать требуемую геометрию корней анкеров и исключить неконтролируемый выброс цементного раствора при инъекции.

## Данные геодезических наблюдений за смещением подпорных стен и результаты испытаний анкеров

Во время всего строительства, начиная с момента устройства шпунта и до закрытия котлована, с периодичностью раз в месяц измеряются перемещения верха свай. Данные проведенных наблюдений на момент полного вскрытия котлована приведены в табл. 1 и 2.

Результаты натуральных испытаний анкеров представлены ниже в виде графика зависимости «Нагрузка – Перемещение головы анкера» анкеров, расположенных по расчетному сечению подпорной стены (см. рис. 7).

Смещение верха свай подпорной стенки при полной разработке грунта в котловане на 36-метровом участке крепления варьируется от +4 до –68 мм. Среднее значение составило 32,88 мм для левого борта котлована и 46,9 мм – для правого.

Зависимость перемещений головы анкера от выдергивающей нагрузки имеет нелинейный характер в диапазоне усилий до 360 кН. Доля упругих перемещений составляет – 61 %, а остаточных – 39 % от суммарного, для последней ступени нагружения.

Рис. 1. Общий вид ограждения котлована



Рис. 2. Конструктивные элементы ограждения котлована: 1 – шпунтовые балки; 2 – ярус анкерного крепления; 3 – забирка из деревянных досок







Рис. 3. Анкерное крепление ограждения

Таблица 1  
Сваи по левому борту

№ сваи	Смещение верха сваи, мм
3	26
5	20
7	4
9	48
11	68
15	27
17	27
19	43
Ср. значение	32,88

Таблица 2  
Сваи по правому борту

№ сваи	Смещение верха сваи, мм
21	33
23	42
25	38
27	55
29	43
31	50
33	67
35	44
37	50
39	47
Ср. значение	46,9

**Общие качественные закономерности изменения НДС гибкой подпорной стенки в процессе ее устройства**

Анализ напряженно-деформированного состояния заанкеренной подпорной стенки на всех стадиях ее устройства, в том числе с учетом построения первоначальных бытовых напряжений в грунтовом массиве, производился по результатам расчета подпорной стенки методом конечных элементов, реализованном с помощью программного комплекса PLAXIS (рис. 4).

Расчет вели на расчетную длину 1 м исходя из условий плоской задачи.

*Стадия 1.* Разработка грунта в основании подпорной стенки до глубины на 0,7 м ниже уровня устройства первого яруса анкеров приводит к небольшому горизонтальному смещению грунта за ней в уровне низа вскрытого котлована. Грунт дна котлована получает незначительное вертикальное перемещение. Активное давление на данном участке близко к нулю.

*Стадия 2.* Преднапряжение первого яруса анкерного крепления приводит к увеличению горизонтального перемещения грунта в уровне верха котлована. Вдоль корня анкера появляются незначительные смеще-

ния грунта. Изгибающий момент верхней части шпунта значительно возрастает, достигая максимального значения в месте установки анкера.

*Стадия 3.* Разработка грунта в котловане до глубины на 0,7 м ниже уровня устройства

второго яруса анкеров приводит к увеличению зон перемещений грунта вдоль корня анкера и к появлению зон смещения ниже дна котлована у основания шпунтовой стены. Перемещение верха крепления котлована увеличивается до 27 мм.

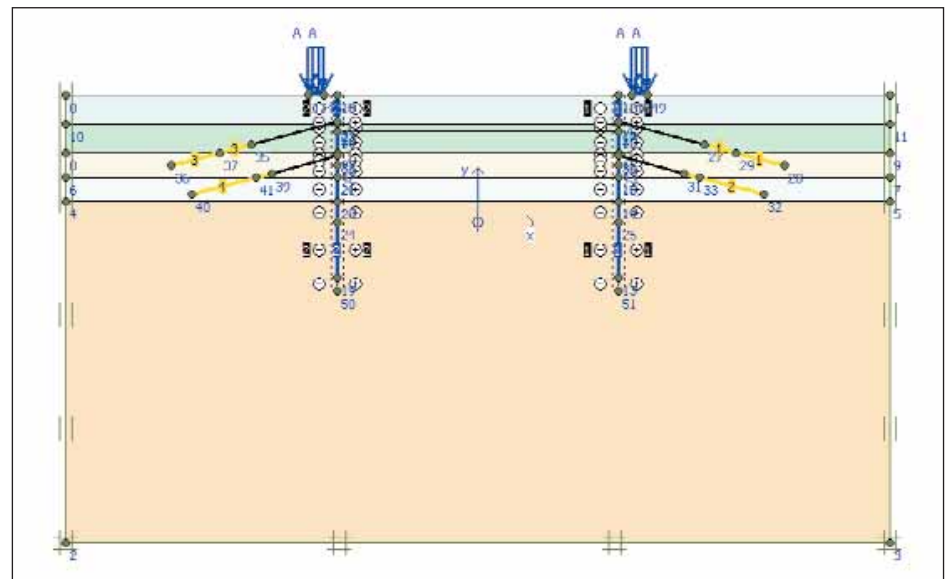


Рис. 4. Геометрическая модель при расчете в программе PLAXIS

**Внутренние усилия и перемещения**

Таблица 3

Шаг устройства котлована	Изгибающий момент в шпунте, кНм/м		Продольное сжимающее усилие в анкере, кН/м		Горизонтальное перемещение верха шпунта, м	Относительное перемещение $\Delta L/H$ , м
	Верх шпунта	Низ шпунта	Верхний анкер	Нижний анкер		
1	-3,881	-36,65			0,015	0,0016
2	-124,181	97,344	276		0,022	0,0023
3	-119,697	131,379	289,9		0,027	0,0029
4	-128,698	119,537	232,1	276	0,030	0,0032
5	-133,174	202,458	234,7	317,3	0,029	0,0031
6	-131,854	205,765	239,7	326,0	0,026	0,0028

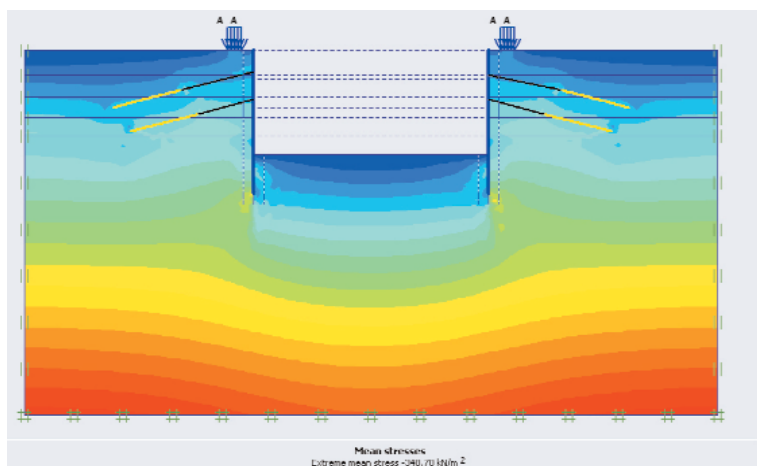


Рис. 5. Напряжения, возникающие на последней стадии устройства крепления

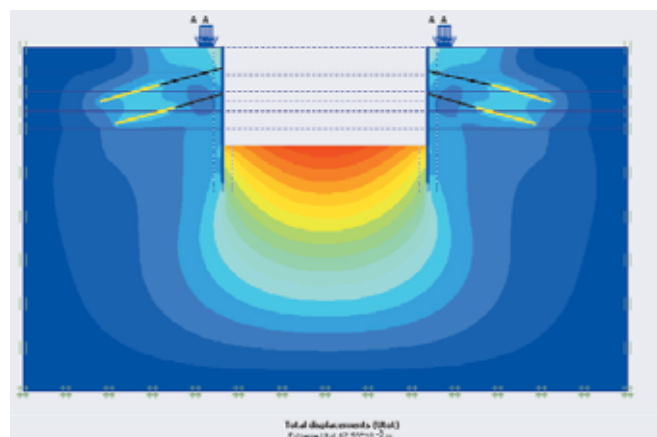


Рис. 6. Перемещения, возникающие на последней стадии устройства крепления

**Стадия 4.** Преднапряжение нижнего яруса анкерного крепления приводит к увеличению горизонтальных напряжений в прилегающем массиве грунта. Зоны перемещений грунта вдоль анкерных корней смыкаются, образуя область с большими перемещениями относительно окружающего массива грунта. Изгибающий момент верхней части шпунта получает два экстремума в точках расположения анкеров. Перемещения верха котлована достигают своего максимального значения.

**Стадия 5.** Полная выемка грунта в котловане. Происходит образование зон предельного напряженного состояния грунта на глубину до 2 м в ее основании, т. е. местная, локальная потеря

устойчивости и образование призмы выпора. Зоны горизонтальных перемещений охватывают весь окружающий массив грунта с зонами максимальных перемещений в местах расположения корней анкеров и прямо под шпунтом. Наблюдается поднятие дна котлована до 7 см.

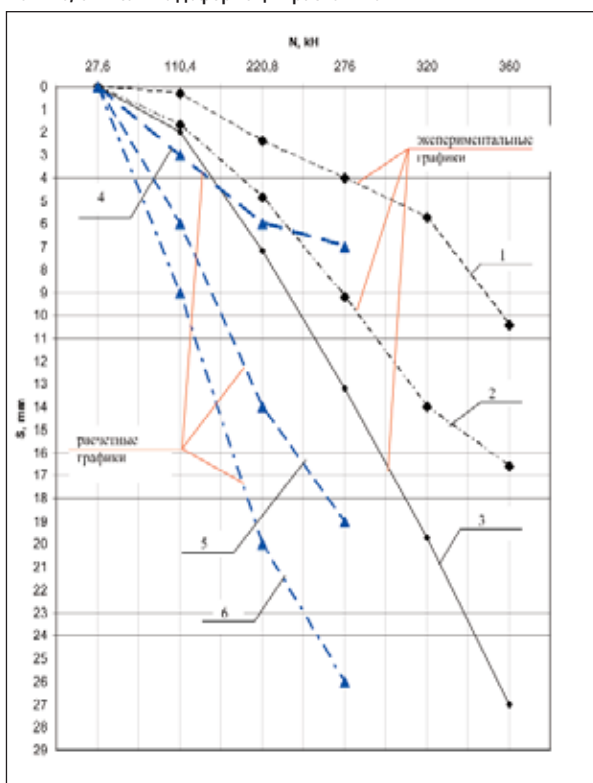
**Стадия 6.** Приложение временной нагрузки на поверхности грунта приводит к увеличению давления грунта за подпорной стенкой.

Внутренние усилия в анкере, в шпунте и перемещения верха стены на различных стадиях устройства котлована представлены в табл. 3. На основании анализа таблицы можно сделать вывод, что максимальный момент в шпунте возникает на пятой промежуточной стадии устройства котлована. Максимальное усилие в анкере происходит на шестой стадии, незначительно увеличиваясь по сравнению с пятой (рис. 5 и 6). Наибольшее смещение верха котлована наблюдается на четвертой стадии при натяжении анкеров второго яруса. В ходе дальнейшего устройства котлована перемещения незначительно уменьшаются.

ходных данных, неопределенностью конечной геометрии корня анкера при неконтролируемой инъекции цементного раствора, локальным (точечным) объемом геологических испытаний и влиянием сил трения по боковой поверхности свободной длины анкера.

За критерий сравнения результатов расчетов и натурных наблюдений было принято перемещение оголовка шпунтовых балок подпорной стенки. Величина фронтального смещения по расчетному сечению на конечном этапе при полном вскрытии котлована составила 26 мм (относительное смещение  $S/H = 0,0028$ ) по данным конечно-элементного анализа и 32,88 мм (относительное смещение  $S/H = 0,0035$ ) по данным геодезических наблюдений. Из этого видно, что расчет дает достаточно точное значение перемещения, которым можно пользоваться при проектировании. Полученное расхождение результатов связано с имеющимся в практике заполнением направляющих скважин грунтом без уплотнения после установки шпунта, погрешностью геодезических измерений, а также наличием рыхлых зон грунта за деревянной забиркой, который не уплотняется в ходе ее устройства.

Рис. 7. Совмещенный экспериментальный и теоретический график зависимости перемещений  $S$  головы анкера (полных, остаточных, упругих) от нагрузки  $N$ : 1 – остаточные деформации анкера экспериментальные; 2 – упругие деформации анкера экспериментальные; 3 – полные деформации анкера экспериментальные; 4 – деформации тяги расчетные; 5 – деформации корня анкера расчетные; 6 – полные деформации расчетные



### Расчет перемещений головы анкера при его ступенчатом нагружении в ходе испытаний методом конечных элементов и их анализ

Для получения теоретической кривой зависимости нагрузки от перемещения в голове анкера выполнен его численный расчет (рис. 7).

### Закономерности

Прогнозируемая расчетом деформативность анкера превышает полученную по данным натурных испытаний. К примеру, при усилии 276 кН величина перемещения головы анкера составила 26 мм по данным расчетов и 13,2 мм по данным испытаний. Данное обстоятельство связано с допущениями, принятыми при формировании ис-

### Заключение

Использование метода конечных элементов позволяет с достаточно высокой, для практических расчетов, точностью прогнозировать напряженно-деформированное состояние заанкеренной подпорной стенки на всех стадиях ее устройства.

Методики расчета с упрощенными схемами позволяют довольно точно определить требуемую глубину заделки подпорной стены в грунт. Дальнейший расчет рекомендуется выполнять методом конечных элементов.

Расчет заанкеренных подпорных стен методом конечных элементов в упругопластической постановке позволяет рассчитать их смещение и напряженно-деформированное состояние на всех стадиях работ, что особенно важно при строительстве в стесненных условиях городской застройки. В этой связи, при проектировании заанкеренных подпорных стен рекомендуется выполнять их расчеты методом конечных элементов в упругопластической постановке.



# С нами строить легко!

- Проектирование и строительство подземных частей технически сложных и уникальных объектов (подземные автостоянки, транспортные развязки, гидротехнические сооружения)
- Ограждение котлованов
- Закрепление грунтов
- Усиление фундаментов
- Выполнение работ на памятниках истории и архитектуры



г. Пермь. ул. Кронштадтская, 35  
тел./факс (342) 236-90-70  
тел. в Ижевске (3412) 56-62-11  
тел. в Краснодаре (861) 240-90-82  
тел. в Красноярске (391) 208-17-15  
тел. в Казани (843) 296-66-61

тел. в Москве (495) 643-78-54  
тел. в Самаре (846) 922-56-36  
тел. в Санкт-Петербурге (812) 923-48-15  
тел. в Тюмени (3452) 74-49-75  
тел. в Уфе (917) 378-07-48  
тел. в Челябинске (351) 235-97-98

[www.new-ground.ru](http://www.new-ground.ru), [info@new-ground.ru](mailto:info@new-ground.ru)



(495) 226-18-37  
(342) 219-61-56  
info@anker-system.ru



АНКЕРНЫЕ  
СИСТЕМЫ

# ВИНТОВЫЕ анкера АТЛАНТ



Применение:

- крепление ограждений котлованов;
- крепление подпорных стен, оползневых склонов;
- устройство и усиление фундаментов анкерными сваями.



[www.anker-system.ru](http://www.anker-system.ru)

реклама

Физико-механические свойства винтовых анкерных штанг Атлант проверены и подтверждены протоколом испытаний ИЦ "МЕТАЛТЕСТ" ФГУП "ЦНИИчермет им. И.П. Бардина" (г. Москва)