

ISSN 0130—4321

5 1981

# МЕТРОСТРОЙ

ПРЕТВОРИМ В ЖИЗНЬ ИСТОРИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ XXVI СЪЕЗДА КПСС!





Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

# МЕТРОСТРОЙ

5 1981

ИНФОРМАЦИОННЫЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

ИЗДАНИЕ МОСКОВСКОГО МЕТРОСТРОЯ И  
ИЗДАТЕЛЬСТВА «МОСКОВСКАЯ ПРАВДА»

ОСНОВАН В 1932 ГОДУ

## В НОМЕРЕ:

Комплексная программа метростроения	1
Д. Иванов. Горький, Куйбышев, Свердловск: старт взят	4
Ю. Самочернов. Основные проблемы сооружения Новосибирского метро	6
В. Ходош, М. Шенкман. Совершенствование техники проходки перегонных тоннелей в устойчивых породах	8
И. Нестеренко, Ю. Марычев, О. Воробьенко. Станционная тележка для монтажных, гидроизоляционных и отделочных работ	11
А. Брагин, Р. Меркин, М. Рябинков. Оборудование для крепления капитальных горных выработок монолитным бетоном	13
В. Яковлев, Б. Пржедецкий. Скоростное замораживание грунтов	18
Ю. Айвазов, В. Лысяк, Е. Шкута. Цельносекционная конструкция станции	20
В. Могилевский, В. Петренко. Цельносекционная отделка с заводской гидроизоляцией при проходке комплексом КМО 2X5	22
Мини-метро на станции Домодедово	23
Я. Лихтенберг, Ю. Ревковский. Выразительность и синтез искусств	24
А. Векслер. Археологические открытия на первой трассе	25
Ю. Глазунов. Город и метрополитен	27
В. Маковский. Тоннели в сложных инженерно-геологических условиях	29
Зарубежная информация	32

### 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. ЯКОБСОН

## МОСКОВСКОМУ МЕТРОСТРОЮ — 50



«Марксистская»



«Комсомольская»-кольцевая



«Перово»

# КОМПЛЕКСНАЯ ПРОГРАММА МЕТРОСТРОЕНИЯ

**В** ДНИ ЮБИЛЕЯ отечественного метростроения Главтоннельметростроем совместно с ВДНХ СССР проведена Всесоюзная конференция, участники которой обобщили свой полувековой опыт, обсудили вопросы дальнейшего развития технического прогресса отрасли.

Открывая конференцию, первый заместитель министра транспортного строительства **Н. И. Литвин** отметил небывалый размах метростроения в нашей стране. Нынешние достижения в подземном строительстве, сказал он, заложены 50 лет назад. Первенец отечественного метростроения оказался лучшим в мире. Эта победа была принципиальной. С тех пор одержано немало трудовых побед. Но самое ценное, что удалось создать за эти годы, — сплоченный коллектив высококвалифицированных работников, энтузиастов своего дела.

На новом этапе метростроения важным представляется решение таких задач, как резкое повышение производительности труда, совершенствование станционных конструкций, увеличение долговечности сооружений, создание механизмов для работы в любых инженерно-геологических условиях, повышение техники безопасности, улучшение качества и полноты проектных изысканий и др.

Поступательный рост объемов сооружения новых линий метрополитенов отражен в докладе главного инженера Главтоннельметростроя **С. Н. Власова**. Так, до 1959 г. ежегодный ввод составлял 3,8 км; с 1959 по 1965 г. — 10,1 км; с 1966 по 1970 г. — 12,3 км; с 1971 по 1975 г. — 13,7 км; с 1976 по 1980 г. — 16,4 км. По сравнению с I очередью нормативные трудозатраты сократились для тоннелей глубокого заложения почти в пять раз, для тоннелей мелкого — более чем втрое.

Основные направления научно-технического прогресса в метростроении на период с 1981 по 1985 г. предусматривают повышение эффективности строительства на основе дальнейшей его индустриализации, резкое снижение или исклю-

чение тяжелых трудоемких работ. В области тоннельных конструкций намечается увеличить на 20—25% по сравнению с предыдущей пятилеткой внедрение обделок, обжимаемых в породу, цельносекционных и монолитно-прессованных и довести их использование в общем объеме строительства тоннелей до 35—38%. Значительно шире в соответствующих инженерно-геологических условиях будут применяться колонные станции глубокого заложения, а конструкции мелкого заложения намечается возводить только по типовым проектам с использованием укрупненных элементов. Продолжаются исследования по созданию новых типов сборных чугунных и железобетонных станций — колонных и односводчатых с уменьшенной материалоемкостью и усовершенствованной технологией работ. В частности, в Ленинграде предусматривается возведение комплексов станционных сооружений под единым сводом. Широкое применение получают прогрессивные индустриальные конструкции для технологических помещений метрополитенов, в первую очередь, экструзионных асбоцементных панелей для служебных помещений, зонтов из алюминиевых элементов для эскалаторных тоннелей и стеклопластика для защитных коробов контактного рельса.

За пятилетие предполагается довести проходку механизированными щитами до 50 км. При работах буровзрывным способом в крепких породах будет осуществляться бурение шпуров с использованием установок БУР-2 и агрегата АБТ. Механизируется разработка калоттной прорези при сооружении односводчатых станций в устойчивых грунтах. Создается соответствующее оборудование применительно к забоям колонных и пилонных станций.

Намечается выпуск новых или модернизация имеющихся средств малой механизации, в том числе цементаукладчика для чеканки швов тоннельной обделки, гидроклиньев, опрокидных вагонок и др.



Предусмотрено внедрение экспериментального образца АСУ технологическими процессами сооружения перегонных тоннелей на базе комплекса КТ1-5,6 в Ленинграде и осуществление I очереди АСУ метростроения в Москве и Ленинграде.

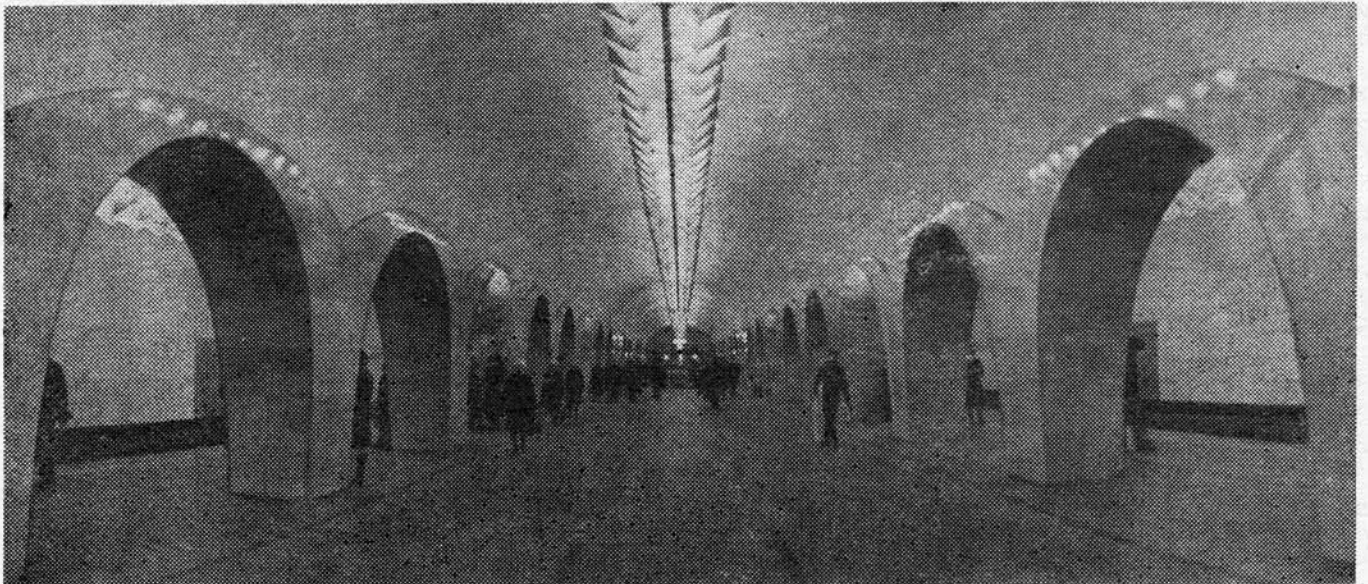
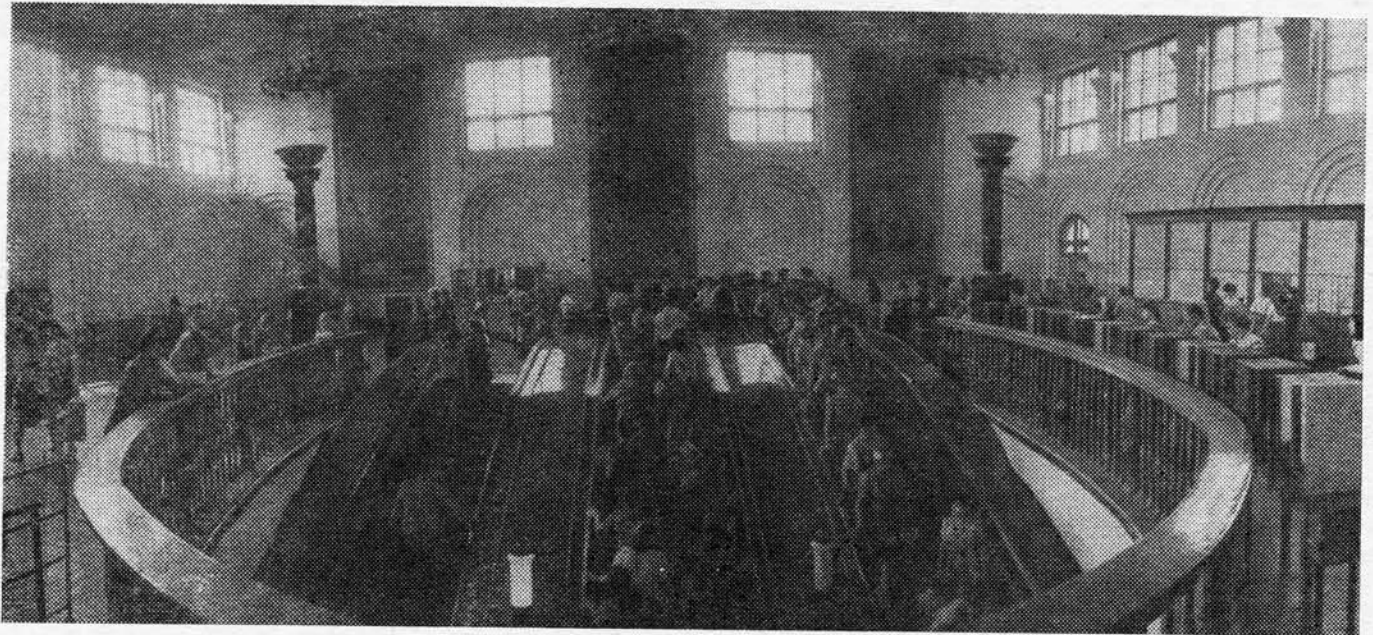
Вопросы широкого применения созданных в предыдущие годы наиболее эффективных конструкций, технологических процессов, машин и оборудования, внедрение их новых образцов на основе ранее выполненных разработок и исследования, направленные на решение актуальных проблем метростроения, объединены в разрабатываемую в настоящее время целевую программу Минтрансстроя.

На конференции выступили представители Москвы, Ленинграда, Харькова, Ташкента, Горького

и других городов страны. В заключительном слове начальник Главтоннельметростроя Ю. А. Кошелев отметил развивающееся и крепнущее содружество метростроевских коллективов — строителей, проектировщиков и ученых, благотворное взаимообогащение опытом. В частности, заслуживает внимания форма крупных производственных объединений (Управление Горметрострой, которому поручено сооружение метрополитенов в трех городах), дающая возможность маневрировать материально-техническими и людскими ресурсами. Следует распространить опыт харьковчан, ведущих комплексное строительство и сдающих объекты без недоделок. На повестке дня — необходимость наращивания производственных мощностей коллективов.







*Интерьеры станций Московского метро.*



# ГОРЬКИЙ, КУЙБЫШЕВ, СВЕРДЛОВСК: СТАРТ ВЗЯТ

Д. ИВАНОВ,  
начальник Горметростроя

**Н**АСЕЛЕНИЕ Горького в настоящее время превышает 1,3 млн. человек, в 1990 г. оно составит около 1,6 млн., поэтому строительство метрополитена приобретает здесь огромное значение.

Горький расположен у слияния Волги и Оки. Исторически сложившийся характер застройки, сложные топография и планировка города определили нагорную его часть как административно-культурный центр, а заречную — как место сосредоточения промышленных предприятий. То, что эти районы разделены Окой и связаны лишь двумя автодорожными мостами, значительно затрудняет решение транспортной проблемы Горького.

В соответствии с комплексной схемой развития всех видов транспорта сеть метрополитена намечена из трех линий общей протяженностью около 60 км. Первая линия — 17,7 км (мелкое заложение) проходит вдоль левого берега Оки от Московского вокзала до Соцгорода автозавода. Вторая линия — 26,3 км пройдет из Сормова через Московский вокзал участком мелкого заложения, затем по мостовому переходу над Окой в центр, где она будет проложена глубоким заложением. Трасса третьей линии уточняется.

В 1978—1980 гг. с трассы пускового участка вынесли основные инженерные коммуникации и развернули строительные работы. Протяженность первого участка — 9,6 км. 8 станций сооружаются в котлованах открытым способом; перегонные тоннели, в основном, закрытым.

Станции возводят по типовым проектам с использованием крупносерийных блоков и элементов заводского изготовления, монтируемых 20- и 30-тонными козловыми кранами. Из

8 станций 2 («Ленинская» и «Чкаловская») — односводчатые, остальные — колонного типа, «Московская» с двумя платформами — пересадочная.

Трасса первой линии проходит в водонасыщенных песках, поэтому здесь принято искусственное водопонижение глубинными скважинами.

Отличительная особенность строительства Горьковского метро — широкое применение новой, прогрессивной технологии, использование в перегонных тоннелях механизированных щитовых комплексов с монолитно-прессованной бетонной обделкой. С помощью комплексов ТЩБ-7 будет пройдено около 70% тоннелей на пусковом участке. Это позволит значительно снизить металлоемкость и стоимость строительства. Такой метод позволяет сооружать перегонные тоннели в сложных гидрогеологических условиях, непосредственно под проезжей частью одной из центральных улиц города, не допуская осадок поверхности, не прерывая движения транспорта, а также обеспечивая сохранность инженерных коммуникаций и зданий.

В отдельные месяцы 1980 г. на трассе работали четыре комплекса ТЩБ-7 одновременно и за этот год прошли 2828 м с обделкой из пресскбетона.

Комплексные бригады проходчиков достигли следующих скоростей проходки: В. Нестеренко — 122 м/мес.; Ю. Торпокова — 134 м/мес.; В. Булиха — 7,2 м/сут.

Средняя скорость проходки составила около 80 м/мес.

Хорошие результаты достигнуты при сооружении односводчатых станций «Ленинская» и «Чкаловская»: скорость возведения монолитного же-

лезобетонного свода с помощью передвижной опалубки комплексной бригадой проходчиков, арматурщиков и изолировщиков Н. Лозбеня была 24—30 м/мес.

В 1979—1980 гг. строительство станций колонного типа из сборного железобетона велось довольно медленно. Основная причина — отсутствие достаточного количества сборного железобетона.

Для форсирования сроков строительства метро в Горьком и разворота работ по сооружению метрополитенов в Куйбышеве и Свердловске Главтоннельметростроем в 1980 г. было создано Управление строительства Горметрострой в составе: ТО № 20, СМУ № 1, УМ и УПТК, дислоцирующихся в Горьком, и ТО № 30, находящегося в Куйбышеве; оказана значительная помощь в обеспечении техникой и материалами.

Городской штаб по строительству метро в Горьком обязал промышленные предприятия города изготовить свыше 500 т металлических ферм для выпуска сборного железобетона и смонтировать два 30-тонных козловых крана для станций; автопредприятия — выделять ежедневно по 20—25 большегрузных двухсменных самосвалов для вывозки грунта со стройплощадок; трест «Железобетон» Главволгоятскстроя — поставить 10 тыс. м<sup>3</sup> сборного железобетона.

Эти мероприятия, а также большая организационная деятельность по созданию подразделений Горметростроя позволили широким фронтом развернуть работы на строительстве Горьковского метро и положить начало созданию метрополитенов в Куйбышеве и Свердловске.



К концу 1980 г. возводились уже 6 станций из 8 первого участка, пройдено больше половины перегонных тоннелей, начато строительство депо, притоннельных сооружений. Скоро приступят к отделочным работам на станциях «Ленинская» и «Заречная», укладке постоянных путей метрополитена, сооружению отстойных пролетов электродепо и цеха подъемного ремонта. Создаются предпосылки для обеспечения сдачи 1-й линии Горьковского метро в 1984 г.

Несмотря на сложные гидрогеологические условия, передовые бригады В. Булиха, Н. Лозбенья, В. Попова, В. Нестеренко, Б. Загайного досрочно выполнили взятые к XXVI съезду КПСС повышенные социалистические обязательства.

\*\*

В прошлом году Горметрострой начал строительство метрополитена в Куйбышеве — крупнейшем промышленном центре Поволжья.

Первая его линия свяжет административный центр города с промышленной частью, вторая и третья — соединят железнодорожный вокзал с новыми жилыми районами.

Возведение 13 станций предусмотрено открытым способом работ. Перегонные тоннели, в основном, должны проходить закрытым методом с помощью щитовых комплексов, оборудованных экскаваторными погрузчиками и механизированными щитами, со сборной обделкой, разжатой в породе.

На первом участке между «Октябрьской» и «Кировской» из девяти станций три будут односводчатыми, остальные — колонного типа с максимальным применением типовых крупноразмерных элементов.

В настоящее время возводится станция «Кировская», готовится к монтажу щит на перегоне «Кировская» — «Безымянка». Начинается сооружение последней и проходка перегонных тоннелей «Безымянка» — «Победа».

В пригороде Куйбышева наш коллектив строит завод по изготовлению металлоконструкций и ремонту горнопроходческого оборудования. Первая очередь его должна вступить в строй в 1983 г.

В 11-й пятилетке подземные работы будут вестись широким фронтом. Предполагается, что первый пусковой

участок метро в Куйбышеве длиной около 8 км с 6 станциями вступит в эксплуатацию в 1986 г., к 400-летию города.

\*\*

Горметрострой ведет строительство метрополитена и в Свердловске — промышленном, культурном, административном центре Урала. Первая его линия длиной 10,85 км с 9 станциями проходит с севера на юг и связывает промышленные районы с центром города (в дальнейшем планируется строительство второй и треть-

оружаются рудворы и подходные выработки. Начинается строительство станции «Космонавтов» (мелкое заложение) в районе поселка Уралмашзавода — крупнейшего промышленного предприятия Свердловска.

Первую линию метро предполагается сдать в эксплуатацию в 1988 г.

Характерная особенность строительства метрополитенов в Куйбышеве и Свердловске в том, что в этих городах перекладка инженерных коммуникаций, строительство промышленных баз метростроя, депо и инженер-



*Строится станция «Ленинская» Горьковского метрополитена.*

ей линий). Первая трасса будет проложена в сложных гидрогеологических условиях, через центр города, глубоким заложением; в промышленных районах — мелким.

Две станции предусмотрены глубокого заложения пилонного типа из сборного железобетона и две односводчатые — из монолитного железобетона; три станции мелкого заложения — колонного типа из крупноразмерных элементов по типовому проекту и две односводчатые — из монолитного железобетона.

ТО № 20 пройдены стволы на станциях «Свердловская» и «Дзержинская», завершается проходка ствола на центральной пересадочной станции «Площадь 1905 года». Со-

ного корпуса метрополитенов поручены городским стройорганизациям. Это позволяет нам не расплыть свои силы, а сосредоточить их непосредственно на метростроении. По такому же принципу намечено соорудить и вторую линию Горьковского метро.

Создание Управления Горметрострой, которому поручено строительство метро сразу в трех городах, является новой организационной формой. Она имеет определенные преимущества, а именно: возможность маневрировать материальными, техническими и людскими ресурсами. При широком развитии строительства метрополитенов в СССР эта форма — крупных объединений — должна найти дальнейшее применение. □



# ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СООРУЖЕНИЯ НОВОСИБИРСКОГО МЕТРО

Ю. САМОЧЕРНОВ,  
начальник Новосибирского метропроекта

**С**ТРОИТЕЛЬСТВО Новосибирского метрополитена уникально. Впервые проектировщики и строители столкнулись здесь с комплексом совершенно новых проблем.

Суровые сибирские условия наложили отпечаток не только на конструктивные решения элементов станций и перегонов, но и на производство работ. Станционные обделки выполняются из сборно-монокристаллического железобетона. Монтаж сборных конструкций не вызывает осложнений; возведение же монокристаллической обделки и ведение бетонных работ зимой при низких температурах — одна из сложных и важных задач. При ее решении надо учитывать, что применение тепляков невозможно ввиду больших размеров монокристаллических участков (до 40 м). Наиболее целесообразно бетонирование с добавками, которые обеспечивают набор проектной марки бетона при низких отрицательных температурах. При добавке к бетону поташа происходит схватывание и набор его прочности при температуре до  $-25^{\circ}\text{C}$ . Необходимо решить вопрос о добавках, обеспечивающих набор прочности бетона для более низких температур — до  $-40^{\circ}\text{C}$ .

Немаловажной проблемой, специфичной для Новосибирска, является борьба со снежными заносами на входах в метро. Все входы в вестибюли совмещены с подулочными пешеходными переходами и приняты либо встроенными в существующие здания, либо как остекленные павильоны. Они защищают входы от метелей и заносов, однако в ряде случаев не вписываются в городской ансамбль. Если входы открыты, надо препятствовать образованию наледей на лестничных сходах.

Удалить наледь с проступей можно путем прогрева их токопроводящей тканью. Это рационально (достигается равномерный прогрев поверхности)

и технологично (не требуется особых затрат, чтобы выкроить из рулона ткани любой площади обогреватель). Над изучением и применением такого обогревателя работает лаборатория эластичных нагревателей Института проблем материаловедения Академии наук СССР.

Важный вопрос — вопрос теплоизоляции. Большинство конструкций станционного комплекса и часть перегонных тоннелей утепляются ввиду незначительной засыпки и большой глубины промерзания. В качестве теплоизоляционного материала в техническом проекте принят газобетон (объемный вес —  $600\text{ кг/м}^3$ ). Из материалов, применяющихся в Новосибирске, надо выбрать наиболее дешевые и прочные.

Суровые климатические условия Сибири продиктовали необходимость (впервые в СССР) мостового перехода через Обь в виде защищенной от внешней среды галереи.

Защита от шума и вибрации сооружений, расположенных ближе 40 м к трассе метрополитена, является сейчас главной задачей при строительстве линий мелкого заложения. Представляется целесообразным среди прочих мер решить вопрос о виброзащите непосредственно фундаментов вновь строящихся зданий и сооружений.

В первую и последующие очереди строительства метрополитена в Новосибирске входит локомотивное депо в пойме замкнутого русла реки Ельцовки. Проект инженерной подготовки территории депо выполнил Новосибирский гражданский проект. Опыта строительства подобных сооружений на свеженамывных грунтах в стране пока нет.

На станции мелкого заложения «Октябрьская» СибЦИИИСОМ с участием Института горного дела СО АН СССР и ТО № 29 проведены испытания и отработка технологии уста-

новки грунтовых анкеров для замены расстрелов. Испытывались два типа анкеров. Первые устанавливали по следующей технологии: с поверхности за пределами призмы обрушения бурили колодезь диаметром 85 см, куда из котлована пневмопробойником ИП-4605 вели скважину диаметром 9,5 см со стержнем  $\varnothing 36$  мм и длиной 12,5 м (сталь 25Г2С, класса А-III); затем колодезь заполняли бетоном на высоту 85, 130 и 170 см, а оставшуюся часть — грунтом. Анкеры второго типа устанавливали из котлована. Пневмопробойником ИП-4625 (ИП-4645, ИП-4603) пробивали скважину с наклоном  $20^{\circ}$  к горизонту. Далее в замковую часть скважины, расположенную за пределами призмы обрушения, нагнетали жесткий цементно-песчаный раствор, по которому вновь пускали пневмопробойник для образования уширения. Анкеры ставили с одной, двумя, тремя и четырьмя дополнительными проходками (длина замка — 6 м).

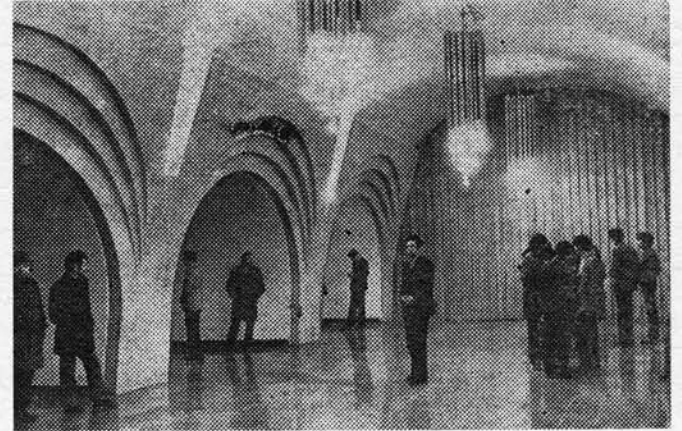
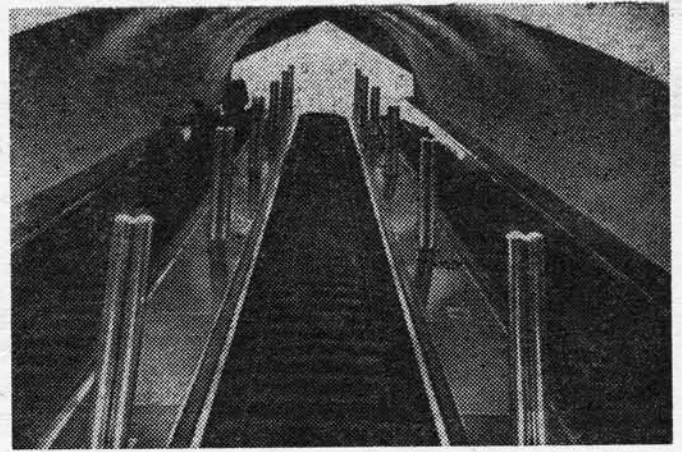
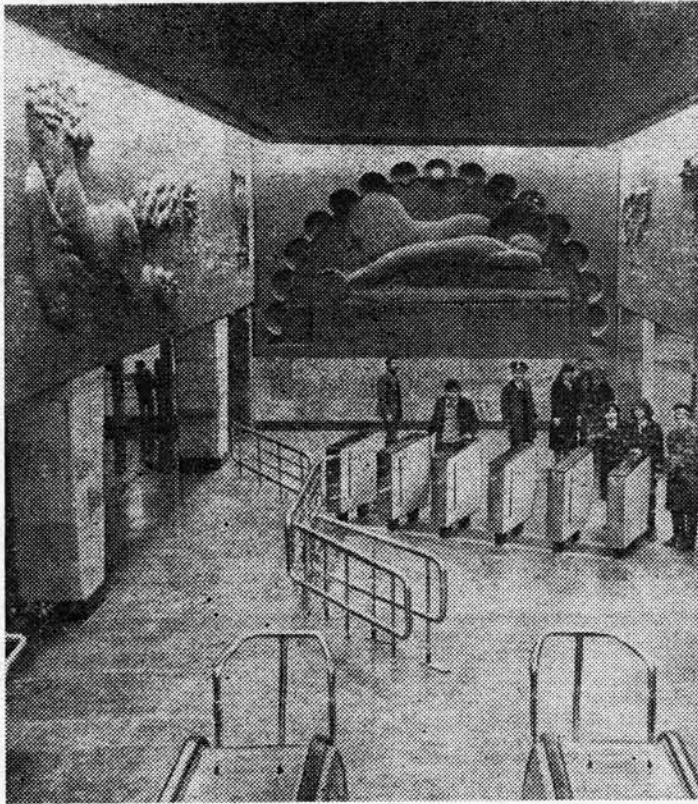
Испытания производили домкратом индивидуального изготовления с усилием до 60 т и насосной станцией НСП-400. Деформации конца анкера определяли с точностью до 0,01 мм.

Для крепления стен котлованов в супесях и суглинках можно применять оба типа анкеров.

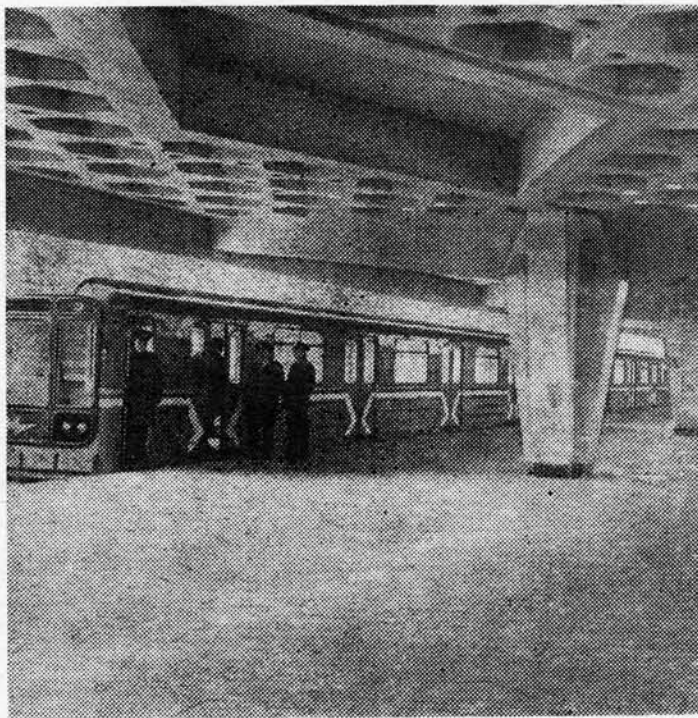
Расчетная несущая способность анкеров первого типа —  $0,6\text{ Рпр т. с. } 0,6 \times 30 = 18\text{ т}$ , второго —  $0,6\text{ Рпр т. с. } 0,6 \times 50 = 30\text{ т}$ .

При сооружении перегонных тоннелей в Новосибирске предполагается применить проходческий комплекс КТ1-5,6Д2 с обделкой, обжимаемой в породу. Целесообразность этого в геологических условиях города подтверждают конструкторы Ясиноватского завода и специалисты Ленметростроя. □

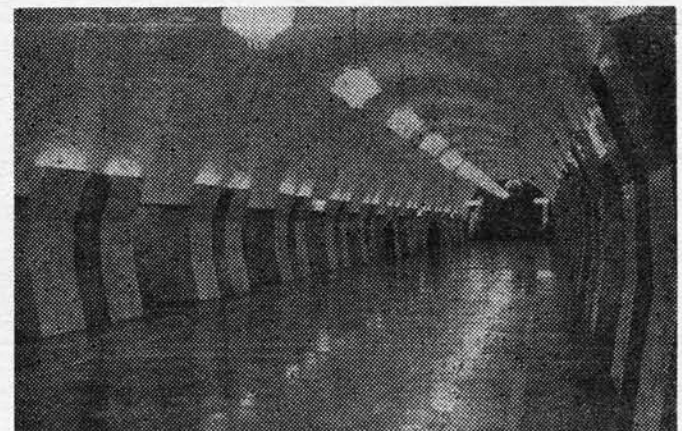
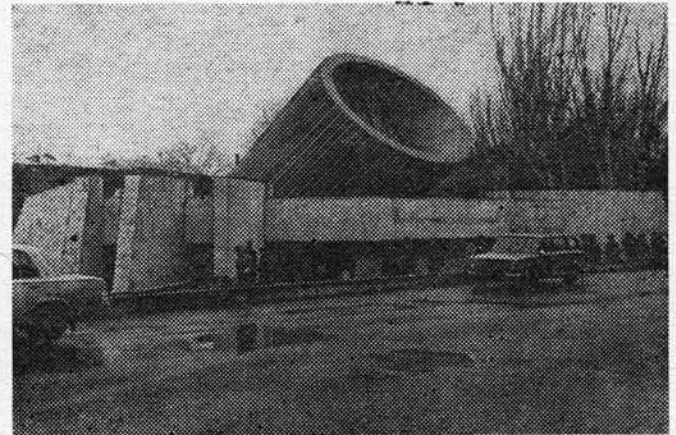




*Наклонный ход и средний зал станции «Площадь Ленина»*



*Кассовый зал и платформа станции «Сасунци Давид»  
Ереванского метрополитена*



*Вестибюль и подземный зал станции «Еритасардакан»*



# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИКИ ПРОХОДКИ ПЕРЕГОННЫХ ТОННЕЛЕЙ В УСТОЙЧИВЫХ ПОРОДАХ

В. ХОДОШ,  
канд. техн. наук;  
М. ШЕНКМАН,  
инженер

Большинство перегонных тоннелей метрополитенов, строящихся закрытым способом в устойчивых породах прочностью от  $f=2$  до  $f=16$  по шкале М. Протодьяконова сооружается проходческими комплексами КМ-14ГП. Они выпускаются Московским механическим заводом Главтоннельмостростроя. Первые их образцы созданы в 60-х годах и благодаря своей простоте и надежности получили широкое распространение. Базовый комплекс КМ-14ГП (рис. 1), предназначенный для строительства перегонных тоннелей, состоит из тоннельного укладчика рычажного типа марки ТУ-1ГП, представляющего собой самоходную порталную металлоконструкцию. На ней расположен гидравлический поворотный рычаг с захватом для крепления элементов обделки, привод его вращения, механизм доводки, выдвижные платформы нижнего и верхнего ярусов, обеспечивающие доступ к забою. Насосные установки, гидро- и электрооборудование предназначены для питания и управления механизмами укладчика. За укладчиком ТУ-1ГП идет технологическая тележка ТН-16ГП, на которой установлены два агрегата для первичного нагнетания

раствора за обделку типа РН-1. Тележка снабжена устройством для подъема вагонеток с песком и цементом на верхний ярус грузоподъемностью 3 т. На этом же ярусе находятся поддоны для смешивания сухих компонентов раствора, которые через люки загружаются в агрегаты РН-1. За тележкой расположена подвижная платформа ПП-8, несущая стрелочный перевод. Колея 600 мм проходит через весь комплекс, в конце его на платформе ПП-8 находится стрелочный перевод и подвижные звенья пути, соединяющие две колеи на комплексе с путями в тоннеле.

Эксплуатация комплексов в начале 70-х гг. показала недостаточную надежность и мощность электромеханического привода вращения рычага, и его заменили на гидравлический. Гидропривод вращения рычага (рис. 2) состоит из гидравлического двухштокового цилиндра 1 с закрепленной на его корпусе рейкой, входящей в зацепление с шестерней 2 главного вала привода, на котором закреплен гидравлический рычаг с захватом для элементов обделки на одном конце и противовесом на другом. Рычаг может совершать качательные движения на угол  $180 \pm 2^\circ$  в обе

стороны от своего вертикального положения. Управление гидроприводом его вращения производится гидрораспределителем 3 с электромагнитным управлением типа Р102. Чтобы фиксировать положение рычага, в системе установлен двусторонний гидрозамок 4, дроссели с обратными клапанами 5, обеспечивающие плавное вращение и торможение главного вала.

Гидравлический привод вращения позволил перевести все механизмы укладчика на гидропривод, ввести их управление от гидрораспределителей с электромагнитным управлением как с общего стационарного пульта, так и с дистанционного в месте монтажа обделки. Одновременно изменили конструкцию гидроцилиндров выдвижных площадок, арки и балок на более экономичные и простые с малогабаритными манжетами на уплотнение штока и поршня, пластмассовыми направляющими поршня и втулки. На эту конструкцию перевели все гидроцилиндры, работающие при давлении до  $100 \text{ кгс/см}^2$ . В гидросистеме укладчика внедрили автоматическую разгрузку системы от давления и переключение высокого и среднего давления в зависимости от исполнительного гидро-

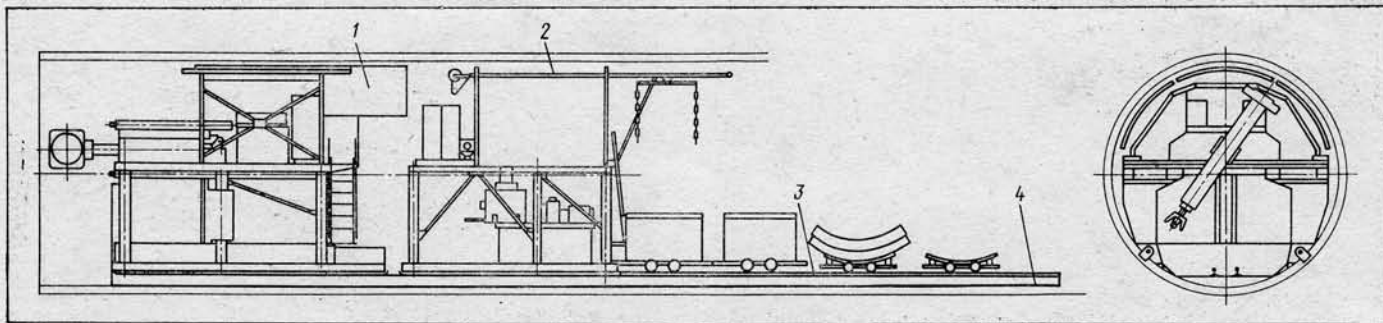


Рис. 1. Комплекс КМ-14ГП:

1 — тоннельный укладчик рычажного типа марки ТУ-1ГП; 2 — технологическая тележка ТН-16ГП; 3 — подвижная платформа ПП-8; 4 — стрелочный перевод и подвижные звенья пути.



цилиндра. Это увеличило производительность укладки обделки, надежность и экономичность гидросистемы.

Коренному изменению подвергся гидравлический рычаг укладчика, у которого выдвигался шток с лысками, предотвращающими поворот захвата, и приходилось вводить более чем 500 мм длины сальниковое уплотнение штока. В новой конструкции смонтирован малогабаритный гидроцилиндр с подвижным

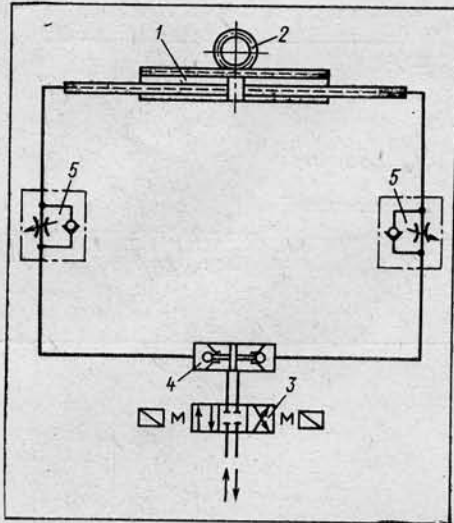


Рис. 2. Схема привода вращения рычага

корпусом, где установлен захват для крепления к нему элементов обделки. Это позволило отказаться от сальникового уплотнения и заменить его стандартным манжетным. Данные нововведения, увеличив экономичность и надежность машин, скорость монтажа обделки, все же оставили без изменения один из основных процессов — разработку породы (отбойными молотками или ручными перфораторами).

Требуется совершенствования и процесс приготовления цементно-песчаной смеси: точность дозировки составляющих компонентов, ликвидация ручного труда.

Чтобы механизировать процесс обуривания забоя, улучшить условия труда и повысить темпы проходки, СКТБ Главтоннельметростроя создана рабочая документация на комплекс для сооружения перегонных тоннелей с машинным обуриванием забоя — АБТ-5,5.

Агрегат механизмирует обуривание забоя, монтаж сборной обделки, первичное нагнетание раствора за обделку и погрузку породы в вагонетки, используя укладчик, выполненный по традиционной схеме, и буровую установку, выпускаемую промышленностью.

АБТ-5,5 (рис. 3а) включает откатывающийся по рельсам укладчик УТК-1, установленный на платформах. Каждая состоит из двух (или трех) сочлененных частей с гидравлическими домкратами для передвижения.

Комплекс снабжается дополнительной платформой, чтобы увеличить расстояние от лба забоя до укладчика при взрыве. Укладчик снабжен защитой от взрыва и может откатываться на расстояние до 16 м. Его металлоконструкция выполнена так, что под ней проходит самоходная буровая каретка БКГ-2 (БУЭ-2, БУЭ-3, БУР-2) с двумя перфораторами для машинного обуривания.

В агрегате предусматривается использование высокопроизводительной гидрофицированной буровой каретки БКГ-2. Но из-за ограниченного их выпуска на первых экземплярах она заменяется на более распространенную установку БУР-2Б. Порода грузится в вагонетки машиной 1ППН-5 (рис. 3б). Комплекс также включает тележку для нагнетания раствора ТНГ-1 и платформу со стрелочным переводом.

Основные узлы серийного укладчика ТУ-1гП: привод вращения рычага, выдвижные платформы, механизм доводки, выдвижные козырьки, балки, хорошо зарекомендовавшие себя на стройках, применены и в новом варианте. Изменена конструкция рычага, позволяющая увеличить скорость выдвижения и уборки захвата за счет передачи нагрузки от массы устанавливаемого элемента обделки на подвижный корпус цилиндра, уменьшен диаметр штока и расточки корпуса цилиндра захвата. Усовершенствовали и гидросистему укладчика, введя автоматическую разгрузку насоса от давления и переключения высокого и среднего давления в зависимости от работы того или иного исполнительного гидроцилиндра.

Увеличен ход выдвижных платформ и козырьков с 1,5 м до 2,2 м, что при соответствующих горногеологических условиях расширило заходку при взрыве с 1 до 2 м и дало возможность полностью использовать технические данные буровой каретки БКГ-2.

#### Техническая характеристика АБТ-5,5:

Наружный диаметр тоннеля, м . . . . .	5,6
Прочность разрабатываемых пород, не более кгс/см <sup>2</sup> . . . . .	1600
Величина заходки, м . . . . .	1÷2
Длина агрегата (без дополнительной платформы), м . . . . .	30

Установленная мощность, квт . . . . .	100
Масса, т . . . . .	75
Скорость сооружения тоннеля, м/месяц (техническая) . . . . .	110

#### Техническая характеристика буровой установки БКГ-2 (БУР-2Б):

Диаметр шпура, мм . . . . .	42
Способ вращения . . . . .	вращательный, вращательно-ударный
Глубина бурения, м . . . . .	2,8 (2,75)
Число машин, шт . . . . .	2
Механизм подачи: ход подачи бурильной машины, м . . . . .	2,8 (2,75)
усилие подачи, кН (кгс)	17 (1700)
Частота ударов в минуту . . . . .	5000
Механизм передвижения: тип . . . . .	колесно-рельсовый самоходный

По разработанной циклограмме сооружения 1 м перегонного тоннеля скорость равна 110 м/мес. Агрегат обслуживает бригада в 6 человек (бурильщик, помощник бурильщика, машинист блокоукладчика, нагнетальщик, два проходчика).

Опытный образец (рис. 4), изготовленный на Московском механическом заводе, прошел приемочные испытания на строительстве Тбилисского метро и рекомендован в серийное производство. Агрегатом пройдено более 200 м перегонного тоннеля в устойчивых породах крепостью до  $f=7$ . Опробована возможность проходки при глубине бурения 2,75 м. Сменная скорость достигла 1,3 м. Средняя — более чем в 1,6 раза превышает скорость проходки в параллельном тоннеле комплексом КМ-14гП. В прошлом году выпущено еще два агрегата, а в нынешнем запланирован их серийный выпуск.

СКТБ проводится дальнейшее совершенствование агрегата для машинного обуривания забоя перегонных тоннелей в устойчивых породах. Учитывая тбилисский опыт, создается модернизированный вариант АБТ-5,5 применительно к условиям Москвы.

Модernизированный вариант АБТ-5,5 имеет меньшую общую длину 24 м, укладчик откатывается на 5 м только на время обуривания забоя и оснащен усиленной защитой от взрыва.

Чтобы уменьшить нагрузку от гидроцилиндров передвижения на торец первого кольца сборной обделки, комплекс



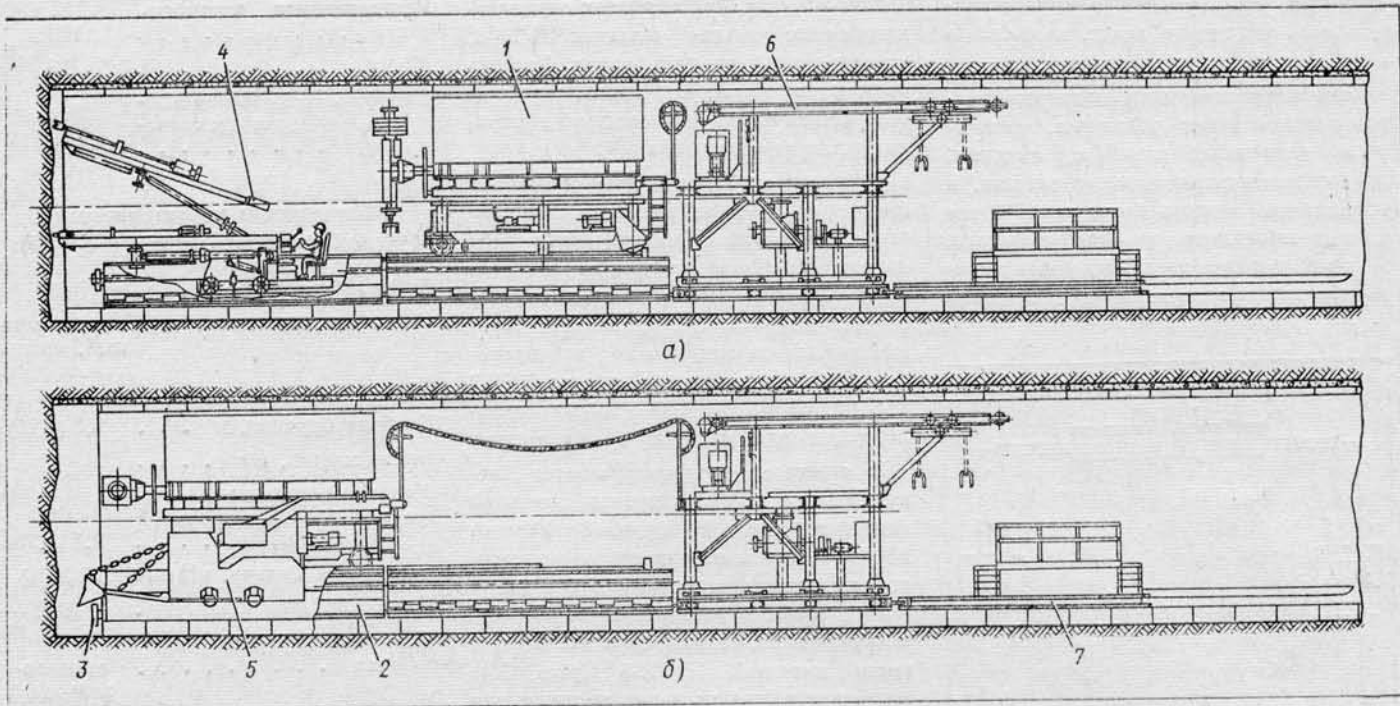


Рис. 3. Схема бурового тоннельного агрегата:

1 — откатывающийся по рельсам укладчик УТК-1; 2 — платформы; 3 — гидравлические домкраты; 4 — самоходная буровая каретка ВКР-2; 5 — породопогрузочная машина 1ППН-5; 6 — тележка для нагнетания раствора ТНГ-1; 7 — платформа со стрелочным переводом.

будет перемещаться в два этапа четырем гидроцилиндрами. Агрегат оснащается встроенными в платформы воздуховодами (трубы вентиляции выводятся на расстояние 5–6 м от забоя, что значительно улучшит и ускорит проветривание). В конце комплекса

устанавливается вспомогательная тележка с двумя барабанами для наращивания троллея, что механизмирует операцию, сократит время и улучшит условия безопасности.

Модернизированный вариант АБТ-5,5 лучше приспособлен к московским усло-

виям по сравнению с базовым и создается в тесном контакте с метростроителями столицы.

В настоящее время на Мосметрострое испытываются проходческие комбайны 4ПП-2 со стреловидными исполнительными органами. Однако при сооружении перегонных тоннелей со сборной обделкой одной из основных трудностей является увязка процесса работы комбайна с подачей элементов сборной обделки к забою. Решение этой проблемы позволит эффективно применять комбайны для механизированной проходки перегонных тоннелей.

Сочетание комбайна с агрегатом АБТ-5,5 позволит создать проходческий комплекс для работы в широком диапазоне пород. Разработка пород крепостью до  $f = 5$  исполнительным органом комбайна позволит исключить такие трудоемкие процессы, как бурение шпуров, погрузка породы в одиночные вагонетки ковшовыми машинами. Разработка более точного контура выработки даст возможность уменьшить объем нагнетания.

Предлагаемые комплексы механизмируют основные операции по проходке и сооружению перегонных тоннелей в устойчивых породах, увеличат скорость проходки, улучшат условия труда метростроителей. □

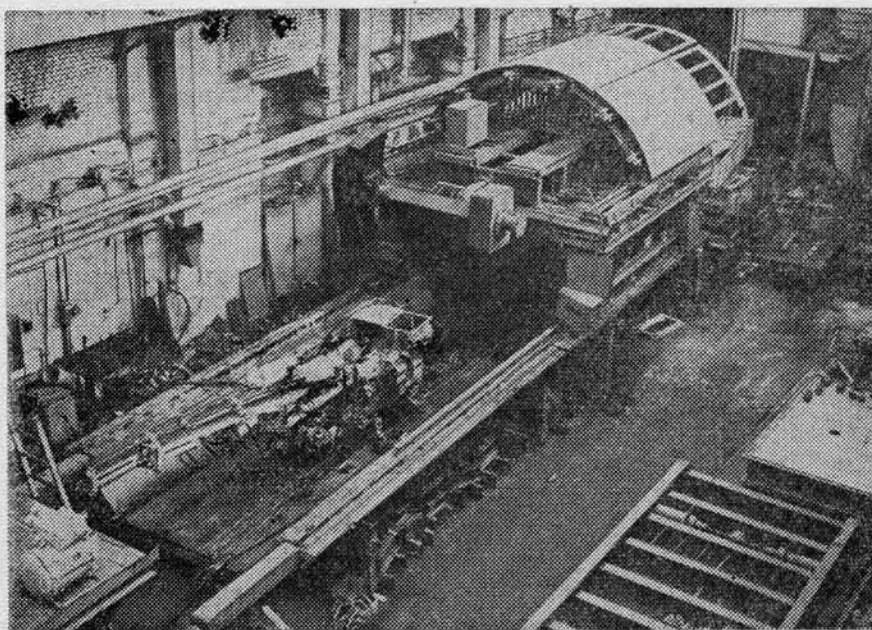


Рис. 4. Агрегат АБТ-5,5 перед отправкой в Тбилтоннельстрой.



# СТАНЦИОННАЯ ТЕЛЕЖКА ДЛЯ МОНТАЖНЫХ, ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ И ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТ

И. НЕСТЕРЕНКО, Ю. МАРЫЧЕВ, О. ВОРОБИЕНКО,  
инженеры

**П**РИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ станций метрополитенов значительная часть технологических операций (монтаж коммуникаций, гидроизоляция, смена болтов крепления тубингов, контрольное нагнетание цементного раствора и др.) выполняется на высоте. Для этой цели применяются тележки, конструктивное исполнение которых в каждом конкретном случае индивидуально. Их изготавливают в ремонтно-механических мастерских, не имеющих необходимого оборудования, приспособлений и оснастки, по индивидуальным проектам строительных организаций.

Разнообразие конструкций, их металлоемкость, большие затраты труда при изготовлении и монтаже привели к необходимости создания тележек, исключающих эти недостатки и удовлетворяющих современным технологическим требованиям. Разработанная Харьковским сектором СКТБ Главтоннельмостроя совместно с Харьковмостростроем тележка предназначена для безопасного ведения монтажных, гидроизоляционных, отделочных и других работ в боковых и среднем станционных залах. Она может применяться в конструкциях как пилонного, так и колонного типов.

Тележка (рис. 1) выполнена из сортовой прокатной стали различных профилей сборно-разборной конструкции, что облегчает ее транспортировку, монтаж, демонтаж и позволяет ею пользоваться многократно. Сортамент и количество элементов сведено к минимуму: отправочные выполнены сварными, соединение их — на болтах.

Тележка представляет собой пространственную рамную конструкцию на колесном ходу, перемещающуюся по направляющим швеллерам или рельсам с помощью ручных или электрических монтажных лебедок.

Принятый вариант из прокатных профилей позволил унифицировать основные элементы и создать на основе исходной модели ряд производных с различным очертанием и назначением. К базовой тележке можно присоединить дополнительные приспособления.

Конструкция состоит из балок ходовых тележек 1, ригелей 2, разъемных стоек 3, соединенных между собой в продольном направлении связями 4, панелей настила 5, кронштейнов 6, лестниц 7, ограждения 8. Разнос стоек в поперечном направлении обеспечивает беспрепятственный пропуск людей и

подвижного состава, а также проход под ней технологической тележки перегонного тоннеля.

Длина тележки позволяет разместить на ней необходимое оборудование, различные приспособления и открыть широкий фронт работ. Высота верхней и боковых площадок создает удобство операций по всему периметру станции.

Отправочные элементы можно перевозить любым видом транспорта. Они не занимают больших складских площадей, что особенно важно в стесненных условиях метростроения.

Сменные детали и узлы, а также разъемы стоек позволяют использовать тележку (рис. 2) в боковом тоннеле, платформенном участке и среднем зале станций. Сняв нижние стойки и заменив сменные детали и узлы, а также перекомпоновав настил, ее можно применить и в перегонных тоннелях. Стойки, ригели и кронштейны выполнены из прокатных двутавров по ГОСТу 8239-72, а балки ходовых тележек — из швеллеров по ГОСТу 8240-72.

Плиты настила, непосредственно воспринимающие нагрузки от технологического оборудования, и связи для обеспечения пространственной жесткости тележки, сваренные в виде гнутых с-образных профилей, усиленных ребрами жесткости, предусмотрены из листовой рифленой стали по ГОСТу 8568-77. Эксплуатация такого настила выявила ряд преимуществ по сравнению с другими видами. При высокой несущей способности и жесткости, а также одинаковом расходе материала они технологичны в применении. Трудоемкость их изготовления и монтажа на 17—25% ниже.

Отправочные марки ограждений и лестницы выполнены из водогазопроводных труб по ГОСТу 3262-75 и тонколистовой стали. Все элементы сделаны из углеродистой стали обыкновенного качества.

Расчет металлоконструкций произведен по методике предельных состояний

## ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕЛЕЖКИ:

Грузоподъемность, кН . . . . .	100
Колея, м . . . . .	4,81
База, м . . . . .	4,00
Площадь рабочего настила, м <sup>2</sup> :	
верхней площадки . . . . .	30
боковых . . . . .	24
всего настила . . . . .	54
Габариты, м:	
длина . . . . .	6,61
ширина . . . . .	7,04
высота . . . . .	5,22
Масса, кг . . . . .	3600

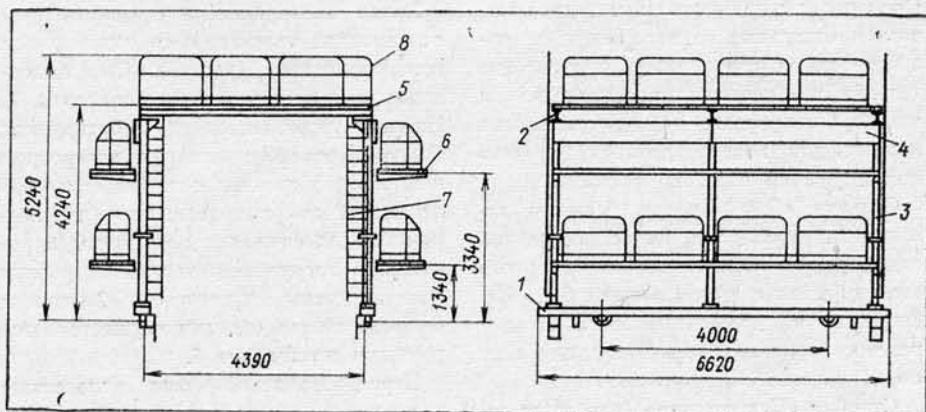


Рис. 1.



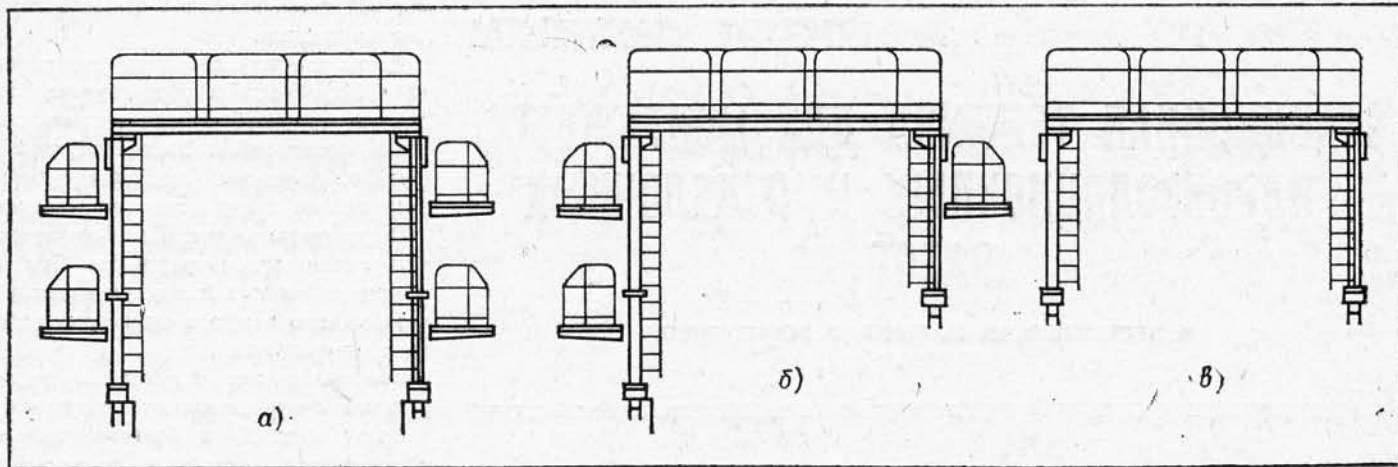


Рис. 2.

а) для станционного тоннеля; б) платформенного участка; в) среднего зала.

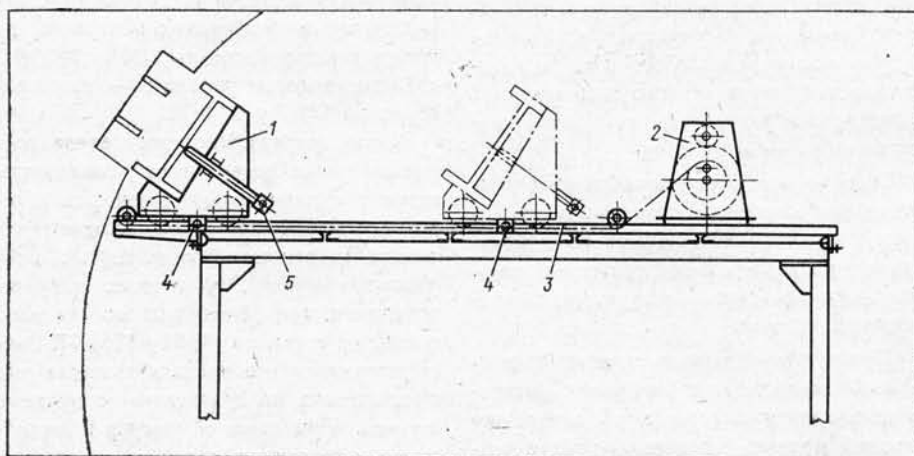


Рис. 3.

в соответствии со СНиП II-V.3-72. В качестве нагрузки принята равномерно распределенная по всей площади настила с интенсивностью 2 МПа.

В прошлом и в начале 1981 года Харьковметростроем изготовлены и испытаны два образца тележек для отделки станции «Барабашова» и монтажа перемычек боковых залов «Петровского». Проверялись: примененная методика расчета и отдельные ее положения; технологичность конструкции; удовлетворение изделия требованиям производства и общей безопасности работ; выявление данных для конструирования средств подмащивания и их механизации.

Станция «Барабашова» (мелкого заложения, трехпролетная с островной платформой) выполнена из сборного железобетона с шагом колонн 6 м. Испытания и дальнейшая эксплуатация тележки производились в среднем зале по общепринятой технологии.

Станция «Петровского» (глубокого заложения, трехпролетная, пилонного типа) из железобетонных блоков с наруж-

ным диаметром кольца 8,5 м. В начале и конце ее на длине 8,25 м обделка выполнена из чугунных тубингов. В местах проемов над проходами в качестве перемычек предусмотрены металлические сварные балки длиной 4,5 м и массой 2000 кг, устанавливаемые на металлические столы с последующей их обваркой.

Балки монтировались с применением станционной тележки и со специальным приспособлением (рис. 3). Оно выполнено как передвижная платформа 1. На нее устанавливается монтируемая балка, перемещающаяся в поперечном направлении настила с помощью ручной лебедки 2 по направляющим швеллерам 3. Для фиксации платформы в положении загрузки и установки балки предусмотрены фиксаторы 4. Задвижка балок в гнезда обделки осуществляется ручными домкратами 5.

Перед установкой балок укладывали временные рельсовые пути, переустанавливали троллей, монтировали и приводили в рабочее состояние тележку с приспособ-

лением. Монтаж последней осуществляли поэлементно; его трудоемкость составила 40 чел.-час.

Подъем балки на тележку и установка ее на приспособление проводились в месте крепления тоннеля из чугунных тубингов с помощью монтажной лебедки грузоподъемностью 30 кН и вертлюжным блоком, закрепленным к обделке.

Балку перемещали к месту установки на приспособлении канатом (ручной лебедкой), а доводили ее до проектного положения ручными домкратами. Трудоемкость монтажа одной балки составляла в среднем 10—15 чел.-час, а всего их установлено 16.

Опыт изготовления и результаты испытаний выявили следующее:

методика расчета металлоконструкций обеспечивает несущую способность и безопасность эксплуатации изделия и позволяет уменьшить его металлоемкость на 20%;

тележка технологична при изготовлении и монтаже, не требует дополнительных приспособлений и специального оборудования, трудоемкость изготовления на 15—25% ниже, чем ферменных из уголкового проката; узлы крепления обеспечивают легкость заводки, возможность быстрого и простого закрепления элементов, быстроту выверки и простоту обслуживания.

Для дальнейшего расширения области применения тележек и их узлов, а также повышения их эффективности в СКТБ разрабатываются новые узлы настила и ограждений, позволяющие применять их в более широком диапазоне устройства (переносных, передвижных, подвесных и станционных средств подмащивания) с повышенной надежностью и экономичностью. Прорабатываются вопросы технологии самомонтажа тележки без подвески и обделки станций дополнительными блоками. □



# ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ КАПИТАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК МОНОЛИТНЫМ БЕТОНОМ

А. БРАГИН, Р. МЕРКИН, М. РЯБИНКОВ,  
инженеры

**Э**ФФЕКТИВНОСТЬ применения монолитной бетонной крепи зависит от принятой схемы организации работ и степени механизации всех трудоемких операций, слагающих процесс крепления выработок.

В отечественной практике наиболее распространенный способ транспортирования бетонной смеси за опалубку — подача по трубам с помощью пневмобетоноукладчиков различных конструкций. Однако такой способ связан с динамическим характером процесса укладки бетона. Институтом ЦНИИПодземмаш разработан бетоноукладочный комплекс оборудования «Монолит-2» более совершенной конструкции.

В основе его работы — принцип транспортирования сухой бетонной смеси воздушным потоком по резиновому материалному рукаву. Цемент и заполнители вводятся раздельно. В непосредственной близости от места укладки за опалубку транспортируемая бетонная смесь затворяется водой.

Рабочие материалы для комплекса: сухая смесь песка и щебня, цемент, вода. Соединение и перемешивание указанных компонентов и образование готовой бетонной смеси происходят в процессе одновременного передвижения всех материалов по рукаву.

Транспортирование сухой смеси с раздельным вводом цемента обладает

рядом преимуществ по сравнению с перемещением готовой бетонной смеси:

сохраняются активные свойства цемента, а, следовательно, высокое качество бетона (цемент вводят непосредственно перед укладкой бетона, поэтому не допускается предварительный контакт его с водой или влажными заполнителями);

исключено схватывание бетонной смеси;

можно создавать запасы рабочей смеси для использования по мере надобности в бетонных работах;

плавный характер транспортирования бетонной смеси исключает динамическое воздействие на опалубку и позволяет применять в комплексе гибкие резиновые бетоноводы, легкие и удобные в работе.

Первый опытный образец «Монолита-2», изготовленный Скуратовским экспериментальным заводом ЦНИИПодземмаш, состоял из загрузчика-дозатора, трех сменных цементовозов и манипулятора. Общий вид его изображен на рис. 1. Основа комплекса — загрузчик-дозатор 1, который включает два исполнительных органа: загрузочное устройство для перекладки смеси песка и щебня из вагонеток в бункер дозатора и собственно дозатор для подачи смеси в выходной патрубок сжатым воздухом. Загрузочное устройство снабжено двухче-

люстным грейфером и имеет гидравлический привод. Привод дозатора — электрический.

Цементовоз 2 первого образца «Монолита-2» — это кузов со скошенными боковыми стенками и днищем, установленный на тележке шахтной вагонетки типа УВГ-3,3. Пневматический двигатель ДР-10У на цементовозе приводит в движение подгребающий шнек, побудитель цемента и дозатор барабанного типа.

Манипулятор 3 предназначен для механизированного перемещения и установки бетоновода при укладке бетонной смеси за опалубку. Манипулятор включает: самоходную тележку, поворотную платформу, стрелу, механизм подъема стрелы. Привод осуществляется пневматическим двигателем.

Материальный рукав 4 внутренним диаметром 90 мм выполнен в виде отдельных секций, которые, соединяясь между собой, образуют единую транспортную магистраль. Последняя секция рукава оборудована камерой затворения бетонной смеси водой, она имеет концевой гаситель скорости потока бетонной смеси и размещается на манипуляторе.

«Монолит-2» производит укладку бетона таким образом: загрузчик-дозатор перегружает с помощью грейфера смесь песка и щебня из вагонеток в бункер дозатора, а последний давлением сжатого воздуха направляет ее в выходной патрубок.

Одновременно цементовозом, используя энергию сжатого воздуха, подают цемент в выходной патрубок загрузчика-дозатора. В дальнейшем при пневмотранспортировании по резиновым материалным рукавам автоматически перемешивается цемент с песком и щебнем и образуется сухая бетонная смесь. В камере смешения происходит затворение смеси водой. Готовая смесь по концевому участку материалного рукава поступает в гаситель, а затем за опалубку.

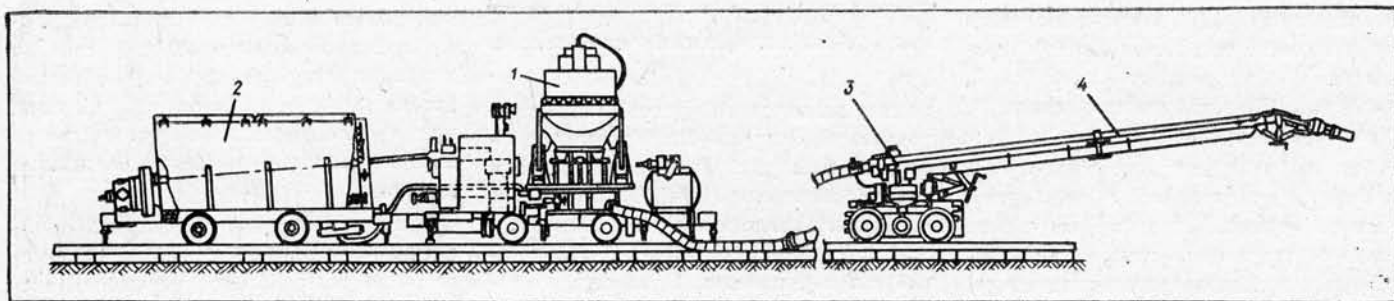


Рис. 1. Общий вид комплекса «Монолит-2» (первый опытный образец)

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
КОМПЛЕКСА «МОНОЛИТ-2»:

Показатели	Норма
Производительность укладки бетона, м <sup>3</sup> /час . . . . .	7
Максимальное расстояние подачи бетона, м . . . . .	300
Максимальная фракция заполнителей бетона, мм . . . . .	40
Внутренний диаметр материального рукава, мм . . . . .	90
Рабочее давление сжатого воздуха, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) . . . . .	0,5 (5)
Расход сжатого воздуха, м <sup>3</sup> /мин	не менее 12
Установленная мощность электродвигателей, кВт . . . . .	12
Масса, кг . . . . .	7200

Промышленные испытания «Монолита-2» проводили при креплении выработки сечением в проходке 17,8 м<sup>2</sup>, в свету — 13,8 м<sup>2</sup>, на горизонте — 530 м. В период испытаний комплексом уложено 180 м<sup>3</sup> бетона, показана высокая производительность (7 м<sup>3</sup>/час) и эффективность применения его в шахтных условиях.

Однако отмечены некоторые недостатки в работе цементовозов, например, своевременная выдача их на поверхность для загрузки цементом оказалась затруднительной в связи с напряженным ритмом работы клетьевого ствола. Количество пыли, выделяемой цементовозом во время работы, значительно превышает санитарные нормы. Имелись также трудности организационного характера.

В соответствии с этим были внесены некоторые изменения в технологию обеспечения комплекса цементом и непосредственно в конструкцию цементовоза. В результате появился принципиально новый образец. В состав комплекса теперь вошел один цементовоз (а не три, как в первом случае), что привело к удешевлению комплекса в целом и упростило технологию его обеспечения цементом. Цементовоз новой конструкции представлен на рис. 2.

Он состоит из эжектора 1, цистерны 2, пневмосистемы 3, электрооборудования 4, весового устройства 5, редуктора-дозатора 6, выходного патрубка 7, платформы 8, всасывающего сопла 9, всасывающего рукава 10.

Основное отличие цементовоза от старого образца заключается в герметичности и возможности самозагрузки; в нем применен встроенный внутри герметичной емкости дозатор тарельчатого типа, что полностью исключает пылевыведение в режиме подачи цемента. Самозагрузка цементовоза происходит с по-

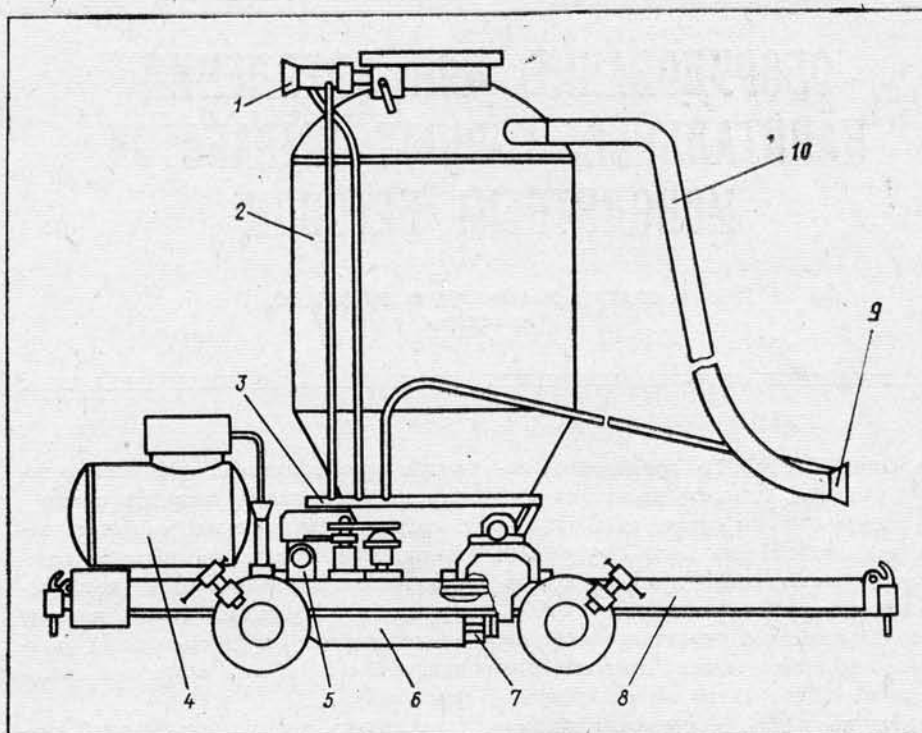


Рис. 2. Цементовоз новой конструкции.

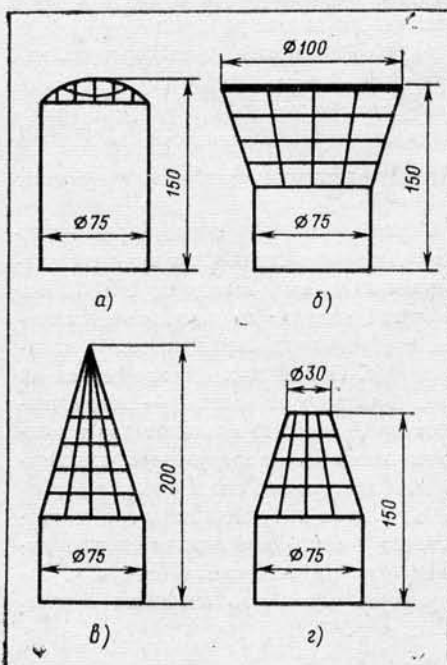


Рис. 3. Всасывающее сопло цементовоза.

мощью эжекторного устройства через всасывающий рукав. Платформа выполнена на базе унифицированных узлов и деталей вагонетки УВГ-2,5.

Редуктор-дозатор включает электрический двигатель, редуктор и тарельчатый дозатор цемента. Одна ступень редуктора снабжена четырьмя парами сменных шестерен. Это позволяет изменять скорость вращения дозатора и ко-

личество подаваемого цемента в зависимости от требуемой марки бетона. Цистерна цементовоза относится к категории сосудов, работающих под давлением. В верхней ее части установлен блок фильтров с вибратором. Весовое устройство предназначено для контроля количества цемента в цистерне и одновременно служит ей опорой.

Загрузка цементовоза производится следующим образом: сжатый воздух подается к эжектору; благодаря эффекту эжекции в полости цистерны и во всасывающем рукаве создается разрежение воздуха. Всасывающее сопло вводится в вагонетку с цементом, который засасывается в емкость цементовоза. При этом воздух после эжектора проходит через фильтры и очищается от цементной пыли.

В режиме выдачи цемента цементовоз работает так: сжатый воздух подается в цистерну, затем включается электродвигатель редуктора-дозатора. При этом крыльчатка дозатора, вращаясь, подает цемент к разгрузочному окну, где происходит продувка цемента в транспортирующий рукав. Чтобы предотвратить сводообразование цемента, предусмотрен побудитель, совершающий внутри цементной массы колебательные движения.

В ходе повторных испытаний комплекса «Монолит-2» с новым цементовозом велись работы по улучшению элементов конструкции и выбору наиболее рациональной схемы пневмоподачи материалов. В частности, были изготов-



лены и опробованы в работе всасывающие сопла различных конструкций (рис. 3). Наиболее эффективным оказалось сетчатое сопло в форме усеченного конуса. Более совершенное всасывающее сопло позволило повысить производительность цементовоза в режиме заполнения до 4,5 м<sup>3</sup>/час при давлении сжатого воздуха в магистрали 5 кгс/см<sup>2</sup>.

Для контроля выдачи цемента успешно применили датчик, регистрирующий пульсацию цементного материального рукава, а для контроля заполнения и опорожнения цистерны цементовоза — весовое гидравлическое устройство.

После промышленных испытаний в комплексе «Монолит-2» была изменена схема пневмоподачи цемента. Вместо первоначального ввода цемента в колено патрубка загрузчика-дозатора стали подавать цемент непосредственно в материальный рукав (бетоновод) с увеличением диаметра цементоподающей магистрали с 38 до 50 мм и сокращением ее длины с 7 до 1,5 м (рис. 4).

Эта схема позволила избежать образования цементных пробок и выделения цементной пыли из дозатора-загрузчика.

В испытаниях применялась бетонная смесь следующего состава:

Цемент марки 400, кг . . . . .	300
Песок, кг . . . . .	666
Щебень фракции 10—20 мм, кг . . . . .	1204
Вода, кг . . . . .	230
Плавные транспортирование и уклад-	

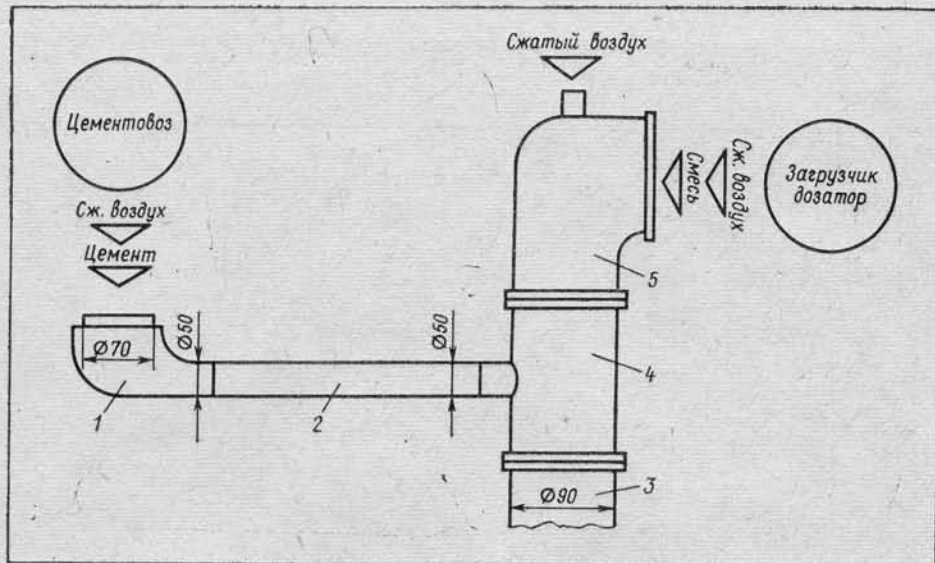


Рис. 4. Схема подачи цемента (усовершенствованная):

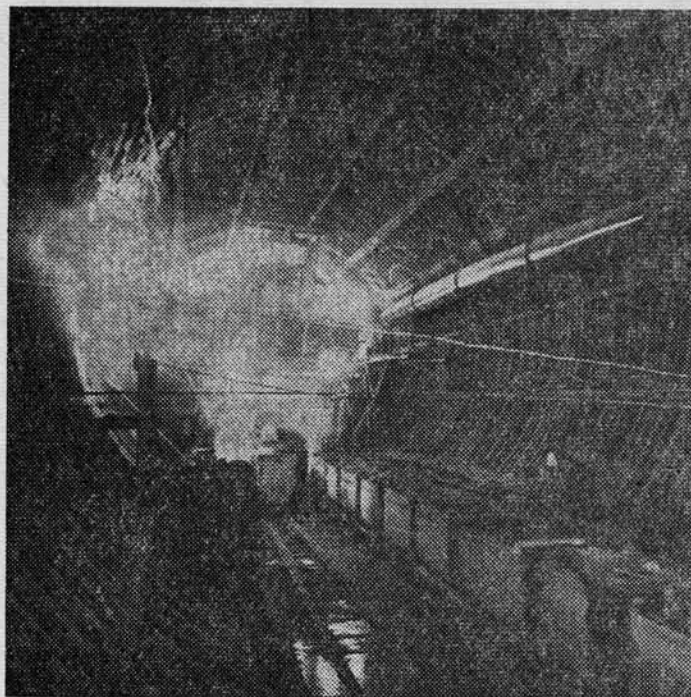
1 — патрубок цементовоза; 2 — цементный рукав; 3 — материалный рукав; 4 — тройник; 5 — патрубок загрузчика-дозатора.

ка бетонной смеси, легкость и гибкость резиновых материальных рукавов позволили вести укладку бетона без укладчика-манипулятора. При этом материалный рукав, заведенный за опалубку, легко удерживался вручную. Страховка осуществлялась при помощи проволочной скобы.

Испытания «Монолита-2» подтвердили эффективность принципа раздельного ввода цемента, показали, что комплекс

решает проблему полной механизации трудоемких процессов транспортирования и укладки бетонной смеси за опалубку. Работа комплекса полностью соответствует санитарным нормам и требованиям техники безопасности. Однако его конструкция нуждается в усилении надежности систем контроля за расходом цемента и воды.

«Монолит-2» рекомендован к серийному производству. □



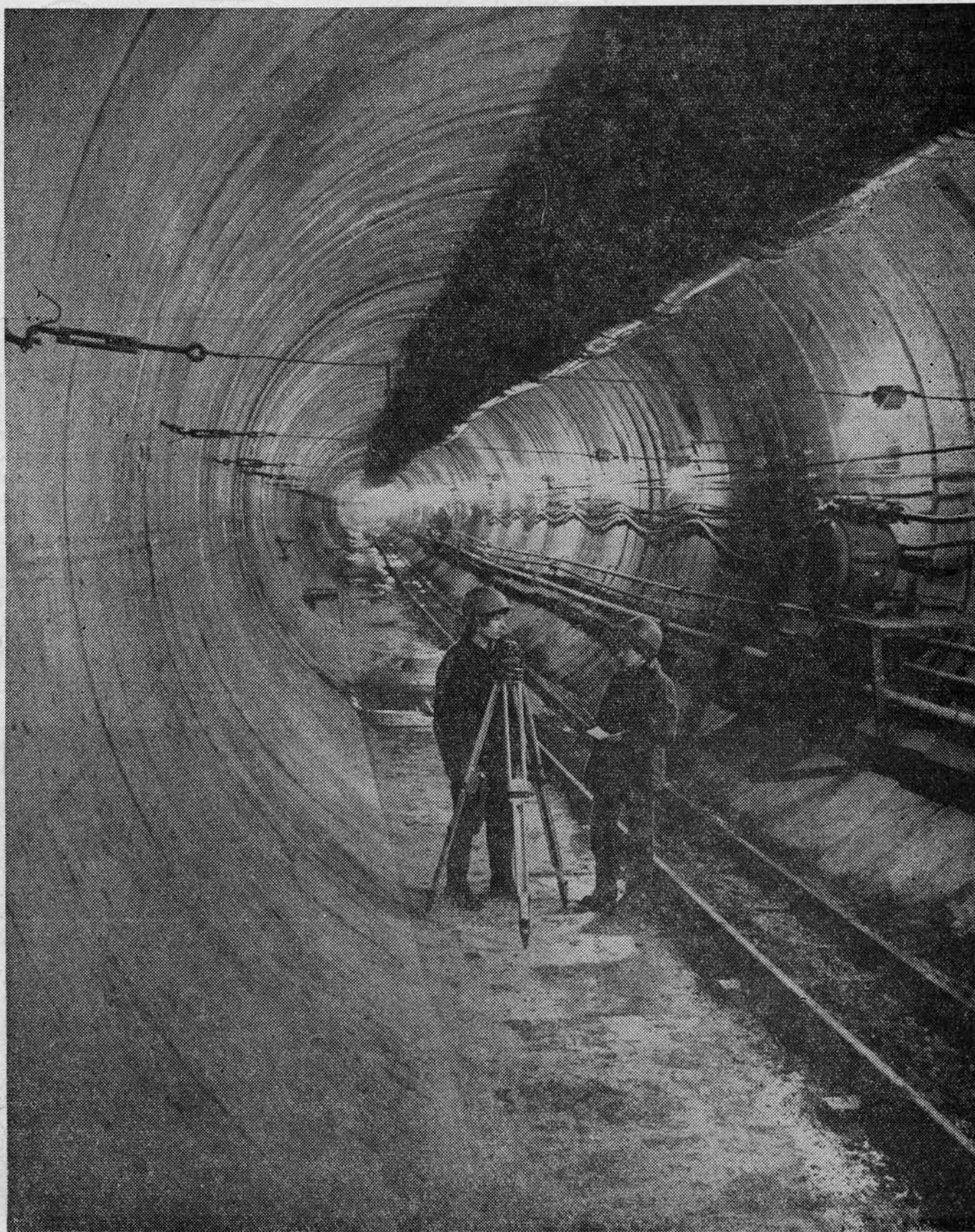
Сооружение среднего зала «Серпуховской».



Перегонный тоннель в монолитно-прессованной бетонной оболочке на строящемся Серпуховском радиусе метро в Москве.

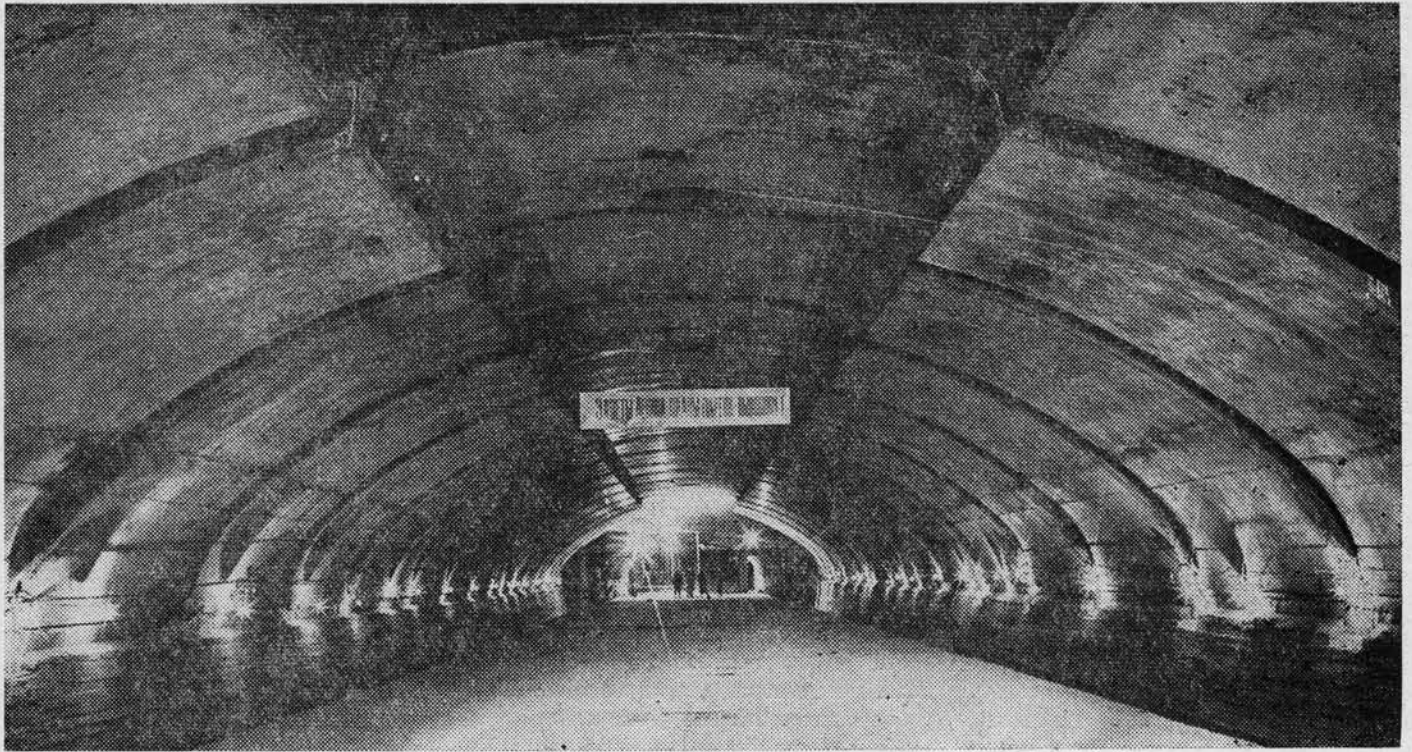


# СТРОИТСЯ МИНСКОЕ МЕТРО



*Тоннель в монолитно-прессованной бетонной обделке.*





*Одноводчатая станция «Парк Челюскинцев».*



*Проект депо.*



# СКОРОСТНОЕ ЗАМОРАЖИВАНИЕ ГРУНТОВ

В. ЯКОВЛЕВ, Б. ПРЖЕДЕЦКИЙ,  
инженеры

ОДИН из участков коллекторного тоннеля (Москва) диаметром 2 м, протяженностью около 100 м сооружался щитовым способом с применением искусственного понижения уровня грунтовых вод.

Трасса коллектора проходит в насыпном грунте с супесями и щебнем. Прослеживаются также глинистые мелкозернистые пески с супесями и суглинками. Коэффициент фильтрации грунтов 1,5 м/сут.

Отрезок тоннеля в 75 м пройден способом водопонижения. Уровень грунтовых вод понижали эжекторными иглофильтрами  $\varnothing=2,5$  м. Их устанавливали обычно в зоне работы щита. Расстояние между иглофильтрами — 2 м. Из-за недостаточной эффективности водопонижения проходку пришлось приостановить. Последующие участки возводили способом замораживания грунтов. Проектом

организации работ оно предусматривалось в два этапа. Первый — контур в 12, второй — 24 м (рис. 1). Первый контур замораживания планировался также для возможности разработки грунта с земной поверхности, чтобы вывести щит на необходимые отметки (перед остановкой работ он значительно ушел вниз).

На первом участке количество замораживающих колонок — 38, из них термометрических — 3, гидрологических тоже 3. Периметр контура замораживания — 30 м. Расстояние между колонками — от 1 до 1,15 м. В первой поперечной стене около щита (см. рис. 1) оно составило 2,6 м в связи с невозможностью буровых работ в данном месте. Ледогрунтовая поперечная стена пересекла часть пройденного тоннеля, замыкая при этом и щит. Время замораживания (за исключением первой перемычки)

устанавливалось в 33 сут. Из-за большого расстояния между колонками в первой поперечной стене срок увеличили до 75 сут. Замораживание осуществляли передвижной станцией ПХС-100, холодопроизводительность которой 100000 ккал/ч. В продольных стенах и второй поперечной стене контура оно закончено в проектные сроки — 33 сут. Средняя  $t$  хладоносителя —  $-25^{\circ}\text{C}$ . Замеры температуры грунта в термометрических скважинах после 33 сут. работы следующие (табл. 1):

Таблица 1

№№ точек замеров	№№ скважин		
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
1	-8,0°C	+1,0°C	+2,0°C
2	-6,0°C	-2,0°C	+3,0°C
3	-7,0°C	-3,0°C	
4	-7,0°C	-5,0°C	
5	-7,0°C	-5,0°C	

Расстояния термометрических скважин от замораживающих колонок: T<sub>1</sub> — 0,8 м, T<sub>2</sub> — 1,1 м, T<sub>3</sub> — 1,3 м. Уровень воды в гидрологических скважинах оставался прежним, как и в первоначальных замерах: Г<sub>1</sub> — 9,35 м, Г<sub>2</sub> — 7,80 м, Г<sub>н</sub> — 6,97 м.

Контрольные замеры позволили сделать вывод, что при успешном замораживании продольных стен и второй перемычки первая заморожена не была (рис. 2).

Относительно высокая температура хладоносителя при перерывах указывала на дополнительные, неучтенные теплопритоки к грунтам, что не давало основания рассчитывать на успешное выполнение работ у первой перемычки в проектные сроки (75 сут.). В связи с этим в первой поперечной перемычке применили жидкий азот. Основные его преимущества по сравнению с рассольным способом — ускорение активного замораживания (в 8—10 раз) и повышение прочности (в 3—4 раза) создаваемого ледогрунтового ограждения. Кроме того, новый метод не требует громоздкого оборудования, к тому же нет необходимости в воде и электроэнергии. Он основан на непосредственном испарении жидкого азота в замораживающих колонках при  $t$  —  $-195,75^{\circ}\text{C}$ , отбирающего тепло у прилегающих грунтов.

При разработке технологии замораживания жидким азотом учтены положительные его свойства: температура кипения при атмосферном давле-

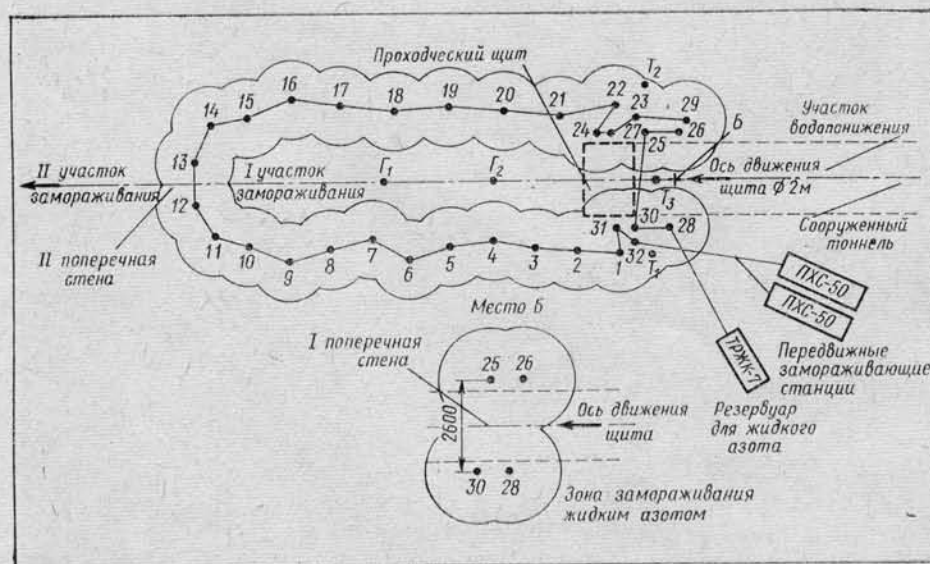


Рис. 1. Схема расположения замораживающих и контрольных колонок I-го контура: 1—32 — рассольные замораживающие колонки; 25, 26, 28, 30 — использованы под жидкий азот; T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> — термометрические скважины; Г<sub>1</sub>, Г<sub>2</sub>, Г<sub>3</sub> — гидрологические скважины.



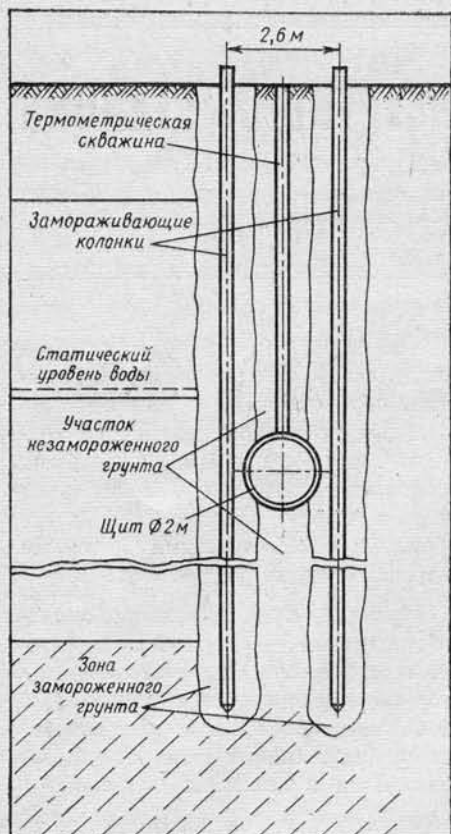


Рис. 2. Расположение щита в зоне замораживания грунтов.

нии (1013 Па) не выше 70°K; в нормальных условиях взрыво- и пожаробезопасен, химически малоактивен; нетоксичен; имеет невысокую стоимость; несложная транспортировка. Определили подсчет нужного количества материала в 45 т, срок замораживания — 12 сут. По проекту организации работ оборудовали проезд для завоза его на площадку, смонтировали деревянное основание, где установили стационарный резервуар для хранения; извлекли питающие трубы, удалили из колонок рассол. Произвели также монтаж замораживающих колонок и выставили забор. Провели соответствующий инструктаж по технике безопасности.

Следует также отметить, что жидкий азот без существенного переоборудования использовали в качестве хладагента после замораживания грунтов рассольным способом. Конструкция колонки осталась прежней. Проектом организации работ жидкий азот после удаления рассола предусматривалось заливать в колонки из ТРЖК-7М (рис. 3) через гибкие металлические рукава и внутренние питающие трубы диаметром 25 мм. Нижние концы последних в отличие от рассольного способа приподнима-

лись на 1,5—2 м. Для соединения замораживающих колонок с распределительным трубопроводом посредством гибких металлических шлангов вварили специальные штуцера. Выход газообразного азота предусматривался с помощью патрубков диаметром 25 мм и высотой 3 м. Систему замораживания оборудовали термометрами и манометрами.

Жидкий азот привозили на площадку автотранспортом в емкости ТРЖК-7 и переливали в стационарную. После этого через гибкие металлические рукава он поступал в распределительный трубопровод и далее в замораживающие колонки. Объем емкости ТРЖК-7 — 1440 кг. Всего для работы с жидким азотом оборудовали четыре замораживающие колонки: № 25, 26, 28, 30 (см. рис. 1). Из-за недостаточного количества его последовательно заливали в каждую колонку. В первую за три с половиной часа его залили 0,6 т при температуре —195,8°С. Далее колонки объединили в группы: по две в каждой. Соединение колонок между собой последовательное, чтобы в нужный момент увеличить число их в группе до трех или четырех. После экспериментальных переключений замораживающих колонок по группам и по количеству установили, что наиболее эффективна холодоотдача в колонках из групп, соединенных попарно.

Расход жидкого азота контролировали размером выходного отверстия

на стационарной емкости, по температуре выходящего из колонок газа и давлению на манометрах. Отработанный газ имел температуру —60—70°С, давление в системе — от 0,5 до 1,8 МПа.

Замораживание грунтов выполнялось в два приема: в правой стороне по ходу щита (скв. № 25, 26), затем в левой (№ 28, 30). В первые семь рабочих суток жидкого азота не хватало (около 2 т 900 кг за сутки). Были перерывы в его подаче от 6—8 до 2—3 часов к концу этого периода. В дальнейшем замораживающие колонки объединили в группу из трех: две с правой стороны поперечной стены (№ 25, 26) и одна с левой — № 30. Температура отработанного газообразного азота в колонке № 30 равнялась —65÷—60°С.

Замеры температуры грунта в термометрических скважинах, а также визуальные наблюдения в тоннеле показали, что правая сторона первой поперечной стены заморожена за 9 суток после начала заливки (табл. 2).

Таблица 2

№№ точек замеров	№№ скважин		
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
1	— 9,5°С	— 5°С	—5°С
2	—12,5°С	— 5,5°С	—3,2°С
3	—12,5°С	— 8°С	
4	—12°С	— 7,5°С	
5	—16°С	—14,5°С	

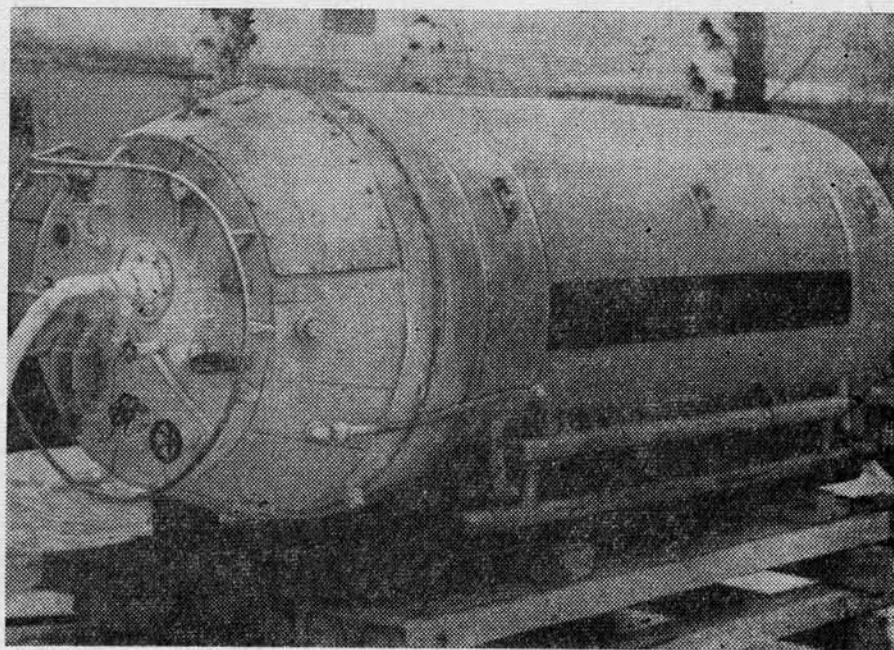


Рис. 3. Транспортный резервуар жидкого кислорода.

За 9 суток работы температура грунта понизилась на 5—8°C, в течение этого срока израсходовано 23,04 т материала. После некоторого перерыва его начали заливать в группу замораживающих колонок (№ 28, 30) по левой стороне стены, которую заморозили за 5 суток. При этом залито 22 т азота. Последние двое суток его подача осуществлялась без перерывов через три замораживающие колонки: № 28, 30, 25, включенные в работу последовательно. Замораживание первой поперечной стены закончено за 14 суток (9 — правая сторона и 5 — левая), всего истрчено 45 т жидкого азота. За это время сделано тридцать завозов. Средний расход на одну колонку составлял 31 л/ч, вокруг каждой заморожено 20 м<sup>3</sup> грунта. Затраты азота на 1 м<sup>3</sup> грунта — около 0,6 т. Средняя скорость замораживания по радиусу от одной колонки составила 0,6 см/час или 15 см/сут. По сравнению с рассольным способом это почти в 7 раз быстрее.

Показатели температуры замороженного грунта по окончании работ сведены в табл. 3.

Таблица 3

№№ точек замеров	№№ скважин		
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>
1	-17°C	-8,5°C	-11°C
2	-18°C	-6,5°C	-11°C
3	-18,5°C	-7,0°C	
4	-18°C	-5°C	
5	-29°C	-9°C	

Затраты на замораживание жидким азотом по сравнению с рассольным способом дают экономию в 8,5 тыс. рублей. На пассивное замораживание израсходовано 6 т.

На строительстве тоннелей небольших диаметров в условиях города при необходимых объемах замораживания грунтов до 500 м<sup>3</sup> новый метод значительно эффективнее предыдущего способа.

Следует отметить, что используемые материалы — соединительные шланги, пробковые краны и трубы — применены с ранее смонтированной рассольной системы, которая с жидким азотом работала нормально без обычного в этих условиях обезжиривания. Замораживание грунтов жидким азотом показало полную его безопасность в условиях подземного строительства. □

## ЦЕЛЬНОСЕКЦИОННАЯ КОНСТРУКЦИЯ СТАНЦИИ

Ю. АЙВАЗОВ, канд. техн. наук;  
В. ЛЫСЯК, Е. ШКУТА, инженеры

**О**ПЫТ ленинградских метростроителей показал, что внедрение в практику строительства односводчатых станций глубокого заложения со сборным многошарнирным сводом, обжатый в поруду, является актуальным и перспективным направлением.

Односводчатые станции дают возможность рационального использования конструкционных материалов при комплексной механизации проходческих работ, способствуют уменьшению осадок поверхности земли, сокращению трудозатрат, сроков и стоимости строительства. Сооружение в Ленинграде только двух станций такого типа дало экономии металла в 16,5 тыс. т при снижении стоимости на 3,6 млн. рублей.

В 1985—1987 гг. в Киеве на Сырецко-Печерской линии метрополитена планируется возведение односводчатой станции глубокого заложения.

Киевским автомобильно-дорожным институтом и Киевметропроектом предложена новая конструкция односводчатой станции метрополитена глубокого заложения: цельносборная, включающая элементы верхнего и обратного свода, опорных стен (рис. 1).

Арки верхнего несущего свода состоят из отдельных железобетонных блоков прямоугольного поперечного

сечения 600×500 мм, соединяющихся между собой центрированными стыками, образованными с помощью податливых прокладок переменной толщины. Замковый распорный блок, предназначенный для обжатия арок свода в поруду, располагается в его шельге и снабжен двумя плоскими гидравлическими домкратами.

Обратный свод станции по аналогии с верхним — сборный из железобетонных блоков сплошного прямоугольного поперечного сечения 400×500 мм, обжатый в поруду плоскими гидравлическими домкратами, заложеными в замковом блоке.

Верхний свод опирается пятнами на боковые стены. Каждый элемент конструкции выполнен с наружным опорным выступом. В нижних блоках, примыкающих к обратному своду, устанавливается продольная распределительная балка, обеспечивающая непрерывную продольную жесткость стены в монтажный период. В случае необходимости эта балка может быть заанкерена в поруду.

Основные технико-экономические показатели разработанной конструкции станции в сравнении с лучшими отечественными образцами приведены в таблице.

Таблица

Наименование показателей	Единицы измерения	Технико-экономические показатели		
		разработанной конструкции	лучшего существующего отечественного образца	
			станция Центральный стадион* (Киев)	станция Площадь Мужества* (Ленинград)
Габаритные размеры:				
длина . . . . .	м	100	100	100
общий пролет выработки . . . . .	"	20,6	27,7	23,9
ширина платформы . . . . .	"	10	19,1	10,7
Разработка грунта* . . . . .	м <sup>3</sup>	196	205,54	232,4
Укладка сборного железобетона обделки* . . . . .	"	30,84	27,62	35,94
Возведение монолитных бетонных конструкций* . . . . .	"	3,2	10	28,07
Строительная стоимость* . . . . .	тыс. руб.	14,1	15,59	14,26

\* На 1 пог. м станции.



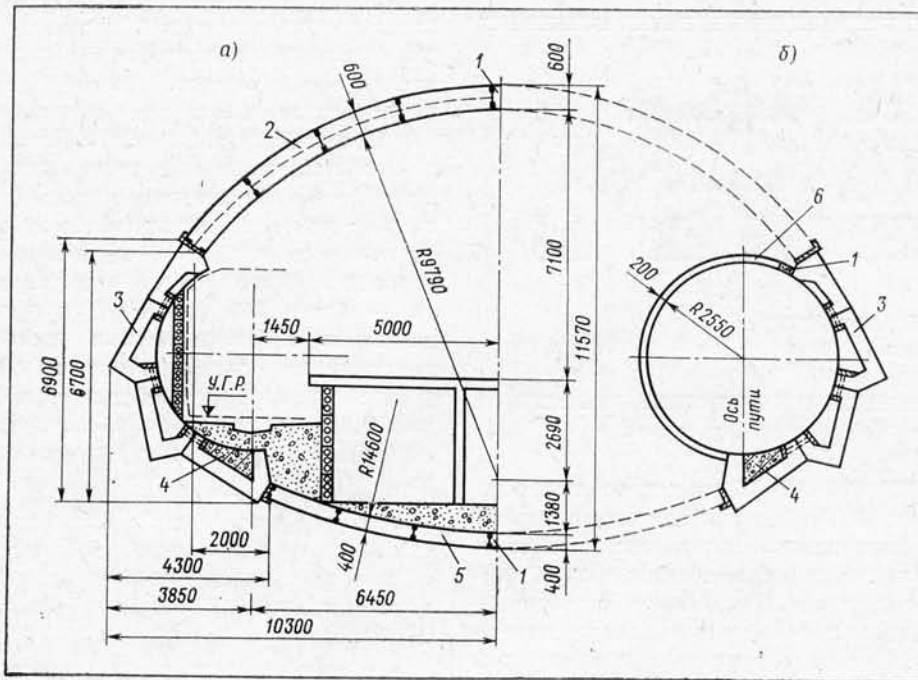


Рис. 1. А — конструкция цельнооборной односводчатой станции метрополитена: 1 — распорное устройство; 2 — верхний свод; 3 — блоки опорной стены; 4 — распределительная балка жесткости; 5 — обратный свод; Б — готовое кольцо обделки перегонного тоннеля с блоками опорной стены; 6 — обделка перегонного тоннеля.

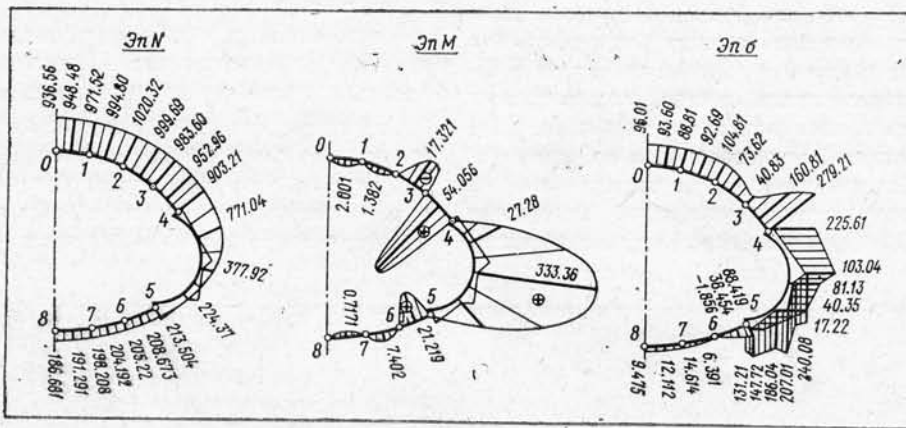


Рис. 2.

предшествующей подведению обратного свода, представлены на рис. 3, а в стадии эксплуатации, когда конструкция замкнута обратным сводом, — на рис. 2.

Величина приведенной нагрузки от вертикального горного давления принята равной 1 МПа. В стадии, предшествующей подведению обратного свода, конструкция рассчитана на 100%-ю приведенную нагрузку. Внутренние усилия и контактные радиальные напряжения в период эксплуатации, когда обделка замкнута обрат-

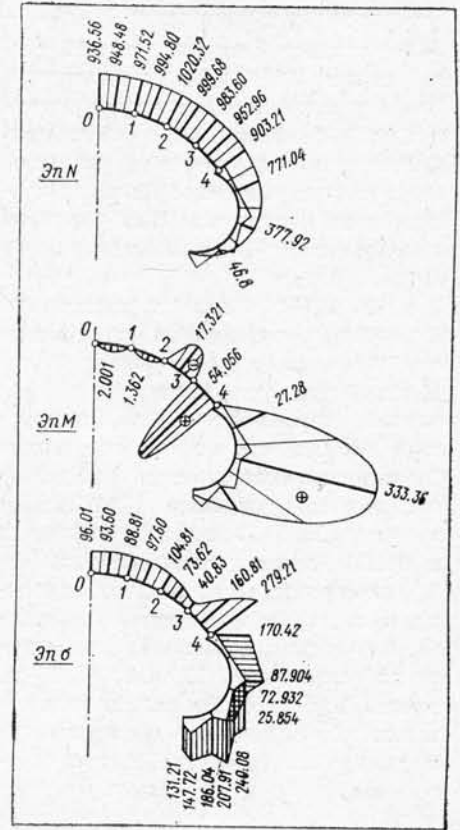


Рис. 3.

Технология сооружения станции предусматривает использование проходческого комплекса, работающего на перегонах. При этом в нижней части хвостовой оболочки щита делают вырезы для установки фигурных блоков опорной стены в кольцо обделки. С целью уменьшения нарушения грунта над тоннелями в обделке перегонных тоннелей предусматривается распорное домкратное устройство для обжатия ее в породе. Используя домкратное устройство, раскружаливают 1—3 кольца обделки и разра-

батывают грунт в верхней части станции. Затем монтируют свод с предварительным обжатием его в породе, после чего наступающим забоем разрабатывается грунтовое ядро, добывается порода лотковой части и устраивается обратный свод.

Анализ статической работы конструкции выполнен на основе известного метода расчета, предложенного КАДИ и ЦНИИС, и программ, разработанных Киевским автомобильно-дорожным институтом. Результаты расчетов работы конструкции на стадии,

ным сводом, получены как результат поетапного суммирования этих усилий с учетом перераспределения нагрузок на основной и обратный своды, связанного с реологическими свойствами вмещающего грунта. Максимальное напряжение в породе, возникающее по подошве опорной стены, равно 2,4 МПа.

Численные оценки напряженно-деформированного состояния обделки станции показали принципиальную возможность ее сооружения в Киеве в условиях спондиловых глин. □

# ЦЕЛЬНОСЕКЦИОННАЯ ОБДЕЛКА С ЗАВОДСКОЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИЕЙ ПРИ ПРОХОДКЕ КОМПЛЕКСОМ КМО 2x5

В. МОГИЛЕВСКИЙ, В. ПЕТРЕНКО,  
инженеры

**Ц**ЕЛЬНОСЕКЦИОННАЯ обделка с заводской гидроизоляцией, разработанная ЦНИИСом совместно с Киевметростроем, Киевметропроектом и СКТБ Главтоннельметростроя, применена при сооружении перегонного тоннеля открытого способа работ проходческим комплексом КМО 2x5 на строительстве Красноармейско-Курневской линии.

КМО 2x5\* включает подвижную механизированную крепь, гидравлический экскаватор и козловой кран. Конструкция крепи исключает использование металлических свай. Опытный образец комплекса изготовлен Московским механическим заводом по техническому заданию ЦНИИСа и проекту ПКБ Главстроймеханизации и СКТБ Главтоннельметростроя.

Для строительства тоннелей применены гидроизолированные железобетонные секции прямоугольного очертания размерами 5,13x4,53x0,88 м, массой 10,5 т. Их бетонировали в металлических формах с приваренными к днищу вкладышами. Таким образом в лотке и на стенах по их внутреннему периметру создается чеканочная канавка со скошенной боковой гранью наподобие «ласточкинго хвоста» шириной и глубиной около 50 мм.

В связи с относительно небольшой протяженностью сооружаемого КМО 2x5 участка тоннеля (около 150 м) организовывать специальный пост для нанесения гидроизоляции на заводе ЖБК, где бетонировались секции, оказалось нецелесообразным. Поэтому его оборудовали вблизи от строящейся трассы.

Готовые секции размещались на посту в горизонтальном положении с опиранием на деревянные подкладки. Гидроизоляция секций устраивалась из гидростеклоизола по

ТУ 400-1-51-75 на основе стеклосетки ВПР-10, вырабатываемого московским заводом кровельных и полимерных материалов объединения «Стройпластмасс». Наклеивали гидростеклоизол способом оплавления на предварительно огрунтованную битумным лаком поверхность с использованием пропано-воздушных нагревательных горелок ГВПН: сначала на наружную сторону лотка и стен и верхний торец секции, а после перекантровки — на другой торец.

В связи с тем, что готовые секции не требовали транспортировки автотранспортом, защиту гидроизоляции устраивали только на стенах из асбестоцементных листов, наклеиваемых на коллоидном цементном клее. Последний приготавливали на месте работ из сухой смеси затворением ее водой при водовязущем отношении 0,35 с последующим перемешиванием

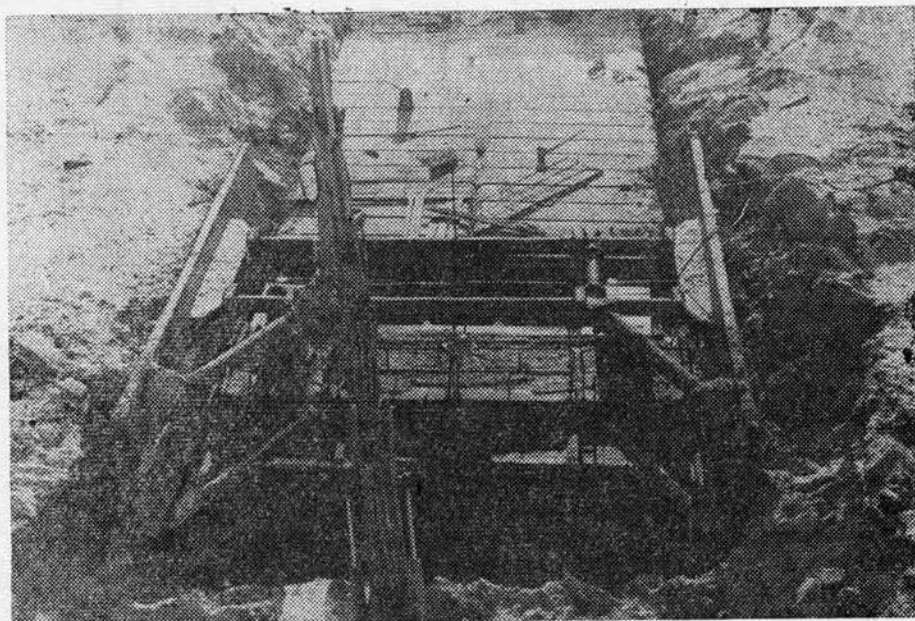
до получения однородной массы сметанообразной консистенции. Клей наносили слоем толщиной около 5 мм на защищаемую поверхность и асбестоцементный лист, который затем плотно прижимали к гидроизоляции. При этом коллоидный цементный клей полностью заполнял зазор между асбестоцементным листом и гидроизоляцией. Прочность клеевого состава — более 500 кгс/см<sup>2</sup>. Для приклеивания асбестоцементных листов использовали также горячую битумную мастику. Однако недостатком такого способа является наличие зазоров между листами и гидроизоляцией.

Готовые секции монтировали в хвостовой части щита козловым краном с установкой их на подготовительный слой толщиной 12 см из бетона М100.

Для предотвращения повреждения гидроизоляции на торцах конструкций при передвижке щита усилие от гидроцилиндров передавалось на секции через распределительную раму из швеллеров большого сечения, в которых были закреплены деревянные брусья.

После монтажа обделки выполнялась гидроизоляция швов между секциями, а также перекрытия тоннеля.

Гидроизоляция швов в лотке и на стенах готового тоннеля устраивалась с внутренней стороны путем безмасляной склейки между собой выпусков гидростеклоизола, выведенных в



Тоннель из секций с заводской гидроизоляцией, сооружаемый комплексом КМО 2x5

\* См. «Метрострой» № 6, 1980, стр. 20.



чеканочную канавку. Последняя затем заполнялась БУСом, а в месте пересечения верхнего ригеля с перекрытием — горячей мастикой из битума марки БН70/30.

После омоноличивания швов и устройства разуклонки из цементно-песчаного раствора производили гидроизоляцию перекрытия, а затем сопрягали с гидроизоляцией, выполненной на стенах секции. После этого наносили защитный слой толщиной

40 мм из цементно-песчаного раствора М100 с армированием его сварной металлической сеткой из проволоки  $\varnothing$  4 мм с ячейками  $150 \times 150$  мм.

При сооружении цельносекционной обделки из секций с заводской гидроизоляцией проходческим комплексом КМО 2 $\times$ 5 была достигнута сменная скорость 2,7 м, что примерно в 2 раза выше, чем при проходке тоннелей с гидроизоляцией, выполняемой по готовой обделке.

Обследование состояния тоннеля через 4 месяца показало, что его конструкция обладает полной водонепроницаемостью. Это подтверждает эффективность принятых технологических решений и целесообразность дальнейшего широкого применения цельносекционной обделки с заводской гидроизоляцией с использованием разрабатываемого в настоящее время высокопроизводительного оборудования. □



Бригада облицовщиков Московского метростроя, руководимая кавалером ордена Ленина К. Слоновым.

**Б** ОЛЬШОЙ светлый аэровокзал Домодедово сооружался много лет назад с таким расчетом, чтобы обслуживать до трех тысяч воздушных путешественников в час. Но теперь их значительно больше. Перевозки растут и, как ни велико само здание, в нем уже стало тесно.

— В нынешней пятилетке намечено приступить к реконструкции аэропорта Домодедово, — говорит главный инженер проекта института «Аэропроект», кандидат технических наук Олег Иванович Петров. — В проведенном недавно Всесоюзном конкурсе на лучшее проектное решение участвовали специалисты семи институтов. Первое место занял наш коллектив. Предполагается, что уже в будущем году мы начнем разрабатывать технический проект нового здания. Оно рассчитано на пять тысяч пассажиров.

## МИНИ-МЕТРО НА СТАНЦИИ ДОМОДЕДОВО

Сейчас электропоезда останавливаются неподалеку от существующего аэровокзала. В дальнейшем, когда к нему будет пристроено новое здание, проектировщики считают необходимым создать пассажирам дополнительные удобства. Для этого на стыке старого и нового аэровокзальных комплексов намечено построить своеобразное мини-метро — подземную железнодорожную станцию. Поезда пойдут сюда по двухкилометровому тоннелю, который предполагается проложить открытым способом.

Новая железнодорожная станция Аэропорт Домодедово будет иметь островную платформу с путями прибытия и

отправления. Выйдя из вагонов, пассажиры направятся в подземный вестибюль, оборудованный эскалаторами. Слева перед ними откроется выход в старый комплекс аэровокзала, справа — в новый. В результате средняя дальность пешего хода до борта самолета сократится более чем в два раза.

Поднявшись по эскалатору из мини-метро, пассажиры окажутся в справочно-информационном зале. Электронные табло, связанные с вычислительным центром аэровокзала, познакомят с расписанием движения самолетов, помогут быстро сориентироваться. А зарегистрировать билет можно будет у любой стойки простор-

ных операционных залов. Отсюда по специальным галереям и телескопическим трапам — короткий путь в салоны самолетов. Чтобы не создавать суетолюки, потоки пассажиров решено разделить на два уровня: верхний — для отбывающих, нижний — для прилетающих. Места для всех будет достаточно. Ведь новое здание аэровокзала на шесть этажей поднимется над привокзальной площадью и на два этажа «опустится» под землю. В просторных помещениях разместятся бары, кафе, шесть залов ресторана, комнаты матери и ребенка, здравпункт.

Расширится и привокзальная площадь. Она тоже будет иметь два уровня. Это позволит удобнее разместить стоянки такси и автобусную станцию.

После реконструкции аэропорт Домодедово станет самым крупным в стране. □

## ВЫРАЗИТЕЛЬНОСТЬ И СИНТЕЗ ИСКУССТВ

Я. ЛИХТЕНБЕРГ,  
лауреат Государственной премии, архитектор;  
Ю. РЕВКОВСКИЙ,  
архитектор

НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ второй очереди Московского метрополитена выросла и развилась материально-техническая база метростроя. Появились шлифовальные станки, позволяющие обрабатывать сложные фигурные поверхности камня. Стало возможным использовать новые сорта мрамора и гранита, бронзы, фарфора и других материалов. Увеличение числа опытных мастеров-отделочников позволило повысить качество работ при выполнении архитектурно-художественных решений станций.

Другая особенность сооружений второй очереди — проявление еще большей заботы о пассажире, создание ему максимальных удобств, в частности, уменьшение длины переходов. В ряде случаев пассажир, пользуясь эскалатором, попадает со станции непосредственно на поверхность земли. На всех станциях установили скамьи для ожидания.

Архитектура метровокзалов второй очереди выразительна по своим композиционным и пластическим решениям, характерна привлечением скульптуры и живописи. На участке Горьковского радиуса синтез искусств был осуществлен на трех станциях.

На «Площади Свердлова», созданной по проекту академика архитектуры И. А. Фомина, в ромбические кессоны свода вписаны скульптурные фарфоровые барельефы. Они выполнены скульптором Н. Данько на тему «Культура народов страны». В куполах свода «Маяковской» (архитектор станции А. Душкин) художником А. Дейнекой осуществлены мозаичные красочные панно — «Сутки советской страны». На «Динамо», архитектурное решение которой осуществлено по нашему проекту, скульптурные фарфоровые барельефы на спортивную тематику выполнены скульптором Е. Манисер-Янсон. Архитектура подземных залов станции, расположенной вблизи стадиона «Динамо», представлялась нам легкой, мажорной, праздничной, отвечающей сущности советского спор-

та. Лаконичные, простые и строгие формы сооружения должны были вместе с тем содержать элементы оптимизма и жизнерадостности. Поэтому простые и строгие по форме несущие пилоны облицованы динамичным по рисунку мрамором «тагил», переходящим от дымчато-серого к карминно-фиолетовому цвету. Гладкие поверхности пилонов представляют собой плоскости, где в максимальной степени выявлены характерный рисунок и расцветки материала. Подбор плит для своеобразных мраморных «картин» явился предметом особого внимания и усилий архитекторов, начальника отделочных работ Метростроя М. Зеленина и кропотливого труда квалифицированных мраморщиков. Пассажир, идущий от эскалатора, видит постепенно раскрывающуюся анфиладу мраморных «картин», контрастирующих с белым сводом, который решен в виде распалубок, соответственно ритму столбов с «вписанными» в них капителями.

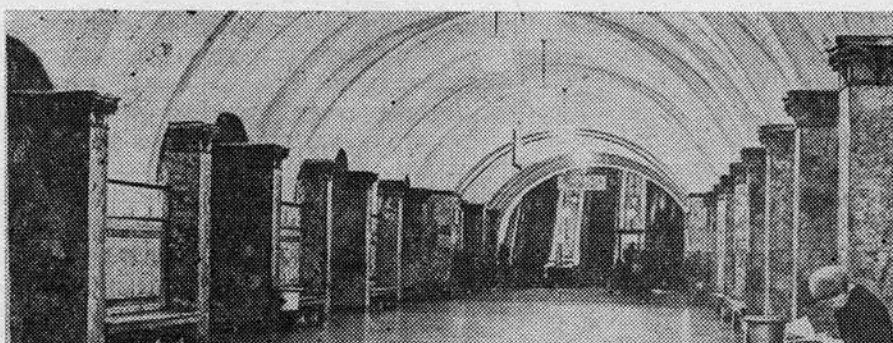
Скульптурные фарфоровые барельефы выполнены в глине и отлиты на Ленинградском фарфоровом заводе им. Ломоносова. Они расположены на гладкой поверхности свода на высоте и в местах, наиболее удобных для обозрения. Плоскости барельефов несколько изогнуты соответственно поверхности и ограничены профилированным обрамлением.

Тематика спорта выражена фигурами спортсменов, занимающихся легкой атлетикой, боксом, лыжами, коньками и т. д. В целом барельефы удачно выполнены и расположены. Но некоторые фигуры спортсменов несколько инертны.

Пассажиры, спускающиеся по эскалатору, в первую очередь видят в постепенно разворачивающейся перспективе полы. Придавая большое значение этому «просматриваемому» объекту, мы использовали здесь серо-бело-красную гамму оттенков мрамора, а монументальный рисунок пола был принят в виде чередующихся в шахматном порядке квадратов и кругов. К сожалению, при замене мрамора на гранит рисунок выполнили квадратными плитами.

Два наземных вестибюля были задуманы нами, как легкие круглые ротонды, расположенные в зеленом массиве, который в то время тянулся вдоль проспекта перед стадионом. Существующие вестибюли были выполнены по проекту Д. Чечулина. Однако по своей богатой архитектуре несколько контрастны сдержанной манере подземной станции. Осуществление предусмотренных проектом пропилей с подходами и широкими лестницами не позволило сохранить зеленый массив между стадионом и проспектом.

Станция глубокого заложения «Динамо» возводилась в пльвинных грунтах с применением искусственного замораживания. Сооружение станции велось под руководством начальника строительства А. Барышникова. Автор-конструктор А. Денищенко. □





# АРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОТКРЫТИЯ НА ПЕРВОЙ ТРАССЕ

А. ВЕКСЛЕР,  
заведующий археологическим отделом Музея  
истории и реконструкции Москвы

НАЧАЛО планомерным археологическим исследованиям Москвы — в масштабах, невиданных до этого ни в одной из столиц мира, — положило строительство 1-й очереди метро. При огромных земляных работах в историческом центре города проходчики столкнулись с мощными старинными фундаментами, влиявшими на режим грунтовых вод, встретились с пустотами глубоких древних колодцев и других подземных сооружений, не значившихся ни на каких планах. И тогда очевидной стала необходимость регулярных и повсеместных археологических наблюдений — столь же четко организованных, как гидрогеологическая и геологическая службы. Управление строительства метрополитена в 1933 г. оформило постоянный договор с Государственной Академией истории материальной культуры (ныне Институт археологии АН СССР) об организации и ведении учета, изучении и охране памятников древности и искусства в зонах работ Метростроя. Он должен был оказывать всемерное содействие в археологических изысканиях на территории строительства, а за специалистами закреплялись отдельные участки трассы. Был выделен особый фонд для премирования за инициативу и непосредственное содействие изысканиям. На единственный случай небрежного отношения к археологической находке (потере белокаменной плиты петровского времени) руководство Метростроя немедленно откликнулось вынесением виновному выговора «за некультурное отношение к историческим памятникам», а за работу по сохранению ценных археологических находок премировало 43 человека. Среди них инженер А. Серебренников, обнаруживший и сохранивший 50 предметов истории, в том числе уникаль-

ные древние монеты. Энтузиасты-рабочие, собиравшие находки и оповещавшие ученых, были на каждой шахте и дистанции.

Археологические исследования тех лет позволили выявить полный «профиль» исторических напластований многовекового города, получить стратиграфические данные для будущих раскопок. Эти работы сыграли первостепенную роль в изучении прошлого Москвы, всех основных частей ее исторического центра. Интереснейшие результаты дали земляные выработки вдоль западной стороны Кремля — на обширном участке Александровского сада. Здесь, близ устья р. Неглинной, в толще илистых наслоений открыли арку под стеной Белого города, примыкавшую к Водовзводной (Свибловой) башне Кремля. Кладку составляли квадры известняка и огромный «циклопический» кирпич (вес каждого достигал 40 кг). В Александровском саду обнаружили и дерево-земляные конструкции — остатки шлюза у плотин Неглинского пруда. На древнем берегу Неглинной, у отводной «стрельницы» Кутафьи — на месте, где в XVII в. располагалась царская аптека, метро-

строевцы собрали множество аптекарской посуды. Коллекция стала серьезным источником для истории русской фармацевтики.

Древние гидротехнические сооружения прослежены в районе станции «Красносельская». Прекрасная сохранность дерева во влажном грунте бывшего Красного пруда позволила археологически зафиксировать структуру береговых креплений, выявить систему вертикальных свай-ряжей, изучить приемы плотницкого мастерства.

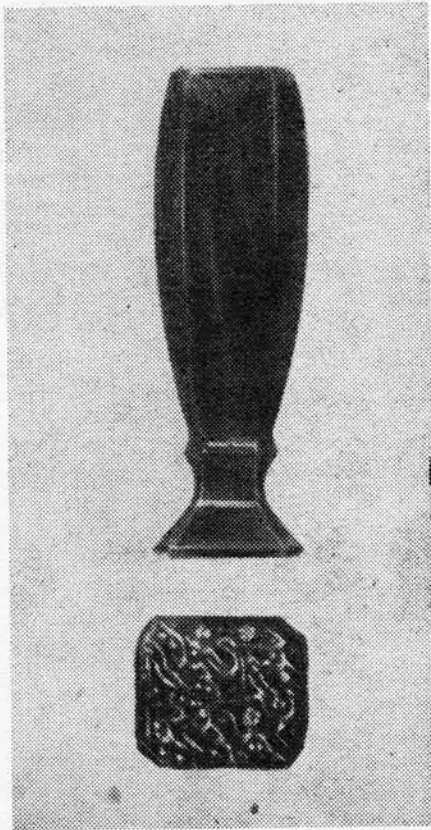
Подземные конструкции китай-городской стены, крепости, охватившей Великий посад Москвы в 30-е годы XVI в., впервые исследованы на проходческих работах. Археологи расчистили глубокие сводчатые помещения Владимирской башни на площади Дзержинского. У подножья кремлевской твердыни — в Александровском саду и у башен Китай-города, где в начале XVII в. кипели жаркие схватки с иностранными интервентами, метростроевцы находили древнее оружие — железные копыя и штыки, каменные и железные пушечные ядра, строевые пистолеты с ударно-кремневым замком. Эта коллекция обогатила оружиеведение интересными образцами боевой техники работы русских мастеров.

В кладке китай-городской стены сделана уникальная находка, важная для истории одежды. В глубокой трещине оказалась спрятанной свернутая в комок шелковая одежда. Усилиями реставраторов из комка восстановлен богатый цветной охабен (летняя накидка), подобный одной из сохранившихся одежд Ивана Грозного.

Белый город — самая большая на Руси девятикилометровая каменная крепость, сооружена в 1585—1593 гг.



Глиняные кувшины для воды. XVI—XVII вв.  
Покрывают черным серебряным лощением (Моховая, древний колодец, Шахта № 9).



Каменная персидская печать. XVII в. Надпись на печати: «Если я изложу свое страстное стремление, то загорится тростник моего пера». (Каланчевская ул. Шахта № 22). Печать публикуется впервые.

— впервые исследован также при строительстве метро. Ученые зафиксировали подземные основания Мясницкой и Арбатской воротных башен, проследили конструкции стен под площадью Пушкина. Множество богатейших боярских усадеб размещалось на территории, охваченной стенами Белого города, — Голицыных, Троекуровых, Нарышкиных. Скрытые под землей остатки несохранившихся построек представляли особый интерес.

С большим вниманием отнеслись археологи к внезапному оседанию фундамента строившегося нового здания Государственной библиотеки СССР им. Ленина — там же была и выработка метро. При обследовании участка в белокаменном сводчатом подвале обнаружено помещение тайника с замурованным узким арочным входом. Научное открытие сопровождало археологические наблюдения на участке Метростроя в Белом городе на Моховой улице. Стратиграфия напластований помогла выявить и достаточно четко картографи-

ровать место Опричного двора Ивана Грозного (это достопримечательное в истории Москвы сооружение на берегу р. Неглинной еще в XVI в. сгорело, и впоследствии ученые безуспешно пытались определить его местоположение).

Важные данные по стратиграфии культурного слоя Земляного города — территории, обнесенной 16-километровой кольцевой дерево-земляной крепостью в 1591—1592 гг., — принесли изыскания археологов на Арбатской и Крымской площадях, на Метростроевской улице (прежде Остоженке) и улице Кирова (бывшей Мясницкой). Здесь собраны массовые разнородные материалы, характеризующие хозяйство и быт слобод древней Москвы. Именно в связи с находками на Метрострое значительное развитие получило в дальнейшем изучение советскими историками техники древнерусского кузнечного дела. В московской переписи 1638 г. зафиксировано полтораста кузниц. Многообразна продукция средневековых мастеров, встреченная при проходе метротрасс: подковы и шпоры, ковши и гвозди, сошные палицы и серпы, ключи и замки, важнейшие из изделий — топоры, четыре из них — с сохранившимися рукоятками.

Немало нового принесли исследователям и массовые находки керамики, изделия другого крупного ремесла — гончарного. В собрании Метростроя забавные детские игрушки древности, подсвечники, курительные трубки и рукомойки, горшки и корчаги, крупные сосуды для хранения запасов... Великолепными произведениями прикладного искусства являются изразцы, поражающие богатством красок и орнамента. Во многих бревенчатых колодцах оказались кувшины — ими доставали воду, а когда отбивались ручки или перетиралась веревка, сосуд погружал-

ся в воду «на века» (не зря в Москве сложили поговорку: «повадился кувшин по воду ходить, тут ему и голову сложить»). Другие находки характеризуют торговлю — метростроевцы нашли весы-безмен, уникальную персидскую печать, саблю, изготовленную в Исфагани, восточные и западноевропейские ткани.

В сложных напластованиях нередки были и зоны погребений. В древней Москве хоронили при каждой церкви, а в конце XVII в. храмов насчитывалось более девяти сот. Обнаруженные на трассе метро белокаменные надгробные плиты с надписями явились источником для изучения социального состава древнего населения города, ремесленной дифференциации, генеалогии отдельных семейств.

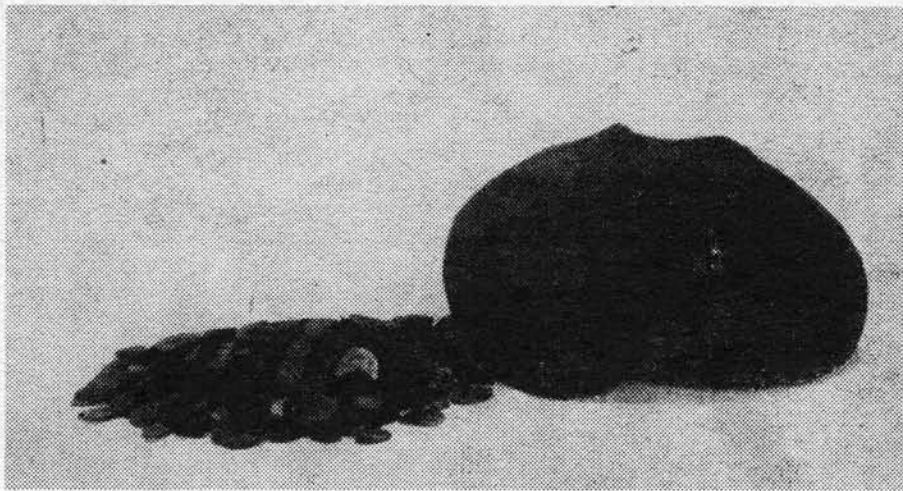
О денежном обращении рассказали многие находки, среди которых наиболее интересен клад с улицы Чудовки (близ станции «Парк культуры»). В глиняной кубышке содержалось около 500 серебряных копеек, датированных именами Василия Шуйского, Михаила Федоровича, Алексея Михайловича и Петра I. А зарыт клад во времена стрелецких бунтов конца XVII века.

Огромные материалы для изучения древней Москвы, тысячи разнообразных находок принесли археологические работы на Метрострое. Лишь за один первый год исследований удалось собрать большие коллекции вещественных находок по истории Москвы, чем за предыдущее столетие. Вместе с научной значимостью открытых памятников материальной культуры руководство Метростроя отметило и значительную практическую помощь, оказанную историками города, объяснявшими неясные гидрологические явления, прогнозировавшими многочисленные колодцы и другие искусственные пустоты.



Персидская сабля. XVII в. (Яковлевский пер., б. Шахта № 60).





Клад серебряных монет в глиняном сосуде. XVII в. (Чудовка, 16. Дистанция № 9).

Археологические «трофеи» ввела в научный оборот публикация сборника трудов «По трассе первой очереди Московского метрополитена», изданного в 1936 г. В нем 25 научных работ по истории Москвы, авторы которых — видные советские археологи А. В. Арциховский, Б. А. Рыбаков, С. В. Киселев и другие — вели исследования на Метрострое. Итоги работ археологического надзора на строительстве 2-й очереди метро вошли в издание «Материалы и исследования по археологии Москвы», том I, вышедшее к 800-летию Москвы.

Традиционное творческое сотрудничество археологов Москвы и строителей подземных трасс, начало которому положено на 1-й очереди, активно продолжается и в наши дни. □

## РЕЦЕНЗИЯ

# ГОРОД И МЕТРОПОЛИТЕН

Брошюра Всесоюзного общества «Знание»  
к 50-летию Московского метростроя

Ю. ГЛАЗУНОВ,  
д-р техн. наук, лауреат Ленинской премии

**М**ОСКОВСКИЙ метрополитен отличается высоким техническим и художественным уровнем. Его станции послужили образцом при создании метрополитенов во многих городах нашей страны и за рубежом. Вышедшая в связи с юбилеем Метростроя брошюра О. Кудрявцева «Городские транспортные коммуникации»<sup>\*</sup> показывает, в какой связи находится развитие крупнейших городов и строительство в них подземных скоростных трасс.

Автор отобрал четыре подтемы: Город и коммуникация, Теоретическая модель, Улица, Метрополитен. Отбор представляется удачным. Два цикла широкого охвата темы в первом и втором разделах, но в разных аспектах, и два фрагмента в последних.

Обратимся к разделу, посвященному метрополитену. Его строительство дает развитию города большой дополнительный стимул. Однако эффективность метрополитена достигается при значительном развитии его сети — в городах с численностью населения в 2—3 млн. человек. Если другие ресурсы (территориальные, энергетические, людские) ограничены, то не следует планировать строительство метрополитена: его сооружение обычно не ограничивается первой линией, а продолжается длительное время. Поэтому сначала надо выяснить, возможно ли

дальнейшее развитие города, обеспечен ли его рост необходимыми ресурсами и только на основе этого решать рассматриваемый вопрос.

Сооружение метро коренным образом меняет ситуацию в развитии планировочной структуры города и его центральной части. Метровокзалы становятся главными фокусами внутригородских связей. Направления пешеходных и транспортных потоков на уличной сети преобразуются в зависимости от их расположения. Станции начинают играть роль крупнейших коммуникационных узлов, выполняющих функции взаимодействия разных видов сообщений. В связи с преимуществами их транспортного положения в планировочной структуре эти узлы привлекут к себе все большее число общественных функций и превратятся в главенствующие центры общегородского и регионального значения.

В связи с такой структурообразующей ролью метрополитена существуют два взаимодополняющих подхода: от сложившейся планировочной структуры города к расположению линий и станций метрополитена и, наоборот, — от расположения метрополитена к направлениям развития и преобразованию планировочной структуры в будущем. При обоих подходах несистемные решения, учитывающие только отдельные комплексы факторов (например, транспортно-технологические или архитектурно-композиционные), могут привести к серьезным просчетам и трудноисправимым ошибкам.

В развитии городов необходимо перейти от безразличного кругового расширения (по аналогии с годовыми кольцами дерева) к формированию их структуры по ограниченному числу планировочных направлений, обеспеченных скоростным транспортом, с последовательным и относительно полным освоением каждого. Группируясь по линиям метрополитена (или других видов скоростного общественного транспорта), структурно-планировочные узлы формируют направления преимущественного развития крупного города. На них должны размещаться основные, важные в градостроительном отношении объекты. Структурную ось планировочных направлений составляет линия скоростного общественного транспорта и пучок магистралей. Это создает предпосылки для успеш-

<sup>\*</sup> О. К. Кудрявцев. Городские транспортные коммуникации. М.: «Знание», 1981, 64 с. (Новое в жизни, науке, технике. Серия: Строительство и архитектура, № 5).

ного развития города при одновременном осуществлении крупных мероприятий по строительству жилых районов, прокладке путей сообщения и других объектов инфраструктуры. Облегчается и обеспечивается синхронность планового развития и реализации поэтапных программ. Таким образом, рост города по четко определенным планировочным направлениям целесообразен со всех позиций — транспорта, инженерного оборудования, экономики и качества городской среды в целом.

Если скорость сооружения линии метрополитена составляет, например, 1,5 км/год (а это небольшая скорость), планировочное направление можно освоить за две пятилетки в две очереди. При этом важна необходимость согласования сроков строительства метрополитена и жилых районов. На 1 км линии приходится 30 тыс. человек или 0,5 млн. м<sup>2</sup> жилой площади. Возникает своеобразный конвейер строительства жилья.

После освоения планировочного направления дальнейшее развитие города пойдет по пути сооружения новых диаметров метрополитена. Последовательное заполнение и наращивание числа направлений будет формировать все более компактную конфигурацию города.

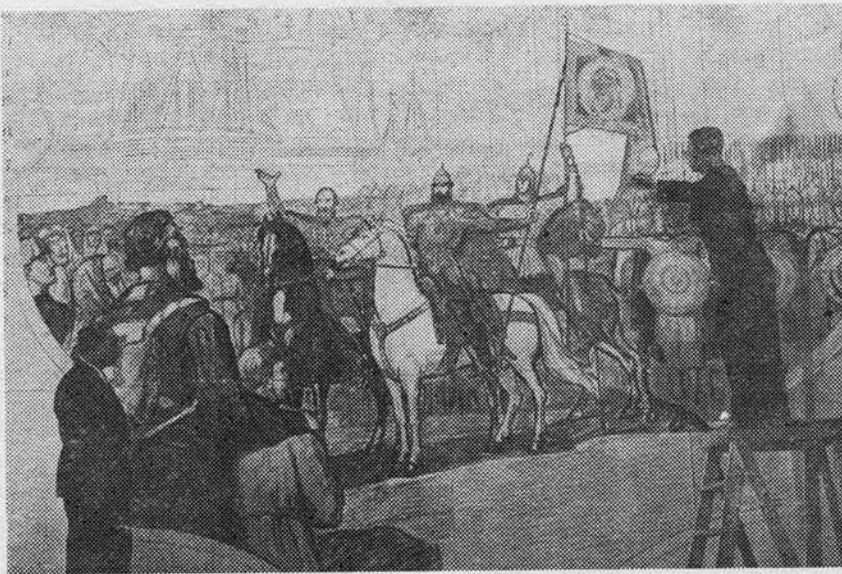
Отличительные черты сети метрополитена — четное число направлений, связанное с объединением радиусов в диаметры, и их уравновешенность. В Москве — 12 направлений, в Ленинграде — 8. Остальные города в основном ориентируются на 6 радиусов (три диаметра). И это не случайно — только при таком числе направлений метрополитен начинает быть эффективным. Для примера возьмем проекты развития сети метрополитена Харькова, Свердловска, Минска и др. Мы видим оправданную стандартность конфигурации сети по числу и расположе-

нию диаметров: всюду их три с треугольником в центральной части. Такая система хороша при полном развитии длины каждого диаметра на последовательных стадиях их сооружения. Формирование сети из коротких линий малоэффективно (пересадки и непрямолинейные сообщения).

Обратимся к модели О. Кудрявцева, иллюстрирующей концепцию взаимоувязанного развития планировочной структуры города и его транспорта на примере схемы с тремя диаметрами метрополитена. В зоне их пересечений формируется городской центр. Окончания диаметров определяют шесть направлений, объединяемых в три планировочные зоны. В местах примыканий к центру получают наибольшее развитие общегородские общественные функции. Периферийное развитие центральной части и центры планировочных направлений образуют во взаимодействии объединенные планировочные зоны. Внутреннее пространство центральной части разуплотняется. Свободные пространства сохраняются в промежутках между планировочными направлениями. В брошюре развита тема планировки и застройки зон вблизи станций метрополитена и ряд других вопросов.

Иллюстративный материал высокого качества. Обращают на себя внимание: серия схем пересечения диаметров в центре города, охватывающая все топологически возможные случаи; упомянутая ранее модель планировочной структуры города-агломерации на основе трех диаметров метрополитена; ее конкретизация; архитектурные решения новых метровокзалов в Ереване. Стиль брошюры местами приобретает полемическую и публицистическую окраску. В целом для нее характерна эмоциональная напряженность, что является необходимым, но редко реализуемым качеством научно-популярных произведений. □

## МОСКОВСКОМУ МЕТРОСТРОЮ — 50



Набор мозаичных панно для «Комсомольской»-кольцевой. Автор — художник П. Д. Корин.





---

---

# ТОННЕЛИ В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

---

---

В. МАКОВСКИЙ,  
проф., д-р техн. наук

---

---

**В** ЯПОНИИ опубликованы труды состоявшегося в Токио международного симпозиума по строительству тоннелей в сложных инженерно-геологических условиях\*. Материалы докладов представителей научно-исследовательских институтов, университетов, проектных и конструкторских организаций и тоннелестроительных фирм отражают современное состояние научно-технических достижений и тенденцию развития этой отрасли строительства.

**АВСТРИЯ.** Особое внимание уделяется принципиально новому австрийскому методу (впервые разработанному профессором Рабцевичем). Он основан на мобилизации совместной работы гибкой тоннельной крепи из набрызг-бетона и горного массива. Этим способом сооружено более 100 км тоннелей различного назначения.

При строгом выполнении технических условий, заданных для конкретного строительства, обеспечивается безопасность и экономичность производства работ. Новый австрийский метод применен в Австрии, Франции, Швейцарии, ФРГ и других странах.

Результаты измерений деформаций крепи из набрызг-бетона в ряде тоннелей показали, что в отдельных случаях при этом способе проходки происходило разрушение обделки и обрушение горных пород, когда несвоевременно производили замыкание ее контура, нарушали последовательность разработки забоя и установку анкерной крепи, не соблюдали установленные технологические правила.

Для крепления подземных выработок начали использовать анкеры из синтетических материалов, армированных стекловолокном. Особенность таких анкеров — в их податливости. Они способны точно следовать за деформациями горного массива, что оказывается целесообразным для нового австрийского метода. Испытания показали достаточную несущую способность этих анкеров.

В докладах сообщается о физико-механических, деформативных и прочностных свойствах различных синтетических материалов. Схватывание происходит через 4—5 мин., а необходимая прочность достигается через 15—20 мин.

**ВЕЛИКОБРИТАНИЯ.** При щитовой проходке в глинистых грунтах применяются железобетонные обделки как со связями растяжения, так и без них. В последнем случае используется прогрессивный способ обжатия конструкции обделки в окружающий грунтовой массив.

На симпозиуме приведены аналитические расчеты изгибающих моментов, деформации колец обделки и др., указано на важность испытаний обделок в натуральных и лабораторных условиях.

Дан пример строительства подводного тоннеля Ахмед Хамди под Суэцким каналом, где использовали железобетонные обделки (внутренним диаметром 10,7 м, толщиной 55 см) с обжатием в породу и без обжатия (соответственно 10,4 м и 60 см).

Докладчик представил обделки эллиптического очертания и с плоским лотком. Статические расчеты обделок проведены на ЭВМ. При гидроизоляции обделки наряду с внедрением традиционных материалов (свинец, битум) делают изолирующие прокладки с чеканкой швов цементно-латексовыми материалами. Инъектирование за обделку производится бентонито-цементным раствором и эпоксидами смолами.

**ВЕНГРИЯ.** Поставлены вопросы прогнозирования опасности прорыва подземных вод и возможности борьбы с ними в период проходки тоннелей. Приведены результаты исследования режима подземных вод в различных инженерно-геологических условиях. Представлены примеры защиты выработок дренажом и методом водоподавления при пересечении обводненных нарушенных пород и карстов.

При сооружении тоннелей и станций Будапештского метрополитена в неустойчивых грунтах уделяется особое внимание предотвращению осадок поверхности земли. При исследовании деформаций грунтового массива определяются величина осадок, зона их распространения, конфигурация мульды оседания и нарастание деформаций во времени. Используются теоретические и экспериментальные методы (Лиманов, Гутман, Джеффри). Приводятся графические зависимости основных параметров по результатам исследований.

Отдельно рассмотрены потенциальные возможности применения методов и комплексных систем для предупреждения осадок поверхности земли при раскрытии больших подземных выработок, сообщается о проведенных работах в этой области (станции метрополитена, гаражи, камеры и др.). Изложены некоторые аспекты механики грунтов в свете рассматриваемых вопросов. Отмечены конструктивные особенности тоннельных сооружений и методы их строительства, в частности, на примере подземного двухъярусного гаража с железобетонной обделкой (с этапами его возведения). Несущие конструкции обделки устанавливаются в штольнях, подкрепляемых гидравлическими стойками. Аналогичным способом предлагается возводить односводчатые станции метрополитена.

**ГРЕЦИЯ.** Гидротехнический напорный тоннель длиной 4,4 км со стальной оболочкой (внутренний диаметр 7 м) и обделкой из бетона и железобетона (8,5 м) пройден в нарушенных гнейсах с применением буровых рам, оснащенных пневматическими перфораторами. Разработка забоя велась на полный профиль и уступчатым методом. Нагнетание раствора за обделку произведено непосредственно в породный массив.

**ИТАЛИЯ.** На строительстве автодорожного тоннеля «Олимпия» длиной 910 м широко применяется закрепление грунтов. Тоннель предназначен для пропуска трехполосного движения и имеет площадь поперечного сечения 150 м<sup>2</sup>. Он пересекает глинистые и илистые грунты. Особенно тяжелыми оказались для строительства припортальные участки и порталные выемки, потребовавшие применения специальных технических средств стабилизации

---

\* Tunneling under difficult Conditions. Proceedings of International Tunnel Symposium. Tokio. Ed. by I. Kitamura. Oxford Program Press, 1979, 406 p.

массива в связи с развитием давления грунтов в процессе производства работ.

До вскрытия порталной выемки применили ограждение из буровых свай диаметром 1,5 м через каждые 2—3 м. Над припортальными участками армировали грунт устройством шатра из наклонных буровых свай ( $\varnothing$  1200 мм). Систематически измеряли давление последнего.

На симпозиуме были освещены вопросы нагнетания химических реактивов в скальные породы, содержащие токсичные газы.

В Сицилии при проходке трехкилометрового автодорожного тоннеля Капо—Калава на участке длиной 250 м встречено явление инфильтрации в выработку токсичных газов под давлением. Работы приостановили, был определен состав газа:  $\text{CO}_2$  — 98,07%; метан — 0,61%; давление — 2 атм; температура 35°C. По контуру выработки и забой пробурили 182 скважины по 25 м для нагнетания химических реактивов. Так создали защиту от проникания газов внутрь выработки.

**МЕКСИКА.** Анализируется проявление осадок поверхности земли во время тоннельных работ в неустойчивых грунтах Мехико. Приведена характеристика гидрогеологических условий для прокладки тоннелей новой дренажной системы на глубине до 40 м. В неустойчивых водонасыщенных грунтах проходка велась щитом диаметром 6,2 м с применением на отдельных участках сжатого воздуха, а также искусственного водопонижения. Возвели двухслойную тоннельную обделку: первичную — из железобетонных тюбингов и внутреннюю — из монолитного железобетона толщиной 30 см. Строительный зазор в хвостовой части щита уплотнялся гравием. Осадки поверхности изменились от 2,3 до 12,3 см.

**НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ.** Разработана классификация скальных пород для предварительного выбора вида крепей тоннельных выработок в зависимости от размеров их поперечного сечения, способа сооружения, применяемых проходческих машин и т. д.

**НОРВЕГИЯ.** Здесь придается особое значение возведению подземных сооружений различного назначения: спортзалов, центральных узлов связи, плавательных бассейнов и др. в скальных породах. Приведено описание различных видов крупногабаритных подземных сооружений, их объемно-планировочные решения, в частности спортивного зала Одда (25 тыс. м<sup>3</sup>, поперечное сечение 30×15 м) и плавательного бассейна (11,5 тыс. м<sup>3</sup>, габарит — 25×14 м). В скальных породах Норвегии подземное пространство используется также для устройства хранилищ жидкого топлива.

В совместном докладе представителей **НОРВЕГИИ** и **ШВЕЦИИ** содержатся вопросы, связанные с притоком подземных вод в процессе проходки, даны аналитическое решение задачи по определению притока воды в выработку прямоугольного сечения во время ее проходки и математическая модель системы, имитирующая этот приток. Приведены основные уравнения и методы их решения, дан анализ полученных результатов.

**ПОЛЬША.** В крупных городах Польши — Лодзи, Познани и Катовицах будут созданы метрополитены. В Варшаве запроектирована 1-я очередь строительства линии метро протяженностью 23 км с 23 станциями. В перспективе — городские подземные многоярусные сооружения для транспорта и пешеходов; автодорожные и железнодорожные тоннели. Исследуются проблемы проходки тоннельных выработок в слабых пластичных грунтах с при-

менением анкерного крепления кровли. Строительство тоннелей в водонасыщенных неустойчивых грунтах требует значительных затрат. Рациональнее применять несущую крепь жесткой конструкции для восприятия полного давления грунтовой толщи при мелком заложении. В указанных условиях эффективность строительства повышает армирование грунта анкерами. (Пример — проходка напорного тоннеля с уменьшением толщины конструкции тоннельной обделки).

При сооружении тоннелей под руслами крупных рек целесообразно применение метода опускания крупногабаритных секций.

В докладах рассмотрен опыт проходки шахтных стволов диаметром 6—7,5 м на глубину до 500 м с применением искусственного замораживания грунтов, намечена проходка шахтного ствола диаметром 9 м, глубиной 715 м для горнорудной промышленности.

**САУДОВСКАЯ АРАВИЯ.** Представлены основные дифференциальные уравнения, описывающие работу пространственных конструкций подземных сооружений из плоских элементов, а также численные методы решения уравнений в матричной форме на ЭВМ. Программа расчета составлена на языке АЛГОЛ-60.

**СССР.** В Советском Союзе построено более 300 км гидротехнических тоннелей и подземных выработок, машинных залов ГЭС большого сечения. В настоящее время ведется строительство гидротехнических тоннелей общей длиной 100 км. На симпозиуме были представлены различные формы их поперечного сечения, конструкции обделок напорных и безнапорных тоннелей, машинных залов и подземных камер; рассмотрены виды крепей с использованием анкеров и набрызг-бетона; приведены примеры строительства тоннелей крупнейших ГЭС: Нурекской, Ингури, Рагунской и др. (уникален тоннель Арпа—Севан протяженностью 48,3 км); описаны методы проходки с применением механизации буровзрывных работ и проходческих машин; рассмотрены особенности сооружения тоннелей в нарушенных и мягких породах (применение технологического комплекса щитовых работ с монолитно-прессованной обделкой). Эффективным является производство специальных способов: замораживания и химического закрепления грунтов, сжатого воздуха, битумизации пород и др.

**США.** Строятся новые линии метрополитенов Атланты, Балтимора и Вашингтона; расширяется сеть существующих метрополитенов Нью-Йорка, Чикаго и др. В Чикаго реализуется проект гидротехнического тоннеля  $\varnothing$  до 10 м, протяженностью 75 км. Фронт работ по его сооружению раскрыт из 40 шахтных стволов глубиной до 100 м. В Нью-Йорке прокладывают подобный тоннель  $\varnothing$  7 м, длиной 25 км.

Проходка тоннелей таким диаметром ведется агрегатами со скоростью 15—30 м в сутки. Временная крепь из набрызг-бетона возводится на расстоянии 15 м от забоя. В слабых грунтах используют арочную крепь.

В сложных геологических условиях — в зонах разломов, сбросов и других тектонических нарушений или при большом притоке подземных вод приходится преодолевать трудности, связанные с вывалами, опусканием тоннельных машин и их кручением. Это требует применения специальных технических мероприятий.

В последнее время в США особое внимание стали уделять сборным железобетонным обделкам.

При сооружении тоннеля Бакскин в Аризоне (длиной 10,7 км,  $\varnothing$  6,7 м) в андезитах и туфах достигнута ско-



рость проходки — 41 м в сутки. В течение 5 месяцев она была стабильной и достигала 400 м/мес.

Разработана программа создания специальных подземных хранилищ радиоактивных отходов в базальтах, для чего определяются физико-механические свойства этих пород. Глубина заложения базальтов достигает 300 м, в них отсутствует тектоническая нарушенность, отмечается сейсмическая стабильность. Для полной изоляции хранилищ на длительный период требуется дополнительная информация о геологических и гидрогеологических условиях.

В докладах приводятся сравнение стоимости подземного и наземного строительства и проблемы ее снижения. В сложных инженерно-геологических условиях стоимость подземных работ значительно возрастает. Это требует разработки более эффективных и экономичных методов тоннелестроения с учетом тяжелых условий подземного труда, чрезмерных расходов материалов и необходимости использования специального оборудования. Не менее важно достоверно прогнозировать геологические и гидрогеологические условия и вести многовариантное проектирование с учетом опыта мирового тоннелестроения.

**ТАИЛАНД.** Разработана водопроводная система Бангкока, включающая ряд тоннелей протяженностью 10,3; 7,5; 2,5; 4,5 км, диаметром соответственно 3,4; 2,8; 2,5 и 2,4 м.

Обделка тоннелей двухслойная: внешняя — из сборных железобетонных элементов и внутренняя — из монолитного железобетона толщиной 31 см. Конструкции рассчитаны на внутреннее гидростатическое давление 8,5 атм. Трасса пересекает реку Чао-Пиану и частично проходит под городской территорией.

Для сооружения тоннелей в глинистых грунтах и глинах применено 14 щитов различного назначения, в том числе с гидропригрузкой бентонитовой суспензией. При строительстве тоннелей в сложных условиях использованы методы «стена в грунте», проходка под сжатым воздухом, химическое закрепление грунтов, нагнетание раствора за обделку и др.

**ФРАНЦИЯ.** Горные тоннели большой протяженности проложены здесь в сложных геологических и гидрогеологических условиях. Так, тоннель Фрежюс между Францией и Италией поперечным сечением 90 м<sup>2</sup>, длиной 12,8 км проходит на глубине 1730 м.

Отмечается эффективность технологии предварительного образования щели по контуру выработок на глубину 1—4 м с последующим взрыванием опорного ядра, рассматриваются технические средства и специальное оборудование для устройства такой щели.

Чтобы предупредить аварии при сооружении тоннелей в сложных условиях, применяются цементация и защитный сводчатый экран.

На примерах строительства метрополитенов Парижа, Вены, Гонконга и Мехико приведены данные по стабилизации грунтового массива вокруг подземных выработок. При проходке двухпутного тоннеля (Ø8,7 м) экспрессной линии Парижского метро в песках, мергелях и известняках на глубине 25 м производили нагнетание цементно-бентонитовой смеси и силикатного геля; на станции Обер для избежания осадков поверхности земли и прилегающих зданий устроили инъекционную завесу. При строительстве тоннеля Парижского метро под рекой Сенной пользовались методом опускания кессонов-тоннелей. Интересен опыт применения в Париже и Марселе сводчатого защитного экрана из труб диаметром 194 мм, продавливаемых

на длину 20—30 м, на расстоянии друг от друга 0,5 м, которые, будучи заполненными цементным раствором, образуют надежную временную крепь.

Существуют установки, позволяющие избежать загрязнения от нагнетания растворов при неблагоприятных условиях проходки тоннеля.

Появились новые приборы для изучения свойств закрепляемых грунтов. Приводятся различные способы их закрепления нагнетанием цементных и бентонитовых растворов, синтетических смол и др.

При химическом закреплении грунтов выделяются токсичные вещества, неблагоприятно влияющие на рабочий персонал. Чтобы снизить действие этих веществ, требуется установить параметры нагнетаемых растворов, увязанные с технологией производства работ.

**ШВЕЦИЯ.** Здесь проходят тоннели преимущественно в скальных грунтах. Сооружение их влияет на уровень грунтовых вод. В Стокгольме, например, он понизился до 6 м. Возникла угроза нарушения устойчивости зданий, подземных коммуникаций и проявления осадок покрытий уличных магистралей. Колебания уровня грунтовых вод, которые вызвали гниение деревянных свай, привели к необходимости укрепить фундаменты зданий и сооружений. Чтобы стабилизировать уровень грунтовых вод и сохранить застройку, намечены инженерные решения при проходке подземных выработок инъектированием пересекаемых грунтов через систему опережающих и радиальных скважин. Взрывные работы ограничены с целью предотвращения нарушения грунтового массива.

Решается также проблема борьбы с большими притоками подземных вод при проходке протяженных тоннелей в гранитах, известняках и меловых отложениях.

Вообще в скальных породах Скандинавии за последнее двадцатипятилетие построено 100 подземных хранилищ объемом 25 млн. м<sup>3</sup>: заложены в гранитах хранилища Линкепинг (96 тыс. м<sup>3</sup>) на 40 м ниже уровня грунтовых вод (приток 20 м<sup>3</sup>/час); в известняках — хранилища Лавера (150 тыс. м<sup>3</sup>) на 100 м ниже уровня вод (приток 300 м<sup>3</sup>/час); заложены в меловых отложениях хранилища Вексин (185 тыс. м<sup>3</sup>) на 120 м ниже уровня вод (приток 470 м<sup>3</sup>/час).

**ЧЕХОСЛОВАКИЯ.** В последнее время уделяется внимание конструктивным и техническим проблемам строительства станционных тоннелей Пражского метрополитена. На симпозиуме сообщалось о возведении подземных станций пилонного и колонного типов. Предварительно были проведены исследования на моделях в лабораторных условиях, изучены геологические данные, конструкции и методы сооружения станций. В докладе приведены результаты измерения осадков в период строительства.

**ЮАР.** Сооружен ряд гидротехнических тоннелей, в том числе Оранж—Фиш протяженностью 82,45 км и внутренним диаметром 5,33 м (расход воды — 57 м<sup>3</sup>/сек). Работы велись из 16 забоев, в том числе из 7 шахтных стволов глубиной от 78 до 378 м. Тоннель заложен в песчаниках, аргиллитах и алевролитах. Проходка велась буровзрывным способом с применением различного вида временных крепей: анкеров с набрызг-бетоном — 60%, анкеров — 37%, арок — 2,2%. Продолжительность строительства — 7 лет.

Тоннель Кукхауз протяженностью 13,1 км, внутренним диаметром 4,6 м (расход воды 41 м<sup>3</sup>/сек) пересекает сбросовые зоны. Почти половина тоннеля оставлена без обделки. На остальном его протяжении она выполнена из монолитного бетона и железобетона.

Строится тоннель Джонкершоск (длина 13,1 км, внутренний диаметр 3,5—4,3 м, глубина до 1 км). Трасса пересекает песчаники и граниты. Проходка ведется из 6 забоев. На одном из участков нарушенных пород в сбросовой зоне применен щит и осуществлена стабилизация породного массива.

\*\*

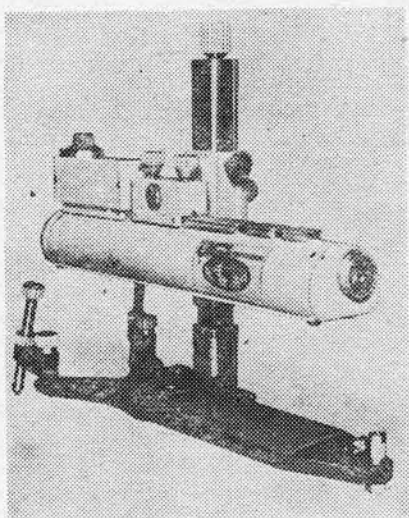
Определенный интерес вызвала на симпозиуме трактовка комплекса вопросов, связанных с уменьшением степе-

ни риска при подземных работах (они изложены в свете положений Швейцарских стандартов). Для этого необходимы надежные геотехнические исследования и исчерпывающая информация, основанная на строгом учете местных условий. Нужно обоснование альтернативных инженерных решений в ходе проектирования строительства подземных объектов и с учетом экономических аспектов.

(Окончание в следующем номере)

## ЗАРУБЕЖНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Для различных измерений в подземном строительстве применяется лазерная установка АГП модели S. Она включает в себя собственно лазерный прибор и экран. Прибор весом 6 кг благодаря модульной системе компоновки узлов может быть легко трансформирован для выполнения маркшейдерских и геодезических работ.



Лазерная установка надежна и позволяет производить угловые измерения с точностью до 0,01%. Ею можно измерять углы в профиле от -4 до +14%, а в плане — без ограничений.

Существенно расширен диапазон измерений в профиле за счет применения вертикальных направляющих.

\*\*

Фирма «Атлас-Копко» (Швеция) выпускает мини-компрессор ХА-50, транспортируемый малолитражным легковым автомобилем: производительность при рабочем давлении 7 бар — 2,8 м<sup>3</sup>/мин, масса — 790 кг. Сжатым воздухом обеспечивается работа двух отбойных молотков.



Применение одноступенчатого винтового компрессора со специальной геометрией винта позволило при одинаковой эффективности с прототипом вдвое уменьшить частоту вращения ротора. Уменьшение частоты оборотов двигателя снижает температуру и улучшает вязкость масла; в свою очередь хорошая смазка подшипников в два раза увеличивает моторесурс дизеля.

Система защитных устройств в случае отрыва ременной передачи или перегрева компрессора выключает агрегат.

Двухступенчатый фильтр оснащен индикатором, информирующим о необходимости замены патронов.

Мини-компрессор предназначен для дорожных работ в городских условиях.

\*\*

Шлифовка строительных конструкций вызывает интенсивное пылеобразование. Фирма «Атлас-Копко» оснастила

шлифовальные машины специальными вакуумными устройствами для отсоса пыли. Особенность устройства заключается в том, что в процессе обработки изделия шлифовальный круг заключают в объем, изолированный от окружающей среды. Рабочий торец круга утоплен относительно кромки накрывающего колпака из прозрачного эластичного материала. Пыль отсасывается вакуумной установкой. Под колпаком создается давление, которое способствует более надежной герметизации зазора между кромками эластичного колпака и обрабатываемой поверхностью.

Вакуум может создаваться передвижным или стационарным устройством с вакуум-насосом и системой регулируемых клапанов.

Применение вакуум-насоса обусловлено его большей степенью разрежения, чем центробежного вентилятора.

\*\*

Метрополитен обогревает здания — эта идея воплощена в проекте теплоснабжения жилого комплекса «Виден» австрийской столицы. Новая отопительная система предусматривает использовать в качестве источника энергии тепло, выделяемое поездами, светильниками, а также пассажирами. Температурные нормы, установленные для метрополитена Вены, равны 19,5°C летом и 17°C зимой. Избыточное тепло уходило в атмосферу. Теперь при помощи оборудования, работающего по принципу теплового насоса, оно будет обращено на отопление помещений. Реализация этого проекта потребует больших капиталовложений, чем в традиционных конструкциях, однако расходы полностью окупятся за пять лет даже при сегодняшних ценах на жидкое топливо. Новая разработка не выделяет дыма, содержащего токсичные компоненты, и практически не оказывает вредного воздействия на окружающую среду.

На 1-й стр. обложки: метростроевцы отмечают свой полувек юбилей в Колонном зале Дома Союзов.

На 4-й стр. обложки: вестибюль станции «Исани» Тбилисского метрополитена.

Фото А. Спиранова.

Художественно-технический редактор Е. К. Гарнухин.

Сдано в набор 08.06.81. Подписано в печать 17.07.81. Л-81543  
Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага типографская № 1. Гарнитура новогазетная и литературная. Печать высокая. 4,0 печ. л.  
5,19 уч.-изд. л. Тираж 4590 экз. Заказ 1910. 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.



**С 1 СЕНТЯБРЯ  
ОТКРЫВАЕТСЯ ПРИЕМ ПОДПИСКИ  
на информационный  
научно-технический сборник**

# **МЕТРОСТРОЙ**

**на 1982 год**

---

На страницах сборника «Метрострой» освещаются достижения и передовой опыт строительства метрополитенов и тоннелей различного назначения в нашей стране, публикуется зарубежная информация о технике метростроения и материалы по эксплуатации отечественных и зарубежных метрополитенов.

**Подписка принимается без ограничения общественными распространителями печати, агентствами «Союзпечати» и в почтовых отделениях.**

Индекс сборника «Метрострой» по всесоюзному каталогу «Союзпечати» — **70572.**

Подписная цена на год — **2 руб. 40 коп.**  
(8 номеров).

253

**МЕТРОСТРОЙ**

ИНДЕКС 70572

ЦЕНА 30 коп.

