

# МЕТРОСТРОЙ



# МЕТРОСТРОЙ

ИНФОРМАЦИОННЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

8 1979

ИЗДАНИЕ МОСКОВСКОГО МЕТРОСТРОЯ И  
ИЗДАТЕЛЬСТВА «МОСКОВСКАЯ ПРАВДА»

ОСНОВАН В 1932 ГОДУ

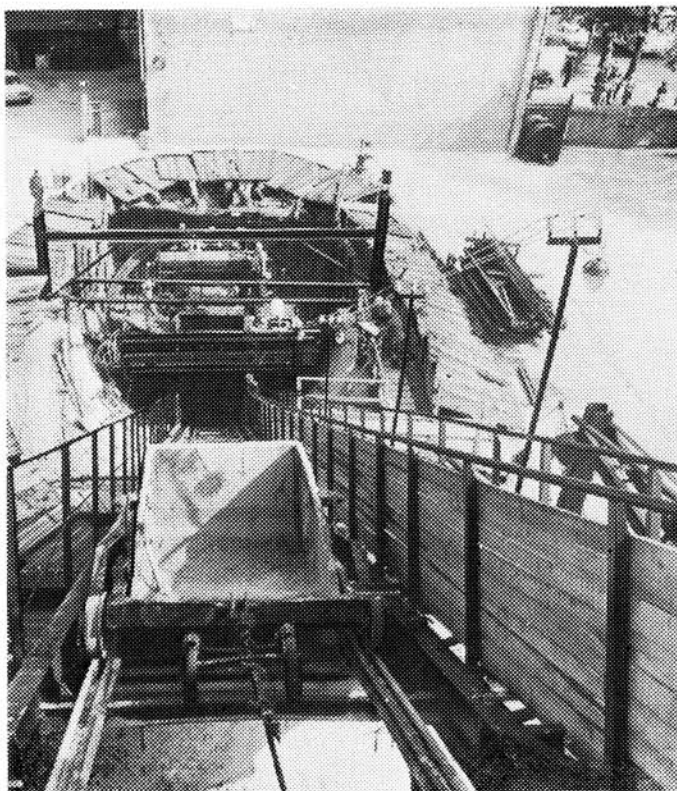
## В НОМЕРЕ:

Передовой опыт — всем коллективам	1
<b>В. Ходош.</b> Создано в СКТБ Главтоннельметростроя	2
<b>В. Самойлов.</b> Перспективы совершенствования экскаваторных щитов	4
<b>И. Нахимович.</b> Из опыта проходки в лессовидных грунтах	7
<b>К. Шляпин, С. Ашпиз, Д. Кислицын.</b> Навигационные устройства ЦНИИС	9
<b>В. Ауэрбах, В. Скопинский, С. Черняков, В. Масловский, Л. Старчевская, В. Ужва.</b> Напряженно-деформированное состояние оболочки щита	10
<b>С. Панкратов.</b> Водопонижение при открытом способе Ереван, первая очередь	12 14
<b>Ю. Вдовин, Ю. Колесникова.</b> Воплощая идеи современности	16
Станции Серпуховского радиуса	17
<b>Я. Дубовский.</b> Профилактика электротравматизма	18
<b>О. Тананайко.</b> Препграда водной стихии	19
<b>А. Лянда.</b> Выбор оптимального продольного профиля линии	20
<b>М. Каган.</b> О качестве испытаний цемента	22
<b>Б. Гуров, Е. Панин, В. Желтухин, Л. Творилев.</b> Горький: особенности строительства	23
<b>А. Стрелков.</b> По законам красоты	24
<b>Г. Земцов, Н. Бондаренко.</b> Автоматический контроль микроклимата	26
<b>Т. Читаишвили, Г. Симошвили, И. Чкуасели.</b> Защита тоннелей от агрессивных вод	28
<b>В. Протченко.</b> С международного симпозиума	30

Ответственный редактор **В. К. МОЛЧАНОВ**

Редакционная коллегия:

**В. А. АЛИХАШКИН, А. С. БАКУЛИН, П. А. ВАСЮКОВ, С. Н. ВЛАСОВ, В. Д. ГОЦИРИДЗЕ, Д. Н. ИВАНОВ, П. С. ИСАЕВ, Ю. А. КОШЕЛЕВ, А. С. ЛУГОВЦОВ, В. Л. МАКОВСКИЙ, С. А. ПОНОМАРЕНКО, Б. П. ПАЧУЛИЯ, В. Г. ПРОТЧЕНКО, Е. Д. РЕЗНИЧЕНКО, А. И. СЕМЕНОВ, Г. А. ФЕДОРОВ, И. М. ЯКОВСОН**



*Сверх задания, установленного пятилетним планом, коллектив Киевметростроя сдал в эксплуатацию восточный участок Святошино-Броварской линии от станции «Комсомольская» до «Пионерской». Его длина 1,7 км.*

*Полным ходом идут работы на строительстве Курневско-Красноармейской линии. Она соединит новый жилой район Оболонь с центром города.*

*На снимках: После сбойки на станции «Т. Шевченко» рабочие участка СМУ-4 (слева направо): проходчик В. Давиденко, машинист щита О. Куренков, проходчик В. Полицук и звеньевой В. Журавкин.*

*Сооружение наклонного хода на станции «Л. Н. Толстого».*

Фото **В. СЕНЦОВА**



# ПЕРЕДОВОЙ ОПЫТ — ВСЕМ КОЛЛЕКТИВАМ

## ЧИТАЙТЕ:

- 2-я стр.

### ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОХОДЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

- 14-я стр.

### У НАС В ГОСТЯХ ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ МАССОВЫЙ СБОРНИК «ГИТУТЮН ЕВ ТЕХНИКА» (АРМЕНИЯ)

- 17-я стр.

### КАК БУДУТ ВЫГЛЯДЕТЬ СТАНЦИИ СТРОЯЩЕГОСЯ СЕРПУХОВСКОГО РАДИУСА

- 19-я стр.

### ПРОЕКТИРУЕТСЯ ДАМБА, КОТОРАЯ ПЕРЕСЕЧЕТ ФИНСКИЙ ЗАЛИВ

- 24-я стр.

### ИЗ ЛЕТОПИСИ МОСКОВСКОГО МЕТРОСТРОЯ

- 30-я стр.

### ОБСУЖДАЮТСЯ ПРОБЛЕМЫ МИРОВОГО ТОННЕЛЕСТРОЕНИЯ

**В** НОЯБРЕ на базе Ленметростроя проведена Всесоюзная школа «Передовой опыт скоростной проходки тоннелей в г. Ленинграде». Ее организовали Госстрой СССР, Минтрансстрой и ВДНХ СССР.

Участники Всесоюзной школы прослушали доклады и сообщения по проблемам скоростного строительства тоннелей и метрополитенов, обменялись мнениями по широкому кругу вопросов, просмотрели ряд технических кинофильмов. Они также изучали непосредственно на объектах опыт скоростной проходки.

Ленинградские метростроевцы не раз устанавливали рекорды. Последний из них установила бригада А. А. Малышева, построив за тридцать рабочих дней 876 м тоннеля.

В канун открытия Всесоюзной школы ленинградцы решили превзойти это достижение. Они поставили задачу пройти за месяц 1000 м тоннеля. И с самого начала добились высоких результатов. За первый день было пройдено 35, за второй — 36, за третий — 37 м. Бригада заслуженного строителя РСФСР К. С. Татаринича на строящемся участке Московско-Петроградской линии установила рекорд. За месяц пройдено 1070 м тоннеля.

Участники Всесоюзной школы одобрили ленинградский опыт организации труда и рекомендовали широко распространять его в организациях Главтоннельметростроя.

Рекомендовано также:

использовать при проходке тоннелей метрополитенов и горных транспортных тоннелей основные технологические схемы, разработанные СКТБ Главтоннельметростроя, и технологические карты института «Оргтрансстрой»;

широко применять наиболее эффективные для конкретных геологических условий способы проходки, высокопроизводительные машины, прогрессивные и экономичные конструкции тоннельных обделок и индустриальные методы их возведения;

более широко использовать при проходке тоннелей освоенные на строительстве и выпускаемые промышленностью механизированные комплексы КТ-1-5, 6, ЩМР-1, ТЦБ-7 в сочетании со сборными обделками, обжимаемыми в породу, и монолитно-прессованными обделками. Систематически расширять механизированные проходки тоннелей;

в зависимости от технологических схем, инженерно-геологических условий и назначения тоннеля объединять горнопроходческое оборудование, погрузочные и транспортные средства в механизированные комплексы, позволяющие механизировать основные процессы работ по проходке тоннелей и возведению обделок;

строительство осуществлять, главным образом, бригадным подрядом по методу Героя Социалистического Труда Н. А. Злобина, широко применять аккордно-премиальную систему оплаты труда.

Руководил работой Всесоюзной школы главный инженер Главтоннельметростроя С. Н. Власов.

## СОЗДАНО В СКТБ ГЛАВТОННЕЛЬ- МЕТРОСТРОЯ

**Р**ЕШАЯ задачу проектирования комплексной механизации работ на строительстве транспортных тоннелей и метрополитенов, коллектив СКТБ направляет усилия на создание устройств и оборудования, отвечающих требованиям лучших мировых образцов.

Разработки ведутся по следующим темам: горно-проходческое оборудование, технологические схемы сооружения тоннелей и проекты производства работ, формы и оснастка для сборных железобетонных изделий, автоматизированные системы управления.

Деятельность СКТБ направлена на создание машин, позволяющих увеличить среднемесячные темпы проходки, улучшить качество обделки тоннелей, снизить трудоемкость их строительства. На пути к этой цели достигнуты хорошие результаты. В 1980 году по нашей документации начнется выпуск четырех новых проходческих комплексов.

В короткий срок — чуть больше года — в содружестве с Ясиноватским машиностроительным заводом разработана документация комплекса для возведения монолитно-прессованной бетонной обделки в мягких породах. Он будет работать по новой технологической схеме, созданной вместе с Метрогипротрансом.

С Ясиноватским заводом создана рабочая документация на механизированный проходческий комплекс со сменным исполнительным органом — фрезерным стреловым и экскаваторным. Он будет применяться как в скальных породах с прочностью до 500 кгс/см<sup>2</sup>, так и в глинисто-песчаных и глинистых. Выпуск опытных образцов машин намечен также на 1980 год.

СКТБ, Мосметрострой, Московский механический завод и ЦНИИС закон-

чили работу над комплексом для сооружения тоннелей со сборной обделкой при машинном обуривании забоя в скальных породах. Он состоит из укладчика сборной обделки, откатывающегося от забоя, тележки для нагнетания раствора и самоходной бурильной установки БУР-2, БКГ-2.

Проектируется механизированный тоннельный комплекс, в состав которого включен комбайн с удлиненной стрелой.

Разрабатывается документация по доводке щитов ЦМР-1 и с экскаваторными исполнительными органами. Их выпуск запланирован в 1980 г. на Московском механическом заводе Главтоннельметростроя, а в начале одиннадцатой пятилетки — на Ясиноватском.

Сконструирован оригинальный агрегат для продавливания участков тоннелей длиной до 100 м.

Создаются шахтные комплексы для тоннелей мелкого заложения с расчетным числом подъема 90 в час, а также для глубокого — 75 подъемов в час.

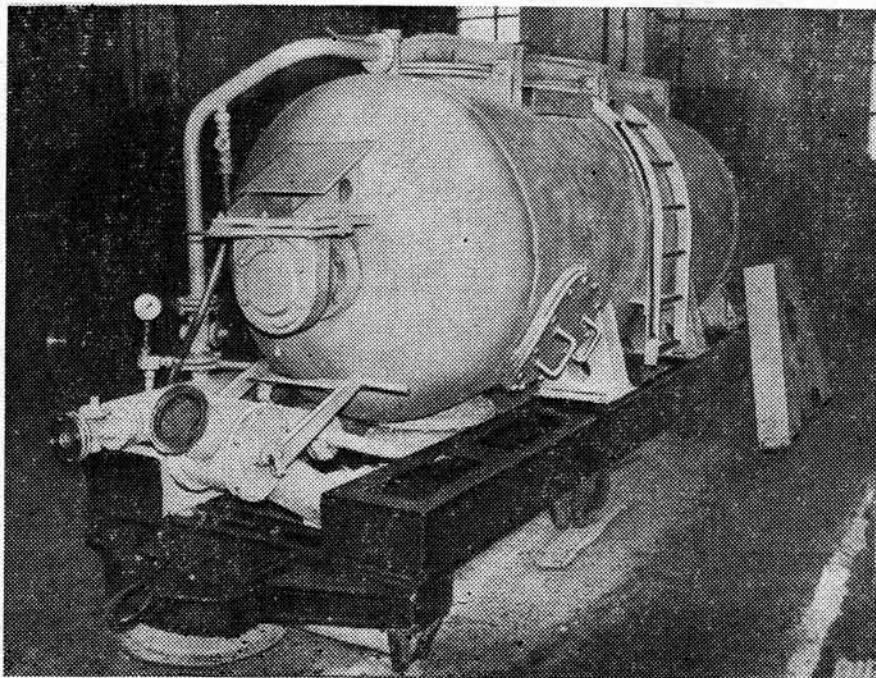
Совместно с Ясиноватским заводом заканчиваем подготовку рабочей документации механизированного проходческого комплекса для сооружения тоннелей кругового очертания диаметром 8,5 м в трещиноватых и сильно разрушенных породах. Забой разрабатывается экскаваторными или фрезерными органами.

Приступаем к созданию шандорного полуцита для строительства в сложных геологических условиях двухпутных железнодорожных и автодорожных тоннелей в монолитной железобетонной и сборной обделках.

Разрабатывается конструкция опалубки для бетонирования обделки или всего сечения или только калоттной части однопутных железнодорожных тоннелей.

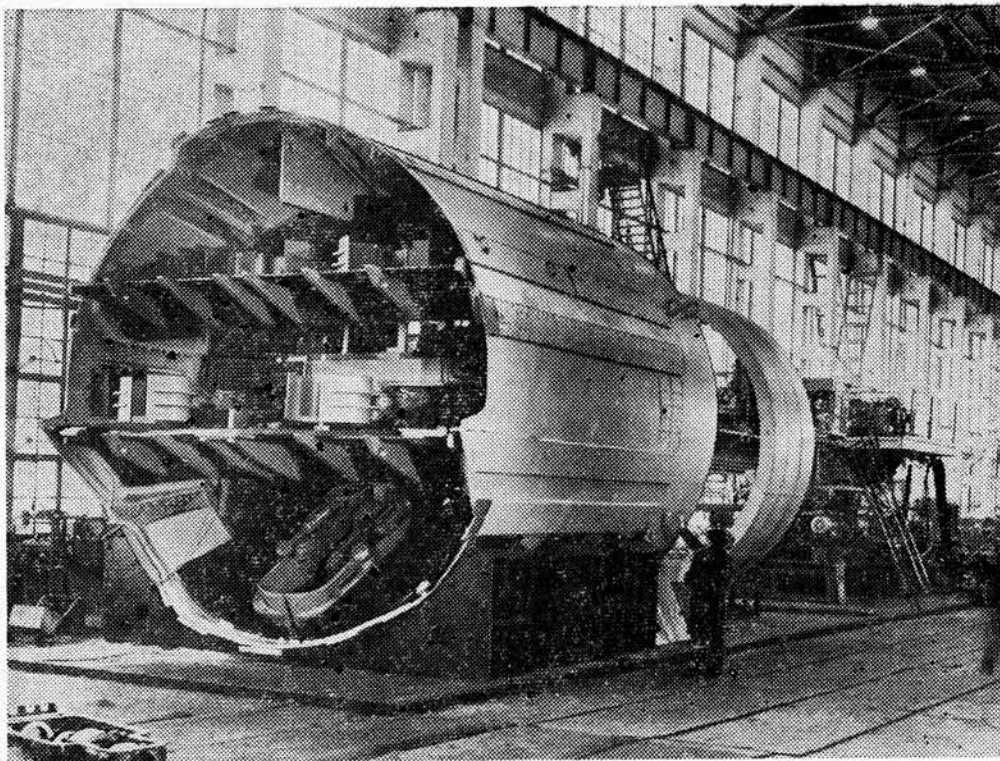
Удачно выбрана технология сооружения тоннелей большого поперечного сечения — более 100 м<sup>2</sup> с комбинированной обделкой — сборным сводом и монолитными стенами и лотком. По проекту СКТБ изготовлен первый в стране образец пневмобетоноподатчика емкостью 3 м<sup>3</sup>.

Коллектив разрабатывает механиз-



Пневмобетононагнетатель емкостью 3 м<sup>3</sup>

мы и устройства для оперативных нужд строительных организаций Главтоннельметростроя. По их заказам только за первый год существования бюро созданы: укладчик для разборки обделки действующего тоннеля станции «Горьковская», оригинальная опалубка для бетонирования обделки разведочной штольни Рокского тоннеля, самоходная опалубка для бетонирования стен односводчатой станции «Южная» в Москве, укладчик обделки диаметром 9,5 м для Севанских тоннелей, а так-



*Проходческий комплекс для сооружения тоннелей с монолитно-прессованной бетонной обделкой*

же более совершенные формы и приспособления для выпуска сборных железобетонных элементов. Разрабатывается ряд эффективных распалубчиков изделий.

Наши специалисты — авторы проектов метода «стена в грунте» (в том числе с анкерным креплением) приме-

нительно к условиям Мосметростроя. На их счету проекты производства работ на пусковом Калининском радиусе — разборка щитов без демонтажной камеры, совмещение эксплуатации мотовозов на широкой колее и троллейных электровозов на узкой и другие. Выполнены также проекты

для Киева, Харькова и Минска. В дальнейшем намечается выдавать для метростроевцев чертежи в соответствии с утвержденными генпланами по привязке типовых, повторно применяемых и несложных временных зданий и сооружений на стройплощадке, а также проекты электрооборудования строительных площадок и внутриплощадочных сетей водопровода, водоотлива и сжатого воздуха.

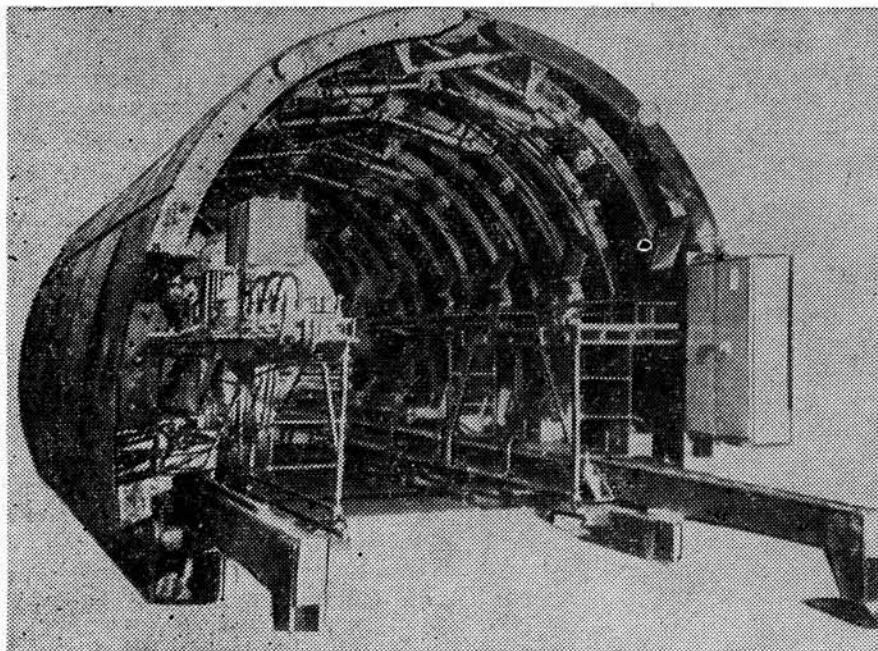
Разрабатываются рациональные технологические схемы сооружения горных тоннелей и штолен, в частности, для Бамтоннельстроя, с применением высокопроизводительного оборудования.

Закончен проект первой очереди автоматизированной системы управления Мосметростроя (см. «Метрострой», № 6, 1979 г.), создается АСУ ТП сооружения перегонных тоннелей в Ленинграде, а также АСУ ТП бурения шпуров на строительстве тоннелей ВАМа.

Параллельно СКТБ исследует производство работ и сметную стоимость проектов сооружений в системе Главтоннельметростроя и участвует в разработке нормативных документов.

СКТБ уже подано 25 заявок на изобретения, на 15 из них получены авторские свидетельства.

**В. ХОДОШ,**  
главный инженер СКТБ Главтоннельметростроя



*Новая опалубка для Рокского автодорожного тоннеля*

## ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭКСКАВАТОРНЫХ ЩИТОВ

**В** НАШЕЙ стране год от года увеличиваются объемы сооружения тоннелей различного назначения. Значительная часть их залегает в песчаных и глинистых грунтах, иногда — в некрепких скальных породах. Поэтому наиболее приемлем щитовой способ. Техника проходки постоянно совершенствуется. Так, благодаря оснащению щитов горизонтальными полками успешно решена задача сооружения тоннелей в песчаных грунтах. Наибольшая достигнутая скорость проходки — 445 м/месяц.

Хорошо зарекомендовали себя также щиты с роторным рабочим органом. С их помощью достигнуты еще более высокие темпы. Так, с использованием щита КТ-1-5,6, оснащенного четырехлучевым ротором, в Ленинграде в кембрийских глинах сооружено за месяц 1070 м тоннеля  $\varnothing$  5,5 м. В Москве щитом КЩ-2,1Б с винтовой планшайбой скорость проходки в устойчивом песчаном грунте тоннеля  $\varnothing$  2,1 м доведена до 702 м/месяц.

Однако средние темпы еще остаются низкими (50—70 м/месяц). Стройки механизированными комплексами оснащаются медленно. Вынужденное использование немеханизированных щитов влечет за собой применение в больших объемах ручного труда.

Кроме того, имеющиеся механизированные щиты в силу их узкой специализации не приспособлены к часто меняющимся геологическим условиям. Они металлоемки и при изготовлении требуют больших трудозатрат.

Попытки разработки щита с роторным рабочим органом, способным резать грунт по всей площади забоя, съемными горизонтальными полками и секционным козырьком, устанавливаемыми в ножевом кольце, и удерживаемыми забой с помощью осыпей, не дали желаемого результата.

Задача увеличения средних темпов проходки остается актуальной и, на наш взгляд, ключ к ее решению дает опыт применения щитов со стреловым экскаваторным оборудованием. Есть основание полагать, что при их совершенствовании может быть создан работоспособный тип универсального агрегата.

Класс экскаваторных щитов со стреловым оборудованием, возникший 20 лет назад, получил значительное развитие в последние 10—12 лет благодаря заложенным в их конструкции возможностям:

разработки и погрузки грунтов различных по своим свойствам, в том числе и налипающих глинистых;

подработки забоя, как местной и выборочной, так и за пределами сечения щита;

совмещения работы породоразрабатывающего органа со средствами поддержания кровли и крепления забоя; свободного доступа к забою.

К тому же экскаваторное оборудование, в отличие от роторного, характеризуется меньшей сложностью кон-

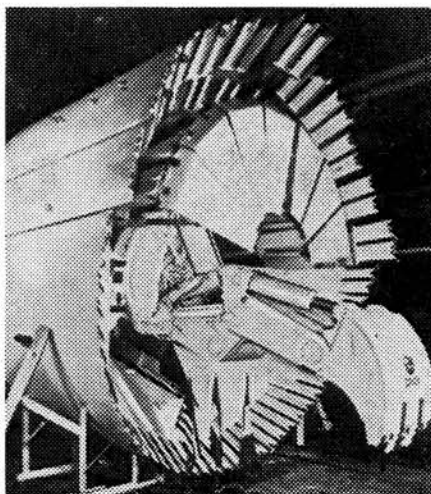


Фото 1

струкции, а, следовательно, трудоемкостью и стоимостью изготовления. Упрощаются также обслуживание и ремонт.

В мире изготовлено свыше 80 экскаваторных щитов, с помощью которых сооружено в различных грунтах и породах крепостью до 6 (по Протодьяконову) около 200 км тоннелей диаметром от 2,6 до 12,2 м. Средние темпы проходки в 1,5—2 раза превысили показатели немеханизированных щитов, которые обладают на сегодня наибольшей приспособляемостью к изменяющимся условиям в забое. Экскаваторные щиты практически полностью исключают ручной труд. Состав бригад сокращается на 3—5 человек.

Зарубежные щиты оснащаются различным количеством экскаваторных органов. Например, такие фирмы, как «Роббинс» и «Мемко» используют вне зависимости от размеров поперечного сечения щита только один, немецкие — до четырех. Выполняется орган как с телескопической, так и с шарнирно-рычажной стрелами. В условиях малоустойчивого забоя обычно используется агрегат с телескопическими органами. Его рабочий инструмент — ковш или скребок с зубо-рыхлителем, которые укрепляются на стреле и могут поворачиваться вокруг продольной ее оси. Опорный узел органа крепится как на верхней части опорного кольца, так и на горизонтальной перегородке, а нередко на раме, перемещающейся с помощью домкратов в направлении продольной оси щита, что позволяет уменьшить ход телескопа стрелы.

Для максимального совмещения во времени операций движения элементов и сокращения за счет этого цикла разработки и погрузки грунта экскаваторное оборудование, как правило, оснащается несколькими насосными станциями, обслуживающими отдельные гидросистемы.

В щитах зарубежных фирм для крепления кровли и забоя используются выдвижные секционный козырек и платформы, распределительные плиты забойных домкратов, а также поворотные-подвесные плиты. Последние, как показывает практика, оказались более надежными и эффективными устройствами, они позволяют за несколько секунд открыть забой по участкам для его разработки и последующего закрытия.

Первоначально в щитах «Роббинс» поворотные-подвесные плиты шарнирно крепились непосредственно к ножево-

му кольцу. С целью расширения области применения экскаваторных щитов на менее устойчивые в забое грунты в последующем эта и другие фирмы стали монтировать забойные плиты на таких элементах, как секции козырька, платформы горизонтальных полок и штоки домкратов. В щитах фирмы «Зокор» забойные плиты укреплены даже на отдельных выдвинутых балках (фото 1).

Некоторые фирмы для внедрения щитов при проходке в цементированных грунтах и скальных породах используют гидро- и пневмоударники, монтируемые на стреле экскаваторного органа.

В щите  $\varnothing 11,4$  м при проходке в плотной глинистой галечниковой породе тоннеля Хагенхольц (Швейцария) гидроударник НМ-600 фирмы Крупп имел массу в 480 кг, подключался к гидросистеме экскаваторного органа и работал с частотой 380—480 ударов в минуту при давлении в  $130 \div 160$  кгс/см<sup>2</sup>, обеспечивая силу удара до 200 кгс.м. Английской фирмой «Киннеар-Моуди» создан и внедрен при сооружении в кембрийских глинах тоннеля Лондонского метрополитена диаметром 3,8 м модернизированный щит. Он оснащен двумя телескопическими стрелами, каждая с тяжелым пневматическим бутобоем марки СР-124, а также шарнирно-рычажной стрелой, оборудованной погрузочным ковшом (см. схему). Скорость проходки составила около 250 м/мес.

В зарубежной практике экскаваторные органы стали использоваться также в щитах с секционной оболочкой, способных перемещаться без упора в торец тоннельной обделки. Агрегаты, предложенные впервые в СССР, внедряются фирмами ФРГ. В ряде случаев, например, при проходке двух тон-

нелей  $\varnothing 6,6$  м и длиной до 400 м, в хвостовой части щита сооружалась обделка из набрызг-бетона, что позволило отказаться от традиционной сборной железобетонной.

За последние годы в нашей стране создано 16 экскаваторных щитов, с помощью которых Главмосинжстроем сооружено около 7 км коллекторных тоннелей  $\varnothing$  от 2,56 до 4 м, а Мосметростроем ЦМ-1С (Э) — 0,5 км перегонного тоннеля.

Для разработки забоя, сложенного песчаными и глинистыми грунтами, использовались экскаваторные органы с телескопической стрелой, поворотной в плане и профиле с помощью домкратов и снабженной на переднем конце рабочим инструментом в виде изогнутого скребка, совершающего движения в направлении на забой и от него. В щитах Главмосинжстроя горизонтальная шарнирная опора скребка жестко закреплена на выдвинутой штанге стрелы и поэтому движение его осуществляется только в вертикальных плоскостях (фото 2).

В ЦМ-1С(Э) рабочий скребок с домкратами смонтирован в головке, которая с помощью гидромотора вращается вокруг продольной оси стрелы (фото 3). Такое решение позволило оконтуривать выработки в связных грунтах и ускорить выборку грунта из ячеек головной части и погрузку его на конвейер.

Опорный узел экскаваторного органа в щитах Главмосинжстроя выполнен в виде продольного ребра, жестко укрепленного изнутри в верхней части опорного кольца и снабженного спереди кронштейном. Последний вращается вокруг горизонтальной оси и оснащен вертикальной осью, на которую посажена задняя часть стрелы.

Стрела экскаваторного органа ЦМ-1С(Э) крепится к рычагу, кото-

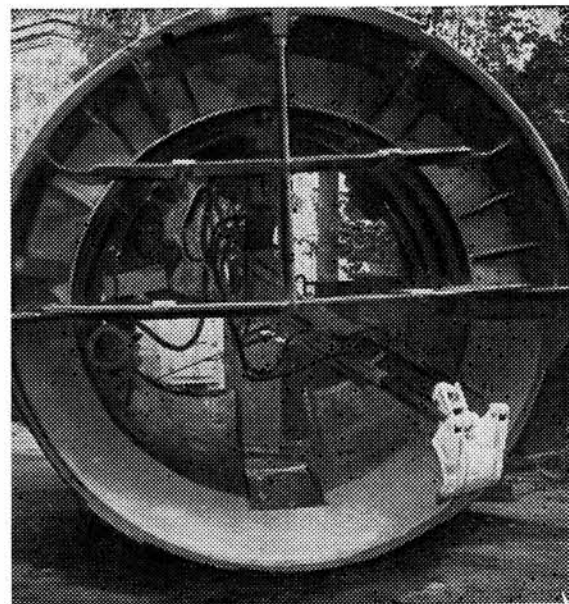


Фото 2

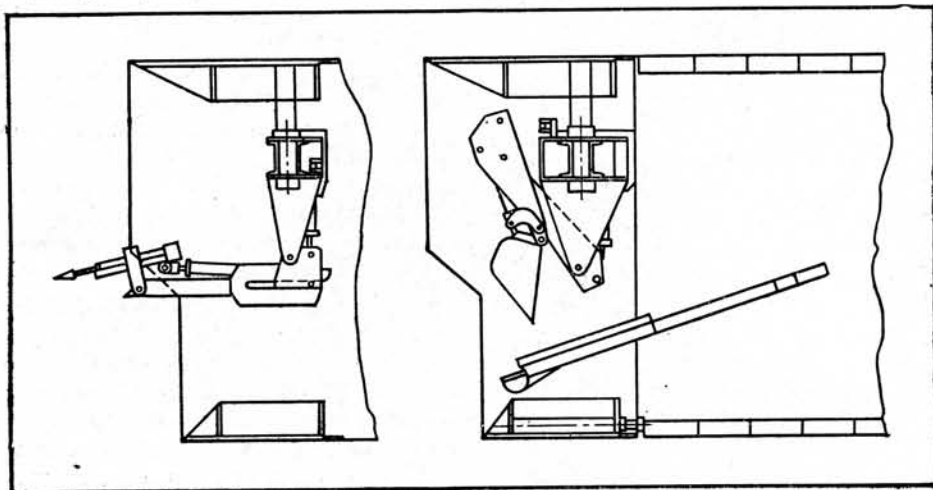
рый соединен (для возможности поворота в вертикальных плоскостях) с колонной на подшипниках, установленных в усиленной горизонтальной перегородке корпуса щита.

Рабочая жидкость ко всем домкратам и гидромоторам оборудования подается от одной или двух насосных станций по напорному трубопроводу.

При создании щитов было принято единое направление в принципе крепления кровли и забоя. Он основывался на использовании сил трения, развивающихся по поверхности контакта грунта с элементами ячеистой конструкции, которая жестко закреплена в верхней половине ножевого кольца и включает вертикальную перегородку и горизонтальные полки.

Вертикальная перегородка и нижняя полка выполнены сплошными, а верхние — из двух отдельных листов, присоединенных с одной стороны к ножевому кольцу, с другой — к вертикальной перегородке. Если забой на большом протяжении тоннеля сложен связным грунтом, верхние полки демонтируются, облегчая разработку боковых секторов. Нижняя горизонтальная полка и вертикальная перегородка обычно не демонтируются даже на участках с плотными глинистыми грунтами. В щите ЦМ-1С(Э) все полки оставались и в забое, полностью сложенным плотным суглинком.

Экскаваторное оборудование, встроенное в некоторые щиты, характеризуется параметрами, приведенными в таблице.



Таблица

Параметр	Зарубежные щиты				Отечественные щиты	
	„Роббинс“ Ø 3÷8 м	„Мемко“ Ø 3,8÷ ÷12,2 м	„Зокор“ Ø 9 м	Для тоннеля Хаген- хольц Ø 11,4 м	Главмос- нижстрой Ø 2,56; 3,6 и 4 м	Мосметро- строй Ø 5,5 м
Мощность привода экскаваторного органа, квт.	265—625	160—2950	590	500	10	34
Максимальное усилие, создаваемое на режущей кромке рабочего инструмента, тс . . . . .	—	119—420	200	14	4,4	3,65
Максимальное давление рабочей жидкости в гидросистеме, кгс/см <sup>2</sup> . .	420	420	420	200	100	100

В нашем оборудовании есть лишь одна гидросистема, не позволяющая совмещать различные движения стрелы и инструмента. Элементы его изготовляются на неспециализированных заводах. Кроме того, в составе системы продольного транспорта грунта используются короткие конвейеры-перегрузчики, не позволяющие осуществлять непрерывную погрузку в течение очередной заходки. Все это обуславливает сравнительно невысокие темпы проходки, составившие для тоннеля Ø 2,56 м 285 м/мес. и 6 м/смену, Ø 3,6 м 126 м/мес. и 4,5 м/смену, а для Ø 5,5 м 85 м/мес. и 4,82 м/сутки.

Средние скорости проходки экскаваторным щитом ЦМ-1С(Э) почти в два раза превысили полученные при сооружении параллельного тоннеля в тех же грунтах немеханизированным щитом.

Высокие темпы проходки экска-

торными щитами достигнуты за рубежом. Так, щитом фирмы «Мемко» при сооружении в песчаниках, сланцах, известняках и осадочных породах гидротехнического тоннеля Кастайс Ø 7,8 м они составили 960 м/мес. и 60,6 м/сутки.

При проходке в глинах, песках и слоях конгломератов железнодорожного тоннеля Кастильоне размером 11,1×9,5 м щитом «Роббинс» получены наибольшие скорости 385 м/мес. и 16,2 м/сутки, тоннелей Ø 5,5 м наибольшие суточные темпы — 28—30 м, а Ø 6,7 м — 64,5 м. Максимальные скорости проходки немецкими экскаваторными щитами составляют 10—15 м/сутки, средние — в сложных геологических условиях — японскими агрегатами 5—7 м/сутки.

Накопленный в нашей стране опыт скоростной проходки щитами с роторным рабочим органом и горизонталь-

ными полками показывает, что производительность созданных систем сборки обделки, тоннельного транспорта и шахтного подъема может обеспечить скорости не ниже 400—500 м в месяц. Оборудование нуждается лишь в некоторой доработке, в первую очередь, речь идет о повышении надежности. Чтобы добиться резкого сокращения затрат времени на разработку и погрузку грунта с одновременным обеспечением устойчивости забоя и расширения области применения щита для различных геологических условий, требуется усовершенствовать головной агрегат. Здесь представляется необходимым внести ряд изменений в конструкцию:

оснастить экскаваторное оборудование, как минимум, двумя гидросистемами, позволяющими совместить во времени движения стрелы и инструмента;

ввести в состав гидросистем экскаваторного оборудования гидроаппаратуру и шланги, устойчиво и надежно работающие при давлениях не ниже 160—200 кгс/см<sup>2</sup>, а также насосные установки, способствующие повышению скорости движения стрелы и инструмента не менее чем в 1,5—2 раза;

оснастить экскаваторное оборудование системой привода, позволяющей создавать на режущей кромке рабочего инструмента усилия не ниже 10—15 тс;

выполнить ячеистую конструкцию с быстро монтируемыми и демонтируемыми элементами, постоянно остающимися в пределах ножевого кольца щита. Экспериментальный образец щита с такой конструкцией создан в Главмоснижстрое и проходит испытания.

Как показал опыт внедрения ЦМ-1С(Э), щиты должны оборудоваться экскаваторными органами с головкой, вращающейся вокруг продольной оси стрелы.

Надо рассмотреть целесообразность монтажа опорного узла на раме, перемещающейся в продольном направлении, что уменьшит ход выдвигания стрелы и тем самым сократит время, затрачиваемое на данную операцию. Следует также соблюсти требование обеспечения благоприятных условий для маркшейдерских работ.

Желательно ускорить опробование системы крепления с помощью поворотной-подвесных забойных плит (комплект выдвигных поворотной-подвесных забойных плит в настоящее время

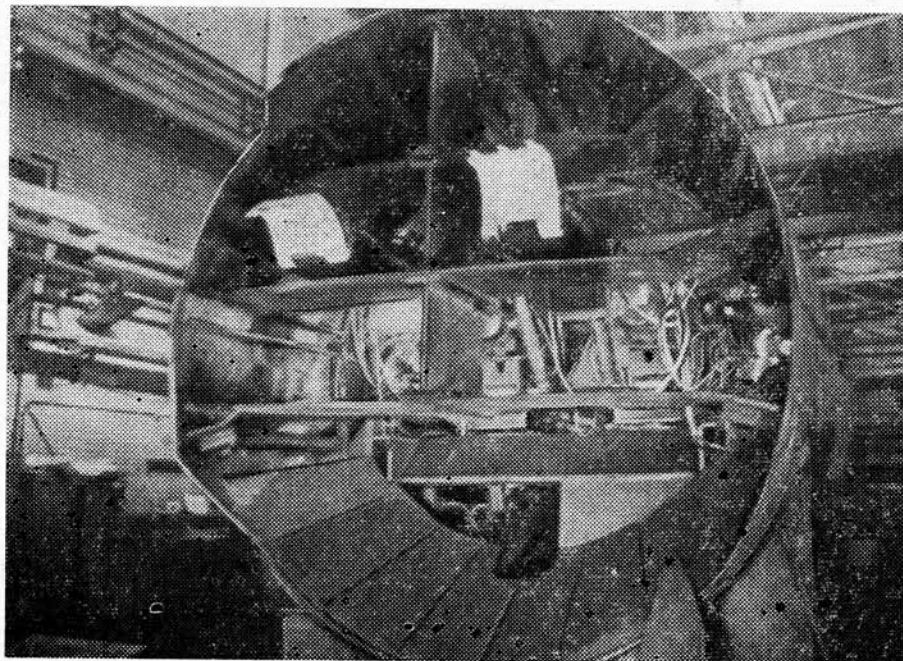


Фото 3



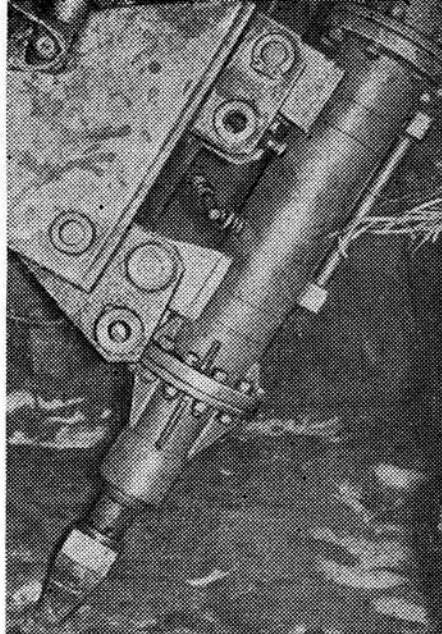


Фото 4

мя подготовлен для установки на щите ЦМ-1С(Э) и комбинированной системы, включающей ячеистую конструкцию и забойные плиты.

Перспективным представляется использование гидроударников при проходке тоннелей в мерзлых грунтах, а также некрепких скальных породах.

Первые эксперименты проведены по инициативе СКТБ Главмосинжстроя. Гидроударник ГПМ-200 применялся ТО-6 Мосметростроя для разработки замороженного грунта в октябре 1979 года на завершающем отрезке Калининского радиуса. Изготовил его завод по ремонту дорожных машин Главмосинжстроя по чертежам Красноярского филиала ВНИИСтройдормаша. Гидроударник был установлен на телескопической стреле левого экскаваторного органа щита ЦМ-1С(Э). Предварительно рабочий скребок заменили на поворотный кронштейн с сергой. К нему прикрепили гидроударник (фото 4). Чтобы обеспечить возможность обработки забоя по всей высоте, демонтировали верхнюю горизонтальную полку. Заднюю торцевую камеру гидроударника заполнили азотом под давлением 10 кгс/см<sup>2</sup>. Задний штуцер был присоединен гибким шлагом к напорной линии щитовой гидросистемы, а передний — к сливной.

Поворот кронштейна осуществлялся с помощью тех же домкратов, которые использовались для поворота скребка. В качестве рабочего инструмента использовалась пика диаметром 120 мм. Прижим ее к забюю производился домкратами выдвижения телескопа и поворота кронштейна.

Несмотря на то, что производительность щитовой насосной станции не

превышала 70 л/мин. (при расчетной производительности гидроударника 100—110 л/мин.), разработка мерзлого грунта в забое во время экспериментов велась весьма эффективно. Образующиеся в процессе внедрения пика отдельности отбитой породы имели размеры до 70 см в поперечнике при толщине до 12—18 см. Для сравнения отметим, что максимальные размеры отдельностей при работе отбойными молотками не превышали 25×25×7 см. Наибольшая эффективность разработки мерзлого грунта обеспечивалась при расположении гидроударника под острым углом к поверхности забоя. Отбитая порода грузилась на конвейер-перегрузатель с помощью экскаваторного органа.

Эксперимент показал на необходимость обеспечения достаточно высокой чистоты масла, используемого в гидросистеме. Должна быть также повышена надежность узлов гидроударника, работающего в основном в горизонтальном положении.

Важно, считаем мы, создание экскаваторного щита с секционной оболочкой, с тем, чтобы обеспечить возможность проходки тоннеля глубокой канализации в обделке из набрызг-бетона. На расширение области применения агрегатов в водонасыщенных грунтах во многом должны повлиять работы, начатые НИИ оснований и подземных сооружений Госстроя СССР и треста ГПР-1 Главмосинжстроя по оснащению щитов автономными водопонизительными устройствами.

Изготовление нового оборудования лучше всего поручить специализированным заводам и, конечно, определить головное предприятие.

Нужна планомерная программа скоростного строительства тоннелей. А значит — организация качественного обслуживания механизмов щита и защитного комплекса; подготовка машинистов и механиков по эксплуатации.

Необходимо подчеркнуть, что для получения устойчивых высоких темпов проходки экскаваторные щиты должны использоваться в сочетании с современными защитными комплексами, характеризующимися сбалансированной производительностью и надежной работой. Такое решение открывает путь к автоматизации подземного строительства.

**В. САМОЙЛОВ,**  
канд. техн. наук;  
**Ю. МОЛЧАНОВ, В. РЕСИН,**  
инженеры.

## ИЗ ОПЫТА ПРОХОДКИ В ЛЕССОВИДНЫХ ГРУНТАХ

МЕЖДУ станциями «Чиланзар» и «Сабира Рахимова» проходка правого тоннеля на протяжении 1,2 км велась в зоне капиллярной увлажненности лессовидных грунтов. Динамические воздействия от работы экспериментального механизированного щита привели к потере несущих свойств водонасыщенных грунтов основания.

Проявление тиксотропности — способности их разжижаться под влиянием механического воздействия — вызвало неуправляемость щита, опускание лотка ниже проектных отметок. Так, в порталной части тоннеля максимальная осадка агрегата составила 490 мм (рис. 1). Уровень грунтовых

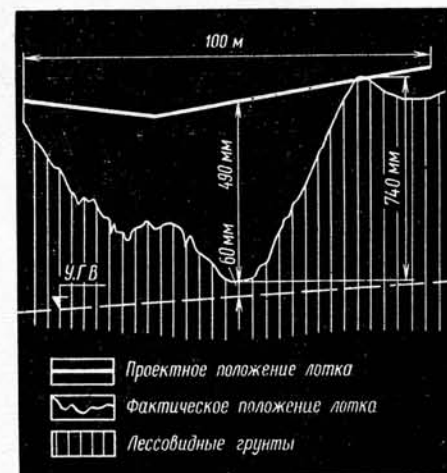


Рис. 1

вод оказался на 0,5÷0,8 м ниже подошвы лотка, высота эффективного капиллярного поднятия влаги — 1÷1,5 м. По отобранному монолитам в процессе проходки — ниже подошвы лотка на 0,3÷0,5 м — были выявле-

ны следующие физико-механические характеристики грунтов основания: природная влажность — 26÷28%; влажность на границе раскатывания — 19÷20%; влажность на границе текучести — 29÷30%; пористость — 40÷41%; объемный вес грунта при естественной влажности — 1,85÷2 тс/м<sup>3</sup>; объемный вес скелета грунта — 1,55÷1,60 тс/м<sup>3</sup>; сцепление — 0,05÷0,07 кгс/см<sup>2</sup>; угол внутреннего трения — 18÷20°.

Анализ данных показывает, что хотя лессовидные грунты избыточно увлаж-

станции «Чиланзар» для выявления возможной деформации от динамического воздействия на выравненную площадку 5×10 м уложили металлический лист толщиной 10 мм с прорезанным в середине окном 0,5×0,5 м (на случай выпора грунта). На него установили компрессор КС-9, и до статического давления на грунт 1 кгс/см<sup>2</sup> пригрузили чугунными тубингами, т. е. было смоделировано давление от щита в статическом положении. В пределах площадки уровень грунтовых вод находился примерно в

ся рыхлый песок, затем влажный лессовидный грунт. Они заклинивали планшайбу щита.

Щитовая проходка вызвала деформацию дневной поверхности. Ширина нарушенной зоны составила около 10 м и была представлена в основном системой разрывных трещин до 0,2 м. Работа возобновлена после выполнения ряда трудоемких процессов: отвода русла арыка Анхор из зоны проходки; раскрытия свода (до горизонтального диаметра тоннеля) на длине около 20 м при помощи траншеи с от-

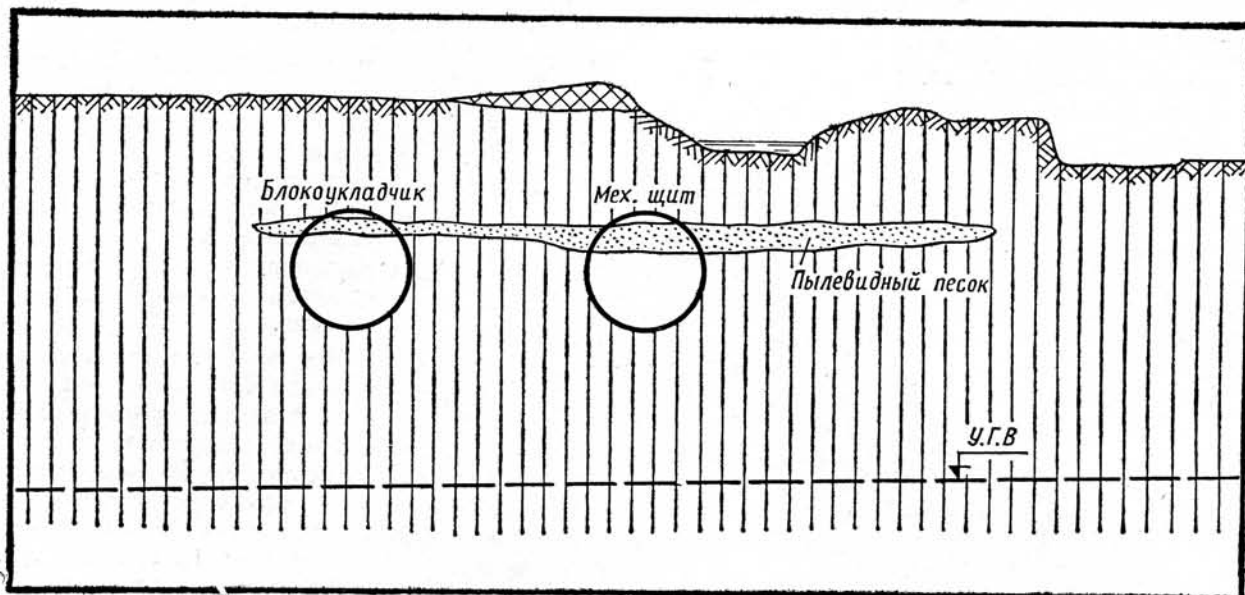


Рис. 2

нены, они обладают повышенной плотностью и значительными структурными связями, что благоприятно для строительства. При статической нагрузке от сооружения 1,2÷1,5 кгс/см<sup>2</sup> деформация основания практически исключается.

Давление от щита в статическом положении составляет 1 кгс/м<sup>2</sup> (вес около 300 тонн). При проходке динамическая нагрузка с учетом веса агрегата превысила несущую способность грунтов основания, что и привело к их разжижению и потере прочности. На проектную отметку щит вывели после подведения под него бетонного лотка. Для этого пройдена 103-метровая передовая штольня сечением 3,2 м<sup>2</sup>.

Осадки щита наблюдались на всей трассе, где лоток тоннеля находился в зоне эффективного капиллярного смачивания грунтов. Максимальная ее величина — 742 мм.

В котловане раструбного участка

2,5 м от поверхности. При непрерывной работе компрессора в течение 2—3 час осадки под листом не обнаружены. Таким образом, можно сделать вывод: явление тиксотропии в лессовидных грунтах при механизированной проходке может проявиться только при расположении лотка тоннеля в зоне эффективного капиллярного смачивания.

Отрицательное влияние динамических нагрузок от щита зарегистрировано на этом перегоне и в условиях переувлажненных грунтов в сводовой части тоннеля. В литологическом разрезе лессовидные суглинки и супеси переслаивались с влажными пылеватыми песками. В лотковой части — грунты плотного сложения, лессовидные суглинки с гнездами и прослоями тяжелых. Грунтовые воды расположены ниже лотка тоннеля на 5÷6 м (рис. 2). При механизированной проходке наблюдались вывалы из дба и кровли забоя: сначала обрушал-

косами бортов 1:0,5; проведения щита по чугунному лотку в открытой траншее; закрытия сводовой части чугунными тубингами; засыпки котлована грунтом с послойным тромбованием.

Средняя месячная скорость проходки перегона механизированным щитом — 60 м вместо 200 м по проекту, а по параллельному забою с применением блокоукладчика — 112 м.

Практика строительства тоннелей мелкого заложения Ташкентского метрополитена дает основание говорить о том, что применение механизированных щитов в лессовидных грунтах должно быть ограничено. Оно возможно лишь при соблюдении следующих условий: положение лотка на 2—3 м выше максимального уровня грунтовых вод, однородность массива и отсутствие в зоне проходки строений и водотоков.

**И. НАХИМОВИЧ,**  
гл. специалист Ташметропроекта

## НАВИГАЦИОННЫЕ УСТРОЙСТВА ЦНИИС

**П**ОЧТИ семь лет на строительстве перегонных тоннелей метрополитенов, железнодорожных и гидротехнических применяются навигационные устройства и технология ЦНИИС для определения положения проходческих щитов относительно трассы (авторское свидетельство № 284325).

Основные теоретические положения, использованные при конструировании прибора, и технология работы с ним изложены в статье «Навигационное устройство при щитовой проходке» («Метрострой», № 4 за 1977 год). Щитовыми комплексами с применением навигационных устройств и технологии ЦНИИС пройдены десятки километров тоннелей различного назначения и разных диаметров. Проходка осуществлялась на трассах с разнообразными геометрическими характеристиками, в различных инженерно-геологических условиях. Щитовые комплексы во многих случаях значительно отличались по своей конструкции. Это обстоятельство предопределяло выбор места установки прибора на щите, расстояние между ориентирными сигналами, их размещение в тоннеле.

Устройства и технология ЦНИИС успешно применялись на строительстве метрополитенов в Москве — СМУ-5, 6, 7, 8, 10, СМУ-154, в Баку, Ташкенте, Минске, Горьком, Лысогорского и Северо-Муйского железнодорожных тоннелей, гидротехнического тоннеля на Большом Ставропольском канале. Ими оснастили 38 щитовых комплексов, в том числе Ясиноватского машзавода, которые используются строителями метро в Праге.

Для характеристики условий, в которых применялись устройства, приведен ряд наиболее сложных участков проходки, на которых они эксплуатировались.

1) На Краснопресненском радиусе Московского метрополитена:

а) перегон между станциями «Баррикадная» — «Улица 1905 года» — затяжная круговая кривая  $R=400$  м и уклон  $i=40\%$ , сложные гидрогеологические условия, потребовавшие применения замораживания грунтов. Щит испытывал неравномерное сопротивление продвигу со стороны забоя. Только благодаря техническим возможностям устройства можно было своевременно заметить начало ухода щита с заданной трассы, включить дополнительные домкраты, обеспечить целенаправленную разработку забоя для того, чтобы выдержать заданное направление тоннеля.

б) на перегоне «Улица 1905 года» — «Беговая» проходка велась на криволинейной трассе  $R=400$  м под наземными сооружениями, что заставляло принять особые меры предосторожности, были повышены требования к точности ведения щита;

в) перегон «Октябрьское поле» — «Щукинская» — проходка механизированным щитом ЩМ-17, конструкция которого позволила разместить устройство только сбоку на расстоянии 1,30 м от оси щита, что особенно осложнило определение положения щита на 4-х кривых перегона. В такой ситуации обычными методами пользоваться было невозможно, что отмечено специальным актом.

2) На строительстве Калининского радиуса Московского метрополитена на перегоне «Шоссе Энтузиастов» — «Перово» участок щитовой проходки проходил по кривой  $R=400$  м с уклонами 40 и 45%. Здесь также применен способ замораживания защитных ледогрунтовых стенок. Расположение оборудования и механизмов на щитовом комплексе потребовало сместить устройство на 300 мм от оси щита.

3) На строительстве Лысогорского

тоннеля железнодорожной линии Краснодар — Туапсе пройден участок тоннеля, расположенный на переходной кривой длиной 140 м. Большая длина ее вызывала ряд осложнений в определении положения щита, преодолеть которые удалось, применив ориентирную кривую.

4) На строительстве Минского метрополитена перегон «Парк Челюскинцев» — «Академическая» сооружается механизированными щитами ТЩБ-7 с применением монолитно-прессованной обделки. Наличие длинного щитового технологического комплекса, а также длинных кривых  $R=400$  и 500 м вызывало большие затруднения в определении положения щита.



5) На строительстве метрополитена в Горьком проходка тоннелей перегона «Ленинская» — «Чкаловская» начиналась сразу по кривой  $R=300$  м, т. е. с минимально допустимым в исключительных случаях радиусом кривизны. Механизированный щит ЩМ-17 с трудом вписывался в кривую, а для определения его положения пришлось сместить устройство на 500 мм от оси щита и применить боковой экран для определения разворотов.

На всех перечисленных участках устройство помогло возвести тоннельную обделку в соответствии с установленными допусками.

В конце 1978 года издано «Руководство по расчетам исходных данных и определению положения проходческих щитов на трассе устройством ЦНИИС». Оно передано на объекты. Внесен ряд усовершенствований в конструкцию прибора.

**К. ШЛЯПИН,**  
канд. техн. наук;  
**С. АШПИЗ, Д. КИСЛИЦЫН,**  
инженеры

## НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ОБОЛОЧКИ ЩИТА

**М**ЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЯ тоннельно-проходческих щитов может быть представлена в виде общей силовой схемы, включающей два основных элемента: жесткое ножеопорное кольцо и податливую хвостовую оболочку.

Как показывает опыт эксплуатации, хвостовая оболочка — наиболее уязвимая часть. Под ее защитой возводится тоннельная обделка. Поэтому подкрепить оболочку ребрами жесткости невозможно. Случаи разрыва ее имели место, например, при проходке тоннелей Краснопресненского и Рижского радиусов в Москве, а также при строительстве метрополитена в Минске. Толщина оболочки скаывается на величине зазора между выработкой и обделкой тоннеля. В результате для щитов диаметром 5,5—6 м толщина оболочки, как правило, не превышает 30 мм. Таким образом, хвостовая часть на практике предстает в виде тонкостенной оболочки, консольно прикрепленной к ножеопорному кольцу, которая в процессе проходки испытывает различные по своему характеру и величине нагрузки. Основные из них — горное давление и реакция грунта при маневрах щита. Наибольшее значение нагрузки приобретают в сыпучих песчаных грунтах. Иногда возникают и дополнительные — от прессования бетонного раствора (при возведении монолитно-прессованной обделки).

Поэтому изучение напряженно-деформированного состояния хвостовой оболочки щита представляет значительный интерес.

В качестве расчетной схемы принимается круговая цилиндрическая оболочка с заделкой на одном и полным отсутствием связей на другом краю. В пользу такой схемы говорит сравнение изгибной жесткости ножеопорного кольца и хвостовой оболочки (последняя опирается на кольцо, а ее жесткость очень мала по сравнению с жесткостью ножеопорного кольца). Наличие свободного края

объясняется зазором между внутренней поверхностью оболочки и обделкой, который если и выбирается при маневре щита, то только частично и не по всему контуру.

В разработке методики расчета важное место занимает исследование нагрузок, действующих на щит.

Нами проведены инструментальные замеры на щите ЩН-1Х в феврале-марте 1978 года при сооружении перегонного тоннеля Рижского радиуса. Исследования проводились в песках естественной влажности на участке между станциями «ВДНХ» и «Ботанический сад».

Для замера горного давления без зазора в болтовые отверстия хвостовой оболочки установили четыре специально сконструированные и изготовленные мессдозы.

Они представляют собой полый цилиндр со стенкой толщиной 5÷6 мм и тонкостенным дном, выполняющим роль чувствительной диафрагмы (толщина дна 0,8—1,3 мм). На дно наклеивался рабочий тензорезистор с базой 20 мм. Компенсационный тензорезистор (также с базой 20 мм) крепился на внутреннюю поверхность стенки цилиндра.

Показания мессдоз, датчика давления ТАД-400, установленного в напорной магистральной гидродомкратов, записывались с помощью 12-канального усилителя ТУП-12-74 и 20-лучевого шлейфового осциллографа Н004-М1 на осциллограмму.

Всего произвели 41 запись различных по характеру режимов работы щита. Фиксировались грунтовое давление на хвостовую оболочку и усилие щитовых гидродомкратов при внедрении щита в забой, движение его по трассе как по прямой, так и по кривой, остановках, а также при искусственно создаваемых перекосах.

Наибольшая величина грунтового давления зафиксирована при искусственном перекосе, который создавался односторонним включением гидродомкратов.

При этом на ходе 15 см угловое смещение достигало 1°, а максимальная величина замеренного давления составила около 7,5 кгс/см<sup>2</sup>. Как и следовало ожидать, одновременно на противоположной стороне, вследствие нарушения контакта с грунтом, давление на хвостовую оболочку отсутствовало.

Эксперимент выявил возможность и эффективность изучения вопросов взаимодействия грунта с металлоконструкцией работающего горнопроходческого щита. Кроме того, он показал, что при щитовой разработке забоя в слабоустойчивой сыпучей среде возникает контакт короткого цилиндрического тела с породой, в которой уплотнение, усадка и другие механические процессы еще не закончились.

Поэтому при разработке методики расчета металлоконструкции необходимо учитывать изменение давления грунта как в окружном направлении, так и по длине, а в некоторых случаях и во времени (длительная стоянка щитового комплекса).

Один из приближенных способов — сведение расчета цилиндрического щита к расчету кольца, которое рассматривается с одной или несколькими упругими стяжками. Задача сводится к расчету статически неопределимой плоской рамной системы.

Для оценочных расчетов можно использовать метод плоской задачи, широко распространенный в тоннелестроении. Расчетным элементом в этом случае является цилиндр длиной метр, равномерно нагруженный вдоль образующей.

Применительно к нашей задаче рассмотрены три схемы работы щита:

а) при заданных активной и реактивной нагрузках без учета упругого отпора окружающей породы. Такая схема имеет место при прохождении выработки в сильно разрушенных породах при локальном контакте с грунтом только в местах приложения активной и реактивной нагрузок. Активная вертикальная нагрузка определяется в соответствии с теорией свода обрушения, а реактивная — из условия равновесия и подбора породы под лотком. Расчет на прочность идет в запас прочности;

б) под нагрузкой от веса налегающего грунта при наличии упругого его отпора. Грунт моделируется стержнями, винклеровского типа. При появлении растягивающих усилий в стержнях происходит отключение их от конструкции и образование на участке так называемой «зоны отлипания»;

в) в устойчивых породах, не склонных к образованию свода обрушения в режиме

совместности перемещений оболочки и поверхности выработки.

При расчетах, использующих гипотезу плоской деформации, рассматривалось поперечное сечение оболочки, перпендикулярное ее оси (кольцо). Расчет кольца под заданной нагрузкой проводился на ЭВМ с помощью алгоритма, основан на замене кольца системой прямолинейных стержней и на применении метода сил\*. Расчет по схеме полного контакта грунта и оболочки осуществлялся методами теории упругости и строительной механики. Результаты представлены на рис. 1 в виде эпюр изгибающих моментов и нормальных сил. Наилучшую сходимость с экспериментом дает расчет по

с тоннелем) длине корпуса щита градиент изменения внешней нагрузки, возникающей при маневрах щита, велик. Поэтому допущение о плоской деформации приводит к искажению картины напряженно-деформированного состояния. Кроме того, плоская модель не дает возможности учитывать влияние краевых условий на напряженно-деформированное состояние хвостовой оболочки.

Использование теории оболочек для расчета металлоконструкции позволяет учесть указанные особенности.

Этот путь в последнее время привлекает все большее внимание исследователей. При этом вся металлоконструкция щита рассматривается как цилиндриче-

получение матрицы жесткости для отдельных элементов;

формирование общей матрицы жесткости для всей конструкции и вектора нагрузки;

составление системы алгебраических уравнений путем варьирования полной потенциальной энергии системы  $\Pi$  на возможных вариациях в узлах вектора перемещений  $\delta i$

$$d\Pi = \sum_i \frac{\partial \Pi}{\partial \delta i} d\delta i = 0;$$

решение системы уравнений и получение аппроксимирующих функций перемещений;

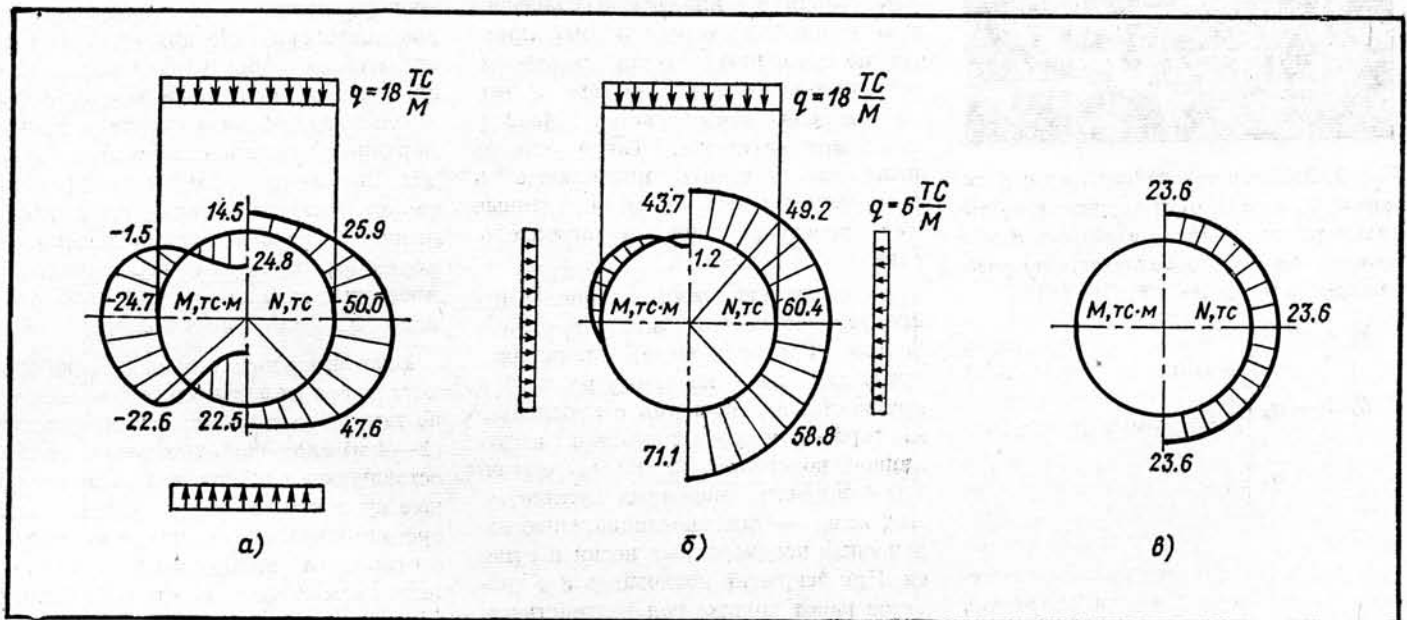


Рис. 1. Эпюры изгибающих моментов и нормальных сил в поперечном сечении оболочки, полученные при расчетах по схеме плоской задачи:

а — под заданной нагрузкой, без учета упругого отпора грунта; б — то же с учетом отпора грунта; в — при полной совместности перемещений грунта и оболочки (без учета трения и сцепления).

схеме на рис. 1, б. В случае безотпорного основания приходим к значительному завышению результатов, взаимовлияющих деформаций — к занижению. Последний факт обусловлен тем, что в условиях сыпучих грунтов эта схема реально не обесценивается.

Однако сведение пространственной задачи к плоской в расчете щитов не позволяет учесть существенные особенности их работы.

Между тем на короткой (по сравнению

скакая оболочка. Задача решается на ЭВМ методом конечных элементов (МКЭ). Результаты представлены в виде распределения напряжений и перемещений по корпусу щита.

Для расчета хвостовой оболочки щита ЩН-1Х по МКЭ она представлена в виде консольной цилиндрической оболочки со ступенчато изменяющейся в окружном направлении (за счет накладок) толщиной.

Конструкция разбивается на число элементов, взаимодействующих между собой в узловых точках. При этом отыскивается такое приближенное решение, при котором с достаточной точностью выполняются условия равновесия, совместности деформаций и краевые (граничные) условия.

Расчет хвостовой оболочки по МКЭ можно разделить на следующие основные этапы:

разбивка конструкции на конечные элементы;

определение внутренних усилий (напряжений).

Реализация этого алгоритма осуществляется на ЭВМ типа ЕС по специально разработанной программе.

На рис. 2 представлены результаты расчета напряженно-деформированного состояния хвостовой оболочки немеханизированного щита ЩН-1Х от действия грунтового давления  $p$  при движении его по трассе.

С помощью графиков для конкретных значений,  $p$ , радиуса  $R$  и толщины оболочки  $h_0$  можно определить величину радиального перемещения  $w$ , осевого  $\sigma$ , и окружного  $\sigma_y$  напряжений, а также оценить их изменение в зависимости от длины оболочки  $l$ .

Согласно рис. 2, б наиболее опасными являются осевые напряжения  $\sigma_x$ , которые при  $\sigma = 230$  кгс/см<sup>2</sup> достигают в месте стыка оболочки с ножепорным кольцом величины  $\sigma_{max} \approx 1400$  кгс/см<sup>2</sup>.

\* Дмитриев М. Г. Математическая модель статической работы тоннельной конструкции («Модель ЦНИИС»). Научн. тр. (ВНИИ трансп. стр-ва. М., 1974 г., сб. 81, с. 6—20).

## ВОДОПОНИЖЕНИЕ ПРИ ОТКРЫТОМ СПОСОБЕ

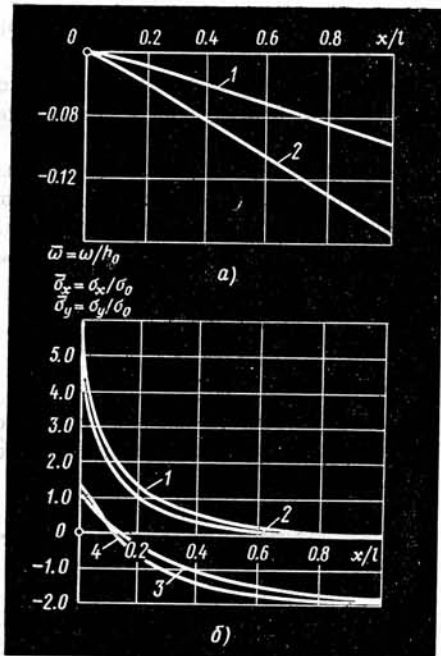


Рис. 2. Зависимость радиальных перемещений  $W$ , осевых  $\sigma_x$  и окружных  $\sigma_y$  напряжений от параметров хвостовой оболочки и грунтового давления, полученная при расчетах по МКЭ.

- а) 1 —  $l/R=0,84$   
 2 —  $l/R=1,15$
- б) 1 —  $\frac{\sigma_x}{\sigma_0}$   
 2 —  $\frac{\sigma_y}{\sigma_0}$  }  $l/R=1,15$   
 3 —  $\frac{\sigma_x}{\sigma_0}$   
 4 —  $\frac{\sigma_y}{\sigma_0}$  }  $l/R=0,84$

Из рис. 2, а видно, что уменьшение жесткости соединения хвостовой оболочки с ножепорным кольцом (в нашем случае увеличение ее длины в 1,4 раза) приводит к росту радиальных перемещений на свободном краю в 2 раза.

Изложенная методика может быть использована для расчета металлоконструкции проходческого щита и позволяет учесть влияние ребер жесткости, кольцевых усилений, накладок и других элементов на его напряженно-деформированное состояние. Она применима при любом законе изменения поверхностного давления, зависящего от характера контакта с грунтом и технологии изготовления тоннельной обделки, а также может учитывать нагрузки на оболочку, возникающие при возведении монолитно-пресованной обделки.

**В. АУЭРБАХ, С. ЧЕРНЯКОВ,**  
**В. СКОПИНСКИЙ,**  
 кандидаты техн. наук;  
**В. МАСЛОВСКИЙ,**  
**Л. СТАРЧЕВСКАЯ, В. УЖВА,**  
 инженеры

**Ц**ЕЛЬ настоящей статьи — анализ влияния инженерно-геологических условий на характер мероприятий по осушению грунта при открытом способе работ на примере одного из участков строительства Московского метрополитена. Такой анализ позволяет получать правильные и экономически обоснованные данные для проектирования и строительства.

На глубине заложения тоннелей исследуемого участка залегают четвертичные (аллювиальные) отложения, представленные песками различной крупности, водоносными с прослойками торфа и иловатых супесей и суглинков, подстилаемых слоем различной мощности моренных суглинков. Под ними — флювиогляциальные водоносные неоднородные пески и супеси. При вскрытии котлованов и в процессе работ грунты под воздействием подземных вод, отрицательных температур и других факторов изменили свои физико-механические свойства. Это привело к разжижению суглинков в основаниях, потере устойчивости их в бортах, суффозии.

Проектом предусматривалась проходка под защитой водопонижения. В зависимости от конкретной геолого-гидрогеологической обстановки предусматривались и применялись водопонижающие скважины, легкие игло-фильтровые установки, забойное вакуумное водопонижение или сочетание систем, а также открытый водоотлив. Всякий раз избранный метод защиты взаимовызывался с земляными и другими работами.

Всю трассу открытого способа по условиям дренирования разделили на несколько участков. Прежде всего определили отрезки (суммарная их длина 3 км), где уровень залегания кровли моренных суглинков, являющихся

водоупором для аллювиального водоносного горизонта, не опускался ниже дна котлована. На других участках (суммарная длина 3,1 км) на всю глубину котлована и ниже залегают аллювиальные пески и супеси, а кровля моренных суглинков опускается ниже дна. Выделены также места, где основанием котлована вскрываются подморенные флювиогляциальные пески или моренные суглинки незначительной мощности, не являющиеся препятствием для фильтрации вод.

Благоприятные условия разработки котлованов складывались естественно там, где под небольшой мощностью (1—4 м) аллювиальных песков на всю оставшуюся глубину залежали моренные суглинки. Тоннели здесь, как и проектировалось, сооружались только с открытым водоотливом. Незначительная мощность и влагообильность аллювиальных песков приводили к быстрому дренированию, а поступающие воды чаще убирались вместе с породой в процессе проходки. Смачивания грунтового суглинистого основания почти не происходило. В дальнейшем поступление воды через затяжку было незначительным (1—5 м<sup>3</sup>/час), и она легко откачивалась из пазух. Зимой водоносный горизонт в стенках промерзал.

В ходе наблюдений за сооружаемыми и действующими тоннелями и станционными конструкциями как в открытых котлованах, так и после их засыпки, в различное время года деформаций не отмечалось. Существенных изменений свойств грунтов в бортах котлованов, влияющих на перераспределение активного давления, также не было. Изучение образцов суглинка, взятых из-под бетонной подготовки, показало, что их водно-физические и механические свойства близки к грунтам в естественном залегании.

Трудные инженерно-гидрогеологические условия при проходке складывались на участках, где кровля морены опущена вплоть до подошвы котлована или залегает на 2—3 м выше нее. Осложнения возникли главным образом из-за значительного поступления остаточных вод из вышележащих аллювиальных песков. В проекте указывалось на неблагоприятные геологические условия для работы водопонижающих установок из-за остаточного слоя воды у фильтров, а соответственно и в котловане. Наблюдения подтвердили прогноз. Количество поступающей остаточной воды было значительным независимо от типа применявшихся средств (ЛИУ УЗВМ водопонижительные скважины).

Проходку решили вести с применением открытого водоотлива. Перехват и локализация поступающей воды осуществлялись выдержанными гравелистыми прослоями на контакте песков и моренных суглинков, увеличивающими водоприток особенно со стороны котлована, что влекло за собой смачивание грунтового основания.

Наибольшие сложности были в тех местах, где суглинки залегают непосредственно в основании или немного выше. Зачистка размокшего грунта приводила к его перебору и замене на бетон. Зимой, когда частично в основании оставались размокшие суглинки, при промерзании их пучилась бетонная подготовка.

Размокание и размывание суглинков наблюдалось и в откосах, где мощность и водообильность вышележащих песков была значительной, и остаточными водами смачивалась весь суглинистый склон, что нарушало его устойчивость и приводило к частичному обрушению, оползанию и размыву. Затем, в свою очередь, деформировались верхние песчаные откосы и смонтированные на них иглофильтровые установки. Потребовались дополнительные меры по укреплению как песча-

ных, так и суглинистых откосов: забивка шпунтового ограждения, закрепление подошвы и бетонирование.

Непредвиденные сложности возникли на перегонных тоннелях между станциями «Свиблово» и «Бабушкинская» — прорыв подморенных флювиогляциальных напорных вод в основание котлована через моренные суглинки мощностью до 2 м. Группы концентрических источников тампонировались или перехватывались трубами и отводились в пазухи, а затем откачивались. Иногда все же происходило размокание суглинков в основании, которые в дальнейшем заменяли на бетон. Отмечены также случаи разрыхления свежего бетонного основания. По отдельным наиболее крупным источникам происходил вынос песка, что повлекло за собой оседание участка свайного крепления по одной из стенок. Наблюдениями зимой на отрезках с выходом источников отмечены случаи пучения на 10—15 см бетонной подготовки и конструкции. При вскрытии под бетоном оказывался лед, а ниже — напорные воды.

Проходка котлованов на участках, сложенных на всю глубину аллювиальными водоносными песками, проводилась под защитой водопонижающих средств.

Эффективность осушения водоносных песков водопонижающими скважинами и иглофильтровыми установками достигнута там, где подошва была опущена ниже основания на глубину 1—2 м и более.

Опыт строительства показал, что устойчивость откосов и сохранность основания целиком зависят от правильного выбора способа осушения грунтов. Наиболее благоприятное расположение водопровода — несколько метров ниже лотка сооружения.

**С. ПАНКРАТОВ,**  
старший инженер **Метростройтранс**



## НОВОСТИ



● Всеми цветами радуги переливается керамика, изготовленная в небольшой мастерской Московского керамико-плиточного завода. Замысловатые кружки, изящные вазы, узорчатые солонки, десятки других изделий составляет предприятие в сувенирные магазины столицы. Все они созданы руками члена Союза художников СССР Галины Ивановны Николаевой.

Даже в дни отпуска не прекращает она творческого поиска. Так, находясь летом на отдыхе в деревне, Г. И. Николаева создала чудо-самовар. Красивы керамические мишки-талисманы «Олимпиады-80».

Художница хорошо знакома с трудом метростроителей. Она расписывала архитектурные детали станций «Таганская», «Ботанический сад», «Калужская». А вот теперь задумала создать сувенир, посвященный 50-летию Мосметростроя.

● Комплектом из 18 цветных открыток «Московское метро» издательство «Планета» открыло серию, посвященную первому в нашей стране метрополитену. Выпуск знакомит с архитектурой станций Кировско-Фрунзенской линии. Вблизи трассы находится Центральный стадион имени В. И. Ленина — главная арена XXII Олимпийских Игр.

Новое издание «Планеты» удостоено диплома Оргкомитета «Олимпиада-80».

**В. ГИЛЯРЕВСКИЙ,**  
инженер





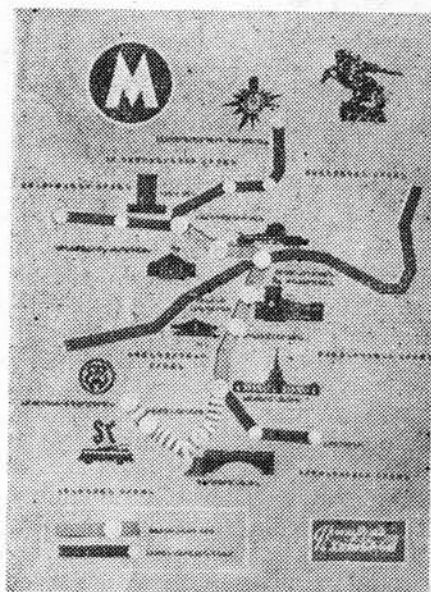
У НАС В ГОСТЯХ ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ МАССОВЫЙ СБОРНИК АРМ. НИТИ ГОСПЛАНА АРМЯНСКОЙ ССР «ГИТУТЮН ЕВ ТЕХНИКА» («НАУКА И ТЕХНИКА»).

## ЕРЕВАН, ПЕРВАЯ ОЧЕРЕДЬ

Говорят участники строительства метро

В третьем и четвертом номерах «Гитутюн ев техника» за 1978 г. опубликованы материалы, подготовленные редакцией сборника «Метрострой». Так было положено начало сотрудничеству двух технических изданий.

Сегодня редакция «Метростроя» предлагает вниманию читателей подборку материалов о строительстве Ереванского метрополитена, подготовленную журналистами сборника «Гитутюн ев техника».



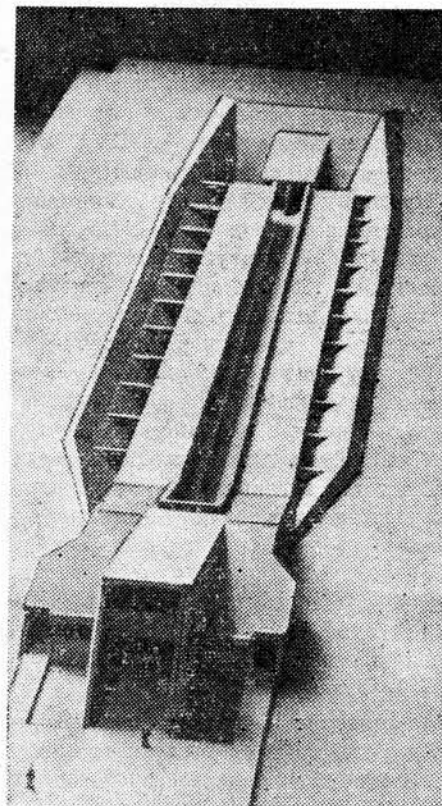
Ереванский метрополитен будет перевозить в сутки около 430 тысяч пассажиров. Его создатели внесут значительный вклад в решение транспортной проблемы города. Сооружения метрополитена обогатят архитектурный силуэт столицы Армении.

**ИВАН ПАПИЕВ**, начальник дирекции строящегося метрополитена: не только в шахтах и забоях, но и на земле идет подготовка к пуску метрополитена. На перекрестке улиц Барекамутян и Кочара возводится своеобразное 14-этажное здание. В нем разместится управление Ереванского метрополитена.

Строители свое дело знают хорошо. Они перевыполняют планы. Одна из крупнейших в Армении строек ве-

дется при ощутимой помощи братских республик. Из многих городов страны мы получаем электропоезда, тюбинги, рельсы, вентиляционные устройства, эскалаторы и другое оборудование.

В решении возникающих проблем участвуют тысячи людей: инженеры, проектировщики, архитекторы, строители. Их самоотверженная работа, стремление ускорить строительство — надежная гарантия того, что метрополитен будет пущен в срок.

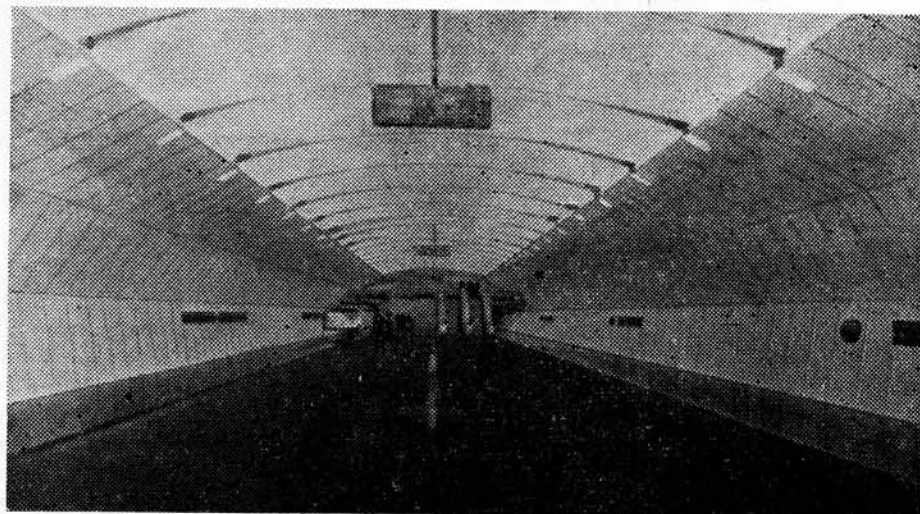


«Армэлектрозавод»

**ВЛАДИМИР ДАНДУРОВ**, директор института «Армгипротранс»: Ереванский метрополитен строится. Первая очередь длиной 11,3 км запроектирована от станции «Армэлектрозавод» до «Киевлян». Она соединит промышленные районы города с центром и жилыми массивами.

Проходка тоннелей ведется в сложных инженерно-геологических условиях.

В 1980 году будет пущен отрезок трассы от станции «Вокзальная» до «Киевлян». Первые подземные экспрессы сформируют из четырех вагонов. Количество поездов на начальном периоде — 24, затем — 40 пар в час.



«Таманцинери»





Вынуты последние кубометры породы на станции «Киевян»

**РОМУАЛЬД КЕГАМЯН**, главный специалист отдела «Метро и тоннели» института «Армгипротранс»: голубые экспрессы, которые пойдут по подземной трассе от «Киевлян» до станции «Армэлектрозавод», одиннадцатикилометровый путь преодолеют за 17—18 минут. В настоящее время ереванцам для поездки на такое расстояние приходится затрачивать более 40 минут.

Намечены направления развития метрополитена. Одна из линий пройдет от станции «Киевлян» в районы улицы Комитаса, проспекта Азатутян и Электролампового завода. Ее протяженность — около пяти километров. На трассе три станции. Она свяжет быстро застраиваемый массив Канакер с южным промышленным районом.

От «Киевлян» же предполагается проложить линию до кинотеатра «Арагац» в Ачапняке. Протяженность ее — почти 3,5 километра, станций — две.

От «Вокзальной» в сторону Эребуни пройдет трехкилометровая трасса, которая соединит жилой массив Нор-Ареш и юго-восток города.

В какой последовательности будут строиться новые линии? Ответ на вопрос даст технико-экономическое сравнение различных вариантов транспортных схем.

**СЕРГЕЙ БАДАЛОВ**, главный инженер дирекции строящегося метрополитена: участники строительства уделяют большое внимание качеству работы и эффективному решению важнейших вопросов. Например, институтом «Ереванпроект» разработан проект использования грунтовых вод

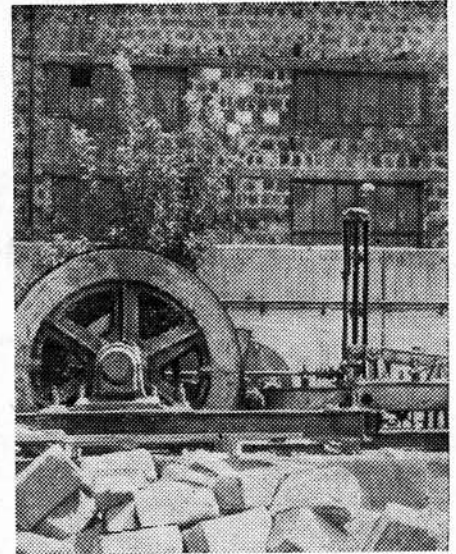
для нужд городского хозяйства. Из подземных источников влага подается в насосные станции фонтанов главного проспекта, к Лебединому озеру, в бассейн у кафе «Парус», в колонки для заправки поливочных машин.

**ЛЕОНИД АРУТЮНОВ**, начальник управления «Армтоннельстрой»: в Ереване работы ведут две наши организации СМУ-160 и ТО-25. На стройке внедрены новые механизмы, много рационализаторских предложений. Выдерживается твердый курс на подготовку местных кадров проходчиков и инженерно-технических работников.

При горно-металлургическом факультете Ереванского Политехнического института имени К. Маркса создана группа специалистов по подземному строительству.

**ЛИПАРИТ САДОЯН**, архитектор: станция «Октемберян» расположена в транспортном узле у кинотеатра «Россия». Предусмотрено 3 входа. Первый расположен в сквере кинотеатра «Россия», второй — на перекрестке улиц Камир Банаки, 26 комиссаров и проспекта Орджоникидзе, третий — на пересечении проспекта Октемберян и улицы К. Маркса.

**ГЕНРИХ ГУКАСЯН**, архитектор: «Заводская» — наземная станция. Она находится на улице Таманцинери около моста, через который проходит железная дорога Ереван — Масис. Вестибюль будет отделан темно-серым гранитом, сочетание которого с фресками из октемберянского красного туфа создаст торжественную обстановку.



Подъемная машина на станции «Октемберян»



По проекту на станции «Барекамутян» сооружение колонн предусматривалось путем установки пустотелых конструкций с последующим заполнением их бетоном марки 300. Рационализаторы СМУ-160 предложили более выгодный вариант. Колонны полностью изготавливались на заводе ЖБК. На станции их устанавливали с помощью лебедок. Время на монтаж удалось сократить на 40%. В месяц монтировалось до 10 колонн.

**ЛЕВОН ГЕВОРГЯН**, заслуженный архитектор АрмССР: последняя станция первой очереди — «Армэлектрозавод» — будет построена в крупном промышленном районе Еревана близ площади Спандаряна. Отделают ее однотонным гранитом. Для архитектуры станции характерна простота и сдержанность.



## ВОПЛОЩАЯ ИДЕИ СОВРЕМЕННОСТИ

### АРХИТЕКТУРА

● НАИЛУЧШИМ ОБРАЗОМ УДОВЛЕТВОРЯТЬ ТРАНСПОРТНЫЕ, ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ И ЭСТЕТИЧЕСКИЕ ЗАПРОСЫ ● СТАНЦИЯМ — НЕПОВТОРИМЫЙ ОБЛИК ● СВЕТ — ОРГАНИЧЕСКИЙ СТРУКТУРНЫЙ ЭЛЕМЕНТ

П АССАЖИР метро находится на станции, как правило, считанные минуты, но за это время ее архитектурный облик способен оказать на него активное воздействие, вызвать определенное зрительное впечатление, дать особый настрой. Только сооружение, рассчитанное на эмоциональное восприятие, получает архитектурную жизненность.

Московский метрополитен возник не просто как утилитарное транспортное сооружение, а стал художественным произведением большого масштаба. Ориентация современного градостроения на освоение подземных пространств восходит к началу тридцатых годов. В Москве был создан неповторимый подземный ансамбль, поражающий своей жизнерадостной силой, самобытностью образов, рождающий высокие чувства.

Создать впечатляющий облик сооружений можно лишь проявив настоящий вкус и заботу о сочетании прошлого и современного. Архитектурный почерк станций столичного метро за почти пятидесятилетнюю историю не был лишен крайностей — от порой неоправданной композиционной сложности и избытка изобразительных средств до элементов аскетизма. Целеобразной оказалась «золотая середина». Следует приветствовать единство тенденций взыскательной простоты и традиции архитектурного летописания. Действительность насыщена событиями и многообразна. В ней — источник творчества.

СТРЕМЛЕНИЕ к простоте, очевидно, не должно приводить к упрощению, а динамика лаконичных форм подменяться монотонностью, вя-

лостью, однообразием, притупляющими реакцию пассажиров.

В сооружениях под землей особенно важно добиться эстетического эффекта. Как?

Прежде всего единством архитектурного и конструктивного решений. В связи с индустриализацией строительства все труднее разнообразить архитектурные приемы, изыскивать новые очертания и формы. Необходимо работать над поиском новых конструктивных решений. Находят выражение современного пространства колонные станции глубокого заложения нового типа, а также конструкции с суженым пилоном — на два кольца. Перспективны односводчатые станции.

Многое зависит от качества и разнообразия строительных материалов. Долговечен и красив естественный камень — мрамор, гранит. Между тем его «палитра» сузилась в последнее время до трех—четырёх сортов. Пассажиры засыпают нас письмами: «Почему станции обесцвечены?». В стране, богатой полезными ископаемыми, нужно увеличить число разрабатываемых карьеров.

А пока архитекторам Метрогипротранса из-за отсутствия необходимого ассортимента облицовочного материала зачастую приходится пересматривать проекты в сторону ухудшения.

В ПОСЛЕДНИХ творческих разработках предусматривается художественная созвучность: общая характеристика радиуса в целом при индивидуальном исполнении отдельных станций. Создание самобытных линий-ансамблей преследует воплощение основного принципа информации — узнаваемости с первого взгля-

да. Добиться нестандартности, уникальности проектов помогает синтез искусств — монументального, изобразительного, прикладного. Мы работаем в тесном контакте с творческими союзами, художественными комбинатами, заводами по изготовлению литья и формовки. Содружество развивается успешно — центральный участок Ждановско-Краснопресненского диаметра и Рижский радиус получили высокие оценки.

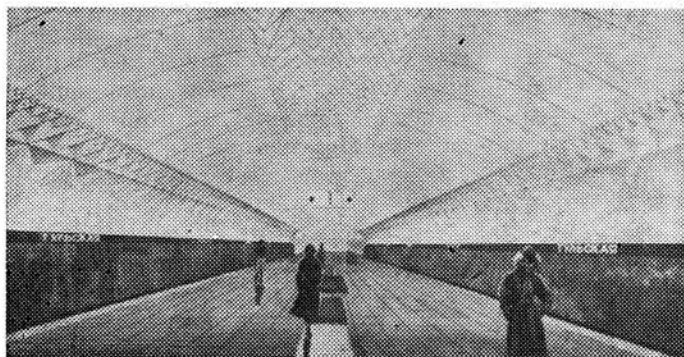
Лаконизм, четкость и убедительность пропорций, композиционная оправданность деталей, доходчивость архитектурно-тематического решения, не вступающего в противоречие с особенностями жизненного ритма метрополитена, — основные черты новых станций. Проектировщики все смелее вводят художественно-изобразительную образность в архитектуру метро, в условиях которого, как показывает практика эксплуатации, наиболее приемлемы чеканка по металлу, флорентийская мозаика, художественное литье и т. д.

Характер подземного интерьера во многом определяет освещение. Наша задача — не только обеспечивать его насыщенность, но и использовать свет для выявления фактуры и пластики, а также акцентирования художественной композиции интерьера. Для экономии электроэнергии предпочтительны светлые облицовочные поверхности.

Свет — важный компонент системы информации пассажиров. Броские, легко воспринимаемые указатели, средства оперативного сообщения должны занять в нашем метро достойное место. Они использованы при разработке символов к Олимпиаде-80.

Восприятие станции как целостного художественного образа предполагает гармонию ее облика с общим ансамблем прилегающей площади, улицы. Многолетний опыт проектирования и строительства Московского метро показывает, что силами одного только Метрогипротранса трудно достичь оптимальной связи подземной архитектуры с сооружениями и зданиями на поверхности. Задачу необходимо решать комплексно, вместе с организациями ГлавАПУ, занимающимися перспективным проектированием городской застройки.

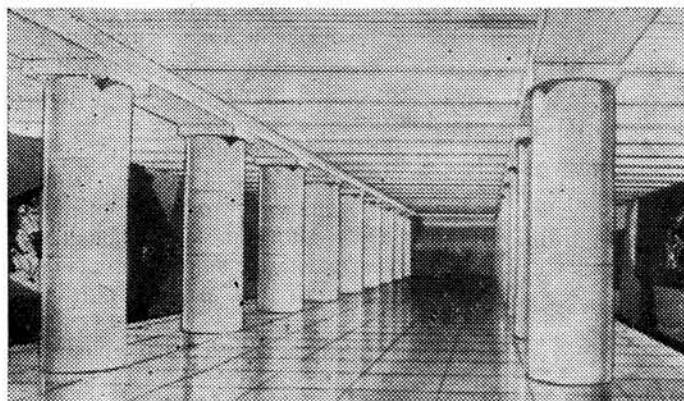
Ю. ВДОВИН,  
главный архитектор Метрогипротранса;  
Ю. КОЛЕСНИКОВА,  
зам. начальника архитектурного  
отдела



**«Тульская».\*** Архитекторы Н. Шумаков, И. Петухова. Одноводчатая станция мелкого заложения. Пластика свода, выполняемого в монолитном железобетоне, решена с учетом возможности производства работ с передвижной опалубки.

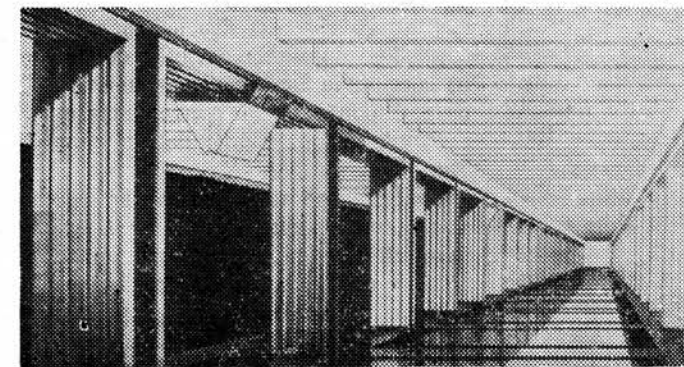
Путевые стены облицовываются мрамором «буровщина», пол выстилается гранитными плитами Янцевского месторождения.

В пешеходных переходах вдоль оси станции в сторону Даниловского вала и Тульского переулка устанавливаются пассажирские конвейеры.



**«Нагатинская».** Архитекторы Л. Павлов, Л. Гончар, И. Петухова.

Мелкого заложения с шагом колонн 6 м. Они облицовываются мрамором «коелга» с фасками. Путевые стены решены с включением мозаики, отражающей тематику станции.

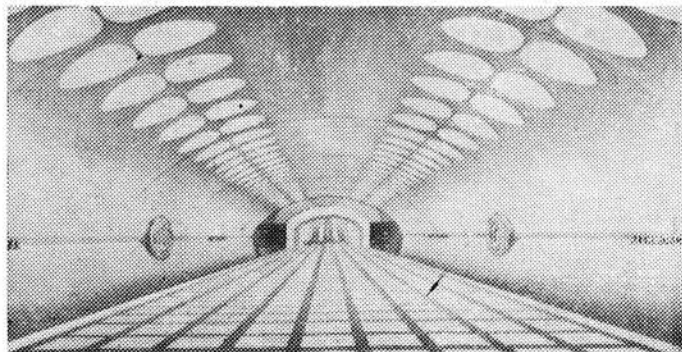


**«Нагорная».** Архитектор М. Тренин.

Станция мелкого заложения с шагом колонн 6 м. Для облицовки колонн и ригеля предусматривается тонколистовой прокат нержавеющей стали в сочетании с «газганом» либо темным стеклокристаллитом. Путевая стена будет выполнена в том же материале. Пол устилается янцевским полированным гранитом.

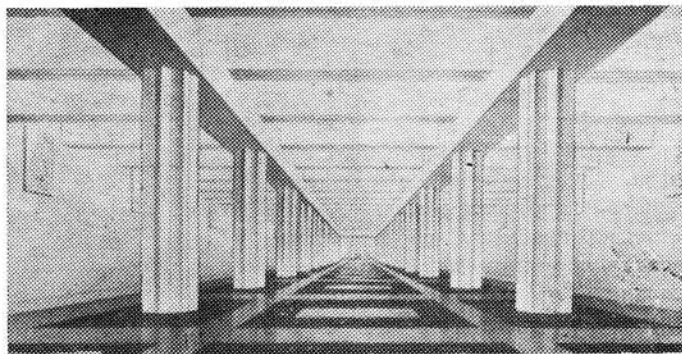
\* Проект станции «Серпуховская» находится в стадии разработки.

## СТАНЦИИ СЕРПУХОВСКОГО РАДИУСА



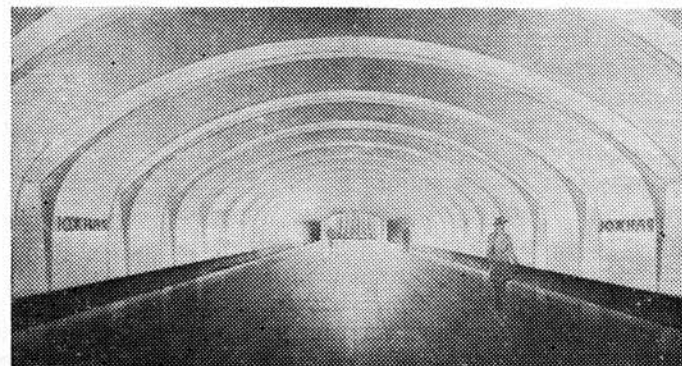
**«Нахимовский проспект».** Архитекторы В. Клоков, Л. Попов.

Одноводчатая станция мелкого заложения. Четыре художественных панно на путевых стенах из «коелги» отражают тематику станции. Пол платформы настилается полированным янцевским гранитом и «габбро».



**«Севастопольская».** Архитекторы Н. Демчинский, Ю. Колесникова.

Мелкого заложения, колонного типа. На платформе предусмотрены пересадочные устройства на действующую одноименную станцию Горьковско-Замоскворецкой линии. Отделочные материалы — «коелга», янцевский гранит и «габбро». Потолок с люминесцентными светильниками. На путевых стенах — художественные панно.



**«Южная».** Архитекторы Р. Баженов и В. Черемин.

Одноводчатая станция мелкого заложения. Отделка путевых стен с тематическими панно — мрамор «коелга» и «уфалей», пол — из полированного капустианского гранита.

## ПРОФИЛАКТИКА ЭЛЕКТРО- ТРАВМАТИЗМА

СВЫШЕ 800 бригад в организациях Главтоннельметростроя включились в движение за высокопроизводительный труд без травм и аварий по методу знатного московского строителя Героя Социалистического Труда А. Басова.

Широкое распространение начинания требует проведения соответствующих технических мероприятий, в частности, улучшения профилактики электротравматизма.

Институтом «Оргтрансстрой» совместно с ЦНИИСом проведен анализ на объектах Главтоннельметростроя за период с 1974 по 1978 годы. Разработаны рекомендации по предотвращению электротравматизма. Анализ выявил его динамику по отдельным участкам производства. Исследования показали, что количество случаев электротравматизма снижается. В 1978 г. благодаря осуществлению комплекса мероприятий их совсем не было. Наибольшее количество электротравм (40%) происходило по техническим причинам: использование самодельного приспособления для проверки двигателей, неправильно собранной схемы при включении резонансного трансформатора, неисправности оборудования лаборатории. Каждая пятая вызвана несоблюдением техники безопасности. Из-за несоответствия выполняемой работы полученной специальности, нарушения производственной дисциплины происходит 20 процентов травм.

Многие организации, например, СМУ-7 Мосметростроя, накопили опыт безаварийной работы. Все вновь поступающие трудятся в управление до издания приказа о зачислении в штат проходят специальную подготовку, получают вводный инструктаж. В бригаде новички закрепляются за опытными высококвалифицированными рабочи-

ми. Затем они в течение месяца проходят стажировку в качестве дублеров. К самостоятельной работе их допускает главный энергетик. В СМУ-7 Мосметростроя не было электротравм в течение 30 лет.

Анализом установлено, что 60% всех случаев электротравматизма произошли с работниками, которые по характеру своего труда не имеют постоянного прямого контакта с токоприемниками. Поражения током носили случайный характер.

Большое число (40%) электротравм произошло на тех объектах, где обслуживающий персонал электролиний или электрооборудования имел контакт с токоведущими частями коммуникаций.

20% травм получены при самовольном вмешательстве в систему энергоснабжения. Недисциплинированность



Распределение электротравм по причинам

и несоблюдение правил безопасности, пренебрежение предохранительными и защитными средствами допускаются в процессе эксплуатации действующих электролиний.

Имелись случаи (20%) электротравматизма, связанные с прикосновением к оголенному рубильнику лиц, которые по своим обязанностям не имели права на это. Еще 20% травм — от металлических элементов средств производства и оснастки, оказавшихся под током. Это происходит в результате неисправности электроустановок.

В основном травмы получают при эксплуатации электролиний и оборудования на переменном токе при напряжении 380 и 220 вольт в системе с изолированной или глухозаземленной нейтралью. Однофазные разъединители, используемые в сетях трехфазного тока, нередко устанавливают-

ся на нейтрали. Имеющиеся средства защиты в зоне строительной площадки не гарантируют безопасность при прикосновении к частям, находящимся под напряжением. Поэтому необходимо осуществить меры, направленные на обеспечение электробезопасности.

При эксплуатации электроустановок, работающих на пониженном напряжении, случаев травматизма не было.

Анализ по возрасту и стажу показал, что основное количество травм (60%) приходится на работников от 40 до 60 лет. Они имеют достаточный опыт и знания, однако пренебрегают правилами безопасности.

Для правильной постановки профилактики рекомендуется:

шире изучать и пропагандировать опыт передовых организаций, предприятий, бригад и рабочих, которые в своей практической деятельности создали безопасные условия труда и добились ликвидации электротравматизма, нарушений правил электробезопасности;

организовать чтение лекций, показы кинофильмов, диафильмов, макетов, плакатов, магнитофильмов;

повысить контроль за содержанием и использованием средств индивидуальной защиты при выполнении работ;

регулярно осуществлять проверки электроустановок согласно ПУЭ, ПТЭ и ПТБ, выполнение графиков профилактических испытаний и планово-предупредительных ремонтов;

улучшить качество инструктажа и обучения безопасным приемам труда. Определить виды работ, на которых необходимо иметь квалификационную группу по технике безопасности;

особое внимание следует обращать на состояние электробезопасности при взаимопроверках строительных организаций и промышленных предприятий;

повсеместно использовать контрольно-измерительную аппаратуру лабораторий трестов и местных территориальных организаций энергонadzора;

шире внедрять движение наставничества, закрепляя за каждым молодым рабочим высококвалифицированного специалиста;

осуществлять строгий надзор за допуском к работе с электроустановками и неукоснительным соблюдением трудовой и технологической дисциплины.

Я. ДУБОВСКИЙ,  
инженер



## ПРЕГРАДА ВОДНОЙ СТИХИИ

**ГЛУБОКА** и многоводна Нева. При сравнительно небольшой ширине она переносит миллионы кубометров пресной воды из Ладожского озера в Финский залив. Многоводность по весне и осени порой оборачивается бедствием. Западные ветры останавливают огромную массу воды, и она обрушивается на прибрежные низины, затопляет острова. Не только в петровские времена, но и в наши дни Нева доставляет массу хлопот. Финский залив перекроет защитная дамба (рис. 1).

Строительство уникальнейшего сооружения требует проектирования целого ряда сложных инженерных комплексов, в том числе подводных тоннелей под судопропускными устройствами (СУ-1 и СУ-2) в местах пересечения дамбы с двумя навигационными морскими каналами. Каждая будет иметь два проезда для трехрядного автомобильного движения и три узких галерей, где разместят вентиляционные устройства и различные коммуникации.

Поперечный разрез дамбы в месте пересечения с одним из каналов показан на рис. 2. Продольный разрез по его оси представлен на рис. 3.

Каждый тоннельный переход состоит из пяти частей: двух открытых железобетонных рам (А, Д), двух береговых закрытых отрезков (Б, Г) и руслового участка В. Их протяжен-

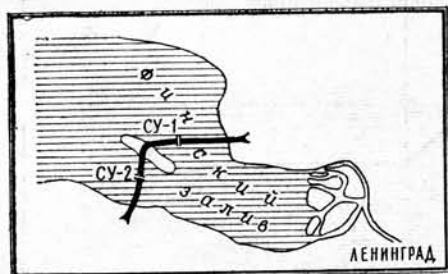


Рис. 1

ность, разная для двух тоннелей, определена шириной и глубиной судопроходных каналов, наибольшей величиной допустимого продольного уклона, а также технико-экономическими условиями строительства и эксплуатации сооружения.

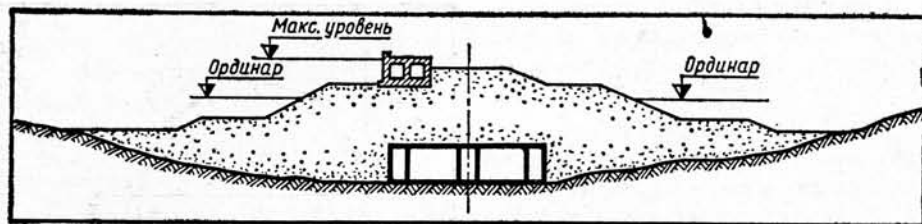


Рис. 2

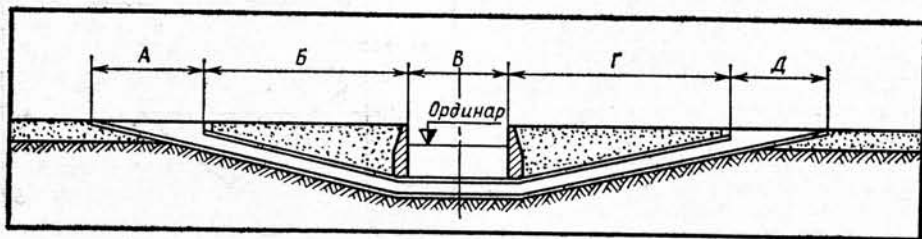


Рис. 3

В СССР подводное тоннельное развитие развивается недавно. К проектированию привлечены крупнейшие организации — Гидропроект им. С. Жука и Ленгипротрансмост. Научно-исследовательские работы ведутся в ЛИИЖТе кафедрами «Тоннели и метрополитены» и «Строительная механика».

Проблема пространственного расчета тоннельной секции (размер в плане  $\sim 40 \times 40$  м), имеющей в поперечном сечении несколько пролетов и опирающейся на грунтовое основание, является весьма сложной как для строительной механики, так и для механики грунтов. Приходится упрощать схему. Во-первых, в силу вычислительных трудностей, возникаю-

щих на пути к точному решению, а во-вторых, ввиду неполной ясности механических законов, которым подчиняется работа элементов системы, в первую очередь, грунта основания.

Упрощение расчетной схемы выражается в том, что нагрузка на перекрытие и стены секции предполагается известной. Она принимается равной весу вышележащего слоя взвешенного в виде грунта. Нагрузка на стены подсчитывается как активное давление грунта по формулам теории текучей среды.

Другое упрощение состоит в следующем. При расчете сооружений, опирающихся на плотные, слежавшиеся грунты, необходим учет влияния возникающих в основании касательных напряжений. Он может быть приближенно и сравнительно просто выполнен на основе разработанной нашими учеными (М. Филоненко-Бо-

родич, В. Власов, П. Пастернак) модели.

Наконец, для выполнения пространственного расчета необходимо выбрать достаточно точную и в то же время приемлемо простую расчетную схему самого сооружения — секции подводного тоннеля. В выполненных ЛИИЖТом расчетах применена универсальная программа АПР-5 института «Ленпроект» для стержневых систем с числом узлов до четырех тысяч. Исследования проводились по заказу Гидропроекта. Они позволили получить представление об основных особенностях пространственной работы тоннельной секции.

**О. ТАНАЙКО,**  
канд. техн. наук.

# ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ЛИНИИ

**С**НИЖЕНИЕ расхода электроэнергии, который растет с увеличением скоростей и объема перевозок, можно обеспечить еще в процессе проектирования линий метрополитена, подбирая благоприятный продольный профиль.

Экономия может быть достигнута благодаря снижению скорости начала торможения и уменьшению среднего сопротивления движению поезда на перегоне, что достигается движением с постоянной скоростью.

Наиболее благоприятен так называемый горочный профиль. Он имеет спуск после станции и подъем перед ней. Расчет его элементов в значительной степени осложняется тем, что зависит от решения другой задачи — определения оптимального режима ведения поезда при фиксированном профиле. В большинстве научных работ в качестве критериев оптимальности используются время хода поезда по перегону, расход энергии или приведенные затраты. Вместе с тем, в вопросе еще не сложилось единой точки зрения.

Для линии метрополитена величина  $\lambda$ , представляющая собой изменение времени хода поезда по перегону при изменении расхода энергии на 1 квт. час, должна быть одинакова для всех перегонов. Соблюдение этого условия обеспечивает минимальный расход энергии на всей линии при фиксированном времени или наоборот — минимальное время хода при заданном расходе энергии. Различные соотношения расхода энергии и времени хода достигаются подбором величины  $\lambda$ . В настоящей работе под оптимальной будет пониматься траектория, обеспечивающая минимум времени хода поезда при заданном  $\lambda$ . Следует отметить, что расход энергии на движение, соответствующий этому времени хода, также будет минимален.

Впервые в нашей стране попытка расчета элементов горочного профиля сделана в ЛИИЖТе. Путем анализа боль-

шого количества тяговых расчетов получен ряд рекомендаций по проектированию профиля для ленинградских условий. Математически строго задача была сформулирована группой канадских инженеров. Авторы не смогли получить удовлетворительного решения, так как

пытались использовать методы направленного перебора вариантов профиля и режимов ведения. Количество вариантов оказалось столь большим, что задача стала неразрешимой даже для ЭВМ. В той же работе предложен эвристический подход, с помощью которого получено снижение расхода энергии на проектируемых линиях метрополитена Монреаля.

Одновременное рассмотрение оптимальных режимов управления двигателями и уклоном позволяет избежать трудностей, связанных с последовательным решением двух задач оптимизации — профиля и режима ведения по заданному профилю.

Для этого вводится понятие «двумерного» оптимального управления, в котором одной из координат является управление тяговыми двигателями, а другой — «управление» профилем. Под управлением профилем здесь понимается последовательность уклонов различной крутиз-

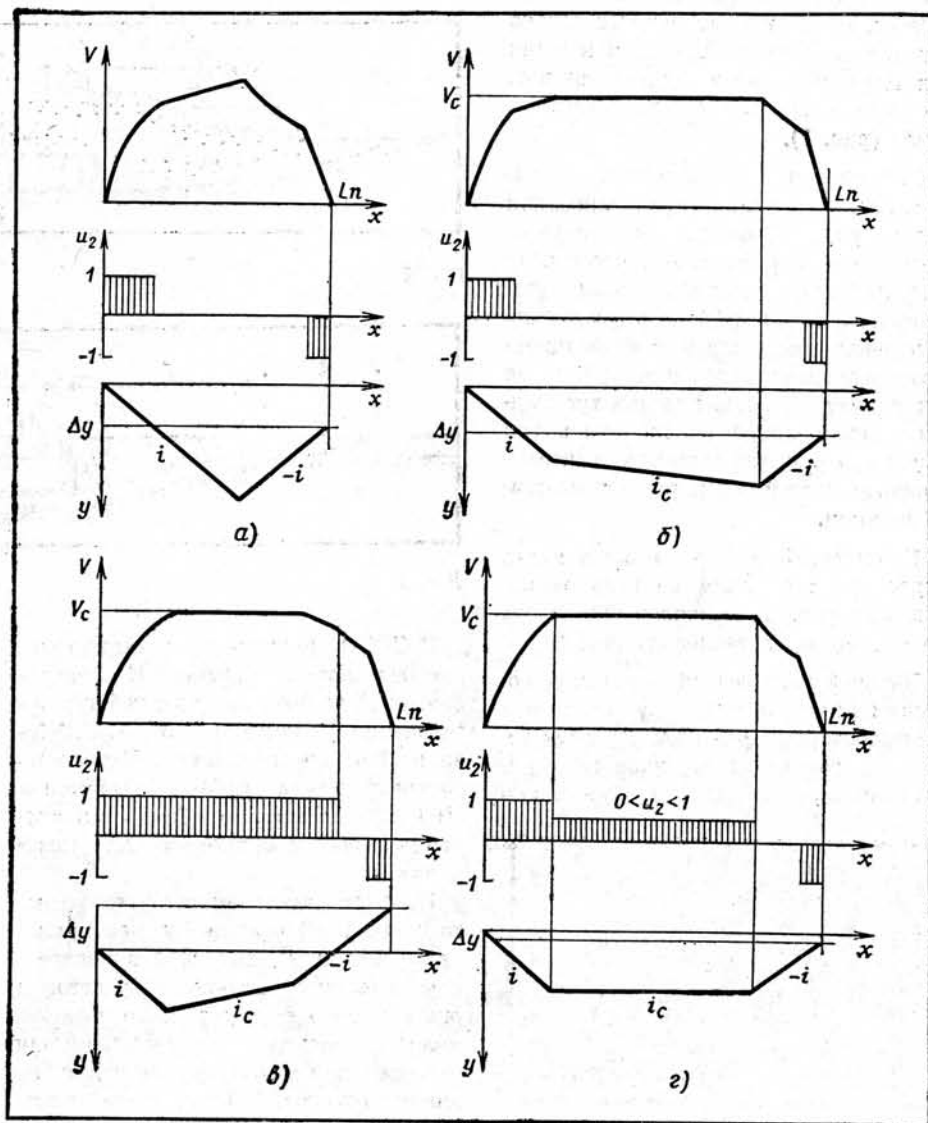


Рис. 1

ны, приводящая к изменению скорости поезда.

Задача отыскания оптимальной траектории формально состоит в определении минимума следующего функционала:

$$I = \int_0^T (dt + \lambda dA), \quad (1)$$

где  $t$  — текущее время,

$T$  — время хода по перегону,

$A$  — расход энергии на движение.

Для решения задачи должны быть известны:

а) система дифференциальных уравнений, описывающая состояние объекта (уравнения связи), которая представляет собой уравнение движения поезда и уравнение зависимости глубины заложения трассы от скорости, записанные с использованием понятия двумерного управления;

б) набор граничных условий — длина перегона, разность глубин расположения станций, начальная и конечная скорости;

в) коэффициент  $\lambda$ .

Применение к сформулированной выше задаче принципа максимума Л. С. Понтрягина позволило получить виды траекторий движения и управляющие воздействия, отвечающие необходимым условиям оптимальности. Таким образом, из всего многообразия управлений выделено несколько видов, являющихся кандидатами на оптимальное управление.

Их можно сформулировать так:

1. «Регулярное» управление (рис. 1,а). При этом станции соединяются отрезками пути с максимальными уклонами. Управление тяговыми двигателями осуществляется в последовательности — максимальная тяга, выбег, торможение.
2. «Сингулярное» управление уклоном

(рис. 1,б,в). Отличается от предыдущего наличием т. н. «сингулярного» уклона, соединяющего отрезки с максимальной крутизной. По сингулярному уклону поезд движется с постоянной скоростью  $V_c$  на выбеге или с использованием максимальной тяги, причем изменения управления двигателем на участке с сингулярным уклоном не происходит.

3. «Двумерное сингулярное» управление (рис. 1,г). При этом управление уклоном такое же, как в предыдущем случае, а управление тягой следующее — максимальная тяга, неполная «сингулярная» тяга, выбег, торможение. Участки сингулярных тяги и уклона полностью совпадают. Управление на этом участке обеспечивает движение со скоростью  $V_c$ . Поскольку системы управления подвижным составом метрополитена не предусматривают неполную тягу, при двумерном сингулярном управлении возможно неоднократное включение тяговых двигателей.

Если полученные в результате решения задачи максимальные скорость и глубина заложения трассы превышают допустимые значения, необходимо учесть эти ограничения. Анализ необходимых условий оптимальности проводился при ограничениях, постоянных по всей длине перегона.

Оптимальные траектории в этом случае состоят из элементов оптимальной траектории, не учитывающей ограничение, и элементов границы. Исследование условий сопряжения траектории с границей позволяет сократить количество видов траекторий, отвечающих необходимым условиям оптимальности.

Практическую ценность представляют следующие случаи:

1. Ограничение типа  $V \leq V_{доп}$ , где  $V_{доп}$  — максимально допустимая скорость. Виды траекторий совпадают с видами траекторий, полученными без учета ограничений, с той разницей, что  $V_c$  заменяется на  $V_{доп}$ .

Дополнительно появляется подтормаживание на крутом спуске (рис. 2,а), которое обязательно переходит в служебное торможение, начинающееся в свою очередь на спуске максимальной крутизны.

2. Ограничения типа  $Y \leq Y_{доп}$  и  $V \leq V_{доп}$ . При этом общее правило построения оптимальной траектории сохраняется. Анализ условий сопряжения ограничивает возможные виды управлений тремя, изображенными на рис. 2, б, в, г.

Использование принципа максимума позволило, кроме качественных характеристик оптимального управления, получить основные количественные соот-

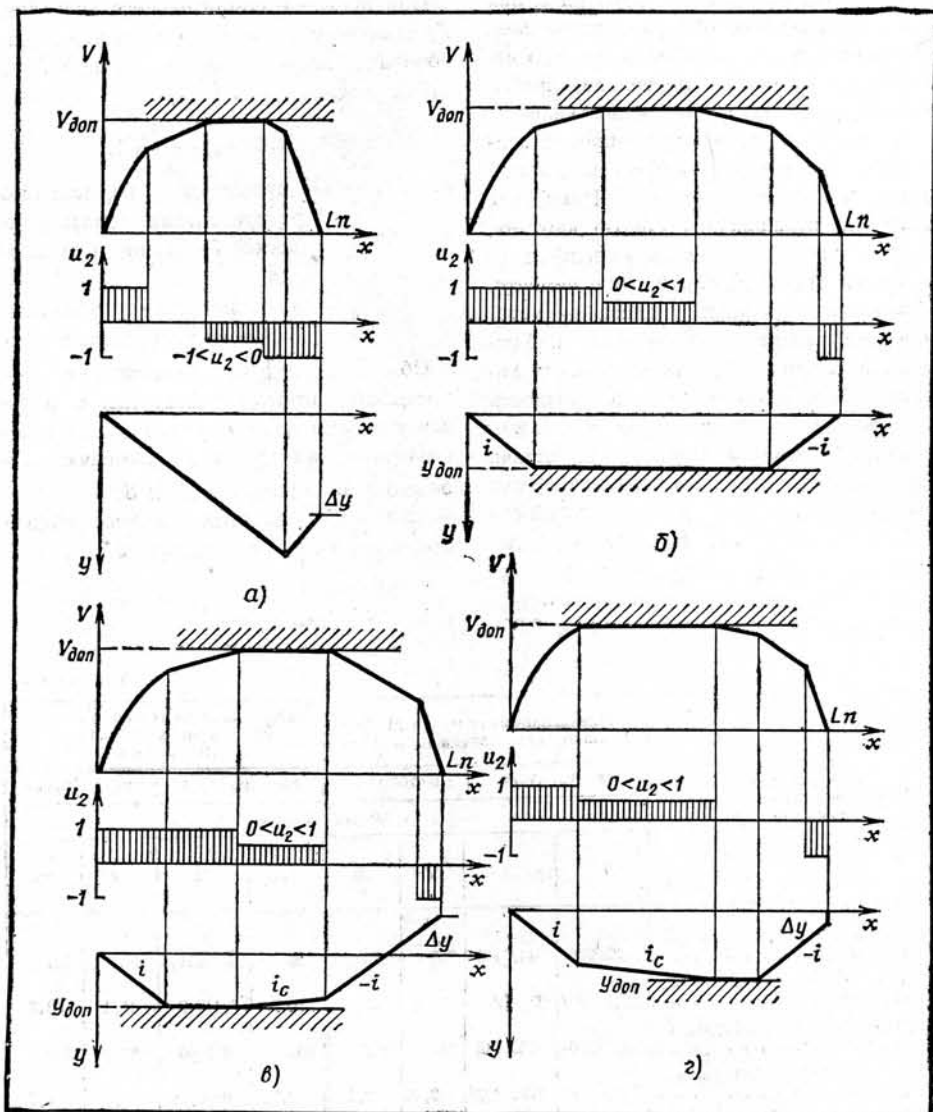


Рис. 2

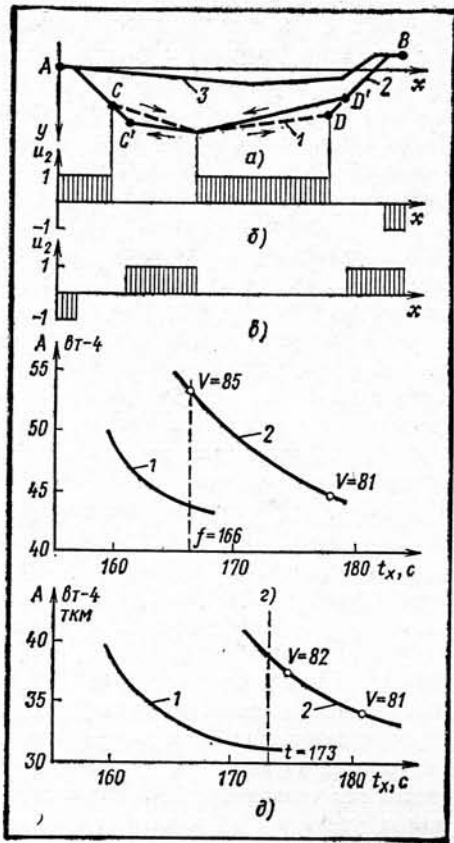


Рис. 3

ношения для расчета всех элементов оптимальных траекторий.

В качестве примера исследован один из перегонов ленинградского метрополитена (рис. 3).

Длина перегона  $L_{\text{п}}=2840$  м,  $\Delta Y=5$  м, тип подвижного состава —  $E$ ,  $V_{\text{доп}}=80$  км/час, вес вагона с пассажирами 43,5 тонны.

В результате расчетов оказалось, что оптимальный профиль отличается от существующего и несколько различен в разных направлениях, хотя и имеет общую нижнюю точку. Отрезки оптимальных траекторий  $CD$  при движении от  $A$  к  $B$  и  $C'D'$  при движении от  $B$  к  $A$  являются участками сингулярного управления на границе. Так как для вагона  $E$  невозможна неполная тяга, было применено второе подключение двигателей. Для оценки снижения расхода энергии сравнение существующего и оптимального профилей проводилось при фиксированном времени хода — 166 секунд при движении от  $A$  к  $B$  и 173 сек. при движении от  $B$  к  $A$ . Суммарная экономия энергии на обоих направлениях составила 17,2 вт.ч/т. км, или 18,59%.

**А. ЛЯНДА,**  
руководитель группы Ленметро-  
гипротранса

## О КАЧЕСТВЕ ИСПЫТАНИЙ ЦЕМЕНТА

**П**РИ строительстве Московского метрополитена применяются цементы Ульяновского и Здобуновского заводов. Между поставщиками и потребителями нередко возникают споры о несоответствии материала по прочности при сжатии. Мы лишены возможности проверить, как завод-изготовитель проводит испытания. Паспорт, в котором указаны физико-механические свойства материала, присылают через месяц после его поступления.

Можно достаточно строго проанализировать полученные цифровые данные статистическими методами. Появление значений, искажающих общую картину, можно трактовать как нарушение однородности либо испытаний, либо цемента. Непременное условие анализа — установление закона распределения наблюдаемой величины. Для механических характеристик цемента (предел прочности при сжатии  $R_{\text{сж.}}$  и при изгибе  $R_{\text{изг.}}$ ), как правило, применим нормальный закон. Поэтому рассматриваемая задача может быть поставлена так. Из генеральной совокупности  $R_{\text{сж.}}$  или  $R_{\text{изг.}}$  для испытуемого цемента выбираем группу величин. При принятом уровне значимости  $P$  (для цемента обычно равен 0,05)

устанавливаем, совместимы ли они с гипотезой о принадлежности генеральной совокупности. Как правило, некоторые значения  $R_{\text{сж.}}$  или  $R_{\text{изг.}}$  вызывают определенные сомнения, сильно отклоняясь от остальных.

При проверке сомнительного значения  $X$ , являющегося крайним элементом (наибольшим либо наименьшим), принимается критерий

$$|X - a| > u_{1-p} \sigma \quad (1),$$

где  $a$  и  $\sigma$  — параметры нормального распределения (математическое ожидание и дисперсия);

$u_{1-p}$  — квантиль стандартного нормального распределения.

Обычно параметры нормального распределения бывают неизвестны и пользоваться ими в предельном виде невозможно, поэтому  $a$  и  $\sigma$  заменяют выборочными значениями  $\bar{X}$  и  $S$ .

Если ввести понятие максимального относительного отклонения  $\tau$

$$\tau = \frac{|X - \bar{X}|}{S} \quad (2),$$

Т а б л и ц а

Наименование статистической характеристики	Портландцемент марки М-400 Ульяновского завода по данным				Портландцемент марки М-600 Здобуновского завода по данным			
	изготовителя		потребителя		изготовителя		потребителя	
	в возрасте, суток							
	7	28	7	28	7	28	7	28
Среднее арифметическое $\bar{X}$ , кгс/см <sup>2</sup> . . . . .	333/330	440/438	268	395	459	622/621,5	356	501
Квадратичное отклонение $S$ , кгс/см <sup>2</sup> . . . . .	27,9/23,7	24,7/21	30,9	31,8	14,7	7,4/6,2	41,4	63,8
Крайний элемент выборки $X$ , кгс/см <sup>2</sup> . . . . .	437/378	520/486	342	326	497	649/640	452	380
Максимальное относительное отклонение $\tau$ . . . . .	3,73/2,03	3,24/2,25	2,46	2,1	2,58	3,65/2,98	2,32	1,9
Объем выборки $N$ . . . . .	49/48	64/62	30	32	172	172/167	53	53

Примечание: Над чертой — данные без отбраковки, под чертой — с отбраковкой.



для него можно получить специальное распределение. Значения  $\tau$ , зависящие от объема выборки, приводятся в соответствующих таблицах. Если для конкретного крайнего значения  $X$  получаемое  $\tau$  больше табличного, то его следует отбросить как ошибочное.

Предложенная методика применена лабораторией Очаковского завода ЖБК при проверке результатов испытаний, проведенных заводом-изготовителем и потребителем цемента за год. Как наиболее характерные рассматривали данные по прочности при сжатии (аналогично можно проверить и по изгибу) в 7- и 28-суточном возрасте портландцементов марки М-400 Ульяновского завода и М-600 Здолбуновского.

Для каждой из выборок вычисляли среднее арифметическое  $\bar{X}$  и среднее квадратичное отклонение  $S$ , затем находили значение  $X$ , наиболее отклоняющееся от  $\bar{X}$ . На основании полученных

$X$ ,  $S$ ,  $X$  определяли максимальное относительное отклонение  $\tau$ .

Вычисленные характеристики по обоим видам цемента приведены в таблице. Поскольку число испытаний превышало 20, то в случае годности первичных данных  $\tau \leq 3$ . Анализ показывает, что потребителем это условие выполняется во всех случаях, а заводами-изготовителями — в одном из четырех. Кроме того, потребителем выявлены значения, отклоняющиеся от среднего арифметического как в большую, так и в меньшую стороны, а по показателям заводо-изготовителей — только в большую.

Таким образом, мы должны оставить для дальнейшего рассмотрения данные, в которых  $\tau < 3$ . К ним относятся все результаты, полученные потребителем, и одна выборка цементного завода. При этом проводят те же вычисления, но уже для выборки с отсутствующим и крайним элементом. За такой элемент принимают следующее по сомнительности

(по отклонению) значение и вновь вычисляют  $\tau$  или повторяют вычисления для выборки, где отсутствует несколько элементов.

С учетом отбраковки результатов мы получили значения, приведенные в таблице.

Кроме низкого качественного уровня испытаний, причиной грубых ошибок может быть и неудовлетворительная организация поставок, и нарушения технологического цикла, вследствие чего появляется материал с резко отличными свойствами. Так, при поступлении портландцемента марки М-400 с Ульяновского завода партии № 55 и 56 соответствовали марке 500.

Примененная методика позволяет эффективно контролировать испытания цемента и выявлять результаты, которые сигнализируют об изменении его характеристик.

**М. КАГАН,**  
канд. техн. наук

## ГОРЬКИЙ: ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

**Т**РАССА первой очереди Горьковского метрополитена протяженностью 9,6 км пройдет через три индустриальных района Заречной части города и свяжет Московский железнодорожный вокзал с автомобильным заводом.

На ней построят 8 станций мелкого заложения. Трасса в плане расположена почти параллельно руслу реки Оки и находится от нее на относительно небольшом расстоянии. Заречная часть города низменная, поэтому раз в 300 лет возможно затопление паводковыми водами значительной части мест, по которым проходит линия метрополитена.

Проектом предусматривается ряд мероприятий по защите входов от возможного подтопления. В частности, входы в подземные переходы на всех станциях, лоток портала тоннелей на ветке в депо располагаются выше горизонты паводковых вод в соответствии с требованиями СНиПа.

Почти на всем протяжении трасса залегает в обводненных песках. Уровень грунтовых вод от отметки лотка

на некоторых участках после постройки Чебоксарской ГЭС поднимается до 8 м. Сложные гидрогеологические условия потребовали произвести детальные расчеты. На основе этих расчетов при проектировании основной обделки станций «Московская», «Двигатель Революции» возникла необходимость в устройстве дополнительных конструктивных элементов для предотвращения аварий при подъеме уровня грунтовых вод.

Гидрогеологические условия строительства Горьковского метрополитена особо остро поставили вопрос о гидроизоляции сооружений, в особенности отдельных наиболее сложных узлов сопряжения конструкций лотковой части. По градостроительным условиям тоннели двух перегонов будут сооружаться открытым способом и пять закрытым — московским.

Между станциями «Чкаловская» и «Ленинская» сооружена унифицированная железобетонная обделка с обжатием в песчаные грунты: по правому тоннелю 650 м и по левому — 670. В каждом из них выделены участки

длиной по 50 м для проведения исследований по плану новой техники.

Проектом предусмотрено в большом объеме водопонижение, и сейчас оно осуществляется в процессе строительства. Практически этот вид специальных работ будет применен на всей трассе, исключение составляет только станция «Ленинская», где уровень грунтовых вод залегает ниже лотка.

После восстановления уровня грунтовых вод обделка, обжатая в породу на перегоне «Чкаловская» — «Ленинская», частично будет залегать в обводненных песках. Для предотвращения возможной просадки лотковых блоков в период эксплуатации и появления выплесков с выносом песка под действием динамических нагрузок подвижного состава специалистами Метрогипротранса и Горьковметропроекта Горисполкома разработана конструкция связи лотковых блоков и примыкающих к ним нормальных.

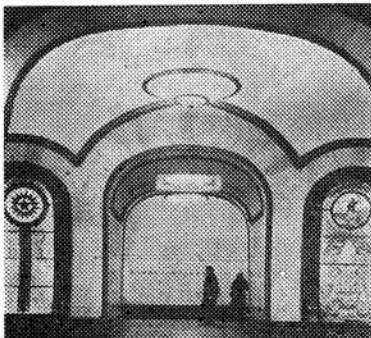
На четырех перегонах будет применена обделка из пресбетона. Сейчас успешно освоен строителями комплекс ТЩБ-7.

Предстоит совместно с ЦНИИС решить проблему защиты обделки в пресбетоне на отдельных участках от агрессивных воздействий грунтовых вод.

**Б. ГУРОВ, Е. ПАНИН,**  
**В. ЖЕЛТУХИН, Л. ТВОРИЛОВ,**  
инженеры



## ПО ЗАКОНАМ КРАСОТЫ



**А**РХИТЕКТУРА «Маяковской» пользуется популярностью, присущей самым выдающимся сооружениям. На платформе постоянно находятся группы туристов, раздаются восторженные разноязычные возгласы, стрекочат кинокамеры. Люди рассматривают, любуются.

Они наслышаны об этой станции, видели фотографии и кинокадры, ехали издалека только для того, чтобы посмотреть, прочувствовать и запомнить.

Подлинный синтез архитектуры с живописью и скульптурой рождается, как правило, тогда, когда они достигают очень высокого качественного уровня, ибо в противном случае становятся излишествами. Однако возможные ситуации, при которых даже пассивное участие живописи или скульптуры может быть оправдано большой притягательной силой воздействия архитектуры сооружений.

Выдающиеся произведения создал народный художник СССР, академик П. Корин: плафоны станции «Комсомольская»-кольцевая отражают патриотизм великого русского народа и навеяны речью Верховного главнокомандующего на параде войск 7 ноября 1941 года на Красной площади в Москве.

Витражи на пилонах станции «Новослободская», а также мозаичное панно в торце среднего зала посвящены стремлению советских людей к миру и счастью на земле. Они сказочны и в высшей мере декоративны. Фриз в круглом эскалаторном зале наземного вестибюля станции «Смоленская» прославляет подвиг русского народа в Отечественной войне 1812 года.

Впечатляют также работы художника Г. Опрышко. Его плафоны на своде станции «Белорусская»-кольцевая,

выполненные в технике флорентийской мозаики, посвящены советской Белоруссии. Г. Опрышко — автор мозаичного фриза в круглом эскалаторном колонном зале станции «Киевская».

В числе других удачных живописных работ, неразрывно слитых с архитектурной средой, необходимо упомянуть оформление «Бауманской» и «Автозаводской».

Интересно решен мозаичный фриз художника Ю. Королева, посвященный героическим боям на Красной Пресне, на «Улице 1905 года». Дальнейшее развитие живописи на станциях и вестибюлях метрополитена выразилось в декоративном фризе станции «Свиблово». Художник Ю. Королев посвятил его «золотому кольцу» русских городов, расположенных вокруг Москвы.

Каковы перспективы использования монументальной живописи на станциях метро?

Вопрос и сложен, и прост. Живопись имеет право быть там и в таком качестве, которое можно оправдать необходимостью, замыслом и мастерством исполнения.

Достижения науки и техники всегда были и будут интернациональными. Открытия или изобретения, сделанные в одной стране, быстро становятся достоянием всего человечества, и, если по каким-либо причинам они остаются не известными, все равно в другой стране, другие ученые рано или поздно, но обязательно придут к ним.

Иначе обстоит дело с искусством — оно никогда не творится одним умом, без участия души и сердца, в отрыве от культуры предшествующего поколения народа, его характера, привычек и традиций. Поэтому ему присущи национальные черты.

Продолжение, начало № 7

Скульптурные произведения представлены на 49 станциях московского метрополитена. Над ними работали выдающиеся деятели советской культуры — Андреев, Вучегич, Манизер, Мотовилов, Мухина, Томский.

Литые фигуры на «Площади Революции», скульптурные группы на станции «Белорусская»-кольцевая, барельефы и геральдические картуши станций «Электrozаводская», «Динамо», «Октябрьская»-кольцевая, «Семеновская», «Смоленская», «Краснопресненская» — активные компоненты архитектурного убранства.

Очень удачны «Партизаны» на «Измайловском парке». Здесь создан величественный памятник народным мстителям.

Лучшее свидетельство творческой удачи авторов скульптора Манцера и архитектора Виленского — живые цветы, которые пассажиры по зову сердца кладут к подножию скульптур.

Из барельефных произведений впе-

чатляет настенное оформление станции «Семеновская», выполненное группой скульпторов под руководством В. Мухиной, а также работы скульптора Мотовилова на «Электrozаводской» и «Октябрьской»-кольцевой.

Запоминается мемориальная композиция, посвященная декабрьскому вооруженному восстанию 1905 года (скульпторы И. Дороган и Б. Широков), на фасаде вестибюля станции «Баррикадная», оформление путевой стены на «Пушкинской» (скульпторы М. Шмаков и А. Леонова).

Большой вклад в оформление московского метро внесли народные художники Латвийской ССР Е. Рысин и Д. Будник. Их руками сработаны многие элементы декоративного убранства станций «Новослободская», «Варшавская», «Площадь Ногина», «Тургеневская», «Беляево», «Баррикадная», «Октябрьское поле» и «Авиамоторная».

Красота нашего метро оказывает глубокое эмоциональное воздействие на людей, воспитывает патристические чувства, дает радость, укрепляет любовь к Родине. Она сама по себе — огромное богатство. Однако не всегда и не всякое богатство есть красота. Чаще всего оно — излишество, спутник дурного вкуса. К сожалению, иногда мы теряем чувство меры. Здесь уместно вспомнить ставшее крылатым выражение древних: «Он не сумел сделать красиво, поэтому сделал богато».

Для достижения подлинной гармонии сооружений метро нужны благоприятные условия для совместного творчества архитекторов и мастеров изобразительного искусства. Нужно понимание со стороны заказчика и строителей, их активное участие в воплощении замыслов художественного оформления подземных залов и вестибюлей.

**А. СТРЕЛКОВ,**  
архитектор

**ДОКУМЕНТ ИЗ АРХИВА**

## **ПОСТАНОВЛЕНИЕ ОРГБЮРО ПАРТКОМА МЕТРОСТРОЯ О КОНКУРСЕ**

(от 23 мая 1933 г.)

В связи со второй годовщиной решений июньского пленума ЦК о городском хозяйстве и строительстве московского метрополитена коллектив метростроевцев должен мобилизовать все силы на достойную встречу этой годовщины, на решительную борьбу за выполнение плана 1933 года на основе программных решений ЦК и МК о Метрострое.

Строительство метрополитена ставит перед собой задачу — усвоить, применить выдвинутые ЦК принципы организации производства на шахтах Донбасса.

Весь коллектив должен выдержать политический экзамен на право соревнования с угольными шахтами Донбасса и обеспечить широкое развертывание фронта работ. Большевикское выполнение ответственных и сложных задач Метростроем явится показателем боеспособности партийной организации и всего производственного коллектива.

Парторганизация Метростроя накануне проверки своих рядов должна мобилизовать вокруг себя весь коллектив строителей на освоение производственной программы ближайшего квартала и всего 1933 года.

Социалистическое соревнование и ударничество не стали еще основой всей нашей работы. Повысить качество соревнования, развернуть соревнование в штольнях, забоях — вот что сейчас важно для успеха нашей работы.

Одобрив инициативу редакции газеты «Ударник Метростроя», Оргбюро парткома постановляет:

**1. ОБЪЯВИТЬ С 1 ИЮНЯ ПО 1 ОКТЯБРЯ КОНКУРС ШАХТ НА ЛУЧШИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВЫПОЛНЕНИЯ**

**ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ. ВМЕСТЕ С КОНКУРСОМ ШАХТ ПРОВЕСТИ ВНУТРИШАХТНЫЕ КОНКУРСЫ ЗВЕНЬЕВ И СОРЕВНОВАНИЕ ВЕДУЩИХ ПРОФЕССИИ.**

2. Предложить всем ячейкам, фракции постройкома, комитету ВЛКСМ обсудить условия конкурса на объединенном заседании бюро партячеек, шахткомов и бюро ячеек ВЛКСМ и наметить оперативные мероприятия по широкому развертыванию конкурса на строительство.

3. Вокруг конкурса развернуть широкую массовую работу, вынося условия конкурса на обсуждение бригад, смен и звеньев.

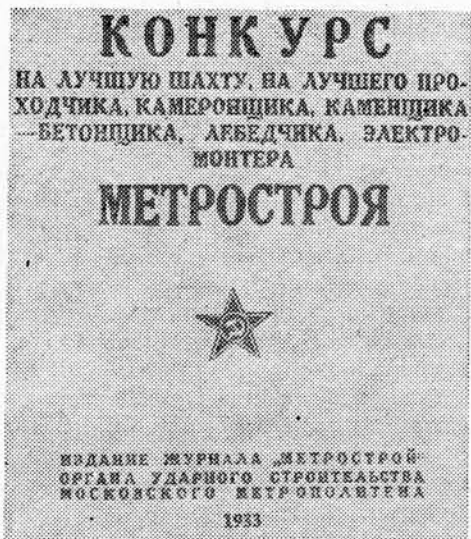
4. Объявить беспощадную борьбу на шахтах с мелочами, тормозящими ход работ, и добиться безусловного выполнения плана работ.

5. Конкурс является не кратковременной кампанией, а продолжительной работой по активизации творческой инициативы рабочих, по повышению производительности, качества труда и снижению себестоимости.

6. Оргбюро парткома подчеркивает, что при премировании по окончании конкурса о результатах участия партячеек в конкурсе будут судить по производственным показателям их объектов.

7. Поручить партячейкам, фракции постройкома и редакции газеты «Ударник Метростроя» всю подготовительную работу по популяризации целей и условий конкурса провести с 25 мая по 1 июня.

8. Ответственность за проведение конкурса возложить на тт.: Галузо, Резниченко, Ефремова, Кулагина.



Комментирует документ заместитель секретаря парткома Мосметростроя **В. М. ВАСИЛЬЕВ**:

Организация соревнования — одна из главных забот коммунистов нашего Управления. Истоки традиций — в первых пятилетках. В нашем архиве хранится документальное свидетельство этому: постановление оргбюро парткома Метростроя от 2 мая 1933 года.

Тогда и был проведен конкурс шахт на лучшее выполнение произ-

водственной программы. Одновременно с конкурсом шахт развернулось соревнование звеньев и рабочих ведущих профессий. Задачи, поставленные перед метростроевцами партией, были успешно выполнены.

Вот уже почти полвека укрепляется славная традиция. Метростроевцы планомерно претворяют в конкретные дела обязательства, принятые на нынешний год. Задание по объему работ значительно перевыполняется.

На финише года усилия нашей партийной организации, всего коллектива Мосметростроя были направлены на то, чтобы к концу года с оценкой «отлично» ввести в строй Калининский радиус.

Звенья, бригады, участки подготовили трудовые подарки к празднику Великого Октября. Так, бригады СМУ-5, которыми руководят Н. П. Леденев, Р. М. Нугаев, И. П. Гальченко, А. Н. Смирнов, А. В. Блинов, А. Т. Гордов, завершили задания пятилетки. Вслед за ними на этот рубеж вышли еще несколько коллективов.

По всей трассе развернулось соревнование, направленное на ускорение строительства пусковых объектов и комплексов. В середине декабря по Калининскому радиусу пущен пробный поезд.

В сентябре партком Мосметростроя одобрил почин коллективов СМУ-2, СМУ-3, СМУ-4, СМУ-6, СМУ-8, управления спецработ и тоннельного отряда № 6. Они — инициаторы сквозного соревнования смежников, организованного по принципу «рабочей эстафеты».

Коммунисты Мосметростроя делают все для обеспечения на практике ленинских принципов соревнования. Для поощрения победителей — лучших участков по итогам каждого месяца — с сентября по декабрь — учреждено восемь премий и столько же переходящих красных вымпелов.

В организации соревнования, в решении производственных задач ведущее место принадлежит объединенным партгруппам. На Калининском радиусе их четыре. Партгруппы сплотили коммунистов всех организаций, занятых на строительстве пусковых объектов.

Нынешнее поколение метростроевцев — достойные наследники славных традиций первопроходцев, подаривших родной столице лучший в мире метрополитен.

Тысячи рабочих готовятся рапортовать о выполнении пятилетних заданий к 110-й годовщине со дня рождения В. И. Ленина.

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ

## АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ МИКРОКЛИМАТА

**В** СООТВЕТСТВИИ с действующим положением о санитарном надзоре на Московском метрополитене сложилась система контроля за эффективностью работы тоннельной вентиляции, которая получила название системы контроля микроклимата.

Используемые ныне методы контроля микроклимата требуют больших затрат труда и не позволяют оперативно получать данные в полном объеме по каждой станции. Устранить недостатки призвана автоматическая система контроля микроклимата АСКМ. Она разработана Институтом

технической теплофизики АН УССР совместно с санитарно-технической службой Московского метрополитена. Система создана в двух уровнях телеметрии и телеконтроля. Нижний охватывает точки контроля параметров микроклимата на станциях. Второй или верхний обеспечивает сбор данных от нижнего уровня, контроль и представление информации в форме, удобной для диспетчера, а также передачу данных для последующей статистической обработки на ЭВМ.

Нижний уровень телеметрии образован комплексом технических

средств периферийной информационно-телеметрической станции ПИТС и датчиками. Его особенность — это возможность автоматического перехода из режима работы с центральной станции, находящейся в верхнем уровне телеметрии, в автономный. При работе в последнем режиме после нажатия кнопки на передней панели ПИТС или по внешнему сигналу телеуправления станция автоматически производит самоконтроль работоспособности. Затем по тринадцати телеметрическим каналам она поочередно опрашивает датчики, обрабатывает данные, сравнивает их с предельно допустимыми значениями и отображает на передней панели результаты измерений в принятых физических единицах.

По каждому телеметрическому каналу производится диагностика состояния линии связи и датчика, а в случае неисправности (короткое замыкание, обрыв) выдается специальный сигнал. Результаты измерения и диагностики в двоичном коде передаются на центральную станцию, кото-

рая одной двухпроводной линией связи соединяется с периферийными. Количество их может быть от одной до 16. Имеется возможность наращивания до 32—48. Такая структура АСКМ способна удовлетворять потребности и небольших, и крупных, как Московский и Ленинградский, метрополитенов.

Центральная станция определяет значения максимальных разовых концентраций двуокиси углерода и пыли в воздухе, а при необходимости и других загрязняющих ингредиентов, а также повышает достоверность статистической оценки параметров микроклимата. Затем они сравниваются с предельными величинами. При выходе тех или иных контролируемых параметров за допустимые выдаются световые и звуковые сигналы. Полученные данные отображаются на перфоленте и регистрируются на специальном бланке, где также печатаются дата и время контроля.

Предусмотрен ввод данных в ЭВМ для последующей статистической обработки: выдачи среднесуточных, среднемесячных и среднегодовых значений. Результаты необходимо использовать для оперативного управления тоннельной вентиляцией на основе математической модели теплообмена. Кроме того, данные могут быть полезны при проектировании новых линий метрополитена.

Первичными преобразователями, реагирующими на изменения микроклимата, являются соответствующие датчики. Среди большого количества основанных на различных физических принципах датчиков, разрабатываемых или выпускаемых отечественной промышленностью, нами выбраны те, которые обладают наиболее важными для эксплуатации на метрополитене характеристиками. Например, отсутствие или небольшая частота обслуживания, стабильность, взаимозаменяемость, наличие выходного сигнала в виде напряжения постоянного тока

или сопротивления стандартных значений, малые габариты и потребляемая мощность при обеспечении необходимой чувствительности и точности.

Для измерения температуры такими характеристиками в наибольшей степени обладают термометры сопротивления типа ТСП стандартной градуировки. Принцип их работы основан на свойстве металлов изменять свое сопротивление пропорционально температуре окружающей среды.

Для определения влажности применяются хлористо-литиевые подогревные датчики. В них раствор соли хлористого лития на поверхности влажочувствительного элемента всегда поддерживается в состоянии насыщения парами воды. Это соответствует установившемуся динамическому равновесию системы пар — раствор — твердая соль. При подаче на электроды напряжения между ними начинает протекать ток, величина которого пропорциональна проводимости раствора хлористого лития. Выделяемое при этом тепло нагревает раствор до температуры кристаллизации, что приводит к снижению величины тока между электродами и температуры влажочувствительного элемента. Уменьшение температуры прекращается в момент, когда, вследствие поглощения влаги из окружающей среды, проводимость раствора снова повысится, при этом количество влаги, испаряемой раствором, равно количеству поглощаемой.

Значение температуры определяет давление водяных паров над поверхностью раствора хлористого лития, равное парциальному давлению водяных паров воздушной среды. Окончательное значение относительной влажности вычисляется на центральной станции.

Для измерения концентрации двуокиси углерода в воздухе в системе АСКМ рекомендуется спектральный газоанализатор. Концентрация двуокиси углерода определяется таким

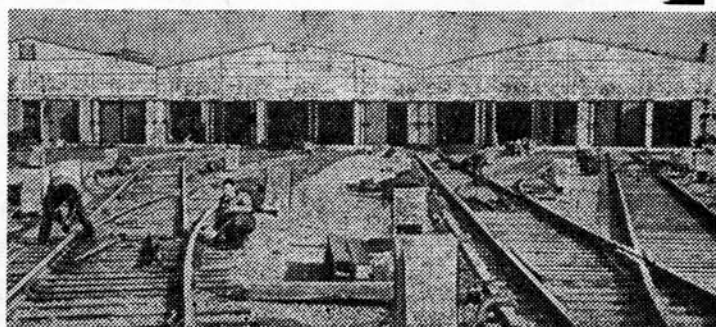
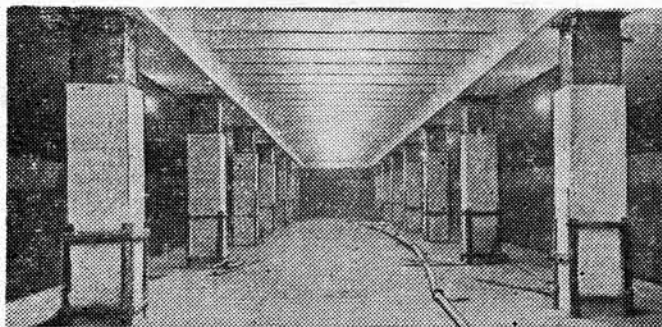
датчиком путем измерения степени селективного поглощения монохроматического излучения. Монохроматизация осуществляется инфракрасными фильтрами. Испытания опытного образца датчика выявили главное достоинство — простоту проверки работоспособности прибора, не требующей применения эталонных газовых смесей.

При определении концентрации пыли в воздухе возникает необходимость учета дополнительных требований: нечувствительность к химическому и дисперсному составу пыли. Поэтому наиболее целесообразно использование датчика, принцип действия которого основан на электризации пылевых частиц в поле переменного отрицательного коронного заряда, индуктивно наводимого на стенках цилиндра измерительной камеры воздухозаборной части прибора. Измеряемый при этом суммарный заряд пропорционален концентрации пыли в объеме воздуха, прошедшего через зарядную камеру. Эксплуатация опытного образца показала необходимость создания метрологического обеспечения для датчиков АСКМ.

Внедрение автоматической системы контроля микроклимата на Московском метрополитене позволит получить свыше 60 тыс. рублей экономии от снижения эксплуатационных расходов. АСКМ обеспечит получение объективных и оперативных сведений о состоянии воздушной среды, которые могут быть использованы для управления агрегатами тоннельной вентиляции и осуществления санитарного надзора.

Готовятся межведомственные испытания по приемке системы АСКМ в составе центральной станции, ПИТС и датчиков температуры и влажности, а опытные образцы приборов определения концентраций пыли и двуокиси углерода в воздухе проходят испытания.

**Г. ЗЕМЦОВ, Н. БОНДАРЕНКО,**  
инженеры



Станция и депо «Новогиреево»

# ЗАЩИТА ТОННЕЛЕЙ ОТ АГРЕССИВНЫХ ВОД

ПРИ проходке тоннелей создается дренажный эффект. По трещинам горных пород происходит фильтрация грунтовых вод к поверхности бетонных и железобетонных обделок. От содержания в них агрессивных компонентов во многом зависит долговечность сооружений.

Защиту тоннелей от грунтовых вод можно осуществить различными способами. Один из наиболее эффективных — нагнетание тампонажного раствора за обделку.

Подземные сооружения Тбилиси находятся в неблагоприятных гидрогеологических условиях. Бетонные обделки под-

вергаются воздействию агрессивных минерализованных вод. Просачиваясь и вступая в химическую реакцию с компонентами цементного камня, они вызывают коррозию бетона, сокращая срок службы несущих конструкций.

Изучение агрессивных минерализованных вод на эксплуатируемых и строящихся трассах Тбилисского метрополитена и Метехского автодорожного тоннеля показывает, что по химическому составу их можно отнести в основном к сульфатно-натриево-магниевым, сульфатно-кальциево-натриевым, сульфатно-кальциево-магниевым и сульфатно-натриево-кальциевым. Основной компонент —

сульфатнон ( $\text{SO}_4^{-2}$ ), количество которого колеблется от 500 до 7000 мг/л. Содержание хлоридов не превышает в большинстве случаев 120—140 мг/л. Анализы показали, что данные по сульфатнонам в разное время года неодинаковы и меняются в довольно широких пределах (табл. 1). Итак, эти воды нужно считать высокоагрессивными.

Эксперименты по изучению воздействия агрессивной среды проводились в тоннелях, возводимых из монолитного бетона марки 200 состоящего из следующих компонентов: каспийский пуццолановый портландцемент марки 300, щебень Бзыбского и Агарского месторождений, песок Батумского и Саджаватского карьеров. Расход их на 1 м<sup>3</sup> бетона составлял: цемент — 450 кг, щебень — 1180 кг, песок — 540 кг, вода — 190 л.

Чтобы установить изменения прочностных характеристик цементного камня, происшедших в результате коррозионных процессов, определялись физико-механические свойства бетонных кернов.

Керны выбуривались с помощью бурового станка БСК-100-2а из массива 15-летнего бетона. Диаметр керна (110 мм) был подобран в зависимости от крупности заполнителя бетона таким образом, чтобы отношение первого ко второму составляло не менее двух.

По результатам исследований (табл. 2) видно, что коррозионное воздействие агрессивной среды на бетон проявляется в основном по двум видам коррозии (сульфатная и выщелачивающая), согласно классификации проф. В. М. Москвина. Физико-механическое испытание кернов проводилось по стандартной методике и показало, что прочность при сжатии снижена на 15—20%, а в некоторых случаях и более.

Агрессивная среда ухудшает контакт бетонной крепи с породой, что является следствием выщелачивания и других физико-химических явлений. Таким образом, нагнетание растворов за обделку производится для заполнения зазора между породой и бетонной крепью, а также трещин в обделке и породе. Поэтому необходимо подобрать такой тампонажный раствор, который имел бы высокую степень дисперсности, коррозионную стойкость и пластичность, а главное — низкую водопроницаемость.

Важнейшее условие получения смеси с заданными структурно-механическими свойствами — управление этим процессом на всех стадиях структурообразования.

Для определения оптимальных параметров тампонажных растворов нами проведены лабораторные эксперименты.

Таблица 1

Химический анализ воды в тоннелях Тбилисского метрополитена

Номер пробы	PH	$\text{SO}_4^{-2}$	$\text{CO}_3^{-2}$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{Ca}^{+2}$	$\text{Mg}^{+2}$	$\text{H}_2\text{S}$
		мг/л						
на линии „Дядубе“ — „Самгори“								
0—26	7.6	1189.3	27	701	67.5	270	1.6	13.9
7—21	7.4	2365.9	18	213.5	223.6	620	6.5	4.8
0—41	7.9	1638.1	9	170.8	142	660	6.5	5.2
3—78	8	1345.6	84	189.1	63.9	480	5.1	7.2
0—75	7.4	1740.2	66	256.2	274.7	604	11.9	0.7
8—45	7.2	1016.2	42	677.1	70.4	388	9.7	23.6
3—16	7	1973.7	48	298.9	47.6	682	16.8	3.6
8—53	2	2000	18	219	102.2	526	14.4	5.44
0—6	8.5	583.4	36	72.2	161.9	178	17.9	30.6
2—79	7.4	1458	21	170.8	91.2	554	3.5	38.1
на Сабуртальской линии								
21—1	7.8	1691.6	99	140	206.5	526	16	0.94
23—1	7.69	5635	117	73.2	150.6	470	18.8	1.61
23—2	7.56	7377.6	101	92	119	426	4.9	1.98
23—3	7.58	3236.6	93	134	113.6	428	28.1	1.76
24—2	6.83	884.1	57	176.9	53.2	470	9.5	1.62
24—3	6.78	2242.6	60	170	46.1	474	12.1	1.8
27—5	7.4	1579.7	88.9	134	47.9	340	6.4	1.09
в Метехском автодорожном тоннеле								
792	7.4	1679	30	760	71.1	640	56	0.08
662	7.5	1534	60	797	71	520	12	0.05
129	7.5	2022	32	349	71.7	570	38	0.07
245	7	384	12	79	17.7	150	10	0.05
489	7.1	1463	60	600	35.5	520	6.7	0.04
771	7.4	1790	14	350	94.4	660	13	0.07

Таблица 2

## Физико-механические показатели бетонных кернов

№М кернов	Обозначение частицы кернов	Предел прочности на сжатие, МПа	Динамический модуль упругости, МПа 10 <sup>4</sup>	Скорость прохождения ультразвука, м/сек
2-30	1	18.18	5.41	4448
	2	24.49	5.36	4364
0-7	1	26.19	5.29	4620
8-20	1	19.22	4.68	4500
	2	17.15	5.77	4810
3-78	1	24.06	4.2	4359
	2	20.65	4.05	4652
6-20	1	19.96	4.32	4250
	2	15	5.43	4850
0-18	1	30.28	3.62	4359
	2	32.97	5.12	4322
2-91	1	4.92	4.13	3390
	2	24.71	4.47	4140
2-59	1	7.38	1.51	2960
8-53	1	22.5	7.3	4348
	2	5.1	11.3	3670
	3	9.62	6.7	3874
3-56	1	17.56	12.1	4733
	2	11.4	10.9	4043
	3	10.5	—	3773
3-44	1	14.93	5.08	4750

Исследовался пуццолановый портландцемент, выпускаемый Каспским заводом в Грузии с добавлением бентонитовой глины, полиакриламида (ПАА), сульфато-спиртовой барды (ССБ) и кальцинированной соды (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). Цель эксперимента — выявление влияния добавок на реологические и прочностные показатели, а также на водонепроницаемость и антикоррозийность (табл. 3 и 4).

Как видно из данных, применение бентонитовой глины и комбинированной добавки ПАА, ССБ и Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> уменьшает сроки схватывания и увеличивает растекаемость раствора.

Коррозионная стойкость тампонажного раствора определялась по методу Кинда. Что касается испытания на водонепроницаемость, то здесь был применен метод, разработанный НИС Главтоннельмостростроя. Исследование проводилось на образцах-дисках  $d=150$  мм и  $h=30$  мм. Ввиду несоответствия их размеров ГОСТу 4795-68 ( $d=150$  мм и  $h=150$  мм), а следовательно, и градиенту напора появление первых влажных пятен зафиксировано до истечения 8 часов непрерывной проверки. Поэтому суждение о степени проницаемости дисков из раствора делалось не на основании марок В-2, В-4 и т. д., а на основании количества атмосферо-часов, необхо-

Таблица 3

## Сроки схватывания и растекаемость тампонажных растворов

Раствор	В/Ц	Удел. вес, г/см <sup>3</sup>	Схватывание		Растекаемость, см <sup>2</sup>	Температура, °С
			начало	конец		
			час/мин			
КПЦ (исходный)	0,5	1,79	3-45	8-30	16,5	24,5
95% КПЦ + 5% Г	•	1,78	2-55	8-15	14	•
90% КПЦ + 10% Г	•	1,79	2-45	8-10	11,5	•
85% КПЦ + 15% Г	•	1,80	3-05	7-45	10	•
80% КПЦ + 20% Г	•	1,80	3-35	7-40	8	•
95% КПЦ + 5% Г + 3% N	0,5	1,79	2-50	8-05	14,5	25
90% КПЦ + 10% Г + 3% N	•	1,79	2-15	8-00	12,5	•
85% КПЦ + 15% Г + 4% N	•	1,81	3-10	7-40	11	•
80% КПЦ + 20% Г + 5% N	•	1,81	3-10	7-25	8,5	•
95% КПЦ + 5% Г + 3% N + 15% ПАА	0,5	1,77	2-20	8-10	18	25
90% КПЦ + 10% Г + 3% N + 0,2% ССБ + 0,15% ПАА	•	1,77	2-10	8-15	16,5	•
85% КПЦ + 15% Г + 4% N + 0,2% ССБ + 0,15% ПАА	•	1,79	3-05	7-15	15	•
80% КПЦ + 20% Г + 5% N + 0,2% ССБ + 0,15% ПАА	•	1,79	3-05	7-10	12,5	•

Примечание: КПЦ — Каспский пуццолановый портландцемент, Г — глина бентонитовая из Ланчхутского карьера, N — Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

Таблица 4

## Результаты испытаний тампонажных растворов на прочность, водонепроницаемость и коррозионную стойкость

Состав раствора	Прочность, МПа					K <sub>с</sub>	Водонепроницаемость, атм/час		
	сутки						индивидуальн.	средн.	в % от исходн.
	1	3	7	14	28				
КПЦ* (исходный)	2,01	7,28	12,6	19,6	24,3	0,848	1,12 1,08 0,95	1,05	—
95% КПЦ + 5% Г + 3% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + 0,1% ССБ + 0,15% ПАА	2,65	8,09	16,1	21,1	24,7	0,913	1,16 1,10 1,09	1,117	6,38
90% КПЦ + 10% Г + 3% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + 0,1% ССБ + 0,15% ПАА	2,41	7,89	13,6	19,2	22,9	0,974	1,08 1,04 1,15	1,156	10,28
85% КПЦ + 15% Г + 40% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + 0,15% ССБ + 0,15% ПАА	2,02	6,85	10,8	14,2	18,8	0,945	1,30 1,36 1,20	1,987	22,6
80% КПЦ + 20% Г + 5% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + 0,2% ССБ + 0,15% ПАА	1,80	5,13	9,74	13,6	16	0,957	1,35 1,44 1,29	1,36	29,5
50% КПЦ + 50% Г + 3% Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + 0,2% ССБ + 0,2% ПАА	1,42	2,77	4,93	9,34	19,2	0,948	1,51 1,58 1,62	1,57	49,5

\* См. примечание к табл. 3.

димых для насыщения образцов напорной водой.

Анализ экспериментальных данных показал, что комбинированные добавки в глино-цементном растворе ССБ, ПАА и Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> в значительной степени снижают их водонепроницаемость и увеличивают коррозионную стойкость в сульфатной среде (5% Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

Таким образом, применение комбинированных добавок ПАА, ССБ и Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> в глино-цементном тампонажном растворе улучшает его основные гидроизоляционные свойства.

**Т. ЧИТАИШВИЛИ,**  
канд. техн. наук;  
**Г. СИМОНИШВИЛИ, И. ЧКУАСЕЛИ,**  
инженеры

## С МЕЖДУНАРОДНОГО СИМПОЗИУМА

Второй международный симпозиум тоннелестроителей был организован в Лондоне Институтом горного дела и металлургии в содружестве с Британским тоннельным обществом, Институтом горных инженеров и исследовательской лабораторией по транспорту и дорогам Департамента окружающей среды Великобритании. В его работе приняли участие 440 делегатов из 35 стран. Предлагаем вниманию читателей обзор сообщений об опыте щитовой проходки и специальных способах работ, подготовленный начальником СКТВ Главтоннельметростроя В. Г. ПРОТЧЕНКО.

**С**ООРУЖЕНИЮ щитовым способом автодорожного тоннеля «Ахмед Хамди» под Суэцким каналом был посвящен доклад А. Лайенса (Англия). Тоннель длиной 4,2 км и диаметром в свету 10,8 м с двухполосной проезжей частью возводится объединением строительных фирм «Осман Ахмед Осман» (Египет) и «Тармак Интернэшнл» (Англия). Два прибрежных участка сооружаются открытым способом, а подводный в 1,62 км — на глубине 40—46 м. Геологическая разведка трассы бурением оказалась невозможной по причине судорожности канала. Тогда предварительно был пройден пилот-тоннель диаметром в свету 3 м и длиной 300 м экскаваторным щитом диаметром 3,66 м английской фирмы «Лоренс».

Условия трассы представлены преимущественно глиной и аргиллитами различной степени выветрелости, но совершенно сухими. Тоннель решили проходить щитом диаметром 11,8 м фирмы «Баде унд Теелен» (ФРГ), оборудованным тремя телескопическими экскаваторными исполнительными органами. Два из них установлены в верхней части агрегата и один — в нижней. Верхние органы снабжены механизмом подачи по вертикальным направляющим стойкам, а нижний — по горизонтальной. Представляет интерес система крепления забоя. Его поверхность может быть полностью закрыта 22 поворотными-подвесными забойными плитами, расположенными в 4 яруса и снабженными автономными гидроцилиндрами. Это дает возмож-

ность поочередно открывать разрабатываемые зоны.

Щит оснащен системой ленточных породопогрузочных транспортеров, тьюбингоукладчиком и автоматизированной системой ведения по лазерному лучу производства фирмы LED (Англия) с использованием бортовой ЭВМ. Длина щита равна 9,2 м, суммарное усилие 30 домкратов — 10 тыс. т.

В тоннеле возводят сборную тьюбинговую железобетонную обделку (по 16 тьюбингов в кольце при длине секции 1,2 м) с мастичной гидроизоляцией из каменноугольно-эпоксидной смолы. Швы уплотняют типовыми прокладками «Таннел-Пак» толщиной 12 мм из упругого латексного бетона, обеспечивающего податливость обделки. Гидроизоляцию применяют лишь на обводненных участках. В 50 метрах позади забоя сооружают проезжую часть из железобетонных объемных П-образных блоков весом 11 т со шпоночным соединением, изготавливаемых на приобъектном бетонном заводе. Предусмотрена система поперечной вентиляции.

Расчетная скорость сооружения тоннеля — 28 секций обделки в месяц.

О применении пилот-тоннеля с целью водоотлива сообщили М. Миёси и К. Окудзоно (Япония). Этот способ использовали при щитовой проходке двухпутного перегона на участке Тосима-тё 10-й очереди метрополитена в Токио. Его трасса длиной 380 м пролегает в слабоустойчивом обводненном песке между двумя пластами водонепроницаемых грунтов в районе

сплошной городской застройки. Механизированный щит диаметром 10,72 м с выдвигными забойными перегорками, забойными домкратами и прижимными забойными пластинами работал под сжатым воздухом. Высота водяного столба над тоннелем 12—13 м. В этих условиях, когда кессонная проходка не могла обеспечить устойчивости забоя ввиду неравномерного распределения по нему гидростатического давления, водоотлив осуществлен через пилот-тоннель, проложенный в нижней части проектного сечения тоннеля. Пилот-тоннель диаметром 2,6 м пройден с помощью немеханизированного щита кессонным способом при давлении сжатого воздуха 1,7 атм. На первых 230 м дренаж производился через поверхность свода, а на остальных 150 — через забуренные в него перфорированные дренажные трубки. Однако устойчивость забоя обеспечить не удалось, поэтому применили принудительный дренаж, при котором трубки имеют выход в коллектор, выведенный через кессонную перемычку в зону нормального давления.

Основной тоннель проходили при давлении сжатого воздуха от 0,5 до 0,8 атм; пилот-тоннель примерно в 30 м впереди забоя блжжировали передвижной кессонной перемычкой. Строительство вначале также шло неудачно, но, применив метод принудительного дренажа, удалось существенно повысить эффективность проходки, которая заняла в общей сложности 6 месяцев.

Метод пилот-тоннеля для повышения устойчивости грунтов использовался при сооружении автодорожного тоннеля «Дартфорд-второй» в 27 км от Лондона. Об этом говорилось в докладах Дж. Б. Шаттера, представителя проектной фирмы «Мютт, Хэй и Андерсон» и Дж. А. Белла из строительной фирмы «Балфур Бетти». Подводный участок тоннеля длиной 880 м и диаметром в свету 9,54 м в трещиноватой меловой формации вели от двух порталов с предварительной щитовой проходкой под сжатым воздухом пилот-тоннеля диаметром в свету 3,65 м. Применяли одновременно несколько видов химического закрепления грунтов: с поверхности на прибрежных частях трассы, опережающее — через веерный ряд скважин из забоя пилот-тоннеля, по трассе основного тоннеля через скважины, пробуренные сквозь стенки, свод и обратный свод пилот-тоннеля.

Щитовая проходка основного тоннеля также велась двумя забоями под



сжатый воздухом. С помощью бетоноукладчиков, смонтированных в щиты, собирали обделку из железобетонных блоков с шарнирными стыками.

Кессонному щитовому способу проходки на строительстве метрополитена в Гонконге посвятили выступления Ч. Хэвелл и А. Р. Умни — представители фирмы «Хэвелл» (Англия). При небольшом давлении (0,8—1 атм) пройдено около половины первой очереди метрополитена протяженностью 17 км, залегающего в основном в обводненном выветрелом граните и аллювиальных отложениях. Расход сжатого воздуха составлял, как правило, от 1 до 3 м<sup>3</sup>/мин на 1 м<sup>2</sup> сечения и лишь в двух случаях превысил установленный предел 5 м<sup>3</sup>/мин·м<sup>2</sup>. С помощью кондиционеров в забое поддерживалась температура в пределах 27°C.

О принципиально новом способе бескессонной проходки в слабых обводненных грунтах, разработанном в Японии фирмой «Исикавадзима-Харима», докладывали Т. Сайто и Т. Кобаяси. В Токио для проходки канализационного коллектора длиной 1063 м в обводненном песке применили щит диаметром 8,48 м, оборудованный герметичной призабойной камерой и шнековыми породопогрузочными транспортерами. Разрабатываемый планшайбой грунт, наполнявший призабойную камеру, спрессовывался в ней и обеспечивал противодействие грунтовому и гидростатическому давлению забоя. С помощью автоматизированной аппаратуры управления отборку породы из призабойной камеры производили шнековыми транспортерами с расчетом непрерывного поддержания баланса между количеством грунта, вновь поступавшего в призабойную камеру и отбираемого с учетом объемных изменений при уплотнении. Щит имел роторный исполнительный орган — планшайбу с 12 радиальными щелями, оснащенными режущими зубцами. Реверсивное ее вращение со скоростью 0,45—0,60 об/мин при крутящем моменте 1200 тс·м обеспечивалось гидравлическим приводом. Герметичная перемычка призабойной камеры размещалась в 0,9 м позади планшайбы.

Управление проходческими операциями осуществлялось одним человеком на базе бортовой мини-ЭВМ. Объем разработанного грунта вычисляется по показаниям датчиков перемещения домкратов, а объем выданного — по скорости вращения шнеков. На ос-

новании данных, подаваемых на пульт оператора, производилось кнопочное управление. Максимальная расчетная скорость проходки — 35 мм/мин.

Способу химического закрепления грунтов на симпозиуме посвящено два доклада. Доктор-инженер Р. Торнаги из фирмы «Родно» (Италия) дал рекомендации по выбору оптимальной для конкретных условий технологии.

Среди технологических решений инъецирования химических растворов наиболее рационален способ, при котором в скважину помещают трубку с кольцевой перфорацией через каждые 25—30 см, закрытую резиновыми манжетами в качестве обратного клапана. Нагнетание через каждую манжету производится с помощью внутренней концентрической трубки с небольшим перфорированным отрезком, огражденным с двух сторон уплотнительными кольцами. Зазор между внешней трубкой и стенками скважины до начала инъецирования заполняют полупластичным цементно-глинистым составом. При этом цементно-глинистая оболочка прорывается под напором раствора и пропускает его в окружающий грунт, тогда как остальная ее часть препятствует скоплению раствора в кольцевом зазоре. Достоинство способа — возможность произвольного и, в случае необходимости, неоднократного инъецирования.

Докладчик подчеркнул необходимость текущих контрольных измерений состава, расхода и давления раствора в ходе инъецирования, а иногда и контрольных испытаний образцов закрепленных грунтов.

Пример практического применения химического закрепления грунта с использованием труб с манжетами при строительстве метрополитена в Гонконге привели в сообщениях Ч. Хэвелл и А. Р. Умни. Метод применялся на участках мелкого заложения в слабых обводненных породах как при открытом, так и при закрытом способах работ. Однако в инженерно-геологических условиях Гонконга, представленных глинистыми илами, химическое закрепление не всегда оказывалось эффективным из-за плохого распространения раствора в грунте и пучения грунта в зоне инъецирования. Потребовалось внедрение сложной и дорогостоящей контрольно-измерительной аппаратуры.

Специальные способы проходки, внедренные при сооружении двух наклонных транспортных штолен на шахте Гасконь-Вуд (Англия), освеще-

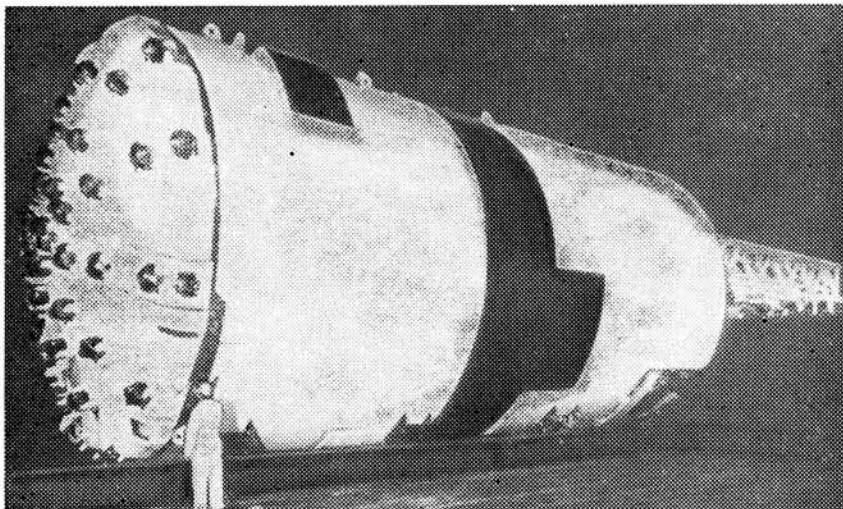
ны в докладах У. Фореста из Национального управления угольной промышленности Англии и Дж. К. Блэка из строительной фирмы «Цемент-эйшн».

На участке обводненных ледниковых отложений протяженностью 148 м применялось водопонижение через 56 скважин с помощью вакуумного насоса плюс 24 скважины глубиной 25—33 м с автономными электрическими погружными насосами. Расход откачиваемой воды в каждой штольне составлял в среднем 110 л/мин. На участке известняка длиной 127 м, содержащего небольшое количество воды, планируется опережающее химическое закрепление из забоя цементным или химическим раствором. С целью сокращения количества специального оборудования внутри щита инъецирование на каждой заходке производится в два приема.

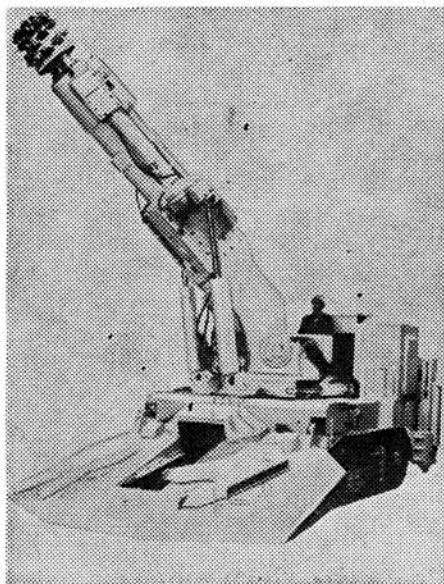
В слабом обводненном песчанике на отрезке длиной 106 м и заложением 163—172 м возводятся экранирующие льдогрунтовые стены с поверхности. Забурено два ряда колонок, формирующих боковые стены, и ряд — над осью выработки для образования свода. Скважины проходили турбобурами. Верхние 100 м каждой колонки выполняли с двойными стенками для уменьшения теплопередачи в пластах мелкого заложения. Во избежание развития повышенных напряжений в породе пробурили специальные скважины с обсадными трубами для свободного выхода воды из зоны, ограниченной льдогрунтовыми экранами. Процесс замораживания непрерывно контролируется термопарами.

Опытом замораживания на строительстве автодорожного тоннеля Мильхбук в Цюрихе (Швейцария) поделились инженеры П. Беби и К. Метте. Тоннель имеет длину 1310 м и площадь поперечного сечения 140 м<sup>2</sup>. Первые 350 м проходили под городской застройкой на глубине 6—8 м в моренной формации (модуль деформации от 40 до 200 и угол внутреннего трения 30—35°) при содержании грунтовых вод 9—15%. После предварительного водопонижения с поверхности с помощью иглофильтров Ø 300 мм, размещаемых по обе стороны трассы с опережением забоя на 40 м, проходку ведут с применением опережающего формирования льдогрунтового свода. Колонки длиной 33—45 м располагали по контуру выработки параллельно ее оси.

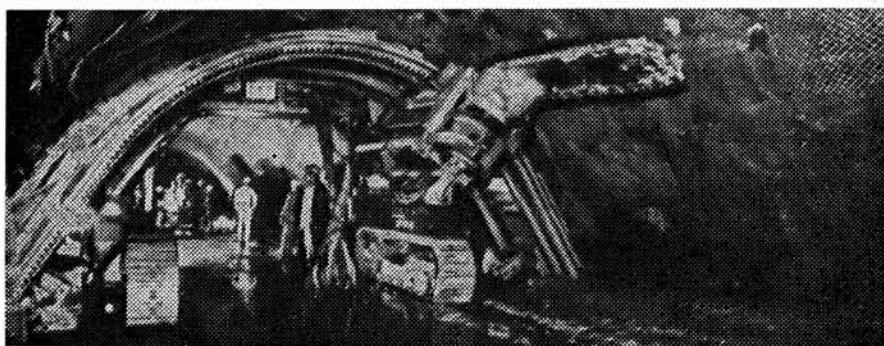
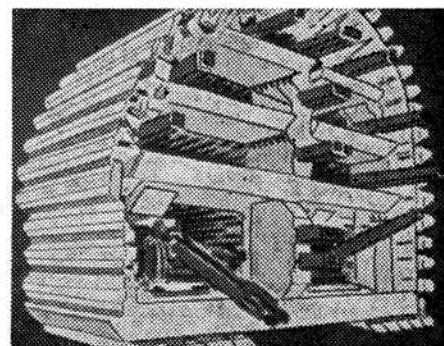
# ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ



Проходческий щит модели 242-195 фирмы «Роббинс» диаметром 7,36 м с роторным исполнительным органом для проходки в крепких породах. Оснащен двумя центральными двухдисковыми шарошками и пятьюдесятью однодисковыми. Оболочка щита выполнена в виде двух телескопически сочлененных секций. В задней секции установлен блокоукладчик, оборудованный системой гидравлических механизмов, позволяющих перемещать блоки как в радиальном направлении, так и вдоль оси тоннеля. Щит применялся при строительстве гидротехнического тоннеля Парк—Ривер (США) в базальте, песчанике и сланце прочностью от 942 до 1336 кг/см<sup>2</sup>.



Щит с ножевыми шандорами фирмы «Вестфалия Люнен». Оболочка щита целиком выполнена из ножевых шандор, которые, выдвигаясь поодиночке, внедряются в породу и обеспечивают опережающее крепление забоя. Под защитой хвостовых частей шандор может возводиться монолитная или набрызг-бетонная обделка. Щиты применялись при строительстве метрополитенов в Мадриде, Франкфурте, Эссене.



Стреловой проходческий комбайн модели RH1/3 фирмы «Андерсон Стрэтклайд» (Англия). Предназначен для проходки выработок сечением 6,1×5,9 м в глинях и слоистых скальных породах прочностью до 500 кг/см<sup>2</sup>. Комбайн на гусеничном ходу оснащен подъемным приемным лотком с двумя загребующими лапами и центрально расположенным скребковым транспортером. RH1/3 широко использовался на строительстве калоттных частей автодорожных тоннелей в Италии и Японии. Телескопическая стрела выдвигается на 457 мм. Стреловой исполнительный орган, вмонтированный в проходческий щит, применялся для сооружения перегонного тоннеля метрополитена в Англии. Скорость проходки — до 22 м в день.

Машина с баровым рабочим органом для подрезки щели по контуру забоя производства фирмы «Сипремек» (Франция), применяемая на строительстве Парижского метрополитена. Контурная щель снижает сотря-

сение разрабатываемого скального массива при буровзрывных работах, уменьшает перебор породы. В слабых породах в контурной щели сооружают опережающую крепь, заполняя ее набрызг-бетоном.

На 1-й и 4-й страницах обложки: строительство наклонного хода и монтаж эскалаторов на станции «Площадь Ильича». Фото А. Спиранова.

Художественно-технический редактор **Е. К. Гарнухин**

Сдано в набор 30.10.79. Подписано в печать 28.12.79. Л-27175  
Формат 60×90<sup>1/8</sup>. Бумага типографская № 1. Гарнитура новогазетная. Печать высокая. 4,0 печ. л. 4,99 уч.-изд. л. Тираж 3945 экз. Заказ 3785. Цена 30 коп.

Адрес редакции: 103031, Москва, К-31, Кузнецкий мост, 20, 2-й этаж, телефоны: 295-86-02, 223-77-72.

Типография изд-ва «Московская правда», Потаповский пер., 3.

148

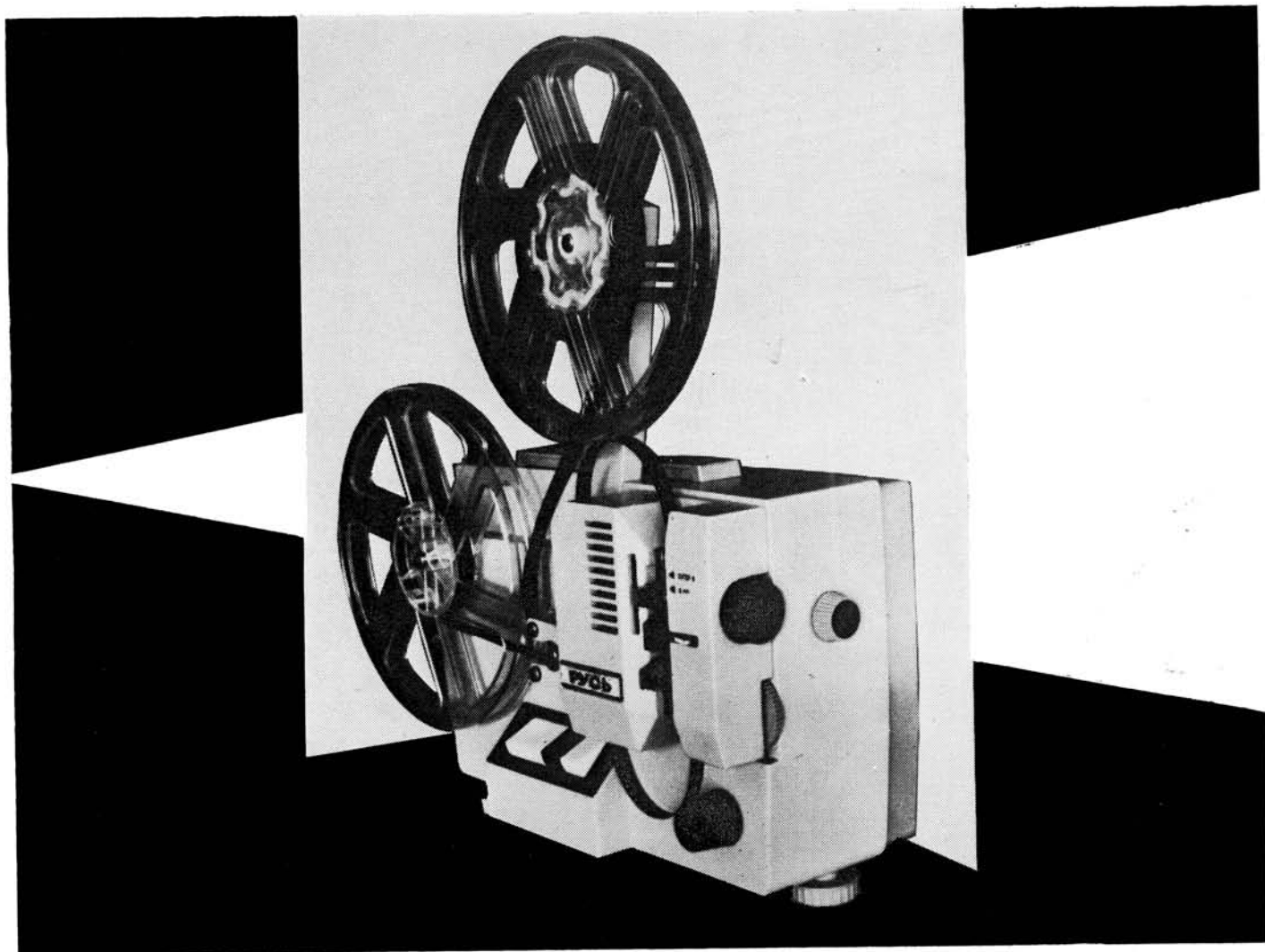
# Кинопроектор „Русь“

**Кинопроектор «Русь»** предназначен для демонстрации любительских, учебных, научно-популярных и спортивных черно-белых и цветных кинофильмов как на обычной 8-миллиметровой пленке, так и на пленке с перфорацией «СУПЕР-8».

Проекционно-осветительная система кинопроектора создает большой световой поток, достигая при этом равномерной освещенности экрана, а также резкого и устойчивого изображения. Конструкция кинопроектора предусматривает плавную регулировку скорости проекции, возможность переключения механизма транспортировки пленки на обратный ход и покадровую проекцию фильма.

Цена кинопроектора «РУСЬ» — 140 руб. Купить его можно в магазинах кинофототоваров.

ЦРКВО «РАССВЕТ»  
ТЕЛЕПРЕССТОРГРЕКЛАМА



253

