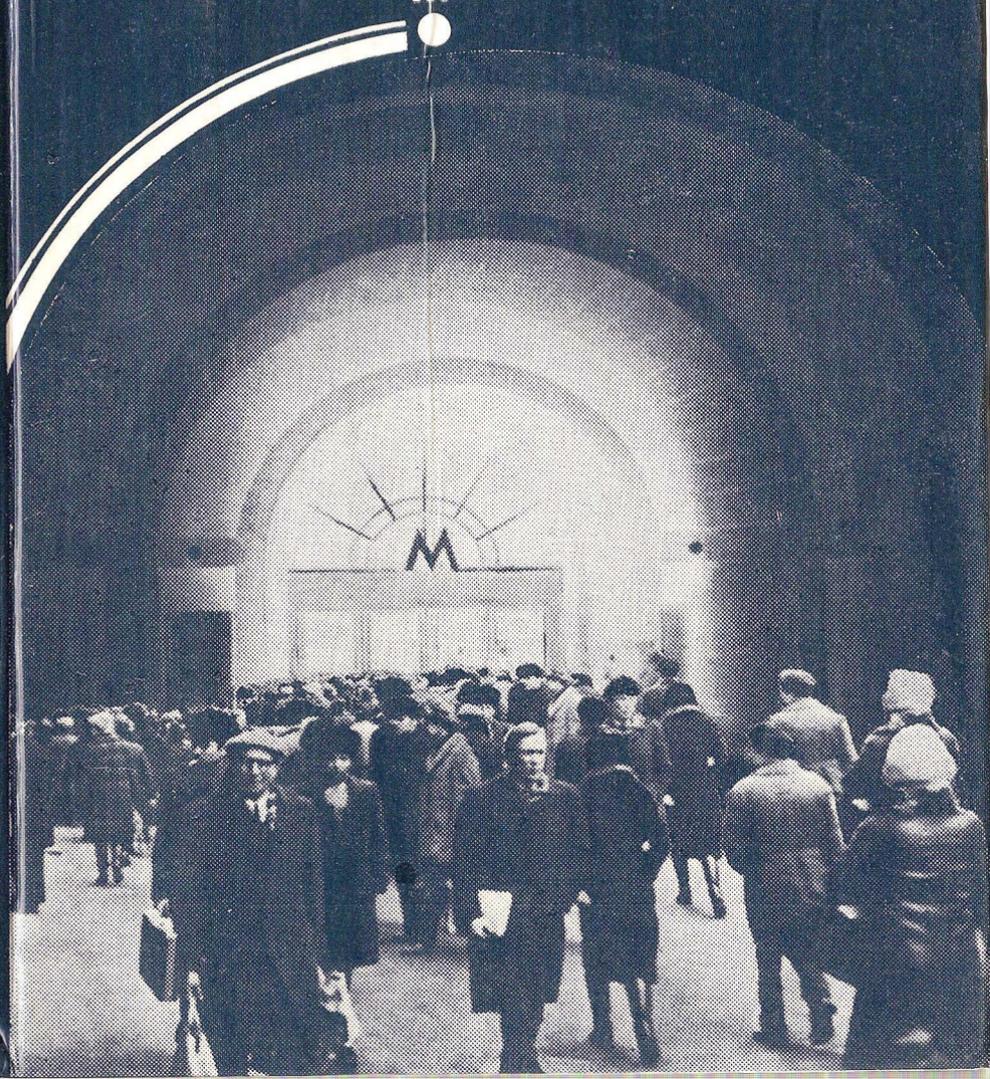


М
Ы
СТРОИМ
М
ЕТРО

М



М **Ы** **М** **СТРОИМ** **ЕТРО**



- История
- Настоящее
- Будущее



Московский рабочий

1983

39.81
Н12

Редакционная коллегия:
*П. А. ВАСЮКОВ, С. Н. ВЛАСОВ, Ю. А. КОШЕЛЕВ,
Е. Д. РЕЗНИЧЕНКО, В. Н. ШВАНДЕРОВА*

Под общей редакцией *П. А. ВАСЮКОВА*
Составитель *Е. Д. РЕЗНИЧЕНКО*

Художник *Л. КОСТЕНКО*

Н12 **Мы строим метро:** Сборник.— М.: Моск. рабочий, 1983.—320 с., ил.

В книге рассказывается об истории, настоящем и будущем отечественного метростроения, о той помощи, которую оказывают московские метростроивцы братьям по профессии из других республик нашей страны и из социалистических и дружественных нам стран.

Рассчитана на строителей и массового читателя.

М $\frac{3604000000-059}{M172(03)-83}$ Заказная

ББК 39.81
6Т3

© Московский Метрострой, 1983 г.

Прошло полвека с июньского (1931 г.) Пленума Центрального Комитета ВКП(б), на котором было принято решение о сооружении метрополитена в столице нашей Родины Москве. 1931 год мы считаем годом закладки фундамента отечественного метростроения.

История строительства первого советского метрополитена неразрывно связана с выполнением планов реконструкции и благоустройства столицы.

Строители московского метро прошли большой путь. Когда-то он начинался тяжелым ручным трудом проходчиков. Теперь тоннели метро сооружаются комплексно-механизированным способом. Индустриализация внесла огромные изменения во все процессы строительства.

Московский метрополитен, в возведение которого вложен трудовой энтузиазм десятков тысяч людей, продемонстрировал миру, чего может достичь народ под руководством Коммунистической партии.

К 50-летию Метростроя общая протяженность линий столичного метрополитена достигла 193 км в двухпутном исчислении. В московском метро 115 станций. Оно осуществляет 42% всех внутригородских пассажирских перевозок. Метро появилось во многих городах Советского Союза. Общая длина всех линий метрополитенов страны составляет 380 км.

Благодаря неустанной заботе партии и правительства отечественное метростроение стало мощной механизированной отраслью строительства. Масштабы его географии с каждым годом увеличиваются. Создан многотысячный квалифи-

цированный коллектив метростроителей — рабочих, инженеров, проектировщиков, конструкторов, архитекторов. Метро возводится на основе самых передовых достижений современной науки и техники. Метростроители вносят весомый вклад в развитие советского градостроительства. Они оказывают техническую помощь строителям метрополитенов за рубежом — в столицах социалистических стран Будапеште, Варшаве, Праге, Софии, а также в Калькутте (Индия).

Советское метростроение сегодня — это развитие сети действующих метрополитенов в восьми городах нашей страны — Москве, Ленинграде, Киеве, Тбилиси, Баку, Харькове, Ташкенте, Ереване. Это сооружение новых метрополитенов в шести городах — Минске, Горьком, Новосибирске, Свердловске, Днепропетровске, Куйбышеве. Проектируются метрополитены еще в шести городах Советского Союза. Ни в одной стране мира не строилось такое количество метрополитенов. Метро становится неотъемлемой частью жизни и быта наших крупных городов. Это яркое доказательство заботы государства о благе народа.

Метростроители — передовой отряд транспортных строителей. Их самоотверженный труд, творческая инициатива в претворении программы научно-технического прогресса, поиски новых эффективных инженерных решений высоко оценены советским народом. Богатый многолетний опыт московских метростроителей широко используется и развивается строителями метрополитенов страны.

Возведение каждой новой линии Московского метрополитена знаменует собой новый шаг в развитии техники, характеризуется внедрением более совершенных конструкций, машин, механизмов, технологических процессов. Исключительно сложные гидрогеологические условия столичного подземного строительства обусловили необходимость с самого начала применять и совершенствовать специальные строительные способы (подавление притоков подземных вод, замораживание, осушение водоносных горизонтов, укрепление слабых и неустойчивых пород, гидроизоляция сооружений и т. п.).

Крупнейшими техническими достижениями метростроителей следует считать разработку и внедрение проходческих щитов, тьюбингоукладчиков, механизированных комплексов с экскаваторной разработкой забоя, возведением монолитно-прессованной обделки, обжатием сборной обделки в породу, сооружение вертикальных стволов шахт методом погружения крепи в тиксотропной рубашке.

Работу метростроителей всегда отличала тесная связь с научно-исследовательскими институтами, высшими учебными заведениями, конструкторскими организациями. Совместная творческая работа производственников и ученых заслуживает самой высокой оценки.

Московские метростроевцы были пионерами скоростных методов труда. Так, рекордная скорость их проходки в аптских песках составила 430,6 м в месяц. На сооружении тоннелей в кембрийских глинах механизированным щитовым комплексом ленинградские метростроевцы в социалистическом соревновании в честь XXVI съезда КПСС установили новый мировой рекорд проходки — 1250 м в месяц. Это важное событие в жизни всех советских метростроевцев и тоннелестроителей.

Такой результат достигнут благодаря кропотливой работе по выявлению резервов, освоению новой техники и прогрессивных методов труда. Ленинградцы сумели наилучшим образом соединить технику и человека в едином производственном процессе. Рабочие минуты были максимально уплотнены, спрессована во времени каждая операция цикла — от разработки забоя до вывозки породы с эстакады.

Технический прогресс внес существенные изменения в содержание и процесс труда. Так, механизация тоннельных работ, экономичные конструкции обделок вызвали появление новых подземных профессий — машинист щита, блокоукладчиков, породопогрузочных машин, электровозов, монтажник и т. п., — пришедших на смену старым профессиям проходчика, крепильщика, откатчика. Для нашего времени характерен метростроевец широкого профиля, управляющий сложными машинами и механизмами.

Оценивая достигнутые успехи, многотысячный коллектив советских строителей и проектировщиков метрополитенов и тоннелей отчетливо понимает, сколь ответственные задачи ему предстоит осуществить в одиннадцатой пятилетке. Закрепляя успехи, достигнутые в соревновании в честь XXVI съезда КПСС, метростроевцы и тоннелестроители обязались обеспечить в одиннадцатой пятилетке своевременный ввод новых линий метро, сократить сроки строительства, снизить его стоимость, усовершенствовать технику метростроения, повысить производительность труда, добиться высокого качества сдаваемых в эксплуатацию сооружений. Новая пятилетка потребовала от многотысячной армии метростроевцев мобилизации всех средств, глубокого анализа выполненного, для того чтобы сделать новый шаг вперед по пути технического прогресса.

Накопленный опыт, объективная оценка положительных сторон и недостатков в строительстве метро позволяют, опираясь на созданную за последние годы производственно-техническую базу, подняться на следующую ступень совершенствования метростроения, перевести его в новый, значительно более высокий класс. Под руководством Московской партийной организации метростроевцы вносят весомый вклад в превращение столицы в образцовый коммунистический город.

Предлагаемый вниманию читателей сборник статей «Мы строим метро» содержит в систематизированном виде рассказ о путях развития и современном состоянии отечественного метростроения, об опыте метростроителей Москвы; ныне широко используемом. Книга, созданная силами специалистов московского Метростроя и метростроителей других городов, будет интересна всем строителям подземных магистралей страны.

«В совместной борьбе за новый, справедливый мир возникли великое братство людей труда, чувство семьи единой, сложилась нерушимая ленинская дружба народов — неисчерпаемые источники созидательного творчества масс», — сказано в постановлении ЦК КПСС «О 60-й годовщине образования Союза Советских Социалистических Республик», опубликованном 21 февраля 1982 г. Строительство метро — еще одно подтверждение нерушимости ленинской дружбы народов в нашей стране.

Отрасль, рожденная Октябрем

● СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО МЕТРОСТРОЕНИЯ КАК НОВОЙ ОТРАСЛИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ



Ю. А. КОШЕЛЕВ,
начальник Главтоннельметростроя,
Герой Социалистического Труда,
лауреат Государственной
премии СССР

После победы Великой Октябрьской социалистической революции в нашей стране вместе с бурным развитием народного хозяйства, совершенствованием традиционных отраслей строительства возникали и достигали быстрого прогресса новые. К числу таких отраслей, созданных Советской властью, относится метростроение. Его зарождение было вызвано необходимостью создать в городах Советского Союза новый вид внеуличного транспорта, который обеспечивал бы массовые и дешевые скоростные перевозки населения, способствуя решению многих важнейших социальных задач.

Возникновение этой отрасли определено историческим июньским (1931 г.) Пленумом ЦК ВКП(б), который, рассматривая вопросы реконструкции Москвы, принял постановление о немедленном начале строительства метрополитена в столице. В сентябре 1931 г. начал создаваться Метрострой, а уже 5 февраля 1935 г. по первой линии метрополитена длиной 11,6 км от станции «Сокольники» до станции «Парк культуры» прошел пробный поезд; 15 мая 1935 г. на ней было открыто движение.

С основания отрасли прошло 50 лет. Сейчас в восьми городах нашей страны действуют метрополитены, вклю-

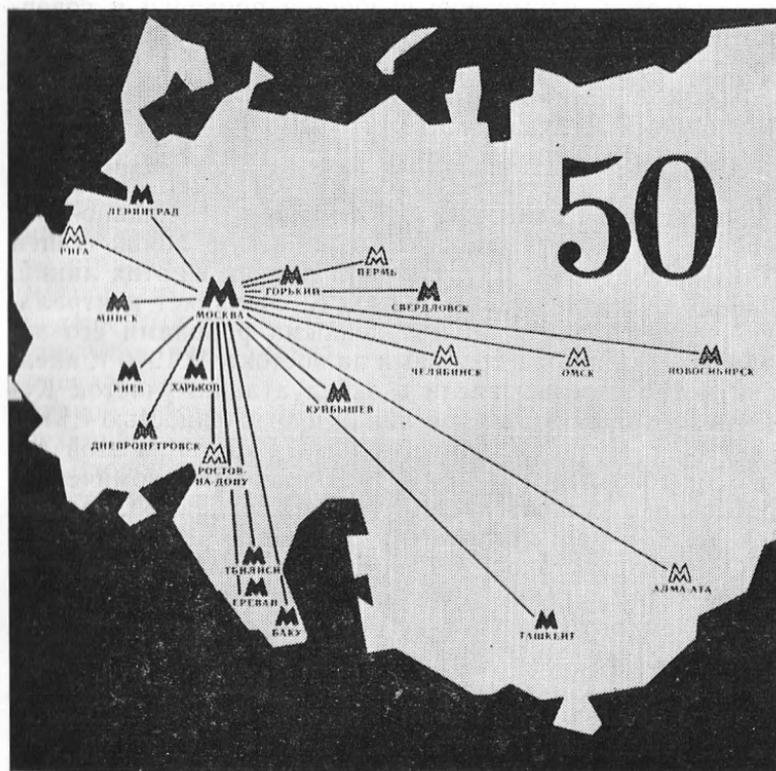
чающие 20 линий общей протяженностью свыше 380 км с 230 станциями. Ежегодно советское метро перевозит свыше 3 млрд. пассажиров.

Метростроение продолжает развиваться. Кроме линий, действующих в Москве, Ленинграде, Киеве, Тбилиси, Баку, Харькове, Ташкенте, Ереване, где продолжается дальнейшее расширение сети подземных магистралей, успешно ведется строительство новых метрополитенов — в Минске, Горьком, Новосибирске, Куйбышеве, Свердловске, Днепропетровске. Разработаны и разрабатываются технико-экономические обоснования строительства метрополитенов в Риге, Ростове, Алма-Ате. К 1990—1995 гг. протяженность сети метрополитенов в нашей стране должна возрасти до 650—700 км в двухпутном исчислении.

Московский Метрострой — пионер отечественного метростроения. Он является базой и школой кадров для других метрополитенов СССР и стран социалистического содружества. К настоящему времени в Москве построено восемь линий метрополитена общей протяженностью 193 км со 115 станциями. Ежедневные перевозки составляют 6 млн. пассажиров. За годы десятой пятилетки метростроевцы построили и ввели в эксплуатацию 20,4 км новых линий. В 1979 г. было предусмотрено задание на одиннадцатую пятилетку по вводу новых линий протяженностью 29,4 км.

Московские метростроевцы прославили себя не только прекрасными линиями метрополитена. Когда в 1941 г. фашистская Германия вероломно напала на нашу страну и весь советский народ поднялся на ее защиту, создатели метро плечом к плечу встали в единый строй. За доблестный труд в годы Великой Отечественной войны московский Метрострой награжден орденом Трудового Красного Знамени, ему на вечное хранение вручено Красное знамя Государственного Комитета Оборона.

Во время войны метростроевцы возводили оборонные сооружения у линии фронта в Сталинграде. Когда Советская Армия перешла в наступление, метростроевцы стали восстанавливать транспортные тоннели в Севастополе, на Кавказе, в Карпатах. Во время войны не прекращалось строительство и Московского метрополитена. В январе 1944 г. вступила в строй линия от Курского вокзала до Измайловского парка. В эти годы велось сооружение Большого кольца Московского метрополитена.



География метрополитенов СССР

В начале 1940 г. был организован ленинградский Метрострой. Триста московских метростроителей во главе с Иваном Георгиевичем Зубковым уехали в Ленинград, составив ядро нового коллектива, который начал работы на первой ленинградской трассе метро. В дни блокады метростроевцы проявили героизм на трудовом и боевом фронтах.

В послевоенные годы велось интенсивное строительство Ленинградского метрополитена. К настоящему времени в Ленинграде построено три линии метро протяженностью более 64 км с 37 станциями. Ежедневно метрополитен Ленинграда перевозит до 2 млн. пассажиров. Коллектив ленинградского Метростроя твердо держит курс на индустриализацию и комплексную механизацию

строительства, повышение скоростей проходки и совершенствование конструкций подземных сооружений. Ему принадлежат мировые рекорды скоростей проходки перегонных тоннелей метрополитена, в том числе такие выдающиеся достижения, как проходка 1070 пог. м и 1250 пог. м тоннеля в месяц.

Третий в Советском Союзе метрополитен в столице Украины Киеве включает действующие Святошино-Броварскую и Куреневско-Красноармейскую линии общей длиной 28,6 км с 21 станцией. Первая из этих линий, сданная в эксплуатацию в 1960 г., соединяет центральную часть города с промышленными районами его западной части и новостройками на востоке. В 1976 г. киевские метростроевцы ввели в эксплуатацию участок Куреневско-Красноармейской линии протяженностью 4,1 км, а в 1980 г. — участок длиной 4,7 км. Работы на этой линии продолжаются. Утверждено технико-экономическое обоснование строительства третьей линии — Сырецко-Печерской — протяженностью 12,25 км.

Особенности городской застройки Тбилиси, с его преимущественно узкими улицами, затрудняющими развитие наземного транспорта, обусловили необходимость строительства здесь метрополитена. Первый участок от станции «Дидубе» до станции «Руставели» длиной 6,3 км с шестью станциями вступил в строй в 1966 г. В следующем году был введен в действие второй участок — от станции «Руставели» до станции «300 арагвинцев». Третий, завершающий участок первой очереди Тбилисского метрополитена («300 арагвинцев» — «Самгори») сдан в эксплуатацию в 1971 г. Сейчас в столице Грузии в эксплуатации находится уже две линии метрополитена общей длиной 19,3 км с 16 станциями. Первая линия продлевается в район Глдани и Варкетили.

Протяженность действующих линий Бакинского метрополитена составляет 18,5 км, на трассе расположено 11 станций. Линия первой очереди связывает западную часть города, представляющую собой его культурно-административный центр, с центральной промышленной зоной и восточной частью, где расположены новые крупные жилые массивы. В 1976 г. было закончено строительство второго участка первой очереди метрополитена длиной 2,3 км (станция «Низами»). Продолжается строительство линии второй очереди протяженностью 6,7 км с четырьмя станциями. В 1980 г. разработано технико-эко-

номическое обоснование строительства линии третьей очереди, включающей восточный участок — от станции «Нефтичялар» до станции «Абиллов», и северный — от станции «Микрорайон» до станции «Улдуз», общей протяженностью 15 км.

В 1968 г. было принято решение о строительстве первой очереди Харьковского метрополитена — шестого в нашей стране, а 15 июля того же года заложен ствол № 1 на станции «Южный вокзал». 30 июля 1975 г. по трассе метрополитена прошел пробный поезд, а в августе 1975 г., в день 32-й годовщины освобождения Харькова от фашистских захватчиков, государственная комиссия подписала акт о приеме в эксплуатацию первого участка первой очереди длиной 10,4 км, включающего восемь станций.

Второй участок длиной 7,6 км с пятью станциями был построен и введен в строй действующих в августе 1978 г. Здесь харьковские метростроители внедрили прогрессивный поточный метод строительства, благодаря чему было достигнуто ритмичное выполнение работ при максимальном совмещении различных технологических операций на каждом объекте, а также осуществлено комплексное завершение строительства в указанные сроки и без недоделок.

Харьковчане внесли большой вклад в расширение применения крупногабаритных унифицированных сборных железобетонных конструкций на станциях колонного типа открытого способа работ. Согласно перспективному плану протяженность всех линий Харьковского метрополитена составит 53 км, а количество станций достигнет 43. Намечается соорудить три линии, соединенные пересадочными станциями «Советская», «Сад Шевченко» и «Спортивная». Метро позволит разгрузить движение в центре города (здесь разместится пять станций). Харьковский метрополитен отличает мелкое заложение станций, отсутствие наземных вестибюлей, относительно небольшое расстояние между станциями.

В 1977 г. вошел в строй действующих седьмой метрополитен страны и первый в Среднеазиатских республиках — ташкентский. Его сооружение началось в феврале 1972 г. коллективом тоннельного отряда № 2. С января 1975 г. строительство ведется созданным к тому времени трестом Ташметрострой. Ташкент быстро растет и расширяется. Построены новые микрорайоны, город-спут-

ник Сергели. Население города в 1977 г., к моменту пуска первого участка первой очереди, достигло 1700 тыс. человек. Понимая всю важность сооружения метрополитена, строители приняли и выполнили повышенное обязательство — первый участок протяженностью 12,17 км с девятью станциями (от «Станции имени Сабира Рахимова» до станции «Сквер Октябрьской революции») сдать досрочно, к 7 ноября 1977 г., к 60-летию Великого Октября.

Строительство метрополитена в Ташкенте осуществлялось в очень сложных сеймотектонических и климатических условиях. Трудности проектирования и строительства первого участка заключались в почти полном отсутствии нормативных и инструктивных материалов, регламентирующих расчетные предпосылки, конструктивные положения и особенности производства работ в районах сейсмической активности. В короткие сроки были проведены научные исследования и разработаны рекомендации по обоснованию основных принципов возведения сейсмостойких конструкций метрополитена.

Впервые была разработана и успешно внедрена новая сейсмостойкая сборно-монолитная железобетонная обделка перегонных тоннелей закрытого способа работ, состоящая из отдельных сплошных блоков со скошенными углами. Выведенные из блоков закладные металлические элементы в процессе монтажа соединяют в единый стык и омоноличивают. На перегоне между станциями «Пахтакор» и «Площадь Ленина» тоннели закрытого способа работ, сооружаемые бесщитовым способом, монтировались с обжатием обделки в породу. Была разработана и внедрена принципиально новая конструкция этой обделки и опробовано устройство, оконтуривающее периметр забоя при проходке.

Большим достижением явились разработка и внедрение в 1976 г. цельносекционной обделки из объемных железобетонных блоков длиной 1,5 м заводского изготовления, с одновременным проведением антисейсмических мероприятий. Конструкции шести станций выполнены из сборно-монолитного железобетона. Стены, перекрытия, колонны и прогоны возводились из сборных железобетонных элементов, жестко защемленных в основании, а в уровне перекрытия омоноличенных сейсмопооясами.

Верные своим традициям, ташкентские метростроители в 1980 г. на четыре месяца раньше срока сдали вто-

рой участок первой очереди протяженностью 4,2 км с тремя станциями. В дальнейшем в Ташкенте планируется строительство еще двух линий метро, одна из которых соединит центр города с железнодорожным вокзалом и крупным юго-восточным промышленным районом, а другая — жилой массив Юнус-Абад с центром города и аэропортом.

В марте 1981 г. сдан в эксплуатацию первый участок первой очереди метрополитена в столице Армении Ереване длиной 7,6 км с пятью станциями. Протяженность всей линии первой очереди с девятью станциями (от «Киевлян» до «Армэлектрозавод») составит 12,3 км. Эта линия связывает центр города с его южными промышленными районами. Ереванский метрополитен, который строился в сложных инженерно-геологических условиях, как и ташкентский, помогали сооружать все коллективы Главтоннельметростроя. Взаимопомощь и взаимовыручка в большой метростроевской семье стали традицией.

Свой 50-летний юбилей советское метростроение отпраздновало, намечая широкие перспективы дальнейшего развития. В последние годы заметна тенденция резкого расширения географии метростроения. Решая важнейшие социальные задачи, советские метростроевцы рассматривают вопросы создания метрополитенов в городах, население которых превышает 1 млн. человек.

В 1977 г. началось и в 1984 г. должно завершиться сооружение линии первой очереди метрополитена в столице Белоруссии Минске. Эта линия протяженностью 8,6 км с восьмью станциями свяжет центр города и железнодорожный вокзал с северо-восточным промышленным и жилым районом. Тоннели вдоль всей трассы имеют мелкое заложение и сооружаются в основном закрытым способом.

В дальнейшем будет построено еще две линии. Одна из них соединит крупный жилой массив в западной части города с центром. Пересечение двух первых линий образует пересадочный узел «Центральная». Трасса третьей линии будет проложена в направлении север — юг, пройдет через железнодорожный вокзал и свяжет районы перспективной жилой застройки с центром города. Эти линии будут иметь протяженность 50 км.

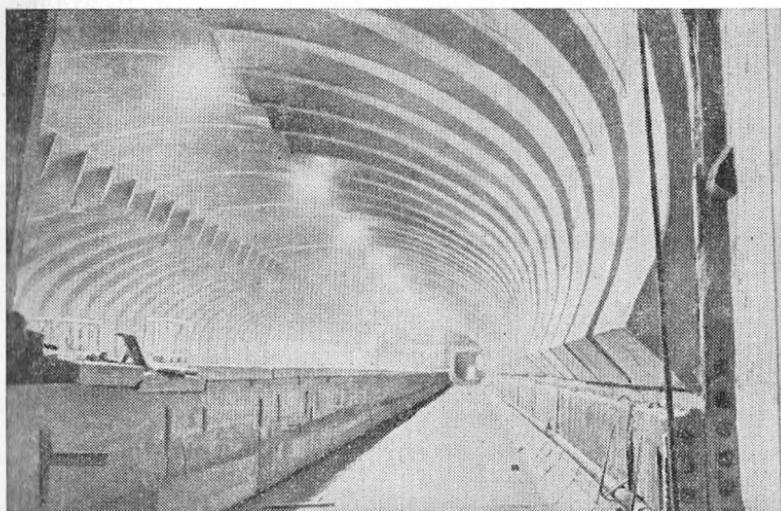
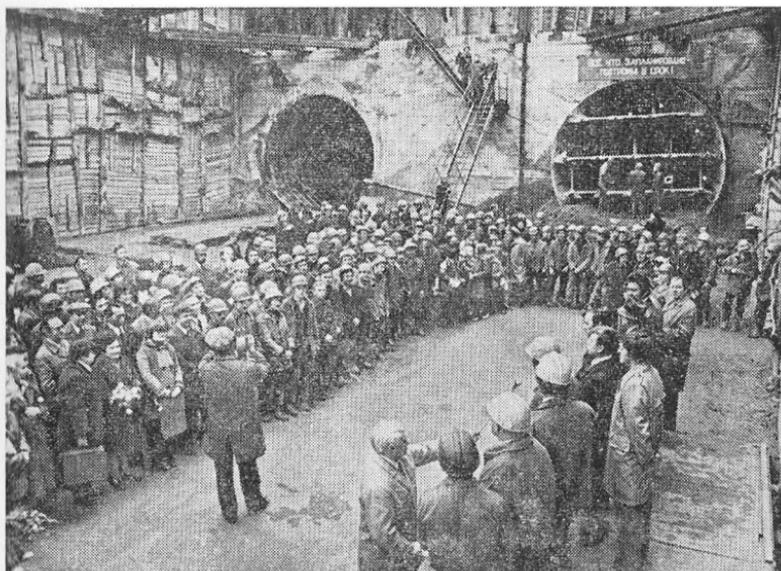
В 1977 г. начаты работы на станции «Ленинская» первой очереди строительства Горьковского метрополитена.

Эта линия протяженностью 9,62 км с восьмью станциями соединит Московский вокзал с районом Горьковского автомобильного завода, обеспечит скоростную связь основных транспортных узлов заречной части города, разгрузит от наземного транспорта проспект Ленина и прилегающие к нему магистрали. В дальнейшем предполагается продлить линию (она пересечет реку Оку) и построить еще две станции («Площадь Горького» и «Улица Свердлова»). На станции «Московская» запроектирована пересадка на вторую линию — Сормовскую, которая пройдет вдоль правого берега Волги. Намечается строительство третьей линии — вдоль правого берега Оки. Общая протяженность всех линий составит 58 км. Строительство метрополитенов в Горьком, Куйбышеве и Свердловске с 1980 г. ведет организованное тогда управление Горметрострой.

С 1979 г. развернулись работы по сооружению линии первой очереди метрополитена в Новосибирске — городе с населением 1,3 млн. человек. Трасса первой очереди соединит центр города с Зельцевским и Кировским районами, свяжет его правобережную и левобережную части. От площади Калинина линия метро пройдет вдоль Красного проспекта к Оби, пересечет ее метромостом и закончится на левом берегу на площади Карла Маркса. В перспективе сеть метрополитена города будет состоять из трех линий общей протяженностью около 52 км.

Метро Новосибирска проектируется с учетом сравнительно суровых климатических особенностей района. Так, над проезжей частью метромоста через Обь будет сооружена стеклянная галерея, которая защитит пути от снега. На станции «Площадь Ленина» выходы из вестибюля встраивают в существующие здания, что удобно при значительных понижениях температуры воздуха. Строительство линии ведется в условиях сложившейся городской застройки, по возможности с минимальным вскрытием поверхности. Почти все перегонные тоннели сооружают закрытым способом. Первые станции (около 7 км линии) начнут действовать в 1985 г.

В 1980 г. начато строительство метрополитена в Куйбышеве, население которого в настоящее время насчитывает также 1,3 млн. человек. Генеральная схема сети метрополитена города включает три линии. Первоочередная (Псковская) линия с 13 станциями свяжет центр города с юго-восточным промышленным районом. Длина



Митинг строителей Минского метрополитена по случаю сбойки тоннелей под железнодорожными путями

Станция «Ленинская» Горьковского метрополитена в процессе строительства

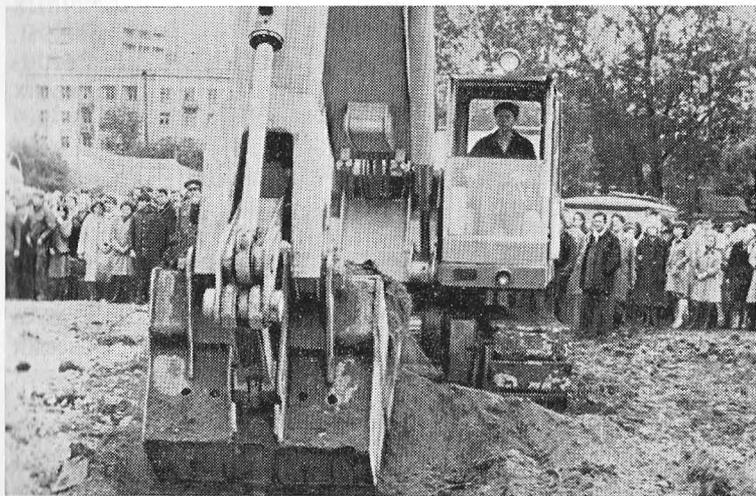
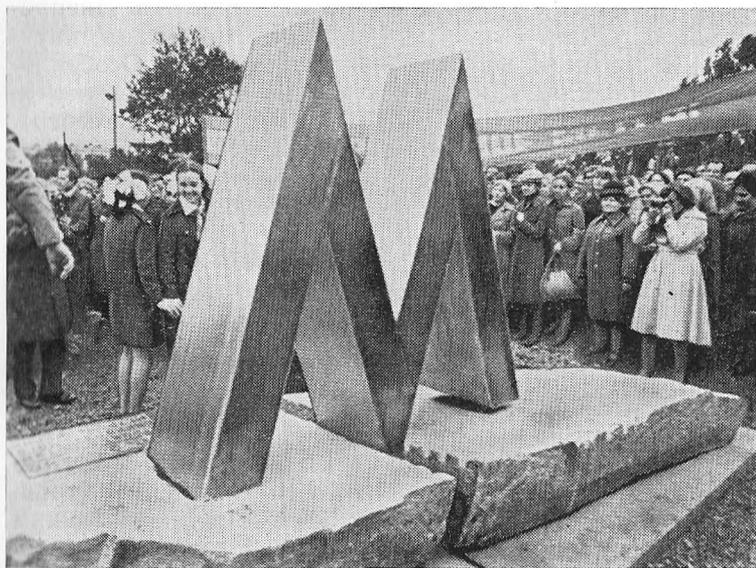
ее 17,3 км. Первый пусковой участок — от станции «Октябрьская» до станции «Кировская» с девятью станциями — имеет длину 11,2 км. По инженерно-геологическим и градостроительным условиям он мелкого заложения, но почти все перегонные тоннели сооружаются закрытым способом. Станции и пристанционные сооружения строятся в котлованах, со свайным креплением стен.

На линии запроектированы три пересадочные станции: первая из них обеспечит пересадку пассажиров на перспективную вокзальную линию протяженностью около 6 км, вторая — на Самарскую линию (более 14 км) и третья — на железнодорожную платформу Пятилетка (в перспективе). Пуск первого участка метрополитена в Куйбышеве предполагается осуществить в двенадцатой пятилетке. Общая длина линий возрастет в перспективе до 37,7 км.

В 1980 г. начаты также работы по строительству метрополитена в Свердловске. В соответствии с комплексной схемой развития здесь всех видов городского транспорта сеть линий метрополитена включает три самостоятельных диаметра, скрещивающихся в центральной части города. Основу схемы составляет структурный треугольник с тремя пересадочными узлами — на станциях «Площадь 1905 года», «Куйбышевская», «Свердловская». Линия первой очереди пересекает город в направлении наибольших пассажиропотоков, строительная длина линии с девятью станциями — 11,55 км. Вся сеть Свердловского метрополитена будет располагать 25 станциями (30,8 км), а с учетом перспективы — 31 станцией (39,9 км).

Инженерно-геологические условия строительства оцениваются как сложные. Трасса проходит в основном под коренными скальными грунтами с разнообразным чередованием пластов и большими зонами трещиноватости. Зона коренных пород вдоль всей трассы обводнена. Сооружение станций глубокого заложения предусматривается горным способом, с разработкой сечения забоя по частям. Перегонные тоннели почти на всем протяжении будут проходить закрытым способом. Срок строительства первого пускового участка определяется шестью годами.

Разработано технико-экономическое обоснование и в 1981 г. начаты подготовительные работы по строительству



Закладка первой линии метро в Свердловске

Свердловск. На месте будущей станции метро вынут первый ковш земли

ву четырнадцатого метрополитена страны — в Днепропетровске, одном из крупнейших индустриальных, научных и культурных центров Советского Союза. Особенностью застройки Днепропетровска является ее протяженность (32 км с запада на восток и 22 км с юга на север). Население города составляет около 1,1 млн. человек. Утвержденная комплексная схема сети метрополитена включает три линии общей протяженностью 80 км (на более отдаленную перспективу — четыре линии общей протяженностью 96 км). В технико-экономическом обосновании предусмотрено строительство первой очереди линии запад — юго-восток, от станции «Коммунарская» до станции «Студенческая». Строительная длина линии первой очереди составит 11,8 км. В первый период эксплуатации на ней будет организовано движение 26 пар четырехвагонных поездов в час.

Ясно, что при возведении новых метрополитенов страны используется прежде всего московский опыт. Строительство Московского метрополитена явилось решающим этапом в развитии техники отечественного тоннелестроения. Оно оказало большое влияние на совершенствование строительства транспортных тоннелей и различных подземных сооружений в нашей стране и за рубежом. Эмблема «М» венчает сейчас не только станции метрополитена, но и порталы многих тоннелей, проходящих сквозь хребты Восточных Саян, водораздел между реками Дон и Сал, отроги Кавказского хребта.

Высокогорный автодорожный тоннель в Киргизии соединил Фрунзенскую и Ошскую области, автодорожный тоннель у мыса Видный сократил расстояние и сделал более приятным путешествие вдоль Черноморского побережья Кавказа. Многие метростроители сейчас успешно трудятся на Байкало-Амурской магистрали, где в сложнейших инженерно-геологических и климатических условиях сооружается около 30 км тоннелей при общей протяженности тоннельных выработок 50 км.

В социалистическом обществе научно-технический прогресс служит общему делу. Следуя благородным принципам братства, советские метростроители оказывают существенную помощь в строительстве метрополитенов в Праге, Софии, Варшаве, Будапеште, а также в дружественной Индии — в Калькутте. Советские специалисты в области метростроения оказывали консультативную помощь Румынии и Югославии, помогали строить

тоннель через центральную часть Гиндукуша в Афганистане.

Для изучения опыта метростроения в нашу страну приезжают ведущие специалисты крупных капиталистических фирм по строительству горных тоннелей и метрополитенов из таких стран, как США, Япония, Франция, Италия, Бельгия, Дания, ФРГ. Интересуются советскими методами тоннелестроения и метростроения в Турции, Греции, Ливане, Аргентине, Швейцарии и в других странах.

Успешному решению вопросов строительства советского метро способствовали создание в нашей стране индустриальной, проектной и научно-исследовательской базы метростроения, разработка и внедрение прогрессивных конструкций, технологических процессов, машин и оборудования, позволяющих сооружать тоннели в разных инженерно-геологических условиях, подготовка высококвалифицированных кадров рабочих, инженерно-технических и научных работников для данной отрасли.

Важнейшим мероприятием по улучшению хозяйственного и технического руководства строительством метрополитенов и железнодорожных тоннелей в нашей стране стало создание в 1945 г. в составе НКПС управления Главтоннельметрострой. Это позволило объединить все организации, ведущие работы по строительству подземных транспортных сооружений, выработать единую техническую политику в этой области, повысить организационный уровень работы.

В настоящее время строительством метрополитенов и тоннелей в нашей стране занято 13 управлений строительства (трестов) с многочисленными первичными линейными организациями — Мосметрострой, Ленметрострой, Киевметрострой, Тбилтоннельстрой, Бактоннельстрой, Армтоннельстрой и др. Они оснащены высокопроизводительной горнопроходческой и строительной техникой, располагают квалифицированными кадрами и имеют развитую индустриальную базу.

На условиях генерального подряда управления комплексно сооружают метрополитены, привлекая специализированные организации, выполняющие архитектурно-отделочные работы, монтаж постоянных устройств, использующие специальные методы подземного строительства. В числе специализированных организаций, выполняющих в качестве субподрядчиков различные виды

работ в системе Главтоннельметростроя, — Управление по замораживанию, водопонижению, цементации и другим видам укрепления грунтов, Союзметрострой, ведающий архитектурно-отделочными работами, и другие организации.

В целях улучшения проектирования комплексной механизации проходческих работ, сложных производственных устройств, механизмов и оборудования в системе Главтоннельметростроя организовано конструкторско-технологическое бюро, имеющее отделы на большей части крупных строек. Проведение научных исследований и разработка образцов новой техники возложены на отделение тоннелей и метрополитенов Центрального научно-исследовательского института транспортного строительства.

Совершенствование техники метро- и тоннелестроения не могло идти без развития соответствующей производственной базы. В настоящее время в системе Главтоннельметростроя действует 13 промышленных предприятий. Изготовление сборных железобетонных конструкций, железобетонных блоков тоннельных обделок осуществляется на заводах железобетонных конструкций, крупнейший из которых — Очаковский завод железобетонных конструкций Мосметростроя.

Изготовление щитов и комплексов для проходки тоннелей и производство чугунных тубингов для тоннелей диаметром 8,5 и 9,5 м организовано на заводе Главтоннельметростроя. На этом же предприятии, а также на других механических заводах управлений строительства Метростроя выпускаются нестандартное оборудование, машины и механизмы, средства малой механизации для всех видов тоннельных работ. Для отделки станций метрополитенов на Черкизовском заводе железобетонных конструкций Мосметростроя ежегодно обрабатывается 40 тыс. м² мрамора и 18 тыс. м² гранита.

Итак, Главтоннельметрострой является крупнейшим объединением подрядных, промышленных и проектно-конструкторских организаций, осуществляющих в СССР строительство метрополитенов и транспортных тоннелей. Темпы строительства линий метрополитенов в нашей стране постоянно возрастают. По сравнению с начальным периодом метростроения они увеличились почти в 5 раз. В десятой пятилетке введено в действие 75 км линий метрополитенов, в том числе 20,5 км в Москве,

11 км в Ленинграде, 10,5 км в Киеве, 16,2 км в Ташкенте.

В одиннадцатой пятилетке намечается ввод в эксплуатацию 110 км линий метрополитенов. Непрерывно увеличивается протяженность горных тоннелей разного назначения, сооружаемых организациями Главтоннельметростроя. С 1950 по 1976 г. она составила 101 км (в том числе протяженность железнодорожных тоннелей — 31,7 км, автодорожных тоннелей — 9 км, гидротехнических тоннелей — 60,3 км).

Профессии «метростроевец» в нашей стране исполнилось 50 лет. Сделанное метростроителями у всех на виду — это самый комфортабельный, надежный и скоростной городской транспорт, красивые и удобные метровокзалы, многие из которых являются выдающимися произведениями крупнейших советских зодчих. В нашей стране созданы уникальные подземные ансамбли, в которых гармонически слились в единое целое достижения науки, инженерной мысли и художественного творчества.

В Главтоннельметрострое трудятся мужественные и самоотверженные люди, высококвалифицированные специалисты, среди которых семь лауреатов Ленинской премии и 31 лауреат Государственной премии СССР, 27 Героев Социалистического Труда. Около 9 тыс. работников награждены орденами и медалями, 21 удостоен звания заслуженного инженера республики, 118 — заслуженного строителя республики, 83 человека отмечены знаком «Почетный транспортный строитель».

Четырежды орденосеи коллектив Мосметростроя. Он удостоился орденов Ленина, Трудового Красного Знамени, Октябрьской Революции и Дружбы народов. Орденами Ленина и Октябрьской Революции награжден коллектив Ленметростроя, орденом Ленина — коллективы Тблтоннельстроя, Бактоннельстроя и Киевметростроя. Большие успехи коллективов Главтоннельметростроя — залог того, что им по плечу самые сложные задачи.

● **МОСКОВСКОМУ МЕТРОСТРОЮ
50 ЛЕТ**

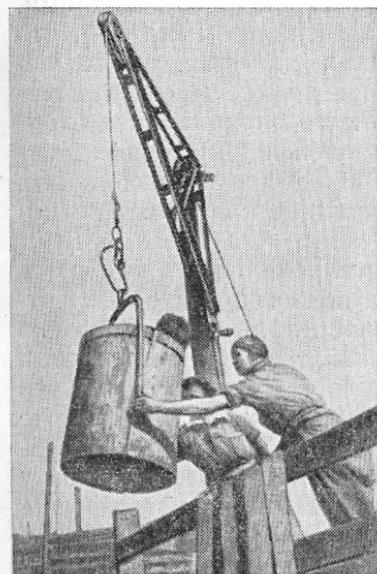


П. А. ВАСЮКОВ,
начальник московского Метростроя,
Герой Социалистического Труда,
лауреат Государственной
премии СССР

Метрополитен прочно вошел в жизнь столицы нашей Родины. Трудно представить себе Москву без этого удобного и надежного вида транспорта, неотъемлемой и важной части осуществления ленинской идеи социалистического города. Метрополитен — одно из самых наглядных проявлений постоянной заботы Коммунистической партии о благе человека, о создании максимума удобств для советских людей.

Как известно, вопрос о строительстве метрополитена в Москве неоднократно возникал в начале нашего века. Однако проекты, представлявшиеся в Московскую городскую думу, власти неизменно складывали в долгий ящик, не будучи заинтересованными в создании нового массового вида транспорта.

После Великой Октябрьской социалистической революции и окончания гражданской войны мысль о строительстве метрополитена в столице возродилась. В 1924 г. при Управлении городских железных дорог было организовано бюро по метрополитену, которое собирало и изучало материалы по проектированию подземных транспортных магистралей. К началу 30-х гг. население Москвы выросло до 4 млн. человек, а практически единственным массовым городским видом транспорта продолжал оставаться трамвай. Автобусный парк столицы едва насчитывал 200 машин.



Одна из буровых вышек для исследования грунтов. Москва, август 1932 г.

Выемка породы при помощи крана-укосины

Ручная откатка породы к стволу

В июне 1931 г. Пленум ЦК ВКП(б), рассматривая вопросы городского хозяйства, указал на неотложную необходимость строительства метрополитена в Москве, что должно было разрешить проблему быстрых и дешевых массовых людских перевозок. 23 августа 1931 г. Совет Народных Комиссаров СССР назначил начальником и главным инженером строительства Московского метрополитена Павла Павловича Ротерта, бывшего до этого главным инженером Днепростроя. В сентябре решением Моссовета было создано оргбюро Метростроя и выделены средства на подготовительные работы.

В ноябре 1931 г. заложили первую шахту метро на Русаковской улице и начали организационно-подготовительные работы, изыскания, проектирование, проходку опытного участка, подготовку к началу основных работ. В январе 1932 г. был утвержден проект трассы первой очереди строительства метро — от Сокольников до Крымской площади, с ответвлением от центра до Смоленской площади, общей протяженностью 11,6 км с 13 станциями.

Результаты геологических изысканий показали, что строители встретятся с водонасыщенными и сухими песками, напластованиями различных глин, перемежающимися водоносными трещиноватыми и плотными известняками, древними размывами, пльвунами. Нигде при строительстве метрополитена не приходилось преодолевать таких трудностей, какие встретились при проходке московских недр.

Коллектив Метростроя формировался из кадров, в большинстве не имевших опыта подземного строительства. Строители обучались и приобретали квалификацию в ходе работ. По призыву Московского комитета партии и ЦК ВЛКСМ на стройку пришло 13 тыс. комсомольцев с московских заводов, фабрик и учреждений. К работе были привлечены опытные горняки из Донбасса и с Урала, тоннелестроители Закавказья. Приезжали на работу в метро и сельские жители из разных областей Советского Союза. К концу 1933 г. в Метрострое трудилось 36 тыс. человек, а к середине 1934 г. численность его коллектива достигла 75 тыс. человек.

В 1933 г. начались работы на Сокольническом радиусе, Остоженке (Метростроевская улица), а в конце года — на Арбатском радиусе. К 30 декабря 1933 г. было выполнено 10% общего объема работ. Земляные работы были выполнены на 14%, бетонные — на 6%.

В 1934 г. темпы строительства неизмеримо выросли. Оно шло под лозунгом: «Ежедневно вынимать 9 тыс. м³ грунта, укладывать 4 тыс. м³ бетона». Одновременно развернулась борьба за высокое качество работ. 15 октября 1934 г. на участке «Комсомольская площадь» — «Сокольники» прошел первый пробный поезд. В ноябре под площадью Дзержинского выполнили последнюю сбойку. Строительство тоннелей закончилось. Почти все 11,6 км тоннелей были сооружены в течение 1934 г.

Выемка породы и укладка бетона по годам составили (тыс. куб. м):

	1932 г.	1933 г.	1934 г.	1935 г.	Всего
Выемка породы	14	300	1950	31	2295
Укладка бетона	2	59	749	32	842

Для первой очереди потребовалось 300 тыс. т цемента, 0,5 млн. м³ лесоматериалов, около 1 млн. м³ гравия, щебня и бута, 90 тыс. т металла. Было перевезено 14 млн. т различных грузов.

При производстве работ преобладал ручной труд. Не хватало отбойных молотков, не было породопогрузочных машин. Основными орудиями труда стали кайло, лом, лопата. Откатка вагонеток производилась вручную. Проходка велась при сплошном деревянном креплении. Всего горным способом было пройдено 9013 м тоннелей, щитами — 887, траншейным способом — 3251, открытым способом в котлованах — 4220 м.

Участок линии от Комсомольской площади до Библиотеки имени В. И. Ленина, проходивший в районах с плотной многоэтажной застройкой, с узкими улицами, сооружался глубоким заложением. Участки от Сокольников до Комсомольской площади и от Библиотеки имени В. И. Ленина до Крымской площади строились открытым способом в котлованах. На Арбатском радиусе от «Станции имени Коминтерна» (ныне «Калининская») до Смоленской площади использовали траншейный способ.

На участках первой очереди строительства были впервые применены специальные методы искусственного закрепления грунтов путем замораживания и силикатиза-

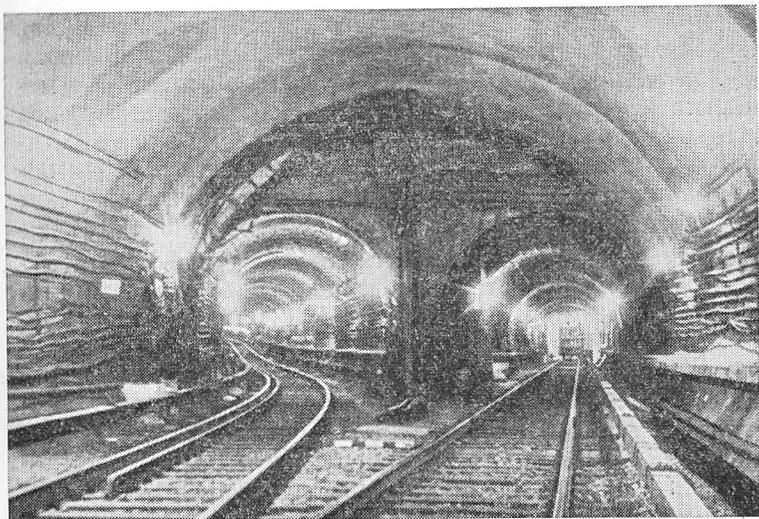
ции, а также метод водопонижения при проходке как шахтных стволов, так и тоннелей. Впервые в мировой практике выполнена проходка эскалаторных тоннелей в неустойчивых грунтах способом замораживания. В период строительства первой очереди московского метро были заложены основы отечественного метростроения. Осваивались методы и технология производства работ в самых разных инженерно-геологических условиях.

15 мая 1935 г. на линиях первой очереди столичного метрополитена началось движение поездов. От Сокольников поезда шли с интервалом 5 мин поочередно по маршрутам Сокольники — Охотный ряд — Смоленская площадь и Сокольники — Охотный ряд — Крымская площадь. Таким образом, на участке Сокольники — Охотный ряд поезда шли с интервалом 5 мин, а на участках Охотный ряд — Крымская площадь и Охотный ряд — Смоленская площадь — с интервалом 10 мин.

Сооружение линий первой очереди московского метро характеризовалось техническими поисками, творчеством изобретателей и рационализаторов. Многотысячный коллектив, разнородный по социальному, национальному и возрастному составу, по профессиональной подготовке, был сцементирован волей партии и превратился в крупную мощную строительную организацию. Накопленный опыт позволял уверенно приступить к строительству новых линий. Московский метрополитен стал образцом первоклассного строительного мастерства.

Московское метро — это комплекс выдающихся произведений архитектуры и декоративно-прикладного искусства. Художественная и эстетическая ценность оформления станций Московского метрополитена известна всему миру. В оформлении станций участвовали выдающиеся зодчие нашей страны И. А. Фомин, Д. Н. Чечулин, В. Г. Гельфрейх, А. В. Щусев, А. Н. Душкин, Б. М. Иофан, Н. Я. Колли, замечательные художники Е. Н. Лансере, В. А. Фаворский, А. А. Дейнека, П. Д. Корин, скульпторы М. Г. Манизер, Е. В. Вучетич, В. И. Мухина, Н. В. Томский и многие другие. Произведения монументального искусства метрополитена выполнены из гранита, мрамора, смальты, керамики, металла. Они служат средством широкого идейного и художественного воспитания.

Постройка первой очереди метрополитена стала огромной победой на фронте социалистического переу-



На подходе к одной из станций

Момент сбойки тоннелей

ройства Москвы. За выдающиеся успехи в строительстве первой очереди Московского метрополитена большая группа метростроевцев была награждена орденами и медалями СССР, всем участникам строительства была объявлена благодарность. За особые заслуги в воспитании молодых строителей метрополитена Московская организация ВЛКСМ в 1935 г. была награждена орденом Ленина.

К 1935 г. Москва превратилась в крупнейший индустриальный центр страны. Осуществлялся генеральный курс партии на преимущественный рост тяжелой промышленности, на индустриализацию. Вводились в строй новые крупные предприятия — заводы «Шарикоподшипник», «Станколит» и др., реконструировались старые — в 1931—1932 гг. реконструировался завод АМО (ныне автомобильный завод имени И. А. Лихачева), затем — «Красный пролетарий», «Компрессор». Москве было тесно в старых границах, она становилась одним из самых населенных городов мира — численность ее населения приближалась к 4,5 млн. человек.

В июле 1935 г. ЦК ВКП(б) и СНК СССР приняли постановление «О Генеральном плане реконструкции города Москвы», в котором была намечена широкая программа реконструкции и дальнейшего развития всех отраслей хозяйства города, жилищного, бытового и коммунального строительства, в том числе и развития городского транспорта. Строительство метрополитена органически вошло в план реконструкции столицы.

Проект строительства второй очереди Московского метрополитена предусматривал продление Арбатского радиуса от Смоленской площади до Киевского вокзала, с мостовым переходом через Москву-реку, строительство Покровского радиуса от площади Революции до Курского вокзала и Горьковского радиуса от площади Свердлова до поселка Сокол.

Одновременно Метрострою поручалось выполнение горных и проходческих работ в разных районах Советского Союза. Метрострой сооружает на Урале, недалеко от Свердловска, четыре угольные шахты, железнодорожный тоннель на линии Джульфа — Минджевань, гидротехнический тоннель в Кандалакше. В конце 1939 г. Метрострою было поручено строительство девяти железнодорожных тоннелей Черноморской железной дороги.

Огромная роль в становлении отечественного метростроения принадлежит первому начальнику Метростроя П. П. Ротерту. Все принципиальные технические и организационные вопросы решались при его активном участии, на основе глубокого анализа, с учетом перспектив строительства. По инициативе П. П. Ротерта в Москве был создан Комитет научно-технического содействия Метрострою под председательством академика Г. М. Кржижановского. На посту начальника Метростроя П. П. Ротерта сменил в 1936 г. Егор Трофимович Абакумов, потомственный горняк из Донбасса, выдающийся организатор угольной промышленности.

К началу 1937 г. отечественная промышленность смогла обеспечить метростроевцев передовыми по тому времени средствами механизации. Метрострой получил 42 проходческих щита, полностью изготовленных заводами нашей страны (30 щитов диаметром 6 м предназначались для проходки перегонных тоннелей и 12 щитов диаметром 9,5 м — для сооружения станций). Щитовой способ позволил вести проходку без деревянного крепления. Монолитная бетонная обделка сменилась сборной, из чугунных тюбингов. Трудоемкость работ значительно снизилась. Если на строительстве первой очереди работало 75 тыс. человек, то к 1937 г. коллектив строителей составлял 34 тыс. человек.

На второй и третьей очередях строительства 80% всех тоннелей были сооружены с помощью щитов. Применение щитов означало переход метростроения на более высокий технический уровень. Возросла и общая степень механизации работ. На откатке породы, ранее производившейся вручную, теперь начали использовать электровозы. Погрузка породы осуществлялась машинами с пневмоприводом. Строительные объекты в достаточном количестве были обеспечены отбойными пневматическими молотками и пневмобурами.

Рост технического уровня и возросшего мастерства строителей характеризовался уменьшением затрат труда на сооружение 1 пог. м тоннеля с 646 чел.-ч на первой очереди до 249 чел.-ч на второй очереди и до 204 чел.-ч на третьей очереди строительства.

Обделка перегонных тоннелей и станций глубокого заложения выполнялась из чугунных тюбингов, применение которых повысило качество тоннельных сооружений. Конструкции из тюбингов прочны, долговечны,

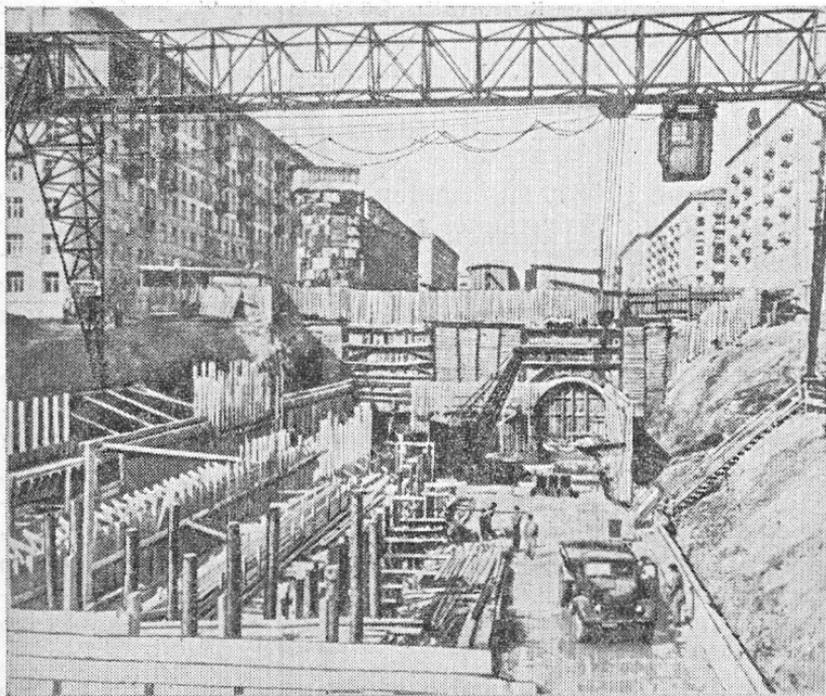
практически водонепроницаемы. Переход на такую отделку стал значительным шагом на пути совершенствования техники метростроения.

Строительство линий второй очереди отмечено крупными инженерными и архитектурными достижениями, особенно при сооружении ряда станций глубокого заложения. Первой станцией глубокого заложения колонного типа была станция «Маяковская», путевые тоннели которой объединены со сводом среднего зала. Вся конструкция опирается на два ряда высоких стальных колонн, связанных продольными и поперечными арками. Колонны в сочетании с высоким куполом способствуют созданию ощущения легкости и простора.

В 1937 г. было закончено продление Арбатского радиуса на 1,5 км от станции «Смоленская» к Киевскому вокзалу, с мостом через Москву-реку, имеющим протяженные подходные эстакады. Станция «Киевская» и тоннели от моста до станции сооружались открытым способом в котлованах. Вначале станция имела только один вестибюль на площади Киевского вокзала. В дальнейшем, в связи с постройкой здания пригородного вокзала, был устроен второй выход и создана удобная связь с платформами пригородных железнодорожных линий.

В марте 1938 г. вводится в эксплуатацию Покровский радиус метрополитена протяженностью 3,5 км — от площади Революции до Курского вокзала — с двумя станциями, а в сентябре того же года Горьковский — от площади Свердлова до поселка Сокол — длиной 9,6 км с шестью станциями. Строительство второй очереди метрополитена было завершено, и Метрострой приступил к сооружению третьей очереди — продлению Покровского радиуса в Измайлово и Горьковского радиуса — в Замоскворечье, до автозавода. За достижения при строительстве второй очереди метрополитена коллектив Метростроя был награжден орденом Ленина.

В конце 30-х гг. продолжалось развитие техники метростроения, повышалась механизация работ. Были полностью механизированы погрузка и разгрузка породы, усовершенствованы, облегчены конструкции станций глубокого заложения, выполненные из тубингов, конструктивно улучшены тубинги для перегонных тоннелей, уменьшен их вес, а ширина доведена с 60 см до 1 м. Сокращение количества швов и болтовых соединений позволило повысить качество гидроизоляции тоннелей. При



Котлован открытого способа работ, соединенный с тоннелями мелкого заложения

проходке тоннелей Измайловского радиуса с успехом применили гидромеханизацию — порода в забое размывалась гидромониторами, пульпа откачивалась на поверхность в отстойники. К июню 1941 г. были сооружены все тоннели Замоскворецкого радиуса и 70% тоннелей Покровского.

С первых дней Великой Отечественной войны коллектив метростроевцев включился в общее дело борьбы с врагом. Тысячи метростроевцев возводили оборонительные сооружения на подмосковных рубежах. Специально сформированные отряды были направлены в Горький, Казань, Киров, Куйбышев, Саратов, Сталинград для выполнения заданий Государственного Комитета Обороны. Более 1,5 тыс. метростроевцев с оружием в руках отстаивали на фронте свободу и независимость Родины. За боевые подвиги 43 метростроевца были удостоены высокого звания Героя Советского Союза. Среди них

К. Я. Самсонов — командир батальона, штурмовавшего рейхстаг, А. А. Егорова — легендарный штурман 805-го авиационного полка, подводник А. А. Морухов, продолжающий и ныне трудиться в Метрострое. 992 метростроевца награждены боевыми орденами и медалями.

6 ноября 1941 г. на станции «Маяковская» состоялось торжественное заседание, посвященное 24-й годовщине Великой Октябрьской социалистической революции. Отсюда на всю страну прозвучали призывы, выражавшие волю партии, волю всего советского народа, — призывы к борьбе и победе над фашистскими полчищами.

В декабре 1941 г. под ударами Красной Армии немецкие войска отступили от Москвы. Мощная противовоздушная оборона прекратила доступ вражеской авиации к столице. Строительство метрополитена продолжалось. В январе 1943 г. был введен в эксплуатацию Замоскворецкий радиус протяженностью 6,5 км от станции «Площадь Свердлова» до автозавода. 1 января 1944 г. было открыто движение на семикилометровом участке Покровского радиуса — от Курского вокзала до Измайловского парка.

Строительство третьей очереди метрополитена велось в условиях нехватки рабочих рук, материалов, оборудования. Тысячи женщин пришли на Метрострой, заменяя мужчин, ушедших на фронт. До войны чугунные тьюбинги Метрострою поставлял Днепропетровский завод металлургического оборудования. Крупнейшие московские заводы («Станколит», «Серп и молот», «Компрессор» и др.), несмотря на загруженность, изготовили несколько тысяч тонн тьюбингов для третьей очереди метро.

Не хватало цемента. Работники Метростроя совместно со специалистами Научно-исследовательского института строительных материалов разработали способ получения вяжущих материалов из золы — отходов сжигания высокозольных углей на тепловых электростанциях. Не хватало средств автотранспорта. К шахтным площадкам, отвалам грунта, складам были проложены трамвайные пути. Грунт вывозили грузовыми трамваями, ими же на шахты завозили массовые грузы, щебень, песок, тьюбинги, металл и другие материалы. С помощью Московского городского комитета партии было организовано изготовление эскалаторов — их детали выпускали 59 столичных заводов. Вся Москва помогала строить метрополитен.

Сегодня мы с благодарностью вспоминаем тех, кто своим самоотверженным, героическим трудом обеспечил выполнение ответственных заданий военного времени. Это начальник Метростроя М. А. Самодуров, его заместители Н. А. Губанков, А. С. Чесноков и И. Г. Данковцев, главный инженер Метростроя А. Г. Танкилевич, начальники шахт и строителств Н. М. Эсакия, Н. М. Цуриков, В. К. Тройе, Г. М. Либензон, В. А. Леферов, И. Н. Шамаев, П. С. Сметанкин, Н. Д. Дanelия, Я. А. Дорман, Л. Ф. Возианов, Е. И. Тищенко, С. Л. Штерн, А. Д. Глебов, электромеханики Н. В. Церковницкий, В. И. Размеров, М. И. Митрофанов, И. И. Панов, И. И. Дюков, А. К. Максимов, В. Ф. Чулков, Н. П. Гостеев, проходчики К. И. Лагоденко, Н. А. Локаленко, А. А. Амиров, В. И. Соколов и сотни других тружеников Метростроя.

По мере освобождения территории Советского Союза от гитлеровских захватчиков метростроевцы направлялись на восстановительные работы. В Донбассе они восстанавливали угольные шахты, разрушенные оккупантами, в Крыму, на Кавказе и в Карпатах — железнодорожные тоннели.

Коллектив метростроевцев, еще до войны направленный на строительство тоннелей на участке железнодорожной линии Адлер — Сухуми, в июле 1942 г. был отрезан от центра страны. В связи с военной обстановкой, прекращением снабжения материалами, мобилизацией части рабочих в армию строительство тоннелей временно прекратилось. Необходимо было поддерживать связь Черноморской группы войск с Закавказьем. Метростроевцы внесли весомый вклад в дело обороны Кавказа. 25 января 1943 г. была учреждена медаль «За оборону Кавказа». Среди первых награжденных ею были и метростроевцы, работавшие на сооружении обходных линий.

За образцовое выполнение заданий партии и правительства в годы Великой Отечественной войны Метрострой в 1944 г. награждается орденом Трудового Красного Знамени. Ему было передано на вечное хранение Красное знамя Государственного Комитета Оборона. Коллективу инженеров, техников и рабочих Метростроя была объявлена благодарность Государственного Комитета Оборона. Орденов и медалей СССР удостоились 520 метростроевцев.

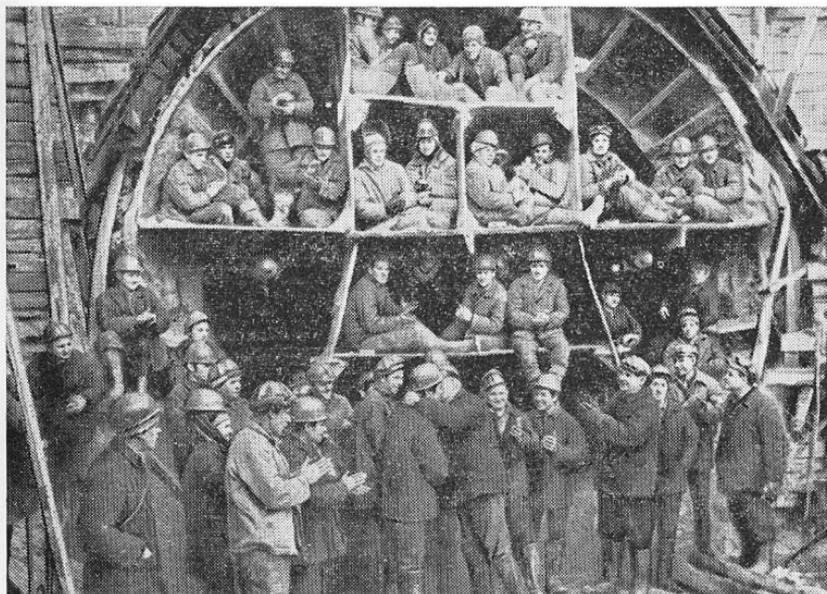
После победного завершения Великой Отечественной войны трудящиеся столицы приступили к восстановлению и развитию городского хозяйства. Крупнейшей московской стройкой первых послевоенных лет стало сооружение четвертой очереди метрополитена — кольцевой линии, начатое еще в военные годы. Эта линия протяженностью около 20 км с 12 станциями соединяет семь крупнейших вокзалов Москвы, разгружая центр города и наземный городской транспорт от транзитных пассажиров.

Станции кольцевой линии расположены на ее пересечениях с основными радиальными транспортными магистралями. Из 12 станций десять являются пересадочными. На них осуществляется переход на радиальные линии. Станции, расположенные у железнодорожных вокзалов, характеризуются увеличенными объемами, удлиненными средними залами, широкими платформами и проходами. Вдоль всей трассы кольцевая линия имеет глубокое заложение. Четыре раза она пересекает Москву-реку и один раз — водоотводный канал.

Строительство кольцевой линии стало важным шагом в развитии техники метростроения. Здесь совершенствовалась организация работ, возрастала степень механизации. Для станционных и эскалаторных тоннелей применили новую конструкцию водозащитного зонта из асбестоцементных листов взамен железобетонной рубашки с оклеечной изоляцией. Внутренние конструкции станций глубокого заложения выполнялись из сборного железобетона. На кольцевой линии были построены колонные станции более совершенной конструкции, чем прежде, такие, как «Курская» и «Комсомольская». Станция «Комсомольская»-кольцевая уникальна по конструкции и размерам. Ее средний зал перекрыт тубинговым сводом диаметром 11,5 м. Впервые тут был сооружен наклонный тоннель для четырех лент эскалаторов.

В результате совершенствования техники и организации строительства росла и производительность труда. Если в 1939—1941 гг. при строительстве третьей очереди Московского метрополитена трудовые затраты на сооружение 1 пог. м тоннеля составляли 204 чел.-ч, то при сооружении кольцевой линии (1949—1951) на ту же работу затрачивалось лишь 178 чел.-ч.

В связи с недостатком в Метрострое специалистов с высшим образованием при Московском институте инже-



Митинг по случаю окончания проходки щитом к станции «Беляево»

неров транспорта была организована переподготовка инженерно-технических работников метро, которую в 1946—1949 гг. прошли более 200 человек. В целях подготовки квалифицированных рабочих ежегодно около 5 тыс. человек обучалось метростроевским профессиям. Крупная заслуга в создании квалифицированных кадров принадлежит М. А. Самодурову, бывшему начальником Метростроя в 1940—1950 гг. Его большая организаторская работа способствовала сохранению коллектива в военное время, укреплению его в послевоенные годы.

Вскоре после войны трудящиеся Москвы приступили к осуществлению плана развития и реконструкции столицы на 1951—1960 гг. Развернулось большое жилищное строительство. Оно велось в основном на свободных территориях городских окраин. Новые линии метро прокладывались от центра города за пределы Окружной железной дороги. В период 1951—1965 гг. были сооружены или продлены Фрунзенский, Рижский, Покровский, Калужский, Филевский и Горьковский радиусы метрополитена.

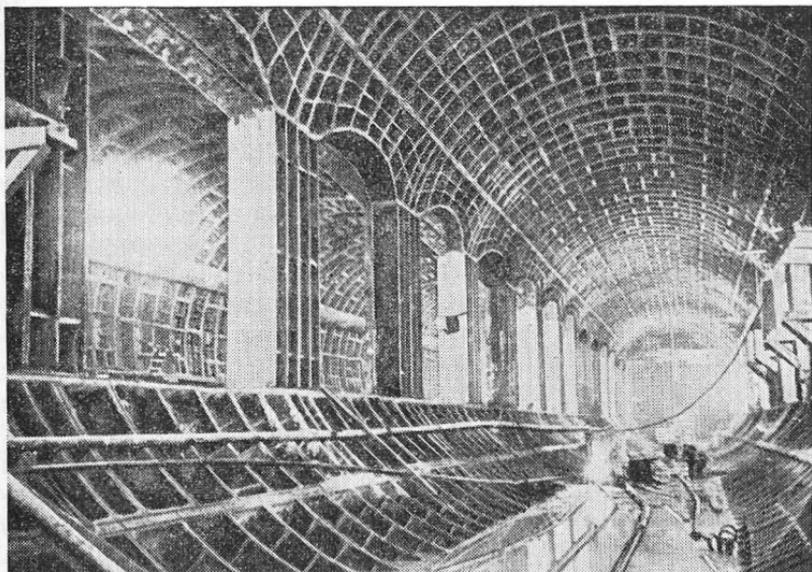
Продолжалось совершенствование техники метростроения. Получил развитие экономичный открытый спо-

соб работ с применением сборных конструкций. На Рижском радиусе было положено начало массовому внедрению железобетонной обделки при сооружении перегонных тоннелей глубокого заложения, что позволило получить экономию 7 тыс. т чугуна на 1 км тоннеля. Был испытан и успешно работал первый, разработанный для инженерно-геологических условий Москвы, механизированный проходческий щит типа М-105Т. Вагонетки емкостью 0,75 м³ и 1 м³ были заменены большегрузными вагонетками емкостью 1,5 м³, породопогрузочные машины ПМЛ-5 уступили место более производительным машинам типов ОМ-510 и ППМ-4.

Значительный вклад в совершенствование техники метростроения внес Н. А. Губанков, начальник Метростроя в 1950—1958 гг. По его инициативе и при его непосредственном участии была разработана и внедрена сборная железобетонная обделка тоннелей глубокого заложения, испытан и внедрен механизированный проходческий щит. Качественно повысился уровень механизации тоннельных работ.

Следующим этапом совершенствования техники метростроения стало строительство Калужского радиуса метрополитена. Под руководством В. Д. Полежаева, начальника Метростроя в 1958—1972 гг., был разработан и успешно внедрен московский способ сооружения тоннелей, т. е. проходка тоннелей мелкого заложения закрытым способом, на незначительной глубине от поверхности, без ее вскрытия. Этот способ позволил существенно сократить объем перекладки подземных инженерных коммуникаций и избежать сноса зданий вдоль трасс метрополитена. Трудовые затраты на сооружение 1 км тоннеля при этом способе сократились до 122 чел.-ч со 181,7 чел.-ч при открытом способе работ.

На строительстве участка глубокого заложения была впервые применена конструкция плоского лотка для тоннелей круглого очертания, что снизило трудоемкость работ за счет ликвидации операций по очистке лотка и устройству настила для откаточных путей. К 1961 г. практически полностью завершился переход на сборные железобетонные конструкции для тоннелей открытого способа работ. Были детально разработаны и нашли широкое применение трехпролетные, полностью сборные конструкции станций с двумя рядами колонн, сооружаемые и в настоящее время.



Общий вид конструкции станции «Марксистская»

За выдающиеся производственные успехи, достигнутые при строительстве Калужского радиуса Московского метрополитена, бригадирам проходчиков И. Н. Павлову и И. Д. Филимонову и начальнику Метростроя В. Д. Полежаеву в 1963 г. было присвоено звание Героя Социалистического Труда.

К началу восьмой пятилетки протяженность сети столичного метрополитена достигла 116 км. Высокими темпами в Москве велось жилищное строительство. Вырос крупный жилой массив в районе Текстильщики — Кузьминки, быстро застраивались южная и юго-западная части города — Нагатино, Коломенское, Волхонка — ЗИЛ, Черемушки, а также и другие районы — Октябрьское поле, Тушино, Свиблово — Медведково, Перово — Новогиреево. Все эти массивы сравнительно отдалены от центра города. Только метро могло решить транспортные проблемы для их жителей. Трассы новых линий метро были проложены в эти районы.

В 1966 г. вошел в число действующих Ждановский радиус метрополитена длиной 14 км — от станции «Таганская» через Текстильщики и Кузьминки до станции

«Ждановская». Строительство велось освоенным на Калужском радиусе закрытым способом на небольшой глубине. Трасса радиуса проходила в песках естественной влажности. Для этих условий была разработана и внедрена новая технология сооружения тоннелей. В декабре 1963 г. бригады В. Г. Слажнева, И. И. Титова, И. В. Бородаева, И. Я. Скрылева, Н. Коваля, М. Г. Сивкова строительного-монтажного управления № 7 под руководством начальника СМУ Ю. П. Павлова и начальника участка Н. А. Простова, работая по новой технологии, достигли выдающегося успеха, соорудив за месяц 400 пог. м тоннеля. Затраты труда снизились до 81 чел.-ч на 1 пог. м тоннеля со 122 чел.-ч на строительстве Калужского радиуса.

В 1969 г. был введен в эксплуатацию Замоскворецкий радиус метро — от станции «Автозаводская» до станции «Қаховская» — протяженностью 9,6 км. При работе закрытым способом коллектив СМУ-8 (начальник СМУ П. С. Бурцев, начальник участка Е. А. Черненко, проходческие бригады Ф. И. Маркушева, М. В. Волкова, Н. А. Чистова и В. В. Голубева) достиг рекордной для того времени скорости сооружения тоннелей проходческим щитом. За один месяц на участке между станциями «Қоломенская» и «Қаширская» было пройдено одним забоем 430,6 м при норме 90—100 м в месяц.

При проектировании новых линий в этот период особое внимание обращалось на улучшение транспортного сообщения окраинных районов с центром и на создание удобных связей между отдельными линиями метро, а также между линиями метро и пригородных железных дорог. В 1970 г. Калужский радиус от станции «Октябрьская», а Ждановский — от станции «Таганская» продлеваются в центр города до площади Ногина, где сооружается совмещенная станция нового типа «Площадь Ногина», состоящая из двух станций, соединенных между собой пересадочным коридором и обслуживающих две разные линии. Планировка и конструкция станций обеспечила хорошие условия пересадки с Калужско-Рижской на Ждановско-Краснопресненскую линию и наоборот.

В 1971 г. введен в эксплуатацию центральный участок Калужско-Рижского диаметра от станции «Площадь Ногина» до станции «Проспект Мира» с двумя станциями («Тургеневская» и «Қолхозная»). Одновременно была ре-

конструирована станция «Кировская». Незначительная длина нового участка — всего 2,1 км — компенсировалась эффектом, который он дал всей системе метрополитена. Путь от ВДНХ до Черемушек сократился на 15—20 мин, отпала необходимость в двух пересадках. Жители районов, тяготеющих к Рижскому и Калужскому радиусам, получили возможность прямого сообщения с центром города.

В июне 1971 г. ЦК КПСС и Совет Министров СССР утвердили новый Генеральный план развития Москвы. Важное место в нем было отведено дальнейшему развитию сети метрополитена. В девятой пятилетке продолжается строительство линий метро от центральной части города к периферии.

В 1972 г. во главе Метростроя становится Ю. А. Кошелев. В этот период вводится в эксплуатацию участок «Баррикадная» — «Октябрьское поле» протяженностью 8,1 км, проходящий по Краснопресненскому, Фрунзенскому и Ворошиловскому районам столицы, осуществляется реконструкция пересадочного узла между тремя станциями метрополитена у Киевского вокзала. В 1974 г. капитально реорганизуется центральный пересадочный узел между станциями «Площадь Свердлова», «Прспект Маркса» и «Площадь Революции».

В конце 1975 г., завершая девятую пятилетку, Метрострой сдал в эксплуатацию участки метрополитена от станции «Октябрьское поле» до станции «Планерная» (9,6 км) и от станции «Площадь Ногина» до станции «Баррикадная» (3 км). С вводом этих участков завершилось строительство Ждановско-Краснопресненской линии общей длиной 37 км, проходящей через 12 районов города. Жилые массивы северо-запада и юго-востока столицы получили прямую связь с центром города. Значительно снизилась загрузка Горьковской линии и прилегающих к ней пересадочных узлов.

В 1975 г. за досрочное выполнение заданий девятой пятилетки коллектив Метростроя награждается третьим орденом — орденом Октябрьской Революции, а в следующем году за большой вклад в развитие метростроения и внедрение прогрессивной технологии сооружения тоннелей начальнику Метростроя Ю. А. Кошелеву и бригадиру проходчиков А. С. Суханову присваивается звание Героя Социалистического Труда.

При сооружении Краснопресненского радиуса метро-

политена проектировщикам и строителям пришлось решать ряд сложных технических проблем, не встречавшихся ранее в практике метростроения. Одна из них — проходка тоннелей под водными преградами, в частности под каналом имени Москвы, где расстояние от дна канала до верха тоннелей было небольшим. Проходка осуществлялась под защитой льдогрунтовой плиты толщиной 3 м, образованной в русле канала, при одновременно полностью замороженных массивах на подходах к каналу. В районе Тушина трасса пересекала деривационный канал, расстояние от дна которого до верха тоннелей также было невелико. Во избежание возможного прорыва воды в строящиеся тоннели было решено уложить на дно канала два тубинговых тоннеля диаметром 5,5 м и длиной 88 м и пропустить по ним воду, перекрыв русло на этом участке насыпной песчаной дамбой.

На строительстве Краснопресненского радиуса были применены принципиально новые методы проходки тоннелей закрытым способом в неустойчивых песчаных грунтах на незначительной глубине — с монолитно-пресованной обделкой и со сборной железобетонной обделкой, обжимаемой в породу. При первом способе достигается экономия металла до 400 т на 1 км тоннеля за счет применения монолитного бетона взамен железобетонных тубингов, трудозатраты снижаются на 10—13%. При втором способе в связи с устранением первичного нагнетания цемента за обделку расход цемента снижается до 600 т на 1 км тоннеля. Оба способа позволяют свести к минимуму осадку поверхности и обеспечивают значительное повышение производительности труда.

В десятой пятилетке новые линии метрополитена уходят все дальше к границам города. В октябре 1978 г. досрочно, к годовщине принятия новой Конституции, был введен в действие участок Рижского радиуса от станции «ВДНХ» до станции «Медведково» длиной 8,4 км с четырьмя станциями.

Очередным этапом совершенствования техники метростроения стало успешно примененное впервые сооружение тоннелей открытого способа работ из укрупненных готовых тоннельных секций длиной 1,5 м (цельно-секционная обделка — ЦСО).

Развитие сети столичного метрополитена в десятой пятилетке было завершено вводом в эксплуатацию Калининского радиуса длиной 12,3 км, который обеспечил

надежным скоростным транспортом население жилых массивов, прилегающих к шоссе Энтузиастов, а также районов Перово и Новогиреево. Радиус доходит до Московской кольцевой автомобильной дороги. Он служит частью будущей Киевско-Калининской линии метро, которая, пройдя в центр города через станции «Новокузнецкая» и «Арбатская», соединится с Арбатским радиусом глубокого заложения. В перспективе она будет продлена от Киевского вокзала на юго-запад, пройдет вдоль Мичуринского проспекта к Очакову и выйдет за МКАД в направлении Солнцева.

Строительство метрополитена в восьмой — десятой пятилетках характеризуется постоянным внедрением новых, прогрессивных конструкций, высокопроизводительных машин и механизмов, применением новых технологических процессов и способов производства работ. В этот период созданы станции колонного типа глубокого заложения, более экономичные и удобные, чем прежде, с большей высотой среднего зала и более широкой платформой («Площадь Ногина», «Пушкинская», «Кузнецкий мост», «Марксистская», «Авиамоторная»); односводчатые станции открытого способа работ («Сходненская», «Бабушкинская», «Перово»), сооружаемые индустриальным методом с высоким уровнем механизации; колонные станции открытого способа работ с увеличенным до 6 м, а затем и до 7,5 м шагом колонн вместо прежних 4,5 м (при этом повышается сборность строительства, улучшается обзор на платформе — станция «Новогиреево»).

Использование цельносекционной обделки позволило осуществлять сборку тоннелей в открытых котлованах из готовых секций с последующей засыпкой. Этот способ сооружения тоннелей является наиболее индустриальным, значительно сокращает затраты труда. С успехом применялось продавливание тоннельных конструкций при пересечении автомобильных и железнодорожных магистралей, что дало возможность вести строительство тоннелей метро без сооружения объездных путей, а также без перерыва движения на транспортных магистралях и значительно сократило сроки работ.

На строительстве Калининского радиуса был испытан и успешно работал механизированный проходческий щит ЩМР-1 для проходки в известняках. Обычно до этого проходка тоннелей в породах такой прочности осущест-

влялась буровзрывным способом. С применением нового щита тяжелый физический труд бурильщиков и проходчиков был заменен трудом оператора щита.

На ряде линий проходку шахтных стволов в неустойчивых и плавунных грунтах осуществляли новым методом — методом опускания ствола под нагрузкой в глинистом растворе. Обделка ствола наращивалась сверху и мощными домкратами вдавливалась в грунт, порода из ствола выбиралась грейфером. Обычно стволы в неустойчивых обводненных грунтах проходят с применением замораживания. Опускание ствола в глинистом растворе позволило отказаться от замораживания, в 2—3 раза сократило время производства работ, исключило тяжелый физический труд проходчиков, так как присутствия рабочих в стволе при разработке грунта грейфером не требовалось.

Следует упомянуть о завершенном в 1979 г. строительстве станции «Горьковская», уникальной по конструкции и способу сооружения. Впервые в мировой практике метростроения станция глубокого заложения была построена на действующей линии без перерыва чрезвычайно интенсивного движения поездов. Строительство было осуществлено в рекордно короткий срок — за 4,5 года. Станцию ввели в эксплуатацию на пять месяцев раньше установленного срока.

В своем приветствии метростроителям и всем участникам строительства Калининского радиуса Московского метрополитена и станции «Горьковская» Л. И. Брежнев отметил, что строители внесли большой вклад в развитие транспортной сети столицы, в дело превращения Москвы в образцовый коммунистический город. «Ваши достижения,— писал Л. И. Брежнев,— результат самоотверженного труда всех участников строительства, внедрения прогрессивной технологии, постоянного совершенствования строительной техники, большой организаторской и политической работы партийной, профсоюзной и комсомольской организаций».

План десятой пятилетки Метрострой завершил к 63-й годовщине Великой Октябрьской социалистической революции досрочным вводом в действие 115-й станции столичного метрополитена — «Шаболовской» на Калужском радиусе. Этот ввод метростроители посвятили предстоявшему XXVI съезду КПСС.



Производство работ методом «стена в грунте»

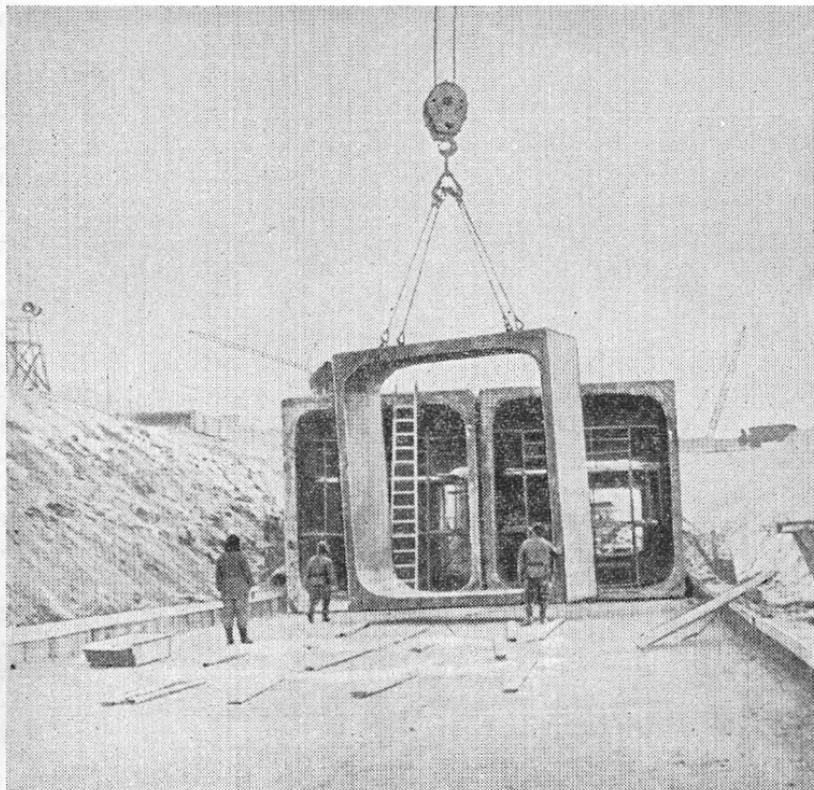
Вордъ

В нелегкой работе по строительству подземных магистралей Метрострою с первых дней его существования оказывает постоянную помощь Московская городская партийная организация. При строительстве первой очереди Московского метрополитена Московский городской комитет партии рассматривал все принципиальные вопросы. На Метрострой были направлены коммунисты с большим опытом партийной работы. Они сумели сплотить коллектив, поднять его на преодоление трудностей. И в настоящее время Московский городской комитет партии постоянно держит в поле зрения строительство метрополитена, оказывая Метрострою необходимую помощь.

Почетные и ответственные задачи ставятся перед Метростроем в одиннадцатой и двенадцатой пятилетках. Сеть метрополитена в Москве должна увеличиться почти на 60 км. В 1983 г. будет введен в эксплуатацию Серпуховский радиус протяженностью 13,9 км, в 1984 г. он будет продлен на 2,8 км от Добрынинской площади до Библиотеки имени В. И. Ленина, а в 1985 г. будет продлен еще на 1,3 км — от станции «Южная» до станции «Пražская». Замоскворецкий радиус метро от станции «Каширская» продлевается на 10 км в направлении Орехово — Борисово — Братеево. Калининский радиус намечено к 1985 г. продлить от станции «Марксистская» до станции «Новокузнецкая».

На двенадцатую пятилетку планируется строительство Тимирязевского радиуса — от Библиотеки имени В. И. Ленина в Отрадное — протяженностью около 16 км. У станции «Библиотека имени Ленина» Тимирязевский радиус соединится с Серпуховским и образует Тимирязевско-Серпуховский диаметр, пересекающий столицу с севера на юг. Линия от Библиотеки имени В. И. Ленина пройдет к Пушкинской площади, где будет сооружена станция «Чеховская», отсюда линия пойдет через Трубную площадь к станции «Новослободская», далее к Савеловскому вокзалу, Сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева и в Отрадное. На 6,5 км — от станции «Беляево» в Ясенево — будет продлен Калужский радиус. Планируется также продление Кировского радиуса от станции «Преображенская площадь» до улицы Подбельского.

Московский Метрострой является школой отечественного метростроения. Его коллектив был ядром, вокруг



Сооружение тоннелей открытого способа работ с цельносекционной обделкой

которого создавались кадры метростроителей Ленинграда, Киева, Баку и других городов.

Еще накануне Великой Отечественной войны, в 1940 г., было принято решение о строительстве метрополитена в Ленинграде. В конце 1940 г. большая группа московских метростроителей прибыла в Ленинград и образовала ядро ленинградского Метростроя. В то время эта организация носила название «Строительство № 5 НКПС». Здесь работали известными своими трудовыми достижениями на строительстве Московского метрополитена Н. К. Краевский, С. Е. Алтунин, О. В. Устинова и другие.

До июня 1941 г. было пройдено 15 шахтных стволов и начата проходка тоннелей. В военное время строи-

тельство метрополитена в Ленинграде прекратилось. Оно было возобновлено в 1948 г.

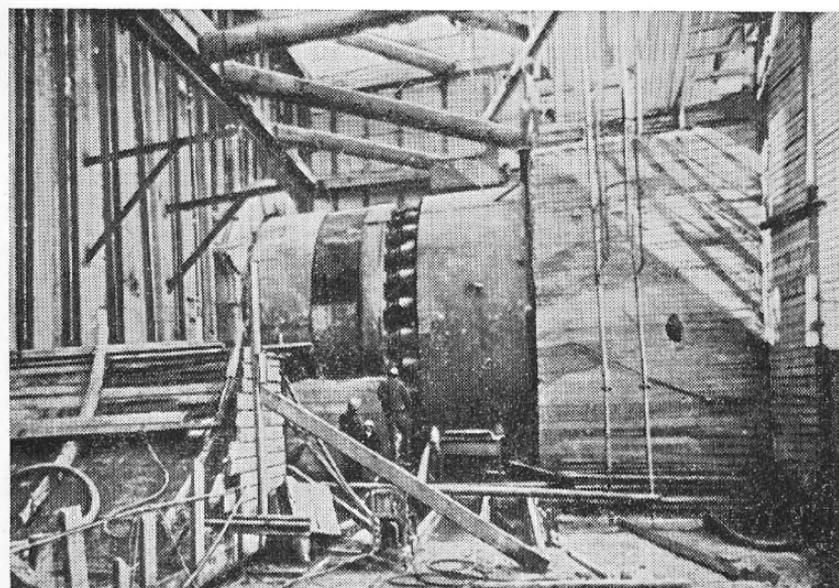
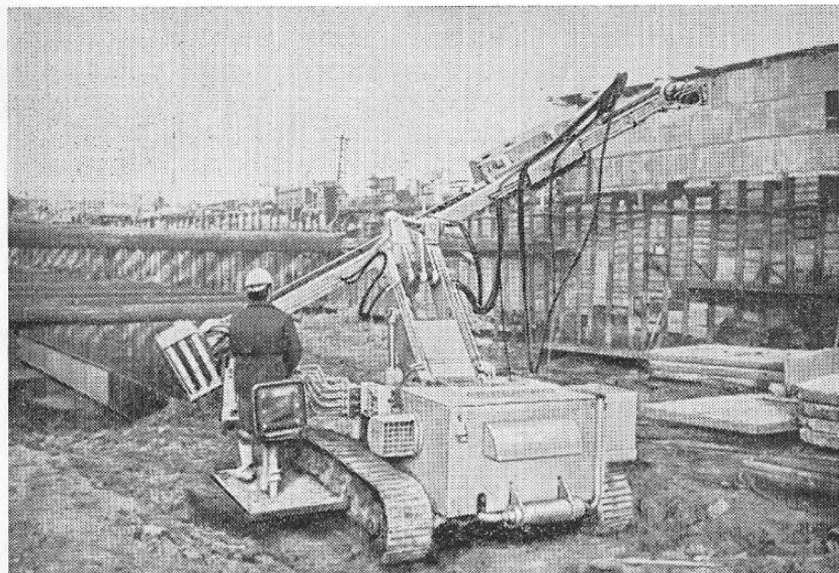
В 1949 г. на базе бывшего «Строительства № 1 НКПС» в Киеве создается киевский Метрострой. Первым его начальником стал московский метростроевец инженер Ф. И. Кузьмин. Для укомплектования киевского Метростроя из Москвы и Ленинграда была откомандирована большая группа инженерно-технических работников и квалифицированных рабочих-проходчиков.

В 1952 г. группа работников московского Метростроя — инженеров, техников, квалифицированных проходчиков, — возглавляемая А. Ф. Денищенко и Г. В. Лебедевым, выехала в Баку для организации строительства метрополитена в столице Азербайджана. Бакинский метрополитен строился в чрезвычайно сложных гидрогеологических условиях, и опыт московских метростроевцев оказался здесь чрезвычайно ценным. Подобным же образом организовывалось строительство метрополитенов в других городах нашей страны.

Советский Союз оказывает значительное техническое содействие строителям метрополитенов в социалистических странах. С помощью СССР сооружены линии метро в Чехословакии и Венгрии, советские специалисты помогают проектировать метрополитены для Болгарии и Польши.

Характерным примером технической помощи Советского Союза странам социалистического содружества может служить строительство метрополитена в Праге, которое с самого начала осуществлялось на основе сотрудничества чехословацких и советских специалистов. С 1970 г., когда было заключено соглашение о техническом содействии СССР в строительстве метрополитена в Праге, это сотрудничество значительно расширилось. По примеру принятой в советском метростроении структуры и на основе рекомендаций советских специалистов в Праге были созданы проектная организация Метропроект и строительная организация Метростав (соответствует нашему Метрострою), а для выполнения функций заказчика и подготовки к эксплуатации — организация «Метро». Сооружение тоннелей велось советским горнопроходческим оборудованием, которое было смонтировано с помощью московских специалистов.

«Пражское метро стало ярким примером плодотворного советско-чехословацкого сотрудничества, олицетво-



Анкерное крепление котлована

Проходка тоннеля методом продавливания

рением братского взаимодействия наших стран и народов», — писал Л. И. Брежнев в поздравлении строителям Пражского метрополитена по случаю досрочного окончания строительства и пуска в эксплуатацию второго участка пражского метро в 1978 г.

Наше техническое сотрудничество с болгарскими метростроителями многообразно — это проведение технических консультаций, участие в разработке технических решений, передача технической документации. Болгарские специалисты разного уровня — и рабочие и руководители — неоднократно посещали московский Метрострой, перенимая богатый опыт советского метростроения.

Успешно развивается сотрудничество в области проектирования метрополитена с Варшавой, где в настоящее время насчитывается 1,5 млн. жителей. Созданная на основе консультаций с институтом Метрогипротранс проектная организация «Варшавский метропроект» закончила проектирование первой линии метрополитена в столице Польши. Строительство линии намечено осуществлять при техническом содействии советских специалистов.

Метростроевцы оказывают помощь индийским друзьям в строительстве метрополитена в Калькутте, афганским строителям — в сооружении автодорожных и гидротехнических тоннелей.

Выполняя задания партии и правительства, московские метростроевцы принимали участие в строительстве тоннелей разного назначения в нашей стране. Это тоннели на Кругобайкальской железной дороге, на железнодорожных линиях Абакан — Новокузнецк и Абакан — Тайшет, строительство трех тоннелей большой протяженности для пропуска воды из канала Волга — Дон в оросительную систему Сальских степей, высокогорный автодорожный тоннель на автомагистрали Фрунзе — Ош и др.

В своем родном городе столичный Метрострой соорудил многочисленные подземные пешеходные переходы и транспортные тоннели на пересечении городских магистралей. Первые крупнейшие транспортные развязки на пересечениях улиц и на площадях Москвы были построены именно Метростроем. Это тоннели, сооруженные строительно-монтажным управлением № 5 на развилке Ленинградского и Волоколамского шоссе, на площади Маяковского и на Октябрьской площади. Строительно-мон-

тажное управление № 6 построило транспортные развязки на Таганской площади и на пересечении проспекта Калинина с Садовым кольцом, а СМУ-7 — на Ленинском проспекте и на Профсоюзной улице.

Метростроем сооружены пешеходные переходы у гостиницы «Москва», под площадью Дзержинского, у магазина «Детский мир», под улицей Горького у Моссовета и др. Метрострой также принимал участие в строительстве и реконструкции уникальных сооружений столицы: стадиона имени В. И. Ленина в Лужниках, Кремлевского Дворца съездов, Дома Советов РСФСР, Останкинского телерадиокомплекса, магазина «Детский мир», ГУМа, ресторана «Прага» и т. д.

«Называя наше время временем великих свершений, мы отдаем должное тем, кто его сделал таким, мы отдаем должное людям труда» — эти слова Леонида Ильича Брежнева на XXV съезде КПСС мы помним, говоря о наших успехах и достижениях. Золотой фонд Метростроя — его люди, и в первую очередь партийно-комсомольский актив.

В 1932—1933 гг. по призыву Московского городского комитета ВЛКСМ 13 тыс. комсомольцев пришли на строительство столичного метрополитена. Они стали той основой, на которой был создан крепкий коллектив с подлинно коммунистическим отношением к труду, с героическими трудовыми традициями. Строительство первой очереди московского метро вошло в историю метростроения как пример самоотверженного труда, молодого энтузиазма, истинного героизма. Оно стало жизненной школой для тысяч молодых людей. На славных традициях учатся и воспитываются молодые поколения метростроителей.

Всем метростроевцам известны имена первопроходцев, ветеранов первой очереди отечественного метро, первых героев борьбы с подземной стихией, показавших образцы беспримерной отваги и самоотверженного труда. Это А. Л. Яремчук, Н. К. Краевский, В. З. Замалдинов, О. Г. Помялова, Б. Л. Катаманин, Т. В. Федорова, О. А. Устинова, Г. П. Колоколов, С. А. Киеня, В. А. Ребров, О. А. Дебольская и другие. Многие из них ушли на заслуженный отдых, некоторые продолжают трудиться.

Сегодня в рядах метростроевцев более 2,5 тыс. коммунистов и более 4 тыс. комсомольцев. Передовой отряд коммунистов помогает партии оказывать повседневное

влияние на жизнь и деятельность многотысячного коллектива московского Метростроя. Самоотверженно трудятся метростроевцы, приумножая своими делами замечательные традиции, прокладывая десятки километров новых линий, возводя новые подземные дворцы.

Среди прославленных тружеников И. И. Шепелев — бригадир проходчиков, Герой Социалистического Труда, заслуженный строитель РСФСР, первым на Метрострое внедривший метод бригадного подряда; А. С. Дронов — начальник участка, пришедший на Метрострой рабочим, опытный руководитель, награжденный многими орденами и медалями СССР. Не перечислить всех заслуженных работников Метростроя. Это один из старейших начальников участка инженер Д. И. Ненашев, бригадир электромонтажников Ю. К. Матыгин, бригадиры проходчиков П. А. Новожилов, Н. П. Леденев, В. А. Крутицкий, Б. Е. Баранов, В. В. Волочков, А. Ф. Апальков, начальники участков В. И. Чурилов, В. Н. Чуркин, А. А. Щеглов, руководитель электромонтажных работ А. А. Барышников и многие, многие другие.

Партия и правительство высоко ценят труд московских метростроевцев. 3,5 тыс. из их числа награждены орденами и медалями Советского Союза. Среди них 160 кавалеров ордена Ленина, 48 работникам присвоено звание заслуженного строителя РСФСР. 13 метростроевцев удостоены высокого звания Героя Социалистического Труда. Это прежде всего знатные проходчики П. А. Новожилов, В. Г. Слажнев, И. П. Павлов, И. Д. Филимонов, А. В. Свиридов, А. С. Суханов, показавшие образцы самоотверженного труда, воспитавшие несколько поколений молодых метростроевцев, которым они передали свой богатый опыт.

Героями Социалистического Труда стали также проходчик на строительстве первой очереди метрополитена, впоследствии крупный инженер и начальник московского Метростроя В. Д. Полежаев, Т. В. Федорова, которая начала свою деятельность изолировщицей в шахте, потом закончила Промышленную академию и стала первой женщиной — начальником шахты, а затем заместителем начальника Метростроя, И. А. Яцков, проходчик, впоследствии опытный инженер и руководитель крупного строительного коллектива, Н. А. Феноменов, механик, участник Великой Отечественной войны, Ю. А. Кошелев — опытный инженер-тоннельщик, кандидат техниче-

ких наук, бывший начальник московского Метростроя, ныне начальник Главтоннельметростроя.

Успехи и достижения столичного Метростроя немислимы без повседневной организаторской и политической работы, которую партийная организация Метростроя ведет среди строителей метрополитена. Ежегодное выполнение плановых заданий, своевременный и досрочный ввод в эксплуатацию новых линий говорят о боевой целенаправленной деятельности коммунистов Метростроя.

Что представляет собой Метрострой сегодня, когда отпраздновали его 50-летие? Это мощная строительная организация, крепко слаженный коллектив высококвалифицированных строителей с богатым опытом и традициями, вооруженный первоклассной техникой. Более 15 тыс. человек трудится сегодня в московском Метрострое, из них 2 тыс.—инженеры и техники. Коллективу по плечу решение самых сложных проблем.

Метрострой располагает развитой материально-технической базой — заводами железобетонных изделий и другими промышленными предприятиями, механизированной базой производства путевых работ, специализированными управлениями механизации отделочных и специальных работ, большим автохозяйством. В арсенале технических средств Метростроя большой парк современного горнопроходческого оборудования — обычные и механизированные щиты, блокоукладчики и тубингоукладчики, высокопроизводительные породопогрузочные машины, средства водоотлива, современные шахтные подъемные машины и другая разнообразная строительная техника.

Совершенствуются методы производства работ, разрабатывается и внедряется новая прогрессивная технология, создаются новые высокопроизводительные машины и механизмы. Метрострой внедряет разработки специализированных научно-исследовательских учреждений, проводит совместно с ними опытно-экспериментальные работы.

За 50 лет только на столичном метрополитене построено восемь линий общей протяженностью 193 км с 115 станциями и 11 вагонными депо. При строительстве этих подземных магистралей было разработано 25 млн. м³ грунта, уложено 5,5 млн. м³ бетона и железобетона, около 2 млн. т чугунных тубингов, свыше 5 тыс. км кабеля

разных марок, смонтировано 370 эскалаторов с общей длиной ходового полотна более 40 км.

В Отчетном докладе ЦК КПСС XXVI съезду партии говорилось о том, что ориентация экономической политики КПСС на длительный период — это решительный переход к интенсивным факторам экономического роста, это установка на подъем эффективности и качества всей работы. В докладе сказано: «...стержнем экономической политики становится дело, казалось бы, простое и очень будничное — хозяйское отношение к общественному добру, умение полностью использовать все, что у нас есть». Эти слова являются руководством к действию для московских метростроевцев.

Уверенными шагами пришел Метрострой к своему полувековому юбилею. Он готов выполнить новые задания Родины. Своими главными задачами коллектив московского Метростроя считает постоянное повышение темпов строительства и производительности труда, совершенствование организации и управления, обеспечение высокого качества работ, снижение стоимости строительства, ввод объектов в эксплуатацию в установленные сроки и досрочно.

● ИСТОРИЯ ПЕРВОГО ПРОЕКТА



В. Л. МАКОВСКИЙ,
доктор технических наук, профессор,
лауреат Государственной
премии СССР

История разработки и претворения в жизнь первого проекта Московского метрополитена открывает летопись его строительства. Разработка проекта городской подземной электрической железной дороги в Москве в чрезвычайно неблагоприятных гидрогеологических условиях, при тесно застроенной городской территории, густой сети подземных сооружений и коммуникаций, интенсивном подземном движении представляла собой крайне сложную инженерную проблему. Зарубежный опыт подземного строительства в городах мог быть использован лишь частично, так как при сооружении линий метрополитенов в других странах подобные трудности встречались не в таких масштабах и сочетаниях. В ходе проектирования советские инженеры вели творческие поиски новых эффективных решений по целому ряду наисложнейших вопросов строительства, транспорта, градостроительства, архитектуры, экономики, эксплуатации и т. п.

Основная задача заключалась в том, чтобы создать новую транспортную систему, которая удовлетворяла бы потребности в перевозках городского населения и отвечала бы более высоким требованиям безопасности, комфорта и качества, чем принятые за рубежом. Прежде всего была начата перспективная разработка схемы сети метрополитена, которая проектировалась в непосредственной связи с архитектурным планом развития столицы, исходя из исторически сложившейся радиально-кольце-

вой системы городской планировки. Линии метрополитена трассировались по направлениям наиболее напряженных уличных артерий, проходящих через центр города, и по кольцевой магистрали. Они должны были обеспечить транспортную связь между городскими вокзалами, крупнейшими предприятиями и жилыми массивами. Общая протяженность линий первоначальной сети предположительно составляла 80,3 км.

Линия первой очереди метрополитена протяженностью 11,6 км включила участки Сокольники — Крымская площадь длиной 8,9 км и «Станция имени Коминтерна» (ныне «Калининская») — Смоленская площадь длиной 2,7 км. На основе изысканий и инженерно-геологических исследований был разработан первый вариант эскизного проекта тоннелей мелкого заложения. Тоннели должны были пройти в разнообразных напластованиях глинистых, преимущественно слабых, неустойчивых водонасыщенных грунтов плавунного характера. Необходимо было укрепить основания и фундаменты зданий, осуществить перекладку сооружений подземного хозяйства.

Для изучения особенностей сооружения тоннелей закрытым способом в натуральных условиях на Русаковской улице, вблизи Митьковского железнодорожного путепровода, был заложен опытный участок. Работы велись с применением способа опертого свода при временном деревянном креплении. Постоянная обделка тоннеля выполнялась из бутовой кладки на цементном растворе. В процессе проходки штольневых выработок возникла осадка поверхности земли и лопнула труба водонапорной магистрали, что привело к затоплению выработок. Кирпичное здание, расположенное рядом с трассой, получило деформации. Уроки строительства опытного участка показали, что проходка тоннелей мелкого заложения даже в устойчивых моренных породах сопряжена с опасностью серьезных повреждений расположенных поблизости сооружений.

Несмотря на то что на некоторых участках трассы начались работы по раскрытию котлованов для возведения тоннельных конструкций, было внесено предложение, отвергающее вариант проекта, предусматривающий строительство тоннелей мелкого заложения. В предложении доказывалась необходимость глубокого заложения тоннелей и станций метрополитена в коренных устой-

чивых породах, что позволяло бы вести сооружение метрополитена без нарушения нормальной жизни города. Было предложено использовать щитовой способ строительства и возводить сборную обделку из железобетонных блоков.

Среди ученых и инженеров развернулась дискуссия по вопросу глубины заложения тоннелей метрополитена. Этот вопрос рассматривался в МГК ВКП(б) и в Моссовете. Было принято решение о срочной разработке к 16 мая 1932 г. второго варианта проекта строительства метрополитена, основанного на глубоком заложении перегонных и станционных тоннелей. Группа специалистов Метростроя в семидневный срок разработала новый вариант эскизного проекта, который был своевременно представлен в МГК ВКП(б) и в Моссовет.

Для оценки обоих вариантов проекта линии метрополитена было принято решение провести их экспертное рассмотрение в период с июня по сентябрь 1932 г. С этой целью были созданы советская, а также германская, французская и английская экспертные комиссии. В составе советской комиссии было образовано четыре секции, в которые вошли крупнейшие специалисты и видные ученые: в секцию геологии и гидрогеологии — профессора А. В. Бобков, П. И. Бутов, Ф. П. Саваренский и другие; в горную секцию — профессора А. М. Терпигорев, А. А. Скочинский, П. М. Цимбаревич, Г. И. Маньковский, В. Д. Слесарев и другие; в строительную секцию — профессора А. В. Ливеровский, Н. Н. Давиденков, В. М. Келдыш, А. Н. Пассек и другие; в транспортную секцию — профессора Л. В. Белоусов, В. Н. Образцов, Н. А. Лепешинский и другие. Возглавлял советскую экспертную комиссию выдающийся ученый академик И. М. Губкин.

В процессе работы комиссий выяснилось, что иностранные специалисты в своих оценках исходили из известного им опыта проектирования и строительства метрополитенов методами, утвердившимися в каждой из стран. Так, участники германской комиссии предлагали проектировать для Москвы метрополитен мелкого заложения при использовании способа работ, требующего вскрытия дневной поверхности и широко применяемого при сооружении метрополитена в Берлине. Французские специалисты считали целесообразным разработать для Москвы проект тоннелей среднего заложения, со-

оружаемых закрытым горным способом, при временном деревянном креплении, с постоянной обделкой из бутовой кладки на цементном растворе. Члены английской комиссии полностью поддерживали проект глубокого заложения перегонных и станционных тоннелей, сооружаемых щитовым способом с обделкой из чугунных тубингов, как в Лондонском метрополитене.

Иностранные эксперты подтвердили правильность основных положений, принятых в представленных вариантах проекта линии первой очереди Московского метрополитена, однако их рекомендации были односторонними и не могли быть в полной степени использованы для целей дальнейшего проектирования.

Советская комиссия всесторонне изучила основные аспекты проекта. В результате был сделан ряд основополагающих выводов и даны рекомендации по многогранному комплексу вопросов проектирования тоннельных сооружений метрополитена. На этой основе оказалось возможным уверенно вести дальнейшие разработки.

Учитывая топографические, инженерно-геологические, градостроительные и транспортные условия, а также данные технико-экономических расчетов и особенности эксплуатационных требований, советская экспертная комиссия сделала вывод о необходимости проектирования тоннелей как глубокого, так и мелкого заложения.

Для участков линии между станциями «Красные ворота» (ныне «Лермонтовская») и «Библиотека имени Ленина», «Комсомольская» и «Красные ворота», «Библиотека имени Ленина» и «Дворец Советов» (ныне «Кропоткинская») были рекомендованы глубокое заложение тоннелей и закрытый способ производства работ. Строительство тоннелей между станциями «Сокольники» и «Комсомольская», а также «Дворец Советов» и «Парк культуры» было рекомендовано вести открытым способом. В дальнейшем при сооружении Арбатского радиуса было принято решение вести проходку на ряде участков между «Станцией имени Коминтерна» (ныне «Калининская») и станцией «Смоленская» непосредственно под домами траншейным способом.

В конце 1932 г. наступил новый ответственный этап проектирования — разработка технического проекта и составление рабочих чертежей. На трассе начались про-

ходка шахтных стволов, подходных подземных выработок, оборудованье горных комплексов и т. д.

В эти дни к начальнику Метростроя Павлу Павловичу Ротерту приехал с визитом известный английский писатель Герберт Уэллс, который чрезвычайно интересовался вопросами проектирования и строительства метрополитена для Москвы. Он крайне скептически отнесся к возможности решить задачу собственными ресурсами, в частности без английских щитов и тубингов. Уэллс назвал планы строительства московского метро попыткой с негодными средствами, чуть ли не советской утопией. П. П. Ротерт убедительно доказал писателю, что наши проекты не утопия, а воплощающаяся в жизнь реальность, пригласил его спуститься в забои тоннелей, которые сооружают по трассе. Хотя Уэллс заявил, что с удовольствием принимает любезное приглашение, однако не воспользовался им.

Никакие доводы иностранных специалистов не могли изменить смелого и решительного курса на создание наиболее совершенного технического проекта первенца советского метростроения. По всей трассе развернулись геологоразведочные работы. Велись изыскания и научные исследования, связанные с проектированием и решением производственных проблем.

Впервые в нашей стране проектировался сложный комплекс тоннельных сооружений, включавший подземные станции крупных сечений, эскалаторные, перегонные однопутные и двухпутные, подводные тоннели, раструбы, переходные камеры переменного сечения, камеры вентиляции, санитарно-технических и электротехнических устройств и т. п. Проектирование этих сооружений требовало творческих поисков, создания разнообразных видов подземных конструкций и методов работ, обусловленных необходимостью преодоления природных трудностей, не имевших прецедентов в зарубежной практике.

К решению ответственных задач, возникавших в ходе проектирования сооружений метрополитена, необходимо было привлечь широкие круги научной и инженерно-технической общественности Советского Союза. Огромную роль сыграл специально организованный Комитет научно-технического содействия Метрострою под председательством академика Г. М. Кржижановского.

Обсуждению развернутого плана деятельности комитета предшествовало сообщение Г. М. Кржижановского,

который отметил: «Всем ясно, что мы здесь имеем дело с таким сооружением практического значения, которое важно не только для Москвы, но и для всей нашей страны. Это строительство такого масштаба, что на него обращено внимание не только нашей страны, но и всего мира. Трудности, конечно, у нас большие, но мы должны еще помнить, что мы находимся в обстановке, когда надо экономить и средства и силы, поэтому задача инженеров — подойти к этому вопросу не только с точки зрения технического решения вопросов, но и с точки зрения экономической».

Комитет оказал огромную научно-техническую помощь проектировщикам и строителям метро. Трудями таких крупнейших ученых, как А. А. Скочинский, А. М. Терпигорев, Н. Н. Давиденков, В. М. Келдыш, А. В. Ливеровский, В. Л. Николаи, А. Н. Пассек, П. П. Ротерт, Ф. П. Саваренский, П. М. Цимбаревич и другие, были заложены научные основы, определившие направления развития отечественного метростроения. Особая роль в проектных работах принадлежит первому начальнику и главному инженеру Метростроя П. П. Ротерту, предложившему целый ряд исключительно ценных ключевых инженерных решений, оказавших определяющее влияние на ход проектирования метрополитена и эффективность его строительства.

Основные идеи и концепции, предложенные и разработанные советскими учеными и инженерами и принятые для проектирования, были успешно реализованы в процессе строительства. Большое горное и гидростатическое давление при значительном притоке грунтовых вод, разнообразные напластования неустойчивых водонасыщенных отложений пород, эродированных подземными староречьями, диктовали необходимость применения специальных технических средств, создания эффективных методов работ.

Так, весьма сложным было проектирование односводчатой, заложеной в неустойчивых песчаных отложениях станции «Библиотека имени Ленина» с пролетом 19,8 м и высотой 11,7 м. При сооружении станции успешно применили модернизированный горный метод опорного ядра. На участке, где трасса пересекает неустойчивые пльвунные грунты, заполняющие подземное староречье реки Ольховки, на переходном участке от мелкого заложения тоннелей к глубокому с учетом расположения



Группа инженеров — первых строителей Московского метрополитена.

на поверхности вблизи трассы многоэтажных зданий были запроектированы специальные методы работ в виде горизонтальной проходки горным способом под сжатым воздухом в сочетании с искусственным замораживанием грунтов. Эти методы применялись и на ряде других участков трассы, например у здания Московского университета на Моховой улице (ныне проспект Маркса).

С исключительными трудностями была связана задача сооружения наклонных эскалаторных тоннелей с обделкой из чугунных тубингов. Впервые в практике метростроения было предпринято бурение наклонных замораживающих скважин. При этом значительных отклонений от проектного положения не наблюдалось. Таким образом создавали замкнутый льдогрунтовый цилиндр для защиты выработки от прорыва в нее окружающих водонесных неустойчивых грунтов в период проходки. Успешное проведение работ методом наклонного замораживания позволило в дальнейшем широко применять его в отечественном метростроении.

Для участка трассы протяженностью 81 м, пересекающего мощную толщу пльвунов, был разработан и реализован проект опускания с поверхности земли трех кессонов-тоннелей длиной 25 м. Железобетонные конструкции кессонов массой 5 тыс. т каждая были опущены под сжатым воздухом при давлении 2 атм до проектной отметки на известняк.

Сооружение двух перегонных тоннелей через пльвунные отложения, заполнявшие подземное староречье реки Неглинной под Театральной площадью (ныне площадь Свердлова), было запроектировано впервые в Советском Союзе с применением проходческих щитов под сжатым воздухом, с устройством сборной обделки из железобетонных блоков и внутренней гидроизоляционной оболочки. При рассмотрении этого проекта иностранные эксперты утверждали, что скорость щитовой проходки тоннеля в указанных условиях не превысит 0,75 м/сут. Однако метростроевцы комсомольской шахты № 12 достигли скорости 4,5 м/сут.

Американский инженер Джордж Морган вынужден был признать: «Мои расчеты в отношении грунта, самого щита, давления сжатого воздуха подтвердились, но я недооценил человеческий материал — я ошибся в людях. Я должен отметить смелость и энергию молодежи, работавшей под давлением 2,3 атм в смешанных грунтах (пльвуны в кровле и известняки в основании — наихудшая комбинация для проходческих работ). Они шли вперед, не уменьшая скорости и не ослабляя борьбы за качество готового тоннеля».

При проходке тоннелей вблизи некоторых многоэтажных домов было запроектировано химическое укрепле-



Передовики труда Г. А. Стаханов, М. Д. Дюканов, К. Г. Петров среди строителей станции «Маяковская». 1935 г.

ние оснований и фундаментов по методике, разработанной на основе научных исследований Б. А. Ржаницына. На трассе «Сокольники» — «Комсомольская» и «Дворец Советов» (ныне «Кропоткинская») — «Парк культуры» работы по сооружению тоннелей и станций велись открытым способом, с применением искусственного понижения уровня грунтовых вод. Несущие конструкции тоннелей и станций выполнялись из монолитного бетона с внешней оклеечной гидроизоляцией для обеспечения их водонепроницаемости.

Приведенные примеры далеко не исчерпывают круга сложнейших проблем, решение которых стало вехами истории строительства целого ряда тоннельных объектов и сооружений линий первой очереди Московского метрополитена. Часто, несмотря на тщательность разработки проектов и творческую инициативу строителей, возникали неожиданные ситуации, связанные с непредвиденными трудностями. В этих случаях проектировщики и производственники вносили коррективы в проекты, иногда

изменяя их коренным образом, изыскивали и внедряли эффективные технические средства. В процессе проектирования и строительства формировались новые идеи, создавались высокопроизводительные методы работ.

Проектирование линий первой очереди метрополитена велось силами коллектива института Метропроект, организованного в 1932 г. на базе технического отдела Метростроя. Активно участвовали в проектировании В. Л. Николаи, И. С. Шелюбский, А. Д. Алексеев, Г. В. Арбузов, В. И. Бутескул, В. П. Волков, И. В. Гликин, Г. С. Голомбик, В. А. Гольберт, А. М. Горьков, А. Ф. Денищенко, С. И. Жуков, Я. Л. Капланский, Н. А. Кабанов, И. К. Катцен, Н. М. Комаров, В. Л. Макаровский, А. Н. Пирожкова, А. Х. Поляков, В. А. Ратнер, М. А. Рудник, Р. А. Шейнфайн и другие.

Использование для станций метрополитена массивных несущих конструкций потребовало выразительных архитектурных и художественных средств. Все должно было способствовать преодолению пассажирами ощущения, что они находятся под землей. Одна из основных задач проектирования — создание максимального комфорта для пассажиров. Эти требования послужили основой для формирования архитектуры подземных сооружений. Были организованы конкурсы архитектурных проектов с привлечением лучших архитекторов нашей страны.

Сооружение линий первой очереди Московского метрополитена осуществлялось невиданными в истории подземного строительства темпами. Только за 1934 г. было выполнено 85% физического объема основных работ, что в 3 раза превышало скорость строительства линий метрополитенов за рубежом.

Первая линия метрополитена была введена в эксплуатацию 15 мая 1935 г. В канун ее пуска состоялось торжественное заседание Московского Совета депутатов трудящихся, на котором присутствовали члены Политбюро ЦК ВКП(б) и Советского правительства. Среди приглашенных были и иностранные специалисты, принимавшие участие в экспертном рассмотрении проекта. Они подтвердили, что запроектированный и сооруженный советскими специалистами без иностранной помощи Московский метрополитен по своим строительным, архитектурным и эксплуатационным качествам является лучшим в мире.

● ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАСС МЕТРОПОЛИТЕНА



А. М. ГОРЬКОВ,
инженер

Первые трассы линий Московского метрополитена прокладывали, исходя из принципов наиболее удобного для пассажиров их размещения, наименьшего нарушения существующей застройки и планировки города, с учетом ширины городских проездов и площадей и наличия подземных коммуникаций, а также топографических, геологических и гидрогеологических условий.

Начальный этап работ — создание перспективной схемы сети метрополитена — ориентировался на существующие и ожидаемые потоки пассажиров. Так было принято направление линий первой очереди строительства — Сокольники, Комсомольская площадь, улица Кирова, площадь Дзержинского, площадь Свердлова, улицы Моховая, Волхонка, Кропоткинская, Крымская площадь, т. е. Кировско-Фрунзенский диаметр протяженностью 8,9 км с десятью станциями и Арбатский радиус протяженностью 2,7 км с тремя станциями.

Анализ вариантов проекта показывал, что в центральной части города, с учетом сохранения зданий, представляющих историческую и художественную ценность, в целях уменьшения объемов перекладки подземных коммуникаций и сокращения помех работе наземного транспорта, наиболее целесообразна прокладка трассы при глубоком заложении тоннелей, а на периферийных участках, где это возможно, — при мелком заложении

тоннелей и открытым способом работ. Были созданы технические условия на проектирование, более прогрессивные по сравнению с принятыми для зарубежных метрополитенов. Впоследствии они были заменены СНиПом, легшим в основу проектирования отечественных метрополитенов.

Внутренние габариты тоннелей для перегонов и станций допускают пропуск вагонов шириной 2,7 м и высотой 3,7 м при ширине колеи 1524 мм, укладку контактного рельса для нижнего токосъема, размещение оборудования и возможность прохода по тоннелю обслуживающего персонала. Внутренний диаметр однопутного тоннеля кругового очертания для прямой и кривой радиусом 200 м принят равным 5,1 м. Наибольшая длина поезда установлена в восемь вагонов, исходя из чего длина платформы принята равной 156 м.

Станции на линиях первой очереди строительства Московского метрополитена были размещены на расстоянии 800—1250 м одна от другой и располагались на прямых с уклоном 0,002—0,003. Станции зарубежных метрополитенов нередко располагаются в кривых малых радиусов, что небезопасно для входа и выхода пассажиров по причине больших зазоров между платформой и вагоном.

Ввиду незначительной протяженности Арбатского радиуса независимая эксплуатация его была нецелесообразна, поэтому временно, до продления линии, движение поездов производилось посредством ответвления от Кировско-Фрунзенского диаметра. Для этого были запроектированы две однопутные ветки с ответвлением от путей Фрунзенского радиуса за станцией «Охотный ряд». Примыкание веток к двухпутному тоннелю Арбатского радиуса было осуществлено под Манежной улицей. Часть поездов следовала от станции «Сокольники» до станции «Парк культуры», часть — от станции «Сокольники» до станции «Охотный ряд» и далее до станции «Смоленская». После соединения Арбатского радиуса с Покровским и продления линии к площади Революции и Курскому вокзалу движение на ответвлении было отменено.

Для оборота подвижного состава на станциях «Сокольники», «Парк культуры» и «Комсомольская» были запроектированы двухпутные тупики с перекрестными съездами. В целях упрощения работ по удлинению ли-

ний главные пути сооружались на длину тупиков, что позволяло размещать в них на отстой в ночное время большое количество поездов. Для обслуживания подвижного состава в районе Краснопрудной улицы были сооружены депо и мастерские, которые за станцией «Комсомольская» соединили с тупиками однопутной веткой, пересекающей главный путь на разных уровнях. Для передачи с одной линии на другую порожнего подвижного состава проектировались двухпутные или однопутные ветки. В ряде мест на линии предусматривались в эксплуатационных целях съезды с одного пути на другой.

На конечных участках Кировского радиуса (от станции «Комсомольская» до станции «Сокольники») и Фрунзенского (от улицы Фрунзе до Крымской площади) трасса была запроектирована в двухпутных тоннелях. Над верхом перекрытия предусматривалась засыпка величиной, зависящей от продольного профиля и рельефа местности. На этих участках размещены станции «Сокольники», «Красносельская», «Комсомольская», «Кропоткинская» и «Парк культуры». Центральный участок линии на большом протяжении сооружен закрытым способом при глубоком заложении тоннелей. Он включает станции «Лермонтовская», «Кировская», «Дзержинская», «Проспект Маркса» и «Библиотека имени Ленина».

Сооружение Арбатского радиуса под улицей Арбат и улицей Коминтерна (ныне проспект Калинина) от Моховой улицы до Арбатской площади закрытым способом при неглубоком заложении тоннелей требовало перекладки крупных подземных коммуникаций, а также значительных работ по подводке фундаментов и укреплению зданий. Ввиду этого трасса была проложена под жилами кварталами с неплотной застройкой при мелком заложении тоннелей, сооружаемых в основном траншейным способом.

Трасса Арбатского радиуса начинается двухпутным тоннелем. Наличие зданий Манежа, Кутафьей башни, Библиотеки имени В. И. Ленина, многоэтажной застройки по улицам Моховой и Коминтерна заставило проложить линию по кривой с минимальным радиусом 120 м и соорудить «Станцию имени Коминтерна» (ныне «Калининская») на кривой радиусом 800 м, с боковыми

платформами и двухпутными тоннелями на подходах к ней.

Сложность проектирования трассы в центральной части города обусловила применение в отдельных случаях кривых радиусами до 250—300 м, хотя обычно они составляли 400 м и более, а радиусы сопрягающих кривых равнялись 1500 м. Предельный уклон был установлен 0,033 и применен только в трех местах; как правило, уклоны продольного профиля составляли 0,002—0,015. Станции, тупики для оборота и отстоя поездов располагались на уклонах 0,002.

Еще до пуска в эксплуатацию линий первой очереди, в 1934 г., началась разработка проектов строительства Арбатского радиуса (от станции «Смоленская» до Киевского вокзала) протяженностью 1,7 км с одной станцией, Покровского радиуса (от «Станции имени Коминтерна» — ныне «Калининская» — до Курского вокзала) протяженностью 3,5 км с двумя станциями и Горьковского радиуса (от площади Свердлова до развилки Ленинградского проспекта с Волоколамским шоссе) протяженностью 9,6 км с шестью станциями. Входы на станции глубокого заложения проектировались, как правило, с доведением верха эскалатора до уровня тротуара и размещением наземных вестибюлей по красным линиям застройки. Исходя из этого, трасса на участках глубокого заложения прокладывалась по кратчайшему направлению не только под городскими проездами, но и под застроенными кварталами. Реку Москву на Арбатском радиусе трасса пересекает по мосту.

В целях увеличения скорости движения и сокращения стоимости строительства расстояние между станциями на линиях второй очереди Московского метрополитена было намечено увеличить в среднем до 1,5 км. Вместе с тем в проектах плана и профиля трассы Горьковского радиуса была предусмотрена возможность сооружения дополнительных станций.

На участках глубокого заложения Покровского радиуса минимальные радиусы кривых приняты равными 400 м, длины переходных кривых увеличены примерно в 3 раза, элемент проектирования в профиле увеличен с 75 до 150 м, а радиусы сопрягающих кривых — с 1500 до 3 тыс. м. Это позволило повысить техническую скорость при большой плавности движения поездов. Расстояния

между станциями составили в среднем 1,66 км (от 1 км до 2,33 км).

При строительстве линий второй очереди впервые было уложено бетонное подрельсовое основание и установлены отдельные скрепления, что значительно упростило содержание пути и тоннелей. Раздельные скрепления нового типа с небольшим количеством деталей обеспечивали быструю смену рельсов.

Строительство второй очереди Московского метрополитена было завершено в 1937—1939 гг. Протяженность его сети составила 26 км. В 1940 г. объем перевозок достиг 1020 тыс. пассажиров в сутки.

Запроектированная третья очередь Московского метрополитена включала продление Покровского радиуса (от станции «Курская» до района Измайлово) протяженностью 7,4 км с четырьмя станциями и Замоскворецкий радиус (от станции «Площадь Свердлова» до автозавода) протяженностью 6,5 км с тремя станциями. Конечные станции — «Измайловский парк» и «Завод имени Сталина» (ныне «Автозаводская») — были запроектированы мелкого заложения, с сооружением тоннелей для оборота составов.

Строительство третьей очереди завершилось в годы Великой Отечественной войны. В труднейших условиях метростроевцы довели протяженность сети Московского метрополитена, состоящей из трех диаметров, пересекающих центральную часть города, до 40 км. К этому времени объем перевозок превысил 1,7 млн. человек в сутки, что вызывало перегрузку пересадочных узлов в центре города.

Проект четвертой очереди Московского метрополитена предусматривал строительство кольцевой линии с прокладкой ее южной и восточной части вдоль Садового кольца, а северной и западной — через основные железнодорожные вокзалы. Кольцевая линия метрополитена обеспечила связь между всеми вокзалами Москвы, кроме Савеловского и Рижского, а также позволила производить пересадки, минуя центральные пересадочные узлы. Протяженность кольцевой линии — 19,4 км. На ней сооружено 12 станций. Линия имеет глубокое заложение. Она вводилась в эксплуатацию тремя этапами в 1950—1954 гг.

Как правило, линии пересекаются между собой под углом, близким к прямому. Соединение станционных за-

лов под землей требует создания длинного пересадочного коридора (часто протяженностью более 100 м). Время, затрачиваемое пассажирами на пересадку, составляет около 3,5 мин.

Сокращение пути пересадки достигается рациональной планировкой пересадочного узла. Так, торец вновь сооружаемой станции, примыкающий к действующей станции, не должен быть занят наклонным ходом для входа. Пересечение осуществляется перегонными тоннелями, проходящими под станционными тоннелями или над ними. Возможность пересадки при таком решении обеспечивается путем незначительного удлинения среднего зала, установки малых эскалаторов от уровня платформы до переходных мостиков на действующей станции, устройства коротких ходов и лестницы высотой около 3 м. Затраты времени на пересадку в этом случае составляют 1,2—1,5 мин. Выходы на каждой станции сооружаются самостоятельными и располагаются в разных местах.

Такой тип пересадки применен на нескольких станциях кольцевой линии. Станция «Белорусская»-кольцевая впервые на Московском метрополитене сооружена под станцией «Белорусская»-радиальная. Такое решение позволило соединить центры станций при помощи переходов, лестничных спусков и трех эскалаторов. Время на пересадку сократилось до 1,5 мин.

Впервые для пересадки между станциями «Комсомольская»-радиальная и «Комсомольская»-кольцевая сооружен наклонный ход для размещения четырех эскалаторов. Стоимость этого наклонного хода была примерно в 2 раза больше стоимости наклонного хода диаметром 8,5 м, с тремя эскалаторами. Исходя из перспектив развития линии, было признано необходимым соорудить наклонный ход для четырех эскалаторов. В дальнейшем были разработаны конструкции эскалаторов меньших габаритов, что позволило уменьшить диаметр наклонного хода для четырех эскалаторов до 9,5 м и для трех эскалаторов — до 7,5 м.

Для поездов кольцевой линии не требуется оборотных устройств, так как составы движутся по замкнутому кольцу (внутреннему — по часовой стрелке и наружному — в обратном направлении). Вагонное депо было запроектировано с западной стороны кольца в районе Краснопресненской заставы. Оно соединено с линией

двумя однопутными ветками, примыкающими к каждому из путей съездов у станций «Белорусская» и «Краснопресненская». Ветки со съездами позволяют без маневров заполнять и освобождать линию. Пути отстоя поездов были сооружены у станции «Курская» (для поездов наружного кольца) и «Парк культуры» (для поездов внутреннего кольца).

Значительный рост потоков пассажиров определил необходимость развития пересадочного узла станции «Киевская». Были сооружены пересадочные устройства между станциями глубокого заложения «Киевская»-кольцевая и «Киевская»-радиальная и вход на привокзальную площадь со станции «Киевская»-кольцевая.

Одновременно со строительством кольцевой линии велись работы по развитию пересадочных устройств узла станций «Проспект Маркса» — «Площадь Свердлова» — «Площадь Революции», а также «Библиотека имени Ленина» — «Калининская». Между станциями «Проспект Маркса» и «Площадь Свердлова» был сооружен подземный коридор, установлены четыре эскалатора и построены лестничные спуски. Пересадочный подземный коридор соединил станцию «Площадь Революции» с южным торцом станции «Площадь Свердлова». На станции «Площадь Революции» был сооружен второй вход из наземного вестибюля, расположенного в Куйбышевском проезде.

Несмотря на развитие пересадочных устройств, продолжающийся непрерывный рост пассажиропотоков в центральном пересадочном узле (с 800 тыс. человек в сутки в 1954 г. до 975 тыс. человек в сутки в 1968 г.) потребовал разработки дополнительного проекта, и в 1974 г. было завершено строительство еще двух подземных пересадочных коридоров, примыкающих к северному торцу станции «Площадь Свердлова» и к западному торцу станции «Площадь Революции», с устройством в них лестниц и эскалаторов. Благодаря этому все пересадочные потоки минуют вестибюли. На станции «Библиотека имени Ленина» в центре платформы были дополнительно сооружены лестницы, ведущие в подземный коридор для пересадки пассажиров, а также переходы под улицами с лестничными входами на станцию.

В период строительства кольцевой линии был сооружен Арбатский радиус глубокого заложения (от станции «Площадь Революции» до Киевского вокзала) протя-

женностью 4 км со станциями «Арбатская», «Смоленская» и «Киевская», две из которых пересадочные.

Последующее сооружение линий метрополитена велось с учетом больших пассажиропотоков, ожидаемых в связи со строительством крупных жилых массивов на окраинах города. Удлинялись действующие диаметральные линии, от кольцевой линии в периферийные районы велись радиальные линии. Станции мелкого заложения на вновь строящихся линиях проектировали с двумя входами. Это не вызывало существенного удорожания, так как подземные вестибюли размещались в пределах ширины самой станции, но создавало значительные удобства для пассажиров. Переходы от подземных вестибюлей станций к тротуарам городского проезда проектировались так, чтобы их можно было также использовать для перехода улиц.

В 1970 г. были сооружены участок Калужского радиуса (от станции «Октябрьская» до станции «Площадь Ногина») протяженностью 3,9 км при глубоком заложении тоннелей со станциями «Новокузнецкая» и «Площадь Ногина» и участок Ждановского радиуса (от станции «Таганская» до станции «Площадь Ногина») протяженностью 2,3 км.

На совмещенной станции «Площадь Ногина» удалось еще более сократить время на пересадку. В пределах каждой из станций, расположенных параллельно одна другой, поезда движутся в одном направлении по разным линиям. Пассажир, который пересаживается на линию с совпадающим направлением движения поездов, должен только пересечь платформу, затратив на это 15—20 с. Пассажиру, пересаживающемуся на линию с несовпадающим направлением движения, необходимо подняться и спуститься по трем лестницам и пройти по короткому коридору, затратив около 1 мин.

Пересечение путей производится перегонными тоннелями перед станцией и за ней. Подобные проектные решения станций целесообразно применять, когда линии пересекаются между собой под острым углом. Станциями такого же типа являются «Каширская» и «Новокузнецкая» Калужско-Рижского и Калининско-Киевского диаметров.

В разработке проекта линии от станции «Киевская» до Кунцева использовался находящийся на консервации

участок Арбатского радиуса мелкого заложения (от станции «Калининская» до станции «Киевская»). Учитывая возможность прокладки этой линии вне застроенной территории (вдоль полосы отвода Киевского направления и Окружной железной дороги, набережной Москвы-реки, зоны железнодорожной станции Фили), а также экономя средства на строительство, линию запроектировали наземной, с пересечением городских проездов и железнодорожных путей в разных уровнях. Ее протяженность — 14,9 км. Она была открыта для эксплуатации в 1964 г. Стоимость строительства наземной линии составила примерно треть стоимости строительства линии при мелком заложении тоннелей.

При проектировании трасс линий Московского метрополитена кроме подводных пересечений рек Москвы и Яузы и Обводного канала предусмотрены мостовые переходы: на Фрунзенском радиусе — в районе Ленинских гор с расположением в верхнем ярусе моста проезжей части Комсомольского проспекта; на Замоскворецком радиусе — в районе Кожухово — Нагатино с прокладкой на мосту, кроме линии метрополитена, проезжей части Пролетарского проспекта; на Кировском радиусе — через реку Яузу.

Для создания удобств при пересадке между станцией метрополитена «Ждановская» и одноименной железнодорожной платформой Рязанского направления конечный участок линии был выведен на поверхность и платформа железной дороги запроектирована совмещенной с платформой метрополитена. Чтобы снизить стоимость строительства, наземным сооружен и участок от пересечения линией метрополитена Окружной железной дороги до станции «Текстильщики».

С годами к проектированию линий предъявляются все более жесткие требования. Это объясняется повышением скоростей движения до 100 км/ч, увеличением минимальных радиусов кривых до 500 м, удлинением переходных кривых, увеличением радиусов сопрягающих кривых до 3000—5000 м. Расстояния между станциями более 2 км в центральной части города, на линиях Горьковского и Покровского радиусов, признаны неудовлетворительными с точки зрения обслуживания пассажиропотоков. Для улучшения условий перевозок в одном узле были сооружены станции «Горьковская» и «Пушкинская». Планируется строительство станции «Хмельниц-

кая» — пересадочной между Арбатско-Покровской, Ждановско-Краснопресненской и Калужско-Рижской линиями — и станции «Большая Полянка» на Калужском радиусе. Ждановско-Краснопресненская линия протяженностью 36,5 км стала первой, достигшей границ города. Она пересекает столицу с запада на восток.

Протяженность действующих линий Московского метрополитена на 1 января 1983 г. составляет 193 км. На них расположено 115 станций. Подземные магистрали перевозят более 6 млн. пассажиров в сутки, что составляет 30% всех перевозок пассажиров городским транспортом. Пассажирооборот центрального пересадочного узла Московского метрополитена, включающего станции «Проспект Маркса», «Площадь Свердлова» и «Площадь Революции», достигает 1 млн. человек в сутки. По перевозкам пассажиров Московский метрополитен значительно превосходит все крупнейшие метрополитены мира (Нью-Йорк, Лондон, Париж), несмотря на бóльшую длину их сетей.

● МЕТРОСТРОЙ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ



А. С. ЧЕСНОКОВ,
инженер, бывший заместитель
начальника Метростроя

К концу 30-х гг., менее чем за десятилетие своего существования, советское метростроение достигло выдающихся успехов в области как техники сооружения подземных магистралей, так и их оснащения совершенным эксплуатационным оборудованием. В 1941 г. в Москве завершилось строительство третьей очереди метрополитена — Замоскворецкого радиуса — с прокладкой тоннелей под Москвой-рекой. Началось строительство четвертой очереди — Большого кольца. Оно велось в трудных инженерно-геологических условиях.

1 января 1941 г. было принято решение о строительстве метрополитена в Ленинграде. Ленметрострой был полностью укомплектован инженерно-техническим составом и высококвалифицированными опытными рабочими кадрами всех специальностей из Москвы. За пять месяцев до начала войны ленметростроевцы прошли 15 стволов, начали проходку горизонтальных выработок, уложили 14 тыс. м³ бетона, 800 т тюбингов.

Начавшаяся война, ставшая тяжким испытанием для всего советского народа, выявила лучшие качества отряда метростроевцев — мужество и сплоченность, способность мобилизовать силы для выполнения сложнейших работ в суровых условиях военного времени. Событием политического и морального значения для советских людей, а для москвичей в особенности, стало решение

продолжать строительство линий Московского метрополитена. Это было в то время, когда фашистские войска рвались к столице. Такое решение еще больше укрепило уверенность народа в неизбежной победе над врагом.

Крупные отряды метростроевцев были направлены на возведение оборонных сооружений в Москве, Ленинграде, Сталинграде, Горьком, на Валдае. Велись работы на Урале, в Сибири и на Дальнем Востоке, сооружались железнодорожные тоннели на Кавказе и на востоке страны. Метростроевцам были поручены работы в Подмосковном угольном бассейне.

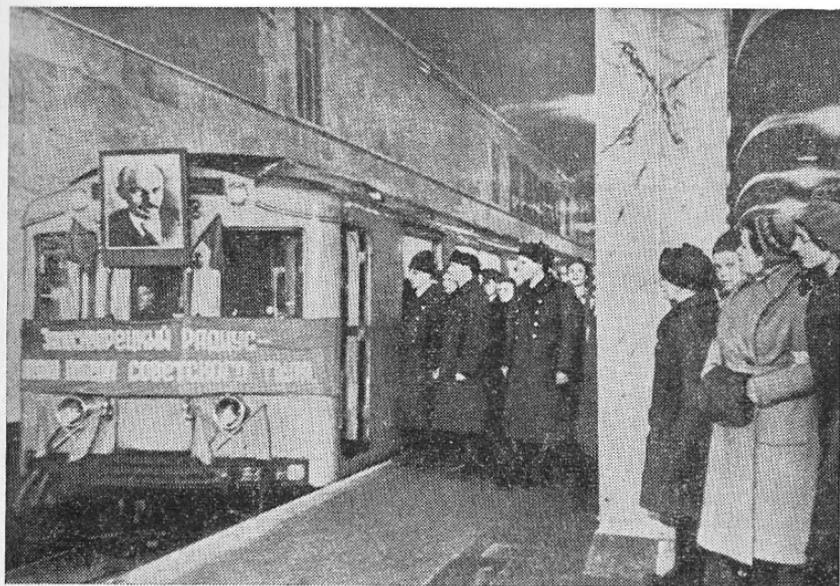
Мобильная и хорошо оснащенная организация Метростроя в Ленинграде начала возводить оборонительные рубежи города. Начальник Ленметростроя И. Г. Зубков в течение суток сформировал десять батальонов, немедленно приступивших к строительству противотанковых рвов, надолб, блиндажей, портовых сооружений. Под бомбардировками возводили мосты через Неву, прокладывали железные дороги и другие коммуникации для осажденного города.

6 ноября 1941 г. на станции «Маяковская» Московского метрополитена состоялось торжественное заседание, посвященное 24-й годовщине Великой Октябрьской социалистической революции. Это событие придало сил воинам на фронте, советским людям в тылу.

В первые дни войны тысячи метростроевцев ушли на фронт, в народное ополчение. Поредевшие ряды пополнили женщины, число которых в Метрострое составляло теперь 65—70%. Женщины работали в забоях, на уборке породы. Они становились взрывниками, бурильщиками, нагнетальщиками, машинистами подъемов, изолировщиками, крепильщиками, чеканщиками, машинистами электровозов. В бригадах проходчиков было, как правило, четверо мужчин и восемь женщин. Комсомольско-молодежным бригадам поручались самые тяжелые и ответственные работы.

В дни, когда усилились налеты на Москву, начались бомбардировки, возникла необходимость срочно приспособить все имеющиеся и строящиеся тоннели под бомбоубежища. В суточный срок на всех линиях были выделены участки тоннелей, где можно было принимать и размещать население.

Работы по сооружению новых линий и станций метро продолжались. В суровые для Москвы и всей нашей Ро-



Пуск линии Замоскворецкого радиуса в годы войны

дины дни вступили в эксплуатацию станции «Новокузнецкая», «Павелецкая», «Завод имени Сталина» (ныне «Автозаводская»), «Сталинская» (ныне «Семеновская»), «Бауманская», «Электrozаводская», «Измайловская». На мемориальных досках, установленных в вестибюлях этих станций, высечено: «Сооружена в дни Великой Отечественной войны». За годы войны построено 13,5 км перегонных тоннелей и семь станций.

1 января 1943 г. открылась третья очередь Московского метрополитена — был принят в эксплуатацию участок длиной 6,5 км (от станции «Площадь Свердлова» до станции «Завод имени Сталина»). В 1944 г. вступил в строй участок от Курского вокзала до Измайловского парка длиной 7 км с четырьмя станциями: «Бауманская», «Электrozаводская», «Сталинская», «Измайловский парк». В 1944 г. продолжалось строительство четвертой очереди метро — Большого кольца длиной 19,4 км. В марте 1945 г. закончилась проходка одной из самых сложных шахт на кольцевой линии у Краснохолмского моста — приток воды в этой шахте составлял 2200—2500 м³/ч. За образцовую работу в условиях военного

времени коллектив московского Метростроя награжден орденом Трудового Красного Знамени.

Более 250 заводов страны поставляли московскому Метрострою оборудование, механизмы, кабельную продукцию и т. п. В связи с временной оккупацией части территории страны, особенно ее юга, возникли чрезвычайные трудности в материально-техническом снабжении. Недостающее оборудование начали изготавливать на заводах Москвы. В этой работе участвовали сами метростроевцы. Тюбинги делали в специально организованном цехе ЗИСа, а также на заводе № 5 Метростроя в Черкизове, где был построен тюбинговый цех. В год московскому метро требовалось более 130 тыс. т тюбингов. Метрострой начал изготовление железобетонных блоков для тоннельных обделок, сборных конструкций из железобетона. Для чеканочных работ организовали изготовление расширяющегося цемента, используемого вместо свинцового шнура.

На третий день после освобождения Днепропетровска от фашистских захватчиков были приняты меры для организации выпуска там тюбингов. Производство восстановили в течение месяца и вновь стали выпускать тюбинги для перегонных тоннелей.

Для покрытия годовой потребности Метростроя в 100 тыс. м³ лесоматериалов были организованы леспромыслы в районе рек Печоры и Северной Двины. Расходуемые при строительстве песок в объеме более 150 тыс. м³ в год, гравий, щебень и бут в объеме до 300 тыс. м³ в год каждый добывались в специально организованных карьерах. Из городов Вольск, Подольск, Новомихайловск и др. получали цемент, годовая потребность которого достигала 150 тыс. т. Во время войны московскому Метрострою был передан бетонный завод Дворца Советов. В связи с прекращением поставок гранита и мрамора с Кавказа и Урала силами Метростроя была организована разработка месторождений этих материалов на Урале, в Узбекистане, в Сибири и на Алтае. Для доставки материалов Метрострой имел специальный отдел железнодорожных перевозок.

Наравне с производственниками с полной мобилизацией сил работали ученые и проектировщики. Неизмерим вклад работников Метрогипротранса (ранее Метропроект) в проектирование перегонных тоннелей и станций. Все объекты Метростроя в любом уголке нашей

страны сооружались по проектам и по технологии Метрогипротранса. Развитие конструкций оборудования для горнопроходческих работ — также результат инженерного творчества работников Метрогипротранса.

Весомый вклад в науку тоннелестроения, в развитие средств механизации и создание научного задела на перспективу внес ЦНИИС.

Метрострой по праву гордится своими воспитанниками, снискавшими боевую славу на полях сражений. В организованном Метростроем аэроклубе велась подготовка летчиков. Более 40 из них впоследствии получили звание Героя Советского Союза. В их числе Анна Егорова, метростроевка, штурман 805-го авиационного полка. Слесарь авторемонтного завода Метростроя Константин Самсонов водрузил знамя Победы над рейхстагом. Это знамя он нес на параде Победы на Красной площади в Москве.

Строительство метрополитена и других объектов народнохозяйственного значения в период Великой Отечественной войны показало, что в московском Метрострое в предвоенные и военные годы сложился сплоченный коллектив высококвалифицированных специалистов и рабочих, способных решать большие и трудные задачи. Опыт, накопленный в дни войны, позволил метростроевцам успешно выполнять задания послевоенных пятилеток, овладевать новейшими достижениями научно-технического прогресса.

Свой 50-летний юбилей метростроевцы встретили с чувством глубокого удовлетворения: они выполнили свой гражданский долг перед Родиной в предвоенные годы, в годы Великой Отечественной войны, как выполняют его и в условиях мира, внося свой вклад в экономику страны.

● БОЛЬШОЕ ПОДЗЕМНОЕ КОЛЬЦО

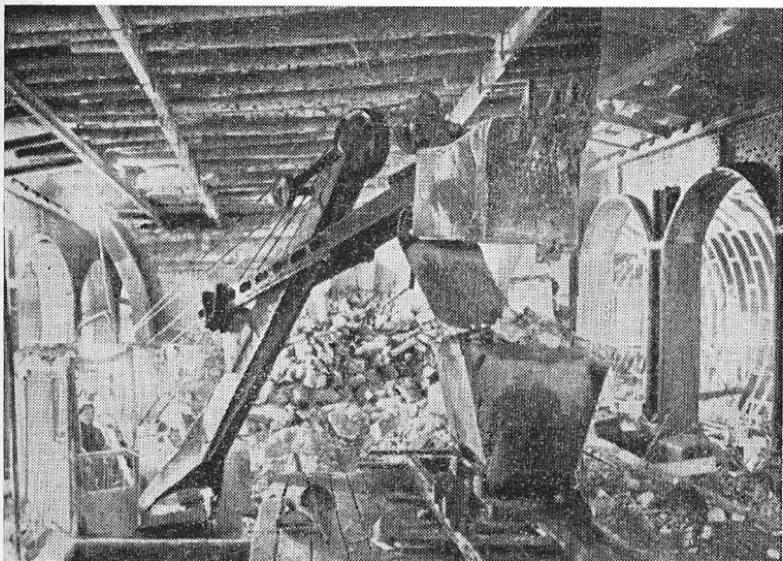
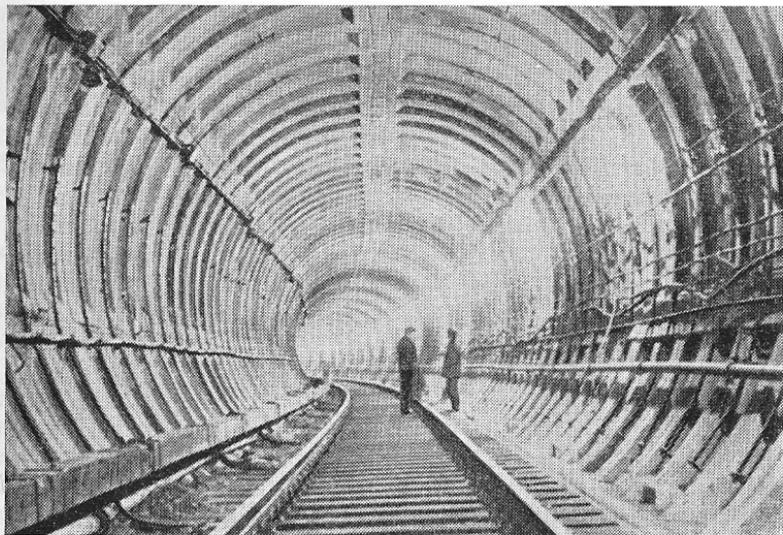


Н. А. ГУБАНКОВ,
бывший начальник
московского Метростроя,
доктор технических наук,
лауреат Государственной
премии СССР

В дни, когда московский Метрострой отмечал свое 50-летие, протяженность его магистралей приблизилась к 200 км. Прокладываются все новые и новые линии. Каждая из них несет огромную нагрузку, обеспечивая все возрастающие объемы перевозок.

Среди этих линий одна особая. Она пересекает все радиальные лучи, соединяя их, с тем чтобы распределять в узловых точках скрещивающиеся пассажиропотоки. Создание подземного кольца было закономерно, так как строительство столичного метрополитена осуществлялось в соответствии с Генеральным планом реконструкции Москвы, в основу которого была положена сложившаяся веками радиально-кольцевая схема улиц столицы, расходящихся от центра и пересекаемых концентрическими кольцевыми магистральями. Подземное кольцо часто называют Большим кольцом, так как оно опоясывает исторически сложившиеся наземные магистрали — Бульварное кольцо и Садовое кольцо.

Кольцевая линия московского метро длиной 19,4 км с 12 станциями (все они, кроме «Добрынинской» и «Новослободской», являются пересадочными) расположена в густонаселенной части города под крупнейшими площадями и улицами столицы и соединяет семь из девяти железнодорожных вокзалов Москвы. С восьмым — Рижским — вокзалом она связана через станцию «Рижская»



Тоннель с обделкой из сборного железобетона

Погрузка породы экскаватором на строительстве «Комсомольской»-кольцевой

Калужско-Рижской линии, пересекающей кольцевую линию на станции «Проспект Мира».

С пуском в 1983 г. Серпуховского радиуса станция «Добрынинская» также станет пересадочной. Наконец, запланированное на двенадцатую пятилетку строительство Тимирязевского радиуса включает сооружение станции «Савеловская» вблизи Савеловского вокзала, который через станцию Большого кольца «Новослободская» будет связан со всей сетью линий метрополитена. А пока кольцевая линия принимает огромные потоки пассажиров с 12 площадей и 17 улиц Садового кольца.

Строительство трех первых очередей Московского метрополитена было осуществлено в виде шести радиальных линий, пересекающихся в центре города. В результате пересадочные станции «Площадь Свердлова», «Охотный ряд» (ныне «Проспект Маркса») и «Площадь Революции» оказались самыми загруженными, а вскоре и перегруженными. Для разгрузки радиальных линий и центральных пересадочных узлов, а также для наиболее целесообразного составления маршрутов наземного городского транспорта создание Большого кольца стало настоятельной необходимостью. Оно было начато сразу же после окончания строительства третьей очереди, в 1944 г.

14 марта 1954 г. кольцевая линия вступила в эксплуатацию. Если совместить ее контур и план Садового кольца, то можно видеть, что она работает в едином ритме с наземным транспортом, обслуживая главнейшие улицы и площади города, распределяя пассажиропотоки по всем направлениям. Ежедневно экспрессы перевозят по кольцевой линии в расчете на 1 км трассы в 2—2,5 раза больше пассажиров, чем в среднем по всей сети метрополитена.

Кольцевая линия по праву считается выдающимся инженерным сооружением как по масштабам и сложности строительства и техническому оснащению, так и по архитектурно-художественному оформлению. Гидрогеологические и топографические условия вдоль трассы были весьма неблагоприятными. Линия пересекает в четырех местах водные преграды. На отдельных участках приток воды в забой достигал 2500 м³/ч. На всем протяжении трассы геологическая обстановка характеризуется массовым распространением карстов, особенно в районах пересечения линией рек Москвы и Яузы, нали-

чем древних размывов и пльвунов, почти повсеместно залегающих над известняками и глинами.

Впервые в практике отечественного метростроения на станции «Таганская» подземный промежуточный вестибюль был построен на поверхности, а затем опущен до проектной отметки. На многих участках трассы проходку вели непосредственно под тоннелями и станциями действующих радиальных линий («Комсомольская», «Киевская», «Павелецкая»). Важные усовершенствования технологии работ при сооружении кольцевой линии позволили повысить уровень механизации и индустриализации строительства.

В сложных геологических условиях на участке между станциями «Краснопресненская» и «Киевская» впервые были произведены производственные испытания механизированного щита, которым было пройдено 207 пог. м тоннеля. Эти испытания стали первым шагом в создании отечественных механизированных щитов для грунтовых условий Москвы, выявившим основные конструктивные достоинства и недостатки таких щитов.

На кольцевой линии впервые были применены полное обуривание забоя и массовое электропаление в тоннелях большого сечения в городских условиях, что резко повысило безопасность взрывных работ, значительно сократило время вентиляции забоев; впервые разработаны и внедрены инвентарные конструкции для крепления кровли и лба забоя. Первое применение в метростроении получили мощные породопогрузочные машины и экскаваторы, электровозная откатка в большегрузных вагонетках, полная механизация сбалчивания тубингов, сократившая время сбалчивания в 3,5 раза и ликвидировавшая тяжелый ручной труд по затяжке болтов, установленных в количестве 12 млн. Были механизированы основные работы на шахтных площадках. Широко применялись специальные способы работ — водопонижение, проходка под сжатым воздухом, замораживание грунтов. Впервые в практике метростроения было применено искусственное замораживание горизонтальных выработок.

Была значительно усовершенствована конструкция тубинговой обделки станций путем увеличения ширины кольца с 600 до 750 мм, что дало снижение веса металла на 26%, сэкономило около 1 млн. комплектов болтовых скреплений, сократило длину швов, требующих чеканки,

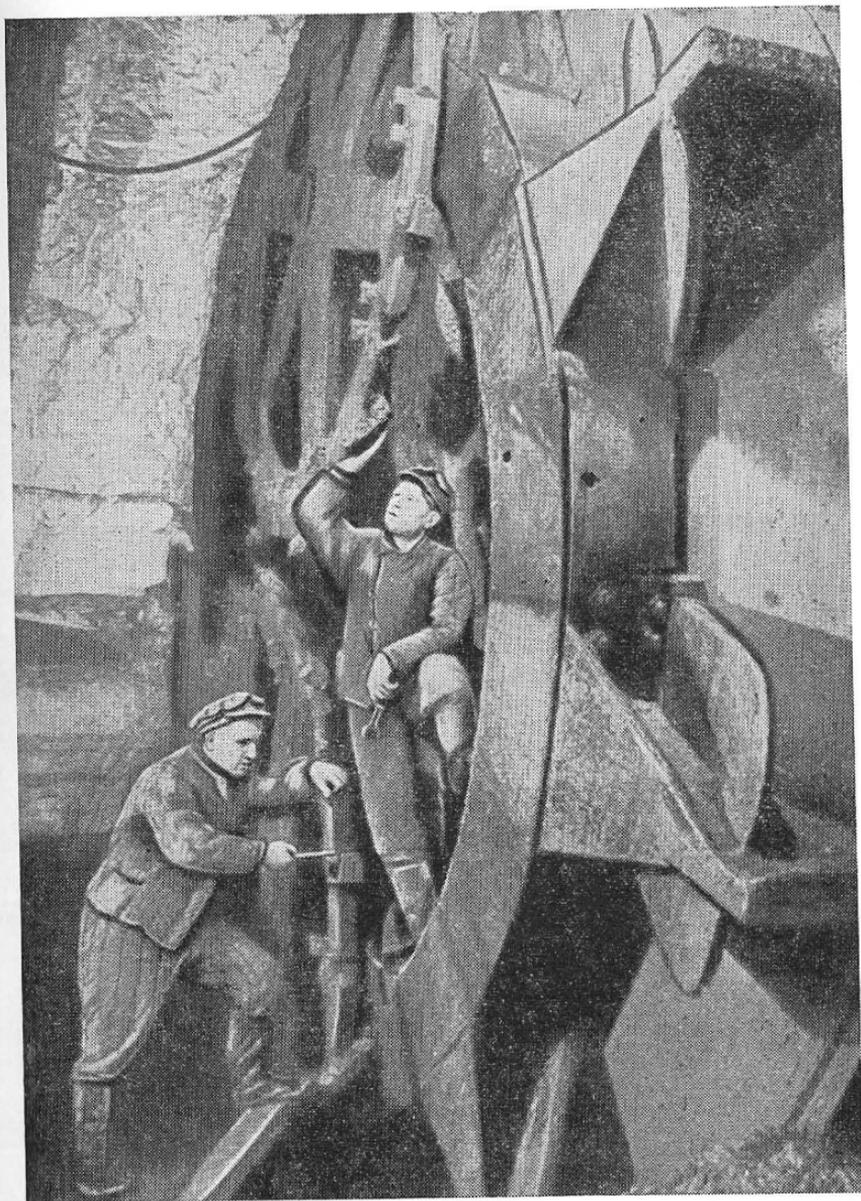
на 17,5%. Впервые была освоена получившая в дальнейшем широкое распространение в тоннелестроении чеканка швов тубинговой обделки расширяющимся цементом, давшая большую экономию свинца. В первый раз использовались новые гидроизоляционные шайбы, исключавшие необходимость повторного сбалчивания тубинговых колец.

Ширина пилонов станций уменьшилась с 3,8 до 3 м, ширина проходов между ними увеличилась с 3,4 до 3,75 м. Станции «Комсомольская» и «Курская» были сооружены в виде конструкций колонного типа, отличающихся по сравнению со станциями пилонного типа уменьшением расхода металла на 21,4% и большими удобствами в эксплуатации. Улучшились конструкции узлов сопряжения наклонных ходов со станциями, что снизило расход металла на 23,2%.

Впервые в практике метростроения были сооружены четырехленточные эскалаторные тоннели диаметром 11,5 м на станциях «Комсомольская» и «Киевская». Также впервые на станциях широко применили асбоцементные водозащитные зонты общей площадью 300 тыс. м². Было осуществлено широкое внедрение сборных железобетонных конструкций для сооружения пассажирских платформ, подземных служебных помещений, кабельных блоков в стенах станционных тоннелей.

Новая техника использовалась на монтаже тяговых и понизительных подстанций систем блокировки, сигнализации и централизации, управление которыми было автоматизировано, что повысило безопасность движения. Индустриализация работ, применение новых механизмов и освоение эффективных методов работ обеспечили увеличение скорости проходки перегонных тоннелей в среднем на 21% и станционных — на 37%, повышение производительности труда на 33% и значительное снижение стоимости строительства.

При проходке тоннелей этого грандиозного сооружения, трасса которого включает множество горизонтальных и вертикальных кривых и сложнейших сопряжений с радиальными линиями, высокое мастерство проявили маркшейдеры, обеспечившие уникальную точность сбоек встречных забоев в плане и профиле. 10 августа 1953 г. на последней сбойке перегонного тоннеля между станциями «Краснопресненская» и «Киевская» под Дорогомиловской набережной раздались один за другим три



Смена резцов на механизированном щите при проходке тоннеля
Большого кольца

мощных взрыва, и последняя стена породы в тоннелях Большого кольца рухнула. Кольцевая линия столичного метрополитена замкнулась со снайперской точностью — до 7 мм в плане и профиле.

Выдающееся архитектурное и художественное оформление станций кольцевой линии, отражающее темы боевой славы советского народа в Великой Отечественной войне и мирного созидательного труда, является большим вкладом в созданную советскими зодчими и художниками новую отрасль архитектуры — архитектуру метро.

Образцы самоотверженного труда на строительстве Большого кольца продемонстрировали бригады проходчиков. Примером в работе служили бригады, добившиеся сокращения сроков монтажа эскалаторов с 80 дней (на предыдущих очередях) до 40 дней. Большую школу мастерства прошли на строительстве кольцевой линии тысячи рабочих, инженеров, техников, архитекторов, проектировщиков, служащих. Более 400 рабочих стали инженерами и техниками, 17 тыс. строителей повысили свою квалификацию.

Каждый участник строительства Большого кольца заслуженно гордится тем, что внес свою долю в создание этого выдающегося сооружения.

● «КУРСКАЯ»-КОЛЬЦЕВАЯ



П. С. СМЕТАНКИН,
бывший главный инженер
московского Метростроя,
лауреат Государственной
премии СССР,
заслуженный строитель РСФСР

Переход к индустриальным методам строительства открыл возможность творческой инициативы перед проектировщиками и строителями. Это особенно заметно при сравнении конструкций пассажирских станций первой и последующих очередей метрополитена и методов их сооружения.

Станции Кировско-Фрунзенского диаметра первой очереди строительства («Дзержинская», «Кировская», «Проспект Маркса») трехсводчатые. Построены они из монолитного железобетона и бетона. Каждый станционный тоннель проходилась горным способом с применением деревянного крепления.

На второй очереди станции сооружались уже с применением щитов. Это обеспечило индустриальную разработку грунта и монтаж чугунной обделки, позволило сохранить сооружения на поверхности. Именно на этой очереди, кроме трехсводчатых станций пилонного типа («Курская», «Площадь Революции», «Площадь Свердлова», «Белорусская», «Динамо»), впервые была построена станция глубокого заложения колонного типа. Это «Маяковская», прекрасный подземный зал которой и поныне считается одним из лучших достижений метростроителей.

Трехсводчатая пилонная станция глубокого заложения состоит из трех параллельно расположенных тон-

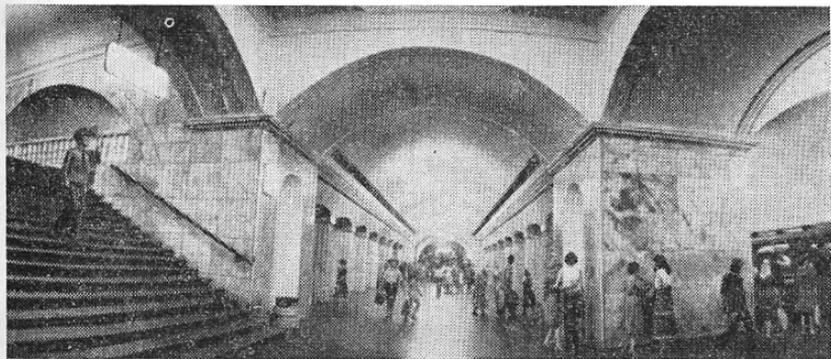
нелей, соединенных проходами шириной до 3 м каждый. Своды тоннелей опираются на пилоны шириной до 3,5 м. Обычно такие станции, несмотря на высокие качества, создают известные неудобства для пассажиров, особенно на пересадочных узлах — средний зал станции и боковые ее нефы-платформы разобщены пилонами. От этого недостатка свободна станция «Маяковская», где все три нефа слиты в один объем.

Однако для строительства станции «Маяковская» потребовалась очень сложная металлическая конструкция, состоящая из колонн, прогонов с криволинейным поясом, поперечных связей и фасонных чугунных отливок. При проходке кроме обычных станционных щитов для боковых тоннелей пришлось применить полущит специальной конструкции для средней части станции. Все это удорожало строительство.

Творческая мысль метростроителей продолжала поиск. Требовалось улучшить конструкции и методы производства работ так, чтобы снизить стоимость строительства и обеспечить удобство пассажиров. При разработке конструкции и строительстве колонной станции «Курская»-кольцевая на первом участке Большого кольца было найдено оптимальное решение посадки и пересадки пригородных пассажиров и городских жителей, при этом был до минимума сокращен их путь. Потребности пассажиров учли при проектировании и строительстве всех сооружений станции: посадочных и пересадочных устройств вестибюлей, переходов, эскалаторных ходов, входов, объединяющих в один комплекс две станции метрополитена и пассажирские платформы Курского вокзала.

Конструктивной основой станции «Курская»-кольцевая служат три параллельных тоннеля диаметром 9,5 м и два ряда стальных колонн и прогонов, установленных по линии стыков крайних тоннелей со средним тоннелем. Станционные тоннели были сближены. Верхние прогоны, передающие нагрузку от сводов тоннелей на стальные колонны, установили наклонно. Они как бы продолжают тубинговую обделку. Горное давление передается от сводов через колонны на стальные башмаки колонн и фундаментные балки, опирающиеся в свою очередь на лотковые чугунные тубинги.

Общая железобетонная плита связывает фундаментные балки и башмаки каждого ряда колонн и передает



Станция «Курская»-кольцевая

нагрузку на грунт. Стальная конструкция верхнего прогона позволила опереть своды на колонны, не пользуясь дорогостоящими фасонными тубингами. Вся чугунная обделка образована из стандартных станционных тубингов. В каждом пролете составлены два клепаных прогона, запроектированных из чередующихся двухконсольных элементов и подвесных балок. Это дало возможность после подводки консольных элементов и колонн, обеспечивавших прочную опору сводам, раскрывать проем на полную ширину и заводить в него подвешенный элемент прогона.

Сближенность тоннелей требовала коренного изменения методов работ. Вопреки действовавшим в то время техническим условиям и установившимся традициям, строители вместо тяжелых станционных щитов впервые применили на проходке трех тоннелей станции специально сконструированные для этой цели эректоры с выдвигаемыми площадками. Для погрузки грунта в забоях использовались погрузочные машины новой конструкции с поперечными транспортерами, обеспечившие уборку и погрузку в вагоны до 85% грунта. Замена щитов специальными эректорами обеспечила необходимую точность сборки обделки, гарантировавшую доброкачественное стыкование ее со стальными прогонами и колоннами.

Для сборки металлоконструкций изготовили подъемные рамы с выдвигаемыми каретками, оборудованными 20-тонными домкратами. Монтаж выполнялся сверху вниз, с выверкой и опрессовкой колонн домкратами,

каждый из которых развивал давление до 400 тс. Это обеспечивало передачу горного давления на весь каркас станции.

Сооружением «Курской»-кольцевой была доказана возможность проходить сближенные тоннели и раскрывать их в один общий объем. Замена пилонов колоннами повысила коэффициент использования площади платформы с 68 до 97% и позволила увеличить ширину платформы до 19,8 м (напомним, что ширина платформы станции «Маяковская» около 11 м).

Для узловых станций метрополитена большое значение имеют пересадочные устройства. В комплексе станции «Курская»-кольцевая удачно решены переходной коридор между двумя станциями и его сопряжение с серединой среднего зала. Сопряжение достигается сводом большого пролета, опирающимся на тубинговую обделку трех станционных тоннелей, с усилением пересечения свода железобетонными опорами. Просторный переходной коридор для двустороннего движения пассажиров и оригинальное сопряжение перехода со станцией дают возможность большому потоку пассажиров (станция ежедневно обслуживает сотни тысяч людей) ориентироваться и передвигаться в нужном направлении. Этому способствует и решение наземных входов, подземных вестибюлей, наклонных эскалаторных тоннелей. Большой подземный круглый вестибюль станции естественно разделяет потоки людей, следующих в разных направлениях. Перекрытие вестибюля плоское, с одной несущей колонной по центру.

На этой же станции впервые в практике Метростроя была применена новая конструкция гидроизоляции — стальные листы, смонтированные в сопряжениях тубинговой тоннельной обделки с металлическими конструкциями, соединенные в стыках электросваркой, с креплением к тубингам специальными полыми болтами.

Архитектура станции «Курская»-кольцевая (архитекторы Г. В. Захаров, З. С. Чернышева) в 1950 г. отмечена Государственной премией СССР. Авторам удалось найти выразительную художественную форму для всех сооружений, преодолеть ощущение подземности, создать впечатление легкости и насыщенности сооружений светом и воздухом. При этом не потребовалось увеличивать объем отделочных работ, он оказался значительно меньшим, чем у станций пилонного типа.

● МАРКШЕЙДЕРЫ МЕТРОСТРОЯ



В. Г. АФАНАСЬЕВ,
заслуженный строитель РСФСР

С первых дней строительства Московского метрополитена на геодезическо-маркшейдерскую службу была возложена огромная ответственность. В течение всего периода строительства, начиная с проходки первого шахтного ствола и сооружения подходных выработок до выхода на трассу и прокладки перегонных и станционных тоннелей, маркшейдеры ведут сложные, требующие высокой точности работы по созданию геодезической и маркшейдерской основы на поверхности и под землей.

Труд маркшейдера под землей, где нет обычных ориентиров, чрезвычайно сложен. Правильно задать направление выработки можно только по знакам, оставляемым в готовом тоннеле. Требуются тончайшие измерения — ведь ошибка на несколько миллиметров или угловых секунд может привести к расхождению встречных забоев. Еще труднее осуществлять сбойку при строительстве тоннелей специальными способами (например, устья проходки под сжатым воздухом крайне осложняют работу маркшейдера). Тяжелые геологические условия, большая влажность, плохая видимость ограничивают возможность применения даже самых современных приборов и инструментов.

При строительстве первой очереди метро мы не располагали кадрами маркшейдеров, обладавших необходимым опытом. Вопрос о кадрах решался путем привлечения к маркшейдерскому делу инженеров и тех-

ников, которым приходилось осваивать и выполнять новые для себя работы, приобретая необходимые знания непосредственно в процессе труда.

Первый щит, использованный на строительстве московского метро, был доставлен из Англии. Проходку вели английские инженеры. За несколько месяцев отклонение щита от проектной трассы составило более 1 м. На первых линиях по трассе вначале проводили специальные передовые штольни, и только после проверки правильности разбивки трассы приступали к строительству перегонных, станционных и других основных подземных сооружений. В дальнейшем, когда маркшейдеры накопили необходимый опыт, был осуществлен переход к строительству глухими забоями, без передовых штолен, что дало большую экономию во времени и трудозатратах.

Задавая направление подземным выработкам, маркшейдер не имеет возможности узнать результат своей работы до момента сбойки, поэтому его работа связана с огромным нервным напряжением. Сложность и увеличение размеров подземных сооружений потребовали от маркшейдеров значительного повышения точности, а следовательно, и ответственности при выполнении проходки. И сейчас основная роль осуществления сложной геометрии сооружений метро принадлежит инженерам, техникам и геодезистам на поверхности и маркшейдерам под землей.

Перед началом строительства второй очереди метрополитена была разработана техническая инструкция по производству геодезическо-маркшейдерских работ. Этот документ был составлен на основании опыта работы советских маркшейдеров, а также научных достижений в геодезии. Из года в год работа маркшейдеров Метростроя продолжает совершенствоваться. Благодаря четкому научному обоснованию маркшейдерская служба Метростроя не знает случаев несбоек встречных тоннелей.

Вернемся к началу советского метростроения. Маркшейдерская служба при Управлении московского Метростроя была создана в сентябре 1932 г. Первыми организаторами геодезическо-маркшейдерской службы Московского метрополитена были профессор геодезии Н. П. Афанасьев, А. Н. Баранов, К. И. Егунов. С 1953 до 1981 г. начальником и главным маркшейдером Метростроя был автор настоящей статьи. Московский Метрострой стал

школой подготовки многочисленных кадров маркшейдеров для строительства метрополитенов в Киеве, Ленинграде, Тбилиси, Баку, Ташкенте, Харькове, Ереване и в других городах.

С самого начала строительства Московского метрополитена много лет работали на Метрострое главными маркшейдерами шахт А. О. Алексеев, А. П. Егоров, П. Г. Евтихов, А. П. Журавлев, А. Н. Курдюков, Н. А. Савельев, В. С. Фетисов, А. И. Чистяков (этот список можно продолжить). На их счету десятки построенных подземных станций и перегонных тоннелей. В своей работе они не знали слов «плохая сбойка тоннелей». Это настоящие подземные штурманы, воспитавшие целое поколение молодых инженеров, успешно работающих на ответственных участках маркшейдерской службы во многих городах страны. Наша маркшейдерская служба способна решать самые сложные технические задачи в области подземного строительства.

Уникальным сооружением московского метро является Большое кольцо, соединяющее семь крупнейших московских вокзалов и пересекающее 18 районов столицы. На строительстве Большого кольца в полной мере проявились высокое мастерство и замечательное искусство подземных штурманов. Сто восьмая, замыкающая Большое кольцо, сбойка была произведена пионерами строительства столичного метро главными маркшейдерами С. С. Моргуновым и Н. А. Савельевым на участке «Киевская»-кольцевая — «Краснопресненская». Сбойка была выполнена с высочайшей точностью.

Кольцевая линия сооружалась при наличии радиальных линий метрополитена, причем пересечения требовалось осуществлять при непосредственной близости тоннелей эксплуатируемых и строящихся станций. Считалось необходимым оставлять значительный целик нетронутой породы между горными выработками в плане и особенно в профиле. Однако условия сооружения станции «Курская»-кольцевая не позволяли выполнить это требование. Между крайними и средними тоннелями был оставлен массив шириной всего 20 см. Затем убрали и этот целик, заменив его колоннами. Это значительно осложнило задачу соблюдения правильных геометрических очертаний тоннелей.

Перед строителями станции «Белорусская»-кольцевая стояла еще более ответственная задача — соорудить

новую станцию под действующей при отсутствии между ними породы в профиле. Расстояние между сводом новой станции и лотком старой равнялось всего 0,9 м. Задача, требующая столь высокой степени точности, впервые ставилась перед советскими инженерами. Обычно пересечение существующей трассы производили при расстоянии между подземными выработками по глубине 10 м и более. Для условий, в которых предстояло строить «Белорусскую»-кольцевую, щитовой способ проходки считался неприемлемым, так как был связан с угрозой опасных осадок на действующей станции. Однако проходка новых тоннелей была выполнена так, что при незначительных деформациях на действующей станции даже чеканка швов тубингов не была нарушена.

Начальнику строительства Л. Ф. Возианову, главному инженеру В. Д. Полежаеву, главному маркшейдеру — автору этой статьи, начальникам участков К. И. Крюкову, П. С. Бурцеву и другим инженерам, работавшим на строительстве, впервые в истории советского метростроения пришлось решать ряд весьма ответственных задач, связанных с проходкой под действующей станцией, в непосредственной ее близости.

Обычно маркшейдерские сбойки встречных тоннелей завершаются задолго до укладки постоянных путей. Поиному осуществлялись работы на строительстве второго участка Фрунзенского радиуса. Еще не были произведены все сбойки, а на многих участках трассы уже приступили к рихтовке и бетонированию пути. Это был риск, так как при больших отклонениях осей встречных выработок во время сбоек даже допустимые нормативами отклонения потребовали бы больших работ по переустройству пути. Однако маркшейдеры Метростроя имели основания быть уверенными, что переделывать путь не придется, хотя расстояния до мест сбоек превышали 1,5 км. Результаты сбоек подтвердили точность расчета — тоннели разошлись всего на 12 мм в плане и на 4 мм по высоте.

На участке Ленинских гор (правый берег Москвы-реки) впервые в строительстве Московского метрополитена тоннели закладывались в оползневом склоне. Знаки геодезической наземной основы, определенные в 1956 г. Метрогипротрансом, на протяжении всего периода строительства деформировались, так как склон Ленинских гор медленно сползал в сторону реки, унося с

собой реперы и полигонометрические знаки. Величины деформаций по отдельным участкам достигали 100 мм в плане и по высоте. Это обстоятельство чрезвычайно осложнило работу маркшейдеров. У них буквально не было твердой почвы под ногами. Портальные части тоннелей деформировались вместе со склоном. Закрепить в них направление осей тоннелей на длительное время не представлялось возможным. Поэтому приходилось производить многократные передачи направлений через реку с левого берега в порталные части тоннелей или через кессонные шлюзовые перемычки в зону сжатого воздуха. Таких передач было выполнено по левому тоннелю шесть и по правому — восемь. За последние 15—20 лет многое изменилось в технике и технологии метростроения. Внедрены в производство новые механизированные щитовые проходческие комплексы, в широких масштабах применяются тоннельные обделки из сборного железобетона, повысились скорости проходки. Все это обусловило разработку новых способов геодезическо-маркшейдерских работ, использование новейших приборов и технологии.

По сути дела, коренным образом изменена технология решения одной из самых ответственных и сложных задач в подземном строительстве — ориентирования подземных выработок, т. е. определения под землей исходного направления проходки и положения проектной оси подземного сооружения. Для выполнения этой работы раньше требовалась остановка всех работ в шахтном стволе на две или две с половиной смены, а на ориентировании была занята бригада маркшейдеров в 14—16 человек.

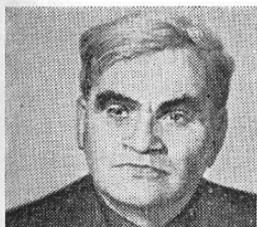
Внедрение в производство гироскопического ориентирования, основанного на использовании сложных приборов — гиротеодолитов, в 4—5 раз сократило время, необходимое для выполнения этой работы. Да и бригада состоит из четырех-пяти человек. Существенный выигрыш во времени и значительное повышение точности работ позволили получить все более широко используемые светодальномеры, оптические теодолиты, нивелиры с самоустанавливающейся линией визирования и другие новейшие приборы.

При непосредственном участии маркшейдеров ведутся работы по внедрению в производство лазеров как средства для задания направления проходки, разбивоч-

ных осей, для ведения проходческих машин по заданной трассе.

В настоящее время высококвалифицированно трудится на самых разных участках производства отряд маркшейдеров второго поколения — специалисты, пришедшие в Метрострой в начале 50-х гг. Им пришлось многое внедрять в производство, они внесли заметный вклад в совершенствование геодезическо-маркшейдерских работ на подземном строительстве. Это Д. Г. Кислицын, Б. И. Гойдышев, В. Л. Калашников, Р. А. Матюхов, С. К. Раков, В. К. Сокол, Н. С. Ластовченко, И. А. Иванов, П. В. Пряхин, А. В. Кириин, В. С. Нестеров, А. М. Карпов, Ю. П. Лунев, А. Г. Герасимов, Н. И. Соколов и многие другие. Все они обеспечивают безошибочное ведение горнопроходческих и строительно-монтажных работ на самых разных стройках, география и масштабы которых за последние годы значительно расширились.

● РОЖДЕНИЕ МЕТОДА ИСКУССТВЕННОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ ГРУНТОВ



Н. Г. ТРУПАК,
доктор технических наук,
профессор, заслуженный
деятель науки
и техники РСФСР,
лауреат Государственной
премии СССР

Год 1932-й. Невиданная борьба инженерных идей вокруг ключевых вопросов проекта сооружения первой очереди Московского метрополитена завершается принятием основных технических направлений строительства. Нерешенным остается важный вопрос — как сооружать наклонные эскалаторные тоннели в водонасыщенных грунтах-плывунах. Иностранцы эксперты не могут дать на этот счет никаких рекомендаций, так как опыта строительства метро в столь сложных условиях у них не было.

Проектом предусматривалось сооружение эскалаторных тоннелей к станциям метро «Дзержинская», «Кировская» и «Красные ворота» (ныне «Лермонтовская»). Проходку этих наклонных тоннелей необходимо было вести в мощном слое плывунных грунтов. В зоне проходки плотная городская застройка и сложное подземное коммунальное хозяйство. Советские инженеры предложили применить способ искусственного замораживания грунтов с помощью наклонных замораживающих скважин.

С целью проверки способа в инженерно-геологических условиях Москвы, освоения и подготовки к сооружению наклонных стволов его применили вначале для проходки вертикального ствола шахты № 20. За 30 дней плывуны были превращены в ледяной массив. Вместе с проходкой все работы заняли 50 дней. Успешное применение спо-

соба позволило управлению Метростроя принять решение об использовании замораживания при сооружении эскалаторных тоннелей станций «Дзержинская», «Кировская» и «Красные ворота».

Однако нужно было решить еще ряд сложных проблем, прежде всего заново разработать технологию бурения скважин в водонасыщенных грунтах, создать квалифицированные кадры буровиков. Дополнительные трудности для выполнения буровых работ возникали из-за наличия многочисленных подземных коммуникаций, оживленного автомобильного и трамвайного движения на улице Кирова и площади Дзержинского. Особенно сложной была обстановка при производстве буровых работ для эскалаторного тоннеля к станции «Кировская» (тоннель располагался под площадью). Буровые работы для эскалаторного тоннеля к станции «Красные ворота» выполнялись под жилым зданием.

Вначале применяли ударный способ бурения — практически ручной, с очень медленным темпом работ. Первую наклонную скважину глубиной 60 м пробурили таким способом за 30 суток. Затем стали пользоваться механическим способом вращательного бурения, значительно ускорившим производство буровых работ, так что последние скважины бурили уже за семь-восемь суток. Отметим, что в настоящее время такие скважины бурят с помощью специально разработанных совершенных станков наклонного бурения за одни сутки.

Вокруг каждого наклонного тоннеля бурили 48 замораживающих скважин средней глубиной 55 м. Для всех тоннелей пробурили более 8 тыс. м наклонных скважин. Не менее важным был вопрос о замораживающих трубах. Специальных замораживающих труб в СССР в то время не изготавливали. Было решено применить обычные, в том числе газовые, трубы, способные выдержать внутреннее давление до 30 атм. Благодаря принятым мерам в ходе работ не произошло ни одной аварии, охлаждающий рассол не вытекал и не просачивался из замораживающих труб.

Важнейшей проблемой было также получение холодильных установок для замораживания грунтов. К этому времени в нашей стране замораживание грунтов использовали при проходке вертикальных шахтных стволов — калийного в Соликамске и угольного в Кузбассе. Работы выполняли подрядчики — иностранные фирмы. В обоих

случаях применяли углекислотные холодильные установки, которые в СССР выпускались только малой холодопроизводительности.

Взамен углекислотных было предложено применить аммиачные холодильные установки, изготавливаемые в нашей стране. Это предложение многие встретили с недоумением и скептически: как можно применять для замораживания грунтов установки, предназначенные для использования в пищевой промышленности? Тем не менее на всех объектах были использованы аммиачные холодильные установки, а на одном из них — даже холодильная установка, взятая с Московской колбасной фабрики. В настоящее время аммиачные холодильные установки для замораживания грунтов применяют не только на строительстве метрополитенов страны, но и в других областях промышленного строительства, в частности шахтного.

Наклонные тоннели сооружались в водонасыщенных грунтах при очень высоком горном давлении. В этих условиях известные виды крепи из бетона и железобетона были неприемлемы. Для крепления выработок эскалаторных тоннелей была предложена чугунная тьюбинговая крепь, которую впервые и применили на Метрострое. Изготовление тьюбингов было поручено Днепропетровскому металлургическому заводу.

Внимание, которое уделялось партией и правительством делу метростроения, обеспечило возможность выполнения трудной задачи — сооружения эскалаторных тоннелей меньше чем за год.

На второй очереди строительства Московского метрополитена замораживание грунтов применяли при сооружении 12 наклонных эскалаторных тоннелей. Число замораживающих скважин вокруг тоннелей сократили до 40. И в дальнейшем, на всех последующих очередях Московского метрополитена основным способом проходки эскалаторных тоннелей был способ замораживания грунта при различном расположении замораживающих скважин.

Замораживание грунтов применяли и при сооружении горизонтальных выработок под жилыми домами или вблизи них на Каланчевской и Моховой (ныне проспект Маркса) улицах. На Каланчевской улице тоннель сооружали в русле подземной реки Ольховец кессонным способом. При приближении фронта работ к пятиэтажному

жилому дому с населением 1 тыс. человек на участке тоннеля протяженностью 91 м применили способ замораживания грунта. При этом пробурили 325 наклонных и вертикальных замораживающих скважин общей глубиной 6100 м. На участке горизонтального тоннеля протяженностью 125 м, сооружаемого открытым способом вблизи Киевского вокзала, также осуществили замораживание грунтов. Большие объемы работ с использованием способа замораживания грунтов были выполнены при сооружении станции «Динамо». Здесь, кроме двух глубоких наклонных стволов, замораживание применили при сооружении двух щитовых камер.

За 50 лет строительства метрополитенов в нашей стране способом замораживания пройдено около 100 эскалаторных тоннелей, в том числе в Москве, Киеве, Баку, Тбилиси, Харькове. Опыт замораживания грунтов, приобретенный на строительстве Московского метрополитена, использован на многочисленных объектах в шахтном, гидротехническом и промышленном строительстве, а также при строительстве многих подземных сооружений.

● **ИЗ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ
ЗАМОРАЖИВАНИЯ ГРУНТОВ
НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ
МЕТРОПОЛИТЕНА**



Я. А. ДОРМАН,
доктор технических наук,
профессор,
лауреат Государственной
премии СССР

В процессе строительства линий первой и второй очереди московского метро был технически отработан, проверен на практике и усовершенствован метод проходки с замораживанием грунтов. Можно с уверенностью сказать, что по сравнению с зарубежным методом это был новый метод. Прежде всего в 2—3 раза было увеличено расстояние между замораживающими скважинами, в результате чего стоимость и сроки работ без ущерба для их качества удалось сократить в 3—4 раза. Была изменена технология буровых работ, внедрено бурение наклонных замораживающих скважин без обсадных труб, благодаря чему скорость бурения значительно увеличилась.

Советские инженеры изменили и упростили оборудование, аппаратуру, коммуникации скважин, ввели новую систему питания замораживающих колонок холодом, обеспечивающую равномерность и безаварийность работ. Был разработан и внедрен точный научный контроль с помощью специальных приборов за процессом замораживания грунтов. Импортные холодильные углекислотные машины заменили машинами отечественного производства. Новый метод проходки в мощных пльвунах позволил по меньшей мере в 3 раза сократить сроки проходки наклонных тоннелей по сравнению с зарубежной практикой.

В 1937 г. при Метрострое была организована контора специальных способов работ, в функции которой входили кроме замораживания искусственное понижение уровня грунтовых вод, буровые работы и геологоразведочные изыскания с применением бурения. В начале работ на третьей очереди метро и в годы Великой Отечественной войны конторе было поручено строительство новых угольных шахт в Подмосковном угольном бассейне и на Урале. Шахты были пройдены способом замораживания грунтов. Одновременно велись работы по замораживанию при сооружении наклонных ходов на станциях «Площадь Свердлова», «Маяковская», «Белорусская». Во время войны способом замораживания были пройдены эскалаторные тоннели станций «Новокузнецкая», «Павелецкая», «Сталинская» (ныне «Семеновская»), «Бауманская», «Электровзаводская».

На кольцевой линии московского метро проходка всех стволов эскалаторных тоннелей, строительство подземных вестибюлей, а также участка тоннеля на выходе в Краснопресненское депо тоже осуществлялись с применением искусственного замораживания пльвунов и неустойчивых пород. В ряде случаев производилось водопонижение. Новым этапом развития способа замораживания грунтов и одновременно значительным вкладом в технику тоннелестроения явилось освоение таких сложнейших объектов строительства, как проходка наклонных ходов диаметром 11,5 м в пльвунных грунтах на станциях «Киевская»-кольцевая и «Комсомольская»-кольцевая.

Способом искусственного замораживания грунтов на кольцевой линии построено более 34 объектов, в том числе 17 эскалаторных тоннелей, девять стволов шахт, три подземных вестибюля, две камеры съездов, переходы и горизонтальные участки тоннелей. Для выполнения этого объема работ было пробурено около 100 тыс. пог. м замораживающих скважин и свыше 25 тыс. пог. м разведочных скважин. Объемы работ, выполненных способом замораживания при строительстве кольцевой линии московского метро, превысили соответствующие объемы на линиях первой, второй и третьей очередей, вместе взятых.

Значительные трудности представляла проходка крупных котлованов, запроектированных для подземных вестибюлей. Сложное многоярусное крепление, обычно устраиваемое внутри котлована, загромождает его сече-

ние, ограничивает применение машин и механизмов и удорожает строительство. Была исследована и выявлена возможность использования искусственно замороженных грунтов в качестве строительного материала для создания несущих конструкций, ограждающих котлован. Разработка и широкое внедрение замораживания в пльвунных грунтах без применения креплений относятся к числу значительных усовершенствований в области использования искусственно замороженных грунтов.

Решение проблемы было основано на обобщении большого практического опыта и использовании теории механики мерзлых грунтов. В творческом содружестве с Институтом мерзлотоведения имени В. А. Обручева Академии наук СССР были изучены физические и механические свойства искусственно замороженных грунтов как строительного материала. Изучалось распространение холода в грунтах различных минеральных составов и исследовались вопросы рационального температурного режима замораживания для создания ограждающих несущих конструкций. Результаты исследований позволили разработать технологию процесса замораживания. Было изучено также поведение глин в мерзлом состоянии, влияние наружной температуры воздуха и солнечной радиации на оттаивание замороженных обнаженных стенок котлована, определены возможные деформации грунтов под влиянием их вспучивания при замораживании, разработаны методы регулирования процесса замораживания и соответствующая контрольно-измерительная аппаратура.

Новый способ разработки котлованов впервые был применен при строительстве высотного здания у Красных ворот в Москве (ныне площадь Лермонтова). В подземной части здания сооружался второй вход на станцию метрополитена, включавший малый и большой эскалаторные тоннели и промежуточный вестибюль, к которому в плане примыкает центральная часть здания высотой 138,5 м. Для сооружения подземного комплекса необходимо было разработать котлован длиной 30,2 м и шириной 21,1 м в пльвунных грунтах мощностью 16 м.

Применение способа замораживания дало возможность параллельно вести строительство высотного здания и сложного подземного комплекса, расположенного в мощном слое пльвунных грунтов, впервые в практике строительства раскрыть большой котлован без примене-

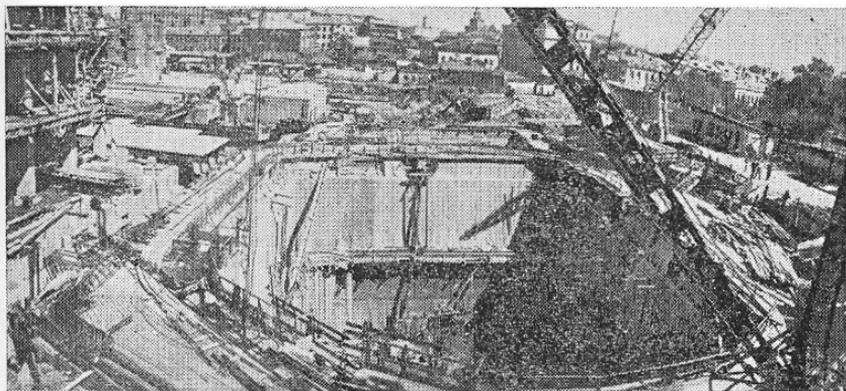
ния крепления внутри его, вести работы широким фронтом при максимальной механизации, обеспечить безопасность работ и высокую производительность труда, получить значительную экономию материалов и снизить стоимость работ на 5,5 млн. руб., предохранить от деформации основание как высотного здания, так и расположенных поблизости строений, сократить благодаря параллельному ведению подземных и наземных работ сроки строительства на 12 месяцев.

При строительстве высотного здания под руководством автора статьи был разработан способ регулирования процесса деформаций сооружений при применении метода искусственного замораживания грунтов.

Новый способ разработки котлованов был применен на строительстве ряда сооружений: подземного переходного вестибюля, эскалаторного тоннеля, переходного коридора станции «Комсомольская», вестибюля станции «Белорусская» в Москве, вестибюлей станций «Арсенальная» и «Завод «Большевик» в Киеве и др. Способ широко внедрен в практику строительства подземных сооружений.

Разнообразие условий, в которых сооружают тоннели метрополитенов, диктует необходимость постоянного совершенствования методов производства работ. Модифицированный способ замораживания был применен на трассе одной из веток длиной 256 м, которая соединяет кольцевую линию с депо. Она прокладывалась в тяжелых гидрогеологических условиях, под территорией, плотно застроенной жилыми и промышленными зданиями. Было принято решение расположить замораживающие скважины под жилыми домами с разными углами наклона, веерообразно, с целью образования «шатров» над тоннелями. Такое расположение скважин позволило обойтись без сноса некоторых зданий. Всего таким образом было пробурено около 18 тыс. пог. м замораживающих скважин.

В сложных гидрогеологических условиях велось и строительство перегонных тоннелей между станциями «Вокзальная» и «Университетская» в Киеве. Тоннели почти полностью проходили в слабовлажных мелкозернистых песках, покрытых тонким слоем глины, на которой располагалась большая толща водонасыщенных песков. На трассе одного из участков находилось здание действующей теплоэлектростанции с градирнями, бассейном и т. п. Любая деформация могла вывести элект-



Разработка котлована методом замораживания для вестибюля станции «Красные ворота» [ныне «Лермонтовская»] рядом со строящимся высотным зданием

ростанцию из строя. Сложная техническая задача была решена с помощью искусственного замораживания грунтов при веерообразном расположении замораживающих колонок, наклонно, в форме «шатра».

В 1954 г. на ряде объектов впервые в СССР был применен способ ступенчатого замораживания грунтов. В условиях, когда неустойчивые водонасыщенные грунты залегали на некоторой глубине от поверхности, верхнюю часть ствола проходили обычным горным способом в глинах и сухих песках. Проходка нижней части ствола в неустойчивых грунтах осуществлялась с применением ступенчатого замораживания. Бурение скважин и замораживание грунтов производили из камеры, сооруженной на требуемой глубине. Этот способ позволил значительно сократить сроки строительства, удешевить работы, уменьшить количество материалов. Локальное замораживание грунтов с глубинных уровней выработок нашло применение и на ряде других объектов.

Стволы шахт № 512, 513, 515 и 517 Рижского радиуса Московского метрополитена должны были пересечь устойчивые породы с большим притоком подземных вод. В этом случае было решено произвести предварительное замораживание пород на полную глубину стволов. Это позволило выполнить работы без водоотлива, что значительно облегчило условия труда проходчиков, повысило производительность труда. Стволы шахт с заморожен-

ным на полную глубину грунтом были пройдены в 3 раза быстрее, чем при подобных условиях с водоотливом на четвертой очереди строительства Московского метрополитена.

Сооружение перегонных тоннелей Краснопресненского радиуса под каналом имени Москвы, в непосредственной близости их свода от дна канала, представляло собой сложную инженерную задачу. Песчаное дно канала подстилали крепкие водонасыщенные известняки, ниже залегали глины. Взрывные работы при проходке известняков могли нарушить устойчивость кровли тоннелей. Был принят вариант создания вдоль дна канала защитной льдогрунтовой плиты толщиной 4 м посредством укладки в дне замораживающих секций с засыпкой их песчаным грунтом.

Проходка перегонных тоннелей Кировско-Выборгской линии Ленинградского метрополитена велась в дельте Невы в древних глубоких размывах. На участке тоннеля длиной 400 м осуществили замораживание грунтов сплошным массивом, для чего было пробурено 1900 вертикальных скважин. Для замораживания зоны размыва вся трасса была разбита на несколько участков, с учетом мощностей холодильных установок и других ресурсов. На этой трассе впервые в Метрострое для замораживания перемычки был применен жидкий азот.

Большая разница отметок поверхности на некоторых участках метрополитена в Киеве вызвала необходимость устройства на некоторых станциях двухмаршевых эскалаторных входов с промежуточными подземными вестибюлями. На станции «Арсенальная» такой вход состоит из двух эскалаторных тоннелей и имеет промежуточный вестибюль.

Гидрогеологические условия представлены мощными слоями сильно водонасыщенных грунтов. Вблизи выработки расположены многоэтажные жилые дома и городские подземные коммуникации, а непосредственно над ней проходит основная городская магистраль с интенсивным движением транспорта. Проходка в таких трудных условиях могла быть выполнена только при искусственном замораживании грунтов.

При сооружении верхнего наклонного тоннеля толща глин, принятая за водоупор, оказалась неустойчивой, и остановленные в ней замораживающие скважины не создали замкнутости контура снизу. В результате при

подходе к этому слою в наклонный ход прорвался плавун, а на поверхности образовалась воронка. Дальнейшая проходка эскалаторного тоннеля была осуществлена способом горизонтального замораживания грунтов.

При сооружении промежуточного вестибюля станции «Арсенальная» наиболее рациональным оказался способ опускания с поверхности земли до необходимой отметки готовой железобетонной конструкции под защитой замороженного льдогрунтового цилиндра, мерзлый грунт которого служил в качестве несущей ограждающей конструкции. Опыт строительства подтвердил целесообразность принятого способа, который был внедрен и на других объектах киевского Метростроя.

Строительство нижнего эскалаторного тоннеля станции «Арсенальная» (второго марша) также представляло собой сложную техническую задачу, так как наклонный тоннель необходимо было соорудить, начиная со значительной глубины, в мощном слое водонасыщенных грунтов. Наиболее рациональным оказалось ведение замораживания грунтов из промежуточного подземного вестибюля (способ подземного замораживания). Этот способ был внедрен также на станциях «Завод «Большевик» и «Крещатик» (второй эскалаторный тоннель). Подземное бурение было организовано из промежуточного вестибюля, опущенного на проектную отметку. Строительство тоннелей способом подземного замораживания осуществлено впервые в мировой практике.

Ведение проходческих работ с применением замораживания грунтов позволяет значительно сокращать сроки сооружения тоннелей в сложных инженерно-геологических условиях, вести разработку грунта на полное сечение тоннелей больших диаметров, обеспечивать безопасность ведения работ, осуществлять работы при интенсивном движении городского транспорта, а также при наличии сложного подземного коммунального хозяйства, жилых и промышленных зданий.

● СПЕЦИАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ РАБОТ В МЕТРОСТРОЕНИИ



С. А. ЗУКАКЯНЦ,
инженер,
заслуженный строитель РСФСР

Творческая деятельность советских ученых и инженеров, еще в 30-е гг. оценивших огромные возможности методов искусственного замораживания грунтов и понижения уровня грунтовых вод, проявивших настойчивость в их внедрении, совершенствовании и теоретическом обосновании, определила создание в нашей стране особой отрасли техники подземного строительства.

Искусственное замораживание грунтов, при котором видоизменяется их структура, обеспечивает надежность проходки в условиях, когда другие способы неэффективны или технически неосуществимы. Водопонижение — сложная комплексная задача гидрогеологического и инженерного характера — требует обязательного предварительного проведения обширных инженерно-геологических изысканий, организации гидрогеологических наблюдений и контроля в процессе производства работ. Применение того или иного специального способа зависит от многих факторов и обусловлено прежде всего инженерно-геологическими условиями.

Расположение водозаборных сооружений и противодиффузионных устройств определяется конкретными инженерно-геологическими условиями, величинами требуемого понижения уровня грунтовых вод, а также технико-экономическими соображениями. В Москве, Харькове, Минске строительство метро велось преимущественно в

переслаивающихся грунтах с различными фильтрационными свойствами. В основном эти грунты состояли из отложений речных долин. Величины зон размывов разных слоев по глубине изменялись от десятков сантиметров до многих метров. Выработки часто вскрывают полную мощность водоносных отложений, что значительно затрудняет осушение котлованов и тоннелей.

Трасса метрополитена мелкого заложения в Тбилиси проходит в отложениях межгорной долины, представленных суглинистыми слоями с прослойками и линзами щебня, характеризующимися низкими фильтрационными свойствами. Потребовалось проведение дополнительных мероприятий по интенсификации водоотбора. В Ереване линия метрополитена проходит в галечниковых отложениях, в мощном предгорном бассейне подземных вод. Осушение пласта в этих условиях было бы невозможно без водопонизительных скважин со значительными дебитами, до $250 \text{ м}^3/\text{ч}$ на каждую скважину. В Горьком линия первой очереди метро проходит в песчаных аллювиальных отложениях. Почти по всей трассе тоннели сооружают с применением искусственного понижения уровня грунтовых вод. С 60-х гг. в строительстве метрополитенов наметилась тенденция к интенсивному переходу от глубокого заложения линий к мелкому. Сооружение тоннелей мелкого заложения, проходящих преимущественно в четвертичных отложениях — песках, суглинках и глинах, при сравнительно высоких уровнях грунтовых вод значительно увеличило объемы работ, выполняемых специальными способами. Из вспомогательных эти способы превратились в одни из основных в технике метростроения.

За последние 10—15 лет объем использования специальных способов в метростроении возрос почти в 6 раз. За этот период под защитой замороженных грунтов в нашей стране было сооружено более 40 эскалаторных тоннелей, более 80 стволов шахт и около 4 км горизонтальных выработок. С применением искусственного понижения уровня подземных вод было сооружено 15 км тоннелей, для чего потребовалось пробурить и оборудовать погружными насосами более 1 тыс. водопонизительных скважин, установить более 40 тыс. иглофильтров и 500 иглофильтровых установок типа ЛИУ. Общая стоимость работ, выполненных с помощью специальных способов, в 1970—1980 гг. превысила 100 млн. руб.

В настоящее время примерно 30—35% общей протя-

женности строящихся линий метрополитенов сооружают с применением специальных способов. Стоимость работ с использованием таких способов составляет более 20% общей стоимости строительства участков. В ближайшие годы намечается дальнейшее увеличение объемов работ с применением специальных способов, особенно в Москве, Ленинграде, Баку, Минске. В Баку решается уникальная по сложности инженерная задача — понижение уровня грунтовых вод на 40 м для кессонной проходки на большой глубине. Несмотря на трудности реализации такого решения, в ходе работ подтверждается правильность принятой схемы защиты выработки в процессе проходки.

Тоннели между станциями «Тушинская» и «Сходненская» Краснопресненского радиуса Московского метрополитена были сооружены под деривационным каналом, в массиве породы, где уровень грунтовых вод располагался на 5 м выше лотка тоннеля. Водопонижение осуществлялось двумя рядами глубоких скважин, расположенных на береговых дамбах канала перпендикулярно оси тоннеля. Высокая точность устройства скважин позволила обеспечить снижение уровня грунтовых вод ниже лотка тоннеля в створе середины канала, а также бесперебойную работу водопонижительной системы. Была исключена необходимость применения дополнительных средств в виде установок УЗВМ и наклонных скважин, предусмотренных проектом.

При продлении Рижского радиуса тоннели проходили в слое глин. Непосредственно под лотком тоннеля, а на некоторых участках в пределах его габарита залегали глинистые пески с водоносным горизонтом до 30 м. Проектом предусматривалась кессонная проходка с предварительным понижением уровня грунтовых вод. Строители предложили более рациональную схему водопонижения — пробурить водопонижительные скважины в песке и нижележащем известняке. При водоотборе из слоя песков могло произойти перераспределение напоров грунтовых вод, что способно было изменить пути фильтрации. Появился бы дополнительный источник питания слоя песков через слой известняков (локальные литологические окна).

Путем устройства шести скважин в известняке удалось значительно снизить напор грунтовых вод, а восемь скважин в песке понизили напор на величину, значительно превышавшую предусмотренную проектом, что позволило

пройти тоннель без применения кессона. На отдельных участках для снятия остаточного гидростатического давления в песках применили водопонижение непосредственно из тоннеля через тьюбинговые отверстия в лотке, с использованием иглофильтров, установленных за проходческим щитом.

Станция «Щукинская» и примыкающие к ней тоннели второй очереди Краснопресненского радиуса Московского метрополитена также построены под защитой водопонижения. Сложность проходки котлована, в котором монтировали конструкции станции, заключалась в том, что выработкой вскрывались водоносные пески, ниже которых залегал второй слой песков, содержащий напорный водоносный горизонт. Первоначальной схемой предусматривались понижение уровня грунтовых вод в верхней толще песков с помощью системы легких иглофильтровых установок и снятие остаточного столба воды открытым водоотливом по боковым траншеям. Уменьшения гидростатического давления в нижней толще песков предполагалось достичь водопонижающими скважинами с погружными насосами типа ЭЦВ.

Осуществление такой сложной схемы потребовало бы значительных трудовых и материальных затрат и не исключало возможных осложнений в процессе проходки. Детальное изучение геологического разреза и дополнительная разведка в ходе производственного бурения позволили упростить схему водопонижения путем объединения фильтровых колонн водопонижительных скважин верхнего и нижнего водоносных горизонтов. Это обеспечило одновременный забор воды с двух горизонтов и успешное осушение котлована и тоннеля. Были исключены установка 2300 иглофильтров и прокладка 2500 м всасывающих коллекторов, что дало экономию 14 тыс. машино-смен работы установок ЛИУ-5 и около 3 тыс. машино-смен работы насосов открытого водоотлива.

На строительстве пяти глубоких эскалаторных тоннелей Кировско-Выборгской линии Ленинградского метрополитена были значительно усовершенствованы техника и технология бурения наклонных скважин. Эскалаторный тоннель станции «Площадь Мужества» пересекает толщу слабых пылеватых песков и супесей, что значительно осложнило бурение с помощью станков КАМ-500 и ЗИФ-300 и не дало положительных результатов. После выхода из направляющих кондукторов скважины на дли-

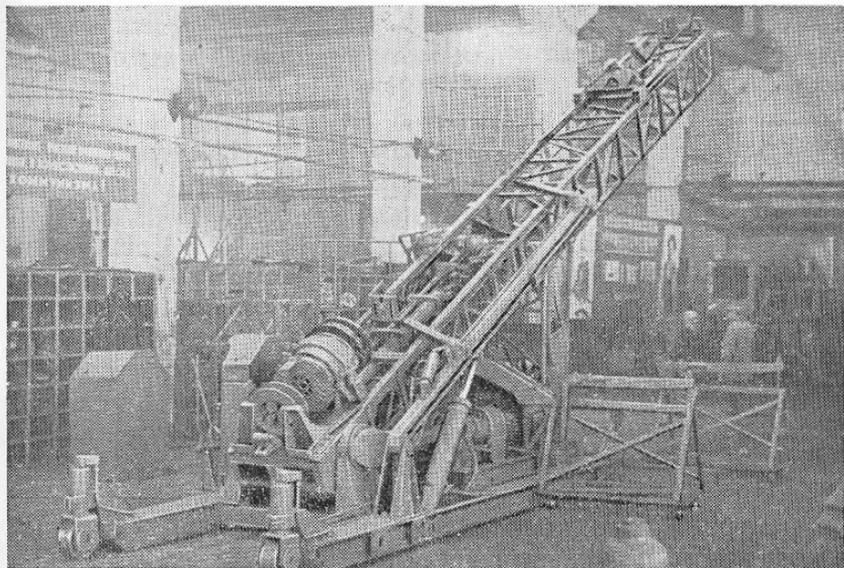
не 30—40 м отклонялись от заданного направления на 6—7 м.

Была применена новая технология бурения с применением специальных буровых установок наклонного бурения ТУНБ-150, разработанных метростроевцами совместно со специалистами Главтоннельметростроя и созданных Барнаульским заводом геологоразведочного оборудования. Новая технология позволила решить задачу непрерывного бурения в крайне неблагоприятных инженерно-геологических условиях. Она явилась большим вкладом в совершенствование работ по искусственному замораживанию грунтов.

Установка ТУНБ-150 отличается высоким уровнем механизации основных и вспомогательных работ. В отличие от бурового станка КАМ-500 она позволяет производить принудительную механизированную подачу в скважины обсадных труб диаметром до 273 мм с одновременным вращением их, механизировать свинчивание и развинчивание бурильных и обсадных труб, а также осуществлять подъем труб весом до 250 кг с поверхности земли на стеллаж и мачту. Установка оснащена оптическим наклонометром, позволяющим ориентировать ее в заданном направлении и осуществлять контроль за ее стабильностью в процессе бурения.

Благодаря установке ТУНБ-150 применена новая технология сооружения наклонных замораживающих скважин, совмещающая бурение с монтажом и опусканием замораживающих колонок. Это достигается производством бурения непосредственно замораживающей колонкой, на которой закреплено долото с открытым верхним концом, входящее в полость колонки. Верхний конец долота соединен с пробкой, смонтированной на нижнем перфорированном конце подводящего патрубка. По окончании бурения пробку навинчивают посредством патрубка на верхний конец долота, достигая таким образом герметизации конуса замораживающей колонки. Внедрение буровых установок ТУНБ-150 позволило сократить сроки бурения в 4—5 раз и уменьшить его стоимость почти вдвое. С помощью установок ТУНБ-150 было осуществлено замораживание грунтов в 19 наклонных эскалаторных тоннелях в разных городах страны, где строятся новые линии метрополитенов.

В проектах новых линий метрополитенов начали предусматривать организацию опытно-производственных



Установка для бурения наклонных скважин

участков. Значение этого нововведения трудно переоценить. Практика использования специальных способов работ показывает, что природные условия не могут быть учтены в полной мере, очень часто в процессе расчета они в значительной степени схематизируются. Организация опытно-производственных участков играет особую роль в проведении водопонижительных работ, когда производится пробная откачка на полную мощность и в расчетную схему вносятся необходимые поправки. Опытно-производственные участки закладываются с опережением общестроительного графика, чтобы предусмотреть время на корректировку проекта, если она потребуется. С устройства опытных участков начинались работы на строительстве некоторых линий мелкого заложения в Баку, Москве, Харькове, Тбилиси, Ереване, Киеве. После анализа работы опытно-производственных участков иногда значительно менялась расчетная схема водопонижения.

На строительстве первой очереди Харьковского метрополитена проектом предусматривалось осуществить водопонижение главным образом с помощью эжекторных иглофильтров, причем было предусмотрено всего шесть водопонижительных скважин. Это обуславливалось близ-

ким залеганием водоупора и наличием грунтовых вод на глубине 3—7 м. После проведения опытно-производственного водопонижения от эжекторов пришлось отказаться (к этому времени их установили всего 200 из 2 тыс., предусмотренных проектом). Основным средством водопонижения стали водопонизительные скважины в сочетании с легкими иглофильтрами и открытым водоотливом.

Тоннели первой линии метрополитена в Ереване на участке протяженностью 1 км проходят в обводненных и валунно-галечных отложениях. Необходимо было понизить уровень грунтовых вод по отношению к статическому на 12,5—13 м. Проектом предусматривалось водопонижение при помощи двухрядной системы скважин с расположением их вдоль тоннелей на всем протяжении трассы. Работа опытно-производственного участка на станции «Площадь Ленина» подтвердила возможность корректировки водопонизительной схемы. Не отклоняясь от основных положений проекта, выявили возможность вести работы по водопонижению с помощью опорных кустов в виде групп водопонизительных скважин, расположенных в трех пунктах по трассе. Это значительно сократило количество скважин, позволило избежать сноса части городской застройки, а также необходимости прокладки водоотливного трубопровода.

Изучив многолетний опыт работы по водопонижению на Горьковском, Ждановском и Краснопресненском радиусах Московского метрополитена и опираясь на данные, полученные на опытно-производственных участках, ученые и инженеры пришли к выводу, что большая металлоемкость и высокие трудовые затраты, связанные с применением эжекторных иглофильтров, могут быть исключены. Выявились и другие недостатки установок с эжекторными иглофильтрами — сравнительно низкий КПД, стоимость, в 2 раза превышающая стоимость водопонижения скважинами, оборудованными погружными насосами, энергоемкость, почти в 6 раз превышающая энергоемкость скважин. Во многих случаях эжекторные иглофильтры были заменены водопонизительными скважинами, оборудованными погружными насосами различных типоразмеров.

Несмотря на значительный прогресс в развитии техники специальных способов работ в метростроении в последние годы, технический уровень этих работ пока еще не соответствует новым требованиям. Стоимость специ-

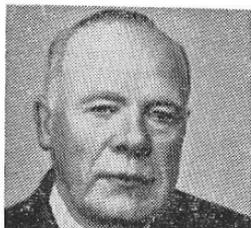
альных способов работ все еще остается высокой, техника бурения и механизация работ ждут совершенствования, экспериментальные и теоретические исследования проводятся недостаточно интенсивно, объем инженерно-геологических изысканий недостаточен, проектирование в ряде случаев ведется без достаточного изучения гидрогеологических режимов и химического состава грунтовых вод.

Специализированные организации Министерства транспортного строительства СССР в содружестве с ЦНИИС, Метрогипротрансом и другими научно-исследовательскими и проектными организациями ведут активную работу по преодолению этих недостатков, создавая и широко внедряя прогрессивные технические средства и технологию. Внедряются мобильные иглофильтровые установки различных конструкций и погружные электронасосы, совершенствуются методы расчета водопонижительных установок, расширяется сфера применения метода замораживания грунтов.

Отработана прогрессивная технология бурения водопонижающих скважин вращательным способом с обратной промывкой. Проведены экспериментальные работы по проходке скважин методом вибропогружения и виброизвлечения труб, внедряется скоростное замораживание с применением жидкого азота и химического закрепления грунтов. Завершаются работы по изготовлению новейшей буровой установки горизонтального и наклонного бурения. Для обеспечения квалифицированного технического руководства и контроля за ведением работ, рассмотрения и корректировки проектных решений, обобщения данных наблюдений создана гидрогеологическая и маркшейдерская служба.

Необходимо более широко привлекать ведущие проектные организации, конструкторские бюро, заводы к созданию и внедрению новых специальных машин и оборудования для метростроителей. Следует усилить научные исследования в области статических, теплотехнических и гидрогеологических расчетов и прогнозов, повысить уровень проектирования за счет улучшения качества и увеличения объемов инженерно-геологических изысканий, а также более тщательного изучения гидрогеологических режимов и химического состава грунтовых вод.

● СООРУЖЕНИЕ ТОННЕЛЕЙ ПРОХОДЧЕСКИМИ ЩИТАМИ

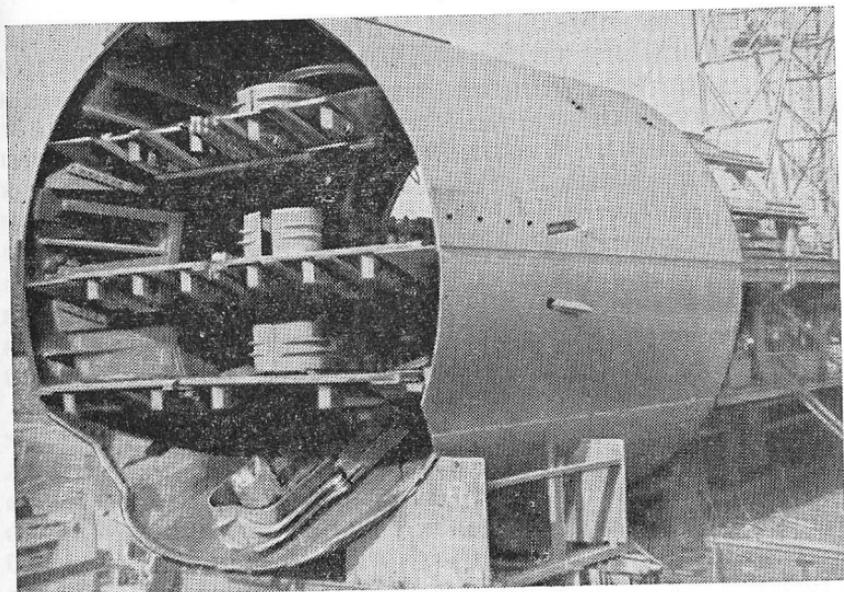


В. И. РАЗМЕРОВ,
кандидат технических наук,
заслуженный строитель РСФСР,
лауреат Государственной
премии СССР

Строительство первой очереди Московского метрополитена характеризовалось широким применением классического горного способа проходки с разработкой сечения тоннеля по частям. Этому способу присущи высокая степень использования ручного труда во всех производственных процессах, теснота рабочего пространства, лишаящая возможности механизировать работы.

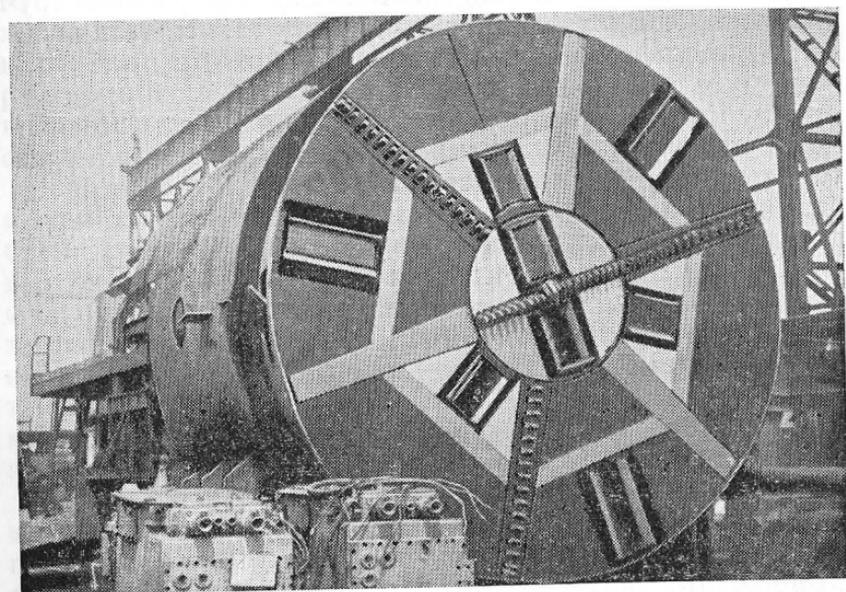
Устройство монолитной бетонной обделки, сооружаемой по частям, чрезвычайно трудоемко, требует большого количества деревянной опалубки и крепежного леса для сложного временного крепления. Бетонная конструкция обделки тоннелей обуславливала сложный комплекс гидроизоляционных работ — устройство оклеечной гидроизоляции и сооружение поддерживающей железобетонной рубашки. Технологическая необходимость последовательного выполнения операций по сооружению тоннеля затрудняла возможность совмещения трудоемких процессов во времени, ограничивая темпы проходки и возможности механизации.

Затраты труда на основные процессы по сооружению перегонного тоннеля первой очереди строительства равнялись 646 чел.-ч на 1 пог.м, а приведенная скорость проходки — 0,2 пог. м в сутки. В период наибольшего развертывания работ общая численность занятого персонала составляла около 75 тыс. человек.



Проходческий щит ЩМ-17

Проходческий щит ЩМР-1



Первая очередь Московского метрополитена стала своеобразной лабораторией. На опытных участках испытывались почти все известные в то время способы проходки, в том числе и щитовой способ сооружения тоннелей. Этим способом сооружали участок перегонного тоннеля от Театральной площади (ныне площадь Свердлова) до станции «Дзержинская». В работе находилось два щита. Один был поставлен из Англии, другой — изготовлен отечественной промышленностью.

Сооружение тоннелей с помощью проходческого щита показало полную техническую и экономическую целесообразность такого способа работ. Разработка забоя на полное сечение, исключение тяжелого ручного труда по устройству временного деревянного крепления, применение для устройства обделки бетонных блоков, а позднее чугунных тюбингов вместо монолитного бетона, т. е., по существу, замена сооружения обделки ее монтажом, резко снизившая трудоемкость работ и позволившая полностью механизировать их с помощью специальных укладчиков блоков и тюбингов, значительное уменьшение трудоемкости гидроизоляционных работ — таковы важнейшие преимущества щитового способа проходки.

Результаты опытных работ с использованием щитовой проходки на строительстве первой очереди Московского метрополитена позволили принять решение — начиная со второй очереди строительства проходческие работы вести в перегонных и станционных тоннелях метрополитена в основном щитовым способом. Для практической реализации этого решения требовалось 42 проходческих щита, а в распоряжении строителей было только два. 40 щитов (28 перегонных диаметром 6 м и 12 станционных диаметром 9,5 м) — такой огромный заказ должен был быть выполнен менее чем за два года.

Созданная за годы первых пятилеток отечественная промышленность сумела успешно справиться с этой задачей. Партия и правительство уделяли большое внимание Метрострою. За выполнением заказа лично следил нарком тяжелой промышленности Серго Орджоникидзе. Станционные щиты изготовляли в Ленинграде и Новокраматорске, перегонные — в Горловке и Коломне. Производство станционных тюбингов было поручено Уральскому заводу тяжелого машиностроения, перегонных тюбингов — Днепропетровскому машиностроительному заводу.

Пока на заводах велось изготовление щитов, метро-строевцы проводили подготовительные работы, готовили квалифицированные бригады монтажников. Инженеры, техники и рабочие-тоннельщики знакомы с конструкцией проходческих щитов и технологией щитовой проходки. Были созданы две бригады по 20 человек с учетом четырехсменной круглосуточной работы. Начальником монтажных работ назначили Е. П. Солдатову, опытного мастера-монтажника. Его высокая квалификация, отличные организаторские способности способствовали успешной работе монтажных бригад. Скорость монтажа щитов была доведена с месяца до двух недель.

Радикальные изменения, которые щитовой способ проходки внес в технологию сооружения тоннелей, позволили резко повысить производительность труда тоннелестроителей. Затраты труда на основные процессы по сооружению 1 пог.м перегонного тоннеля снизились с 646 чел.-ч на первой очереди до 249 чел.-ч на второй очереди, т.е. более чем в 2,5 раза. По мере освоения щитового способа на второй очереди строительства скорости проходки перегонных тоннелей возросли с 2 пог.м в месяц в начале работ до 45—50 пог.м в конце работ. Изменив коренным образом основные процессы проходки, щитовой способ потребовал механизации остальных процессов.

При новом соотношении трудоемкости основных процессов возрос удельный вес таких операций, как разработка забоя, погрузка породы, ее транспортировка, оставшихся ручными. Эти операции стали узким местом в общей технологической цепи, ограничивая развитие и темпы строительства. Главной задачей дальнейшего совершенствования производства работ на строительстве третьей и особенно четвертой очереди Московского метрополитена стала механизация разработки породы, ее погрузки и транспортировки.

Массовое внедрение породопогрузочных машин, электровозной откатки, механических сбалчивателей тюбингов, механизация поверхностного шахтного комплекса: опрокидывателей вагонеток, выталкивателей груженых вагонеток из шахтной клетки и другого оборудования — обеспечили дальнейшее снижение трудоемкости сооружения тоннелей и повышение производительности труда на четвертой очереди строительства в 4 раза по сравнению с первой очередью. При возведении перегонного тоннеля

между станциями «Арбатская» и «Смоленская» в начале 50-х гг. в тяжелых гидрогеологических условиях, под сжатым воздухом с помощью проходческого щита соорудили более 6 пог.м тоннеля в сутки, т.е. выполняли 167% нормы.

В 60-х гг. при проходке перегонного тоннеля на Ждановском радиусе Московского метрополитена, а позже на Замоскворецком радиусе в песках естественной влажности московские метростроевцы, разрабатывая забой проходческим щитом, временное крепление забоя поручили песку, превратив его из врага в помощника, по образному замечанию начальника СМУ. Угол естественного откоса песка обеспечивал временную устойчивость лба забоя, а гидравлический напор щитовых домкратов помогал выполнять разработку забоя. Когда появились небольшие глинистые прослойки, затруднявшие проходку, конструкторы совместно со строителями создали специальные лопастные рыхлители, которые были установлены на площадках щита и включались в работу, способствуя разработке породы.

Так был создан механизированный щит ШМ-17, который использовали при строительстве Краснопресненского радиуса Московского метрополитена на проходке участка перегонного тоннеля длиной 1800 м в песках естественной влажности со средней скоростью 117 пог.м в месяц. Другой такой щит используется на строительстве Горьковского метрополитена.

На линиях второй и третьей очередей строительства Московского метрополитена щитовой способ проходки тоннелей с применением сборной чугунной обделки оставался единственным для всех забоев, независимо от гидрогеологических условий. Позже, на линиях четвертой очереди, щитовую проходку использовали только в забоях со сложными гидрогеологическими условиями и при слабоустойчивых породах. Одновременно продолжалась дальнейшая механизация и рационализация отдельных процессов проходки. Создание и внедрение механических сбалчивателей позволило во всех забоях перегонных, станционных и эскалаторных тоннелей полностью исключить тяжелый ручной труд по монтажу обделки и повысить производительность труда на этом процессе почти в 3 раза по сравнению с третьей очередью строительства. Тяжелый и малопродуктивный труд по ручной очистке лотка тоннеля перед его бетонированием был

исключен благодаря внедрению плоского лотка. Все это позволило превысить установленные проектом четвертой очереди скорости проходки перегонных и станционных тоннелей.

Как показывает практика строительства, наиболее эффективное совершенствование методов разработки породы в забое и комплексная механизация процессов сооружения тоннелей могут быть достигнуты только путем создания и внедрения специальных механизированных щитов — тоннельных комбайнов, позволяющих полностью устранить ручной труд в трудоемких процессах тоннельных работ и значительно повысить скорости сооружения тоннелей.

Много лет проектировщиками и метростроителями проводится большая работа по разработке конструкций, созданию и внедрению в практику строительства механизированных проходческих щитов. Специалистами Главтоннельметростроя созданы механизированные щиты для разнообразных условий работы в породах различной крепости. Первым вариантом такой конструкции был щит, использованный в Ленинграде. Результаты испытаний оказались настолько успешными, что была изготовлена партия из шести щитов, используемых на проходке перегонных тоннелей с 1949 г. С помощью этих щитов сооружено около 70 км перегонных тоннелей. Ленинградский механизированный щит имеет планетарный привод мощностью 80 кВт, режущий рабочий орган из четырех дисков-фрез, каждая из которых оснащена 12 стержневыми резцами, армированными твердым сплавом; подача на забой гидравлическая.

Создание механизированных щитов для разнообразных и сложных гидрогеологических условий сооружения тоннелей в Москве представляет собой более трудную задачу. Первый механизированный щит для строительства Московского метрополитена был создан в 1953 г. Он предназначался для механического разрушения горных пород крепостью до 175—200 кгс/см² и был выполнен по типу ленинградского механизированного щита, с планетарным режущим органом — двумя рабочими дисками по 24 резца на каждом. Щит прошел заводские и производственные испытания. С его помощью были построены 623 м перегонного тоннеля на Рижском радиусе.

К концу 50-х гг. было принято решение сооружать тоннели Московского метрополитена в основном мелкого за-

ложения. Большую часть перегонных тоннелей должны были проходить в моренных глинах, суглинках, супесях, песках естественной влажности. Созданный для этих условий механизированный щит имел плоскую планшайбу, оснащенную ножами. Каменистые включения размером более 250 мм вынимались вручную, для чего в планшайбе были предусмотрены специальные отверстия. Этим щитом были сооружены два участка перегонного тоннеля длиной 900 м вблизи станции «Профсоюзная». Проходка велась со средней скоростью 118 пог. м и максимальной скоростью 187 пог. м в месяц. Участок тоннеля длиной 450 м вблизи станции «Первомайская» был пройден со средней скоростью 80 пог. м и максимальной скоростью 132 пог. м в месяц.

Более удачным по конструкции и эксплуатационным качествам был созданный в 1961 г. механизированный щит ЩМ-8 диаметром 3,6 м с гидроприводом и рабочим органом в виде конической планшайбы, оснащенной пластинчатыми ножами и стержневыми резцами, для проходки гидротехнических и коллекторных тоннелей в породах крепостью от 20 до 250 кгс/см² (мягкие вязкие глины, карбонные глины, мергели, суглинки, лессы, слабые известняки).

На основе опыта использования механизированных щитов М-105, 105Т, ЩМ-4, ЩН-1 для широкого диапазона устойчивых пород крепостью от 20 до 400 кгс/см² был создан механизированный щит ЩМР-1. При разработке конструкции были значительно улучшены основные параметры щита. Привод выполнен на постоянном токе, что позволяет в широких пределах регулировать работу щита, изменяя обороты рабочего органа в зависимости от крепости пород. Значительно увеличена мощность привода, она составляет 320 кВт (2 × 160). Двухмоторный привод позволяет регулировать мощность отключением одного из двигателей при проходке слабых мягких пород. Благодаря упрочненным стержневым резцам улучшено резание крепких пород.

При испытаниях щита в Киеве на проходке участка в спондиловых глинах было сооружено более 3 тыс. м перегонного тоннеля, в том числе 2190 м с обделкой, обжатой в породу. При этом достигнута скорость 262 м в месяц, 14 м в сутки и 6,03 м в смену. Второй щит ЩМР-1 был использован в Москве на проходке участка перегонного тоннеля в породах средней крепости (карбонные

глины и известняки. Было пройдено 1370 м, максимальная скорость составила 147 пог. м в месяц.

Ленинградские механизированные щиты, проработавшие более 25 лет, в настоящее время заменяются новыми механизированными щитами КТ-1-5,6, созданными и изготовленными на Ясиноватском машиностроительном заводе. Щиты КТ-1-5,6 оснащены рабочим органом щелевого типа. Он состоит из четырех лучевых баров со стержневыми резцами, разрабатывающими кольцевые концентрические щели, и устройством, ломающим остающиеся кольцевые выступы породы. Мощность привода щитов 200 кВт, т. е. в 2,5 раза больше, чем щитов предыдущей модели, а наибольшее усилие подачи 50 тс, т. е. в 6 раз больше прежнего. Средняя скорость проходки при использовании этих щитов 330 — 350 пог. м в месяц. Рекордная скорость проходки 1250 пог. м в месяц превышает мировой рекорд для тоннелей этого диаметра.

С внедрением механизированных щитов ЩМ-17, КТ-1-5,6 и ЩМР-1 может быть осуществлена комплексная механизация проходки перегонных тоннелей метрополитена, залегающих в породах диапазоном от песков естественной влажности до слабых известняков и песчанников.

Для комплексной механизации проходческих работ при строительстве перегонных тоннелей метрополитена открытым способом создан специальный щит. Он представляет собой комплекс проходческого оборудования, включающий щит прямоугольной формы — металлическое передвижное крепление котлована под двухпутный тоннель. В передней изолированной части комплекса ведется разработка породы экскаватором с погрузкой ее в автотранспорт, позади производится монтаж цельносекционной обделки при помощи 20-тонного козлового крана ККТС-20. Комплекс позволяет обеспечить полный проходческий цикл при значительном сокращении вскрышных работ.

Двукратные испытания комплекса в обычных и тяжелых условиях строительства показали его высокую производительность. Достигнутая скорость проходки составила 6 пог. м двухпутного тоннеля в сутки. Проходка тоннеля с применением щита открытого способа работ была начата в конце 1979 г. в Киеве.

Работы по совершенствованию конструкций механизированных щитов и созданию новых щитов продолжа-

ются. Ведутся разработки щита со сменными рабочими органами, экскаваторным рабочим органом, а также работы по ряду других направлений.

Огромная доля участия в ведущихся более чем четверть века поисках наиболее совершенных конструкций механизированных щитов принадлежит Московскому механическому заводу (ранее завод № 5 Метростроя), который изготовил восемь моделей таких щитов в количестве 24 экземпляров, со всем оборудованием проходческого комплекса. С помощью щитовых комплексов, включая ленинградские механизированные щиты, сооружено более 120 км тоннелей метрополитенов во многих городах нашей страны.

● **НАУЧНЫЙ ФУНДАМЕНТ
ОТЕЧЕСТВЕННОГО
МЕТРОСТРОЕНИЯ**



В. С. ПИКУЛЬ,
кандидат технических наук,
доцент

Ретроспективный взгляд на конструкции и сооружения первых линий Московского метрополитена позволяет убедиться, что они во многом не уступают современным. На первых линиях были отработаны едва ли не все методы и приемы строительства, получившие дальнейшее совершенствование и развитие в отечественной практике. Это стало возможным благодаря тому, что с самого начала метрополитен рассматривался как крупный научно-исследовательский объект, хотя на первых этапах его строительства не было не только специальных институтов, лабораторий, кадров ученых-метростроителей, но и опытных инженерно-технических работников.

Когда в конце 1931 г. приступили к сооружению первого в СССР опытного тоннеля Московского метрополитена закрытым способом, к делу привлекли специалистов по гражданскому строительству, инженеров-горнопроходчиков, не имевших опыта работ в условиях подземной проходки в большом городе. Руководитель Метропроекта профессор В. Л. Николай писал, что в результате работ на первой очереди метрополитена из гражданских строителей, мостовиков, горняков сформировался новый тип специалиста — инженер-метростроитель.

Первым руководителем проектирования советского метрополитена был ученый, и это не случайно. Первый начальник Метростроя замечательный инженер-строи-

тель П. П. Ротерт считал, что с самого начала проектирование и сооружение столичного метрополитена следует вести на строго научной основе. П. П. Ротерт возглавлял такие крупные стройки, как Днепрогэс, строительство Дома промышленности в Харькове и др. Он хорошо понимал, что сооружение первоклассного метрополитена на высоком техническом уровне немыслимо без надежного научного фундамента. П. П. Ротерт сам был крупным ученым, ему одному из первых в нашей стране были присвоены степень доктора технических наук, звание профессора.

Для работы в Метрострое были приглашены крупнейшие инженеры-ученые, как, например, профессор С. Н. Розанов, принимавший участие в строительстве Парижского метрополитена. Все идеи и решения, воплощавшиеся в жизнь на первых участках московского метро, рождались в результате исследований, экспериментов, изобретательской деятельности, всестороннего анализа, продуманного инженерного риска. Все существенные вопросы решались с помощью научных сил.

Теоретические и экспериментальные исследования вели специалисты — строители, горняки, работавшие в техническом отделе Метростроя и Метропроекта и постепенно вырабатывавшие навыки новой инженерной профессии. Техническую помощь метростроевцам оказали зарубежные специалисты, в том числе В. М. Разнощик, участвовавший в разработке исходных положений метода «кольцо в упругой среде», Г. В. Морган, П. Ф. Вайнер, Ф. Барретт, содействовавшие проектированию и освоению некоторых технологических процессов. За ценную помощь на первых этапах строительства Московского метрополитена инженеры Г. В. Морган и Ф. Барретт были удостоены высоких советских правительственных наград.

Для консультаций привлекали крупнейших ученых — специалистов по механике грунтов, строительным конструкциям, стройматериалам, расчету сооружений и т. д., работавших в высших учебных заведениях и научно-исследовательских организациях. Творческое сотрудничество специалистов позволило создать в 1932 г. Комитет научного содействия Метрострою, который возглавляли такие ученые, как академик Г. М. Кржижановский и первый в нашей стране специалист по железобетону профессор А. Ф. Лолейт. После окончания Великой Отечественной войны аналогичный комитет функционировал

и на Ленметрострое. В него входили профессора Д. Д. Бизюкин, Б. Д. Васильев, А. Н. Пассек, Н. А. Цитович и другие.

Для обсуждения вариантов проекта линий первой очереди Московского метрополитена были созданы советская, германская, французская и английская экспертные комиссии, работа которых в совокупности стала многогранным научным исследованием.

Советские инженеры и ученые, критически анализируя зарубежный опыт, разрабатывали новые, соответствующие имевшимся условиям и высоким требованиям технические решения с проверкой их теоретическим и экспериментальным путем. Сразу же пришлось столкнуться с проблемой внешних нагрузок и расчета обделки в конкретных инженерно-геологических условиях Москвы.

Известные в то время теории горного давления относились к горным тоннелям или к горнорудным подземным выработкам глубокого заложения. Лишь некоторые из них применялись в метростроении, как, например, теории Сюке и Коммереля, использованные в Париже для расчета монолитных бетонных и бутобетонных обделок. Профессор С. Н. Розанов критически пересмотрел эти теории и создал новую расчетную схему, использованную им при проектировании бутобетонной обделки первого опытного тоннеля в Москве. В отличие от ранее применявшихся методов расчета тоннельных сооружений как свободных конструкций, подверженных воздействию только внешней нагрузки от грунта, без учета его влияния как окружающей среды, С. Н. Розанов ввел учет дополнительных сил трения по подошве стен обделки и влияния пассивного бокового отпора грунта. Это позволило значительно облегчить обделку.

Рассматривая этапы совершенствования тоннельных конструкций в отечественном метростроении, можно видеть их прямую зависимость от постоянно углубляющихся теоретических исследований. Сначала тоннели рассчитывали как обычные сооружения, подверженные только воздействию внешней нагрузки, без учета взаимодействия с окружающим грунтом. Эти расчеты приводили к созданию довольно громоздких конструкций, пригодных, скорее, для работы в наземных условиях. Даже при использовании впервые на перегоне между площадью Дзержинского и площадью Свердлова щитовой проход-

ки тяжелые железобетонные блоки соединяли в единую тоннельную трубу специальными стальными тяжами. Опыт показал, что установка тяжей была не везде выполнима. Там же, где они отсутствовали, обделка не обрушивалась. Это объяснялось тем, что окружающий грунт взаимодействовал с деформирующимся кольцом, помогая обделке сохранять устойчивость.

Комиссия по рассмотрению технического проекта второй очереди Московского метрополитена указала на настоятельную необходимость разработки нового метода расчета тоннельных обделок с учетом упругого отпора грунта для создания экономичных конструкций индустриального изготовления. Исходя из этого требования, в отделе типового проектирования Метропроекта усилиями главным образом Б. Ф. Матэри, Б. П. Бодрова, С. Г. Пояркова, Л. И. Горелика был разработан оригинальный метод расчета «кольцо в упругой среде». Этот метод, применимый к профилям такой сложной конструкции, как станционные тоннели (например, станция «Маяковская»), позволил создать замечательные по конструкции и экономичности сооружения отечественных метрополитенов.

Отдел типового проектирования Метропроекта в период сооружения линий первой и второй очередей проделал огромную работу научно-исследовательского характера, отраженную в ряде теоретических публикаций, в частности посвященных разработке проблемы «кольцо в упругой среде» методами строительной механики, тригонометрических рядов и дифференциальных уравнений, расчету внутренних гидроизоляционных оболочек кругового и коробового очертаний. Были выпущены сборники «Горное давление на тоннельные сооружения», «Расчет сводов тоннельных обделок с учетом влияния деформации опор» и др. Создание сборников велось с участием и при консультациях таких крупнейших ученых, как М. М. Филоненко-Бородич, И. П. Прокофьев, Н. Н. Давиденков, В. М. Келдыш, П. Л. Пастернак, Б. Н. Жемочкин и другие.

При проектировании и строительстве линий первой очереди Московского метрополитена, наряду с теоретическими, было выполнено много научно-экспериментальных исследований. Они концентрировались в созданном в 1933 г. научно-исследовательском секторе (НИС) Метростроя, который также привлекал к разработке проблем-

ных вопросов ученых. Некоторые исследования проводились непосредственно в производственных условиях, другие (испытания бетонных образцов, гидроизоляционных материалов и т. п.) — на лабораторных установках.

Для обоснования методов расчета тоннельных обделок и уточнения реальных величин действующих на них нагрузок Ленинградский институт сооружений в 1933 г. провел натурные измерения горного давления в шахтах Метростроя так называемым струнно-акустическим методом профессора Н. Н. Давиденкова. Этот метод основан на явлении резонанса при изменении тона звучания струны, натянутой на напряженном, а затем искусственно ослабленном волокне крепи. Впоследствии Н. Н. Давиденков разработал специальные акустические мессдозы, позволяющие непосредственно измерять давление грунта за обделкой без разгрузки крепи. Н. Н. Давиденков и его сотрудники часто бывали на шахтах Метростроя, и проходчики в шутку прозвали их музыкантами.

Серьезные теоретические и экспериментальные работы по определению нагрузки и расчету тоннельных конструкций выполнили С. С. Давыдов, Г. Г. Зурабов, О. Е. Бугаева, Г. И. Покровский, Я. Г. Галкин, К. А. Вахуркин, Б. Н. Виноградов, С. А. Орлов, К. В. Руппенейт.

Натурные исследования по отработке новых технологических методов и приемов сооружения тоннелей метрополитена были начаты еще в 1932 г. в опытном тоннеле на Русаковской улице в Москве и продолжались последовательно на каждом новом объекте, охватывая основные способы сооружения тоннелей — с монолитной обделкой открытым и закрытым способами, с временной деревянной крепью, при постепенном раскрытии профиля по частям; проходкой щитовым способом на полное сечение, со сборной чугунной и железобетонной обделкой, при комплексной механизации тоннельных работ; с массовым внедрением индустриальных конструкций. Все эти ступени технического прогресса в отечественном метростроении неразрывно связаны с научными работками.

Практика научной и производственной деятельности выявила острую необходимость в подготовке и повышении квалификации кадров инженеров-метростроителей. До Великой Октябрьской социалистической революции в отечественных высших учебных заведениях такая дисципли-

пина, как тоннелестроение, отсутствовала — в дореволюционное время сооружение тоннелей велось по подрядам зарубежными фирмами, а русские инженеры-строители осуществляли лишь технический надзор за производством работ. В 1918 г. были введены факультативные курсы лекций по тоннелям и частично метрополитенам в МИИТе (профессор В. К. Дмоховский), в 1919 г. — в Ленинградском политехническом институте (профессор С. Н. Розанов) и в 1924 г. — в МВТУ.

В 1933 г. по инициативе Метростроя в МИИТе организовали факультет и кафедру метростроения. Первым заведующим кафедрой был назначен профессор С. Н. Розанов, после смерти которого эту должность занял профессор В. Л. Николаи, заложивший основы методики высшего образования инженеров-тоннелестроителей в СССР. Он привлек к преподаванию опытных специалистов Метростроя В. Л. Маковского, В. П. Волкова, А. И. Барышника, Г. В. Арбузова и других. В 1934 г. при кафедре метростроения МИИТа были организованы курсы повышения квалификации производственников и проектировщиков Метростроя.

Вскоре кафедры по подземному строительству были созданы в ЛИИЖТе (профессор Ю. А. Лиманов), ТБИИЖТе (профессор М. И. Дандуров) и в других высших учебных заведениях. Они стали пополнять кадры тоннелестроителей. Сотрудниками кафедр втузов написано много учебников и учебных пособий, выполнено большое число исследований, значительно способствовавших прогрессу метростроения не только в СССР, но и за рубежом.

В 1950 г. в составе ЦНИИС было организовано отделение тоннелей и метрополитенов. ЦНИИС является ведущим институтом по метростроению. Его специалистами созданы уникальные стендовые установки, обеспечивающие проведение исследований на высоком научном уровне. Научные работники, занимающиеся проблемами метростроения, тесно связаны с производством. Многие, получив ученую степень, продолжают работать на стройках, другие пришли в науку непосредственно с производства.

С самых первых шагов отечественного метростроения все проблемные и текущие вопросы техники и технологии строительства решались учеными в тесном контакте с инженерно-техническими работниками непосредствен-

но в производственных условиях. Свой рабочий день П. П. Ротерт, как впоследствии и другие руководители Метростроя, начинал с посещения шахт. Очень часто в тоннелях метро можно было видеть академиков А. А. Скочинского, А. М. Терпигорева, Л. Д. Шевякова. Член-корреспондент Академии наук СССР Г. И. Маньковский отработывал на Мосметрострое метод бурения шахтных стволов, профессор А. Н. Пассек изучал проявления интенсивного горного давления на станции «Дзержинская». На Ленметрострое профессор Ю. А. Лиманов исследовал в натуре особенности осадок грунта при проходке тоннелей. О тесном контакте тоннельной науки и производства свидетельствует и тот факт, что при научно-техническом совете Министерства транспортного строительства СССР активно функционирует секция строительства тоннелей и метрополитенов.

В 1956 г. была создана Академия строительства и архитектуры СССР, в которую вошли выдающиеся ученые и производственники, внесшие вклад в разработку важнейших вопросов метростроения. Действительными членами академии стали А. И. Барышников, С. С. Давыдов, В. М. Келдыш, Б. Г. Скрамтаев, Н. С. Стрелецкий, членами-корреспондентами — Н. А. Губанков, М. И. Дандуров, К. А. Кузнецов и другие. Участием таких специалистов в работе академии подчеркивалась значимость метростроения как сложной инженерной отрасли, развитие которой невозможно без масштабной науки. В состав комиссий по приемке всех новых линий метрополитенов обязательно входят крупные ученые. За участие в разработке новых конструкций, технологических процессов, повышающих эффективность и технико-экономические показатели тоннельного строительства, многие научные работники удостоены звания лауреата Государственной премии СССР.

Советскими учеными выпущено немало книг, диссертаций, сборников научных трудов, статей, рекомендаций, нормативных документов, содержащих ценнейшие данные исследовательских работ в области метростроения. Научные вопросы метростроения постоянно находят отражение в изданиях института ВПИТрансстрой, на страницах журнала «Транспортное строительство». С 1932 г. выходит журнал «Метрострой», являющийся единственным в мире научно-информационным сборником, специально посвященным метростроению. Большую работу по

систематизации мирового опыта метростроения проводит отдел транспорта Всесоюзного института научной и технической информации Госкомитета Совета Министров СССР по науке и технике и Академии наук СССР, издающий специализированные выпуски экспресс-информации, реферативный журнал, сборники «Итоги науки и техники».

Благодаря внедрению на строительстве метрополитенов самых совершенных конструкций и технологии производства работ в нашей стране значительно возрос технический уровень сооружения горных транспортных и гидротехнических, коммунальных и других тоннелей. Многие проблемы мирового тоннелестроения решаются при использовании научно-технических достижений этой отрасли в Советском Союзе.

● **АРХИТЕКТУРА
МОСКОВСКОГО МЕТРО**



Н. А. АЛЕШИНА,
архитектор, лауреат премии
Совета Министров СССР

Решение о строительстве Московского метрополитена, принятое Пленумом ЦК ВКП(б) в июне 1931 г., выдвигало требование, чтобы «метрополитен был высокого качества, передовым не только в техническом отношении, но и мог показать образцы новой человеческой культуры». Партия считала, что сооружение, которое обслуживает миллионы людей, должно обеспечивать максимальные удобства, хорошее самочувствие пассажиров, оказывать на человека эстетическое воздействие.

Перед конструкторами, архитекторами, художниками ставилась грандиозная задача создать сооружение, в котором у людей не было бы гнетущего ощущения подземности, решить архитектуру единой цепи сооружений как одно композиционное целое начиная с наземных вестибюлей и кончая станционными залами. В то же время необходимо было индивидуализировать внешний облик станций, используя чередование различных конструктивных приемов, разнообразить архитектурные решения, системы освещения, гамму облицовочных материалов. Возникли проблемы сочетания элементов архитектуры, живописи, скульптуры. Эпоха требовала от искусства больших, подлинно монументальных образов, способных воплощать великие идеи, воздействовать на миллионы людей, максимально полно отображая образы социалистической действительности.

Для первой очереди Московского метрополитена вопросы выявления типа и характера станций, их архитектурной структуры, создания начальных эскизов оформления решались архитектурным отделом Метропроекта (архитекторы С. М. Кравец, Н. Н. Андриканис, Н. А. Быкова, М. В. Седикова, А. Ф. Тархов, Н. Г. Таранов, Л. А. Шагурина, Л. П. Шухарева, консультанты А. В. Щусев, В. А. Шуко, И. В. Жолтовский). Грандиозность задачи требовала привлечь к оформлению станций и планировке наземных вестибюлей широкие круги архитектурной общественности. На основе результатов проведенного конкурса были распределены заказы на оформление станций.

Открытие для движения 15 мая 1935 г. первой очереди Московского метрополитена ознаменовало собой новый этап социалистического строительства. Газета «Правда» писала: «На примере метро мы видим величайший разворот творчества, расцвет архитектурной мысли — что ни станция, то дворец, что ни дворец, то по-особому оформленный». Создавая архитектурные образы станций, авторы искали композиционные решения, которые, отвечая специфическим требованиям эксплуатации метро, обладали бы большой художественной выразительностью.

Общий характер архитектуры Московского метрополитена, обусловленный гуманистической идеей заботы о человеке, выявился уже в первых станциях. В архитектурной композиции интерьеров авторы стремились к преодолению ощущения подземности, созданию жизнеутверждающих художественных образов. Такие станции, как «Красные ворота» (ныне «Лермонтовская», академик архитектуры И. А. Фомин), «Дворец Советов» (ныне «Кропоткинская», архитекторы А. Н. Душкин и Я. Г. Лихтенберг), вошли в сокровищницу советской архитектуры и ныне признаны архитектурными памятниками.

Создание архитектурного облика московского метро — результат свободного творческого соревнования мастеров различных поколений. Среди огромного коллектива архитекторов, принимавших участие в проектировании и строительстве метро периода 1935—1950 гг., наряду с именами старших мастеров советской архитектуры, таких, как И. А. Фомин, А. В. Щусев, В. Г. Гельфрейх, Б. М. Иофан, Н. Я. Колли, мы встречаем имена молодых архитекторов. Советские зодчие использовали



Станция «Кропоткинская»

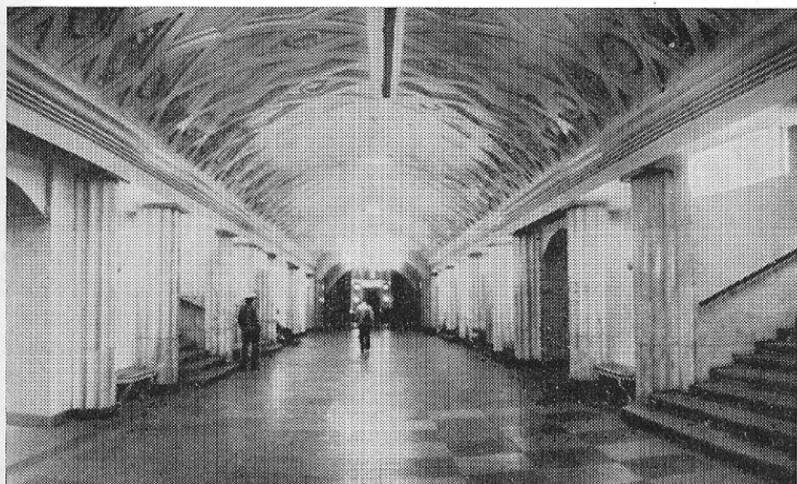
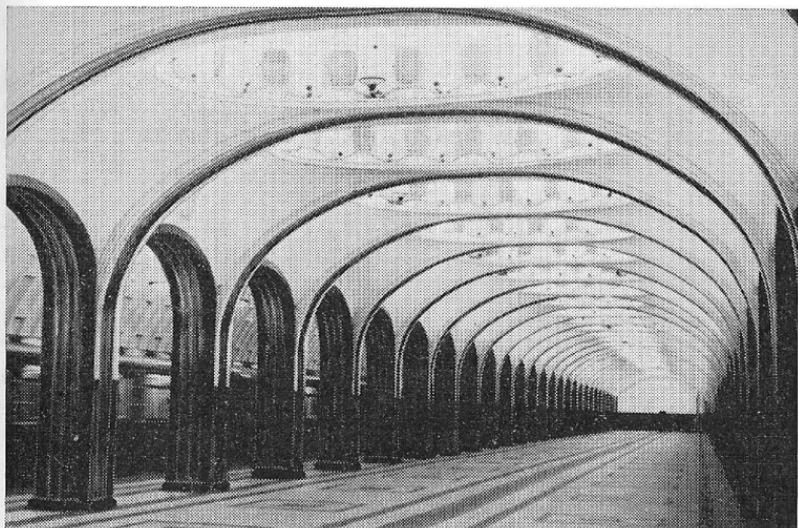
Станция «Лермонтовская»

возможности синтеза искусств, работая в тесном содружестве с живописцами, скульпторами, мастерами мозаики. Произведения художников А. А. Дейнеки, П. Д. Корина, А. Д. Гончарова, Г. И. Рублева, Б. В. Иорданского, А. К. Ширяевой, скульпторов Н. В. Томского, М. Г. Манизера, Г. И. Мотовилова, Е. А. Янсон-Манизер, В. И. Мухиной и многих других творчески раскрыли и дополнили идеи и мотивы, заложенные в архитектуре.

На линиях второй очереди Московского метрополитена ярким, оптимистическим звучанием отмечены архитектурные композиции станций «Площадь Свердлова» (1938 г., архитектор И. А. Фомин, скульптор Н. В. Данько) и «Маяковская» (1938 г., архитектор А. Н. Душкин, художник А. А. Дейнека). Облик этих станций отличается высокой образностью, единством и цельностью композиции, умелым применением богатой палитры отделочных материалов, гармоничностью архитектурной темы и декоративного искусства.

В сооружениях третьей очереди метро, возводимых в годы Великой Отечественной войны, авторы стремились воплотить героическую тему обороны Родины, увековечить в монументальных формах героизм советского патриотизма. Возрастает роль скульптуры и монументальной живописи, раскрывающей победу советского народа. Среди станций третьей очереди выделяется ясностью замысла и мастерством исполнения станция «Электрозаводская» (1944 г., архитекторы В. Г. Гельфрейх, И. Е. Рожин, скульптор Г. И. Мотовилов). Монументальные пилоны, гармонично увязанные с горельефами, посвященными героической теме труда, противопоставляются легкому, кружевному светящемуся своду станции. Удачно подобранная гамма отделочных материалов, безупречные пропорции создают выразительную, запоминающуюся композицию.

Сооружение четвертой очереди — Большого кольца — велось в основном в годы первой послевоенной пятилетки. Архитектурные композиции станции посвящены победе советского народа в Великой Отечественной войне и пафосу мирного созидательного труда. Наибольшей целостностью архитектурных решений отличаются станции «Курская»-кольцевая (1950 г., архитекторы Г. В. Захаров, З. С. Чернышева), «Добрынинская» (1950 г., архитекторы Л. Н. Павлов, М. А. Ильин, М. А. Зеленин),



Станция «Маяковская»

Станция «Площадь Свердлова»

01
02
03
04
05
06
07
08
09
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

«Октябрьская» (1950 г., архитектор Л. М. Поляков, скульптор Г. И. Мотовилов).

Облицованные белым мрамором колонны и стены станции «Курская»-кольцевая в сочетании с декоративными деталями, выполненными из золоченого металла, создают простую, ясную и сильную по архитектурной выразительности композицию, посвященную теме расцвета социалистической Родины. Люминесцентные светильники, равномерно освещающие станцию, являются важной частью архитектурного замысла. Выразительность интерьера станции достигается лаконичными средствами архитектуры и света.

Станция «Добрынинская» отличается целостностью образного решения, гармонией пропорций, красотой прорисовки деталей, умело использованным сочетанием отделочных материалов. Станция «Октябрьская» посвящена победе нашей страны в Великой Отечественной войне. Для раскрытия этой идеи используются архитектурные и декоративные мотивы: триумфальная арка, скульптурные рельефы, развивающие тематику Советской Армии, светильники в виде победных факелов. Автор умело использовал габаритные размеры типовой конструкции станции, придав пилонам необходимую высоту и стройность, органично ввел в них элементы скульптуры. Станция производит впечатление парадности, торжественности, мужественности. Уникальным объемно-пространственным конструктивным решением выделяется станция «Комсомольская»-кольцевая (1952 г., архитектор А. В. Щусев, конструктор А. И. Семенов, художник П. Д. Корин).

Наряду с большими достижениями в сооружениях третьей очереди и еще в большей степени в станционных комплексах кольцевой линии и Арбатского радиуса нашли отражение те недостатки, которыми была отмечена наша послевоенная архитектурная практика, когда многие авторы, игнорируя требования функциональности и экономичности, увлеклись внешне показной стороной архитектуры. Стремление превратить транспортное сооружение в архитектурное произведение большого идейно-художественного значения неверно толковалось некоторыми архитекторами как необходимость создания дворцовой пышности. При создании пятой очереди московского метро были пересмотрены основные положения проектирования станций. Унифицируются габариты ос-



Станция «Электrozаводская»

новых помещений, проводится типизация конструктивных узлов. Архитектурные решения станций пятой очереди «Проспект Мира» — «ВДНХ» характеризуются сдержанностью и простотой, отсутствием пышных лепных деталей.

Наибольшей строгостью и лаконизмом архитектурного замысла отличается станция «Проспект Мира» (1958 г., архитекторы В. В. Лебедев, П. П. Штеллер). Срезанные по углам и расширяющиеся кверху пилоны, где размещены люминесцентные лампы подсвета, облицованы белым мрамором. Темный гранитный пол простого шахматного рисунка. Равномерность освещения сводов устраняет ощущение подземности и вызывает чувство легкости.

На станции «Щербаковская» (1958 г.) архитекторам Ю. А. Колесниковой и С. М. Кравец удалось добиться большой выразительности архитектурного замысла. Прорисовка арок, хорошие пропорции низкого пилона из белого мрамора с небольшой пластикой и введением декоративных полос из зеленого мрамора, полы из красного и черного гранита придают станционному залу нарядность и торжественность.

Создание крупных жилых массивов на окраинах Москвы обусловило необходимость сооружения новых ра-

диальных линий. На большей части участков строительство осуществлялось открытым способом. Институтом Метрогипротранс была создана типовая конструкция колонных станций мелкого заложения из унифицированных сборных железобетонных элементов с шагом колонн 4 м, высотой станционного зала от уровня платформы 4 м, шириной платформы 10 м и длиной 156 м. Уменьшились диаметры всех трех нефов станций глубокого заложения. Применявшиеся ранее отделочные материалы из натурального камня и цветных металлов были заменены более дешевыми, такими, как керамическая плитка, масляная краска, асфальт.

Все это сказалось на качестве архитектуры, в частности станций нового, Калужского радиуса, а также привело к ухудшению условий эксплуатации сооружений метрополитена. Керамическая плитка на путевых стенах станций не выдерживала вибрации и деформации сборных элементов конструкций и требовала периодических ремонтов или замены ее мрамором. Полы из керамической плитки также необходимо было постоянно ремонтировать или заменять гранитными. Большие штукатурные поверхности необходимо было периодически красить заново. Нанесен был также моральный ущерб архитектуре станций Московского метрополитена. Станции стали однотипными, однообразными.

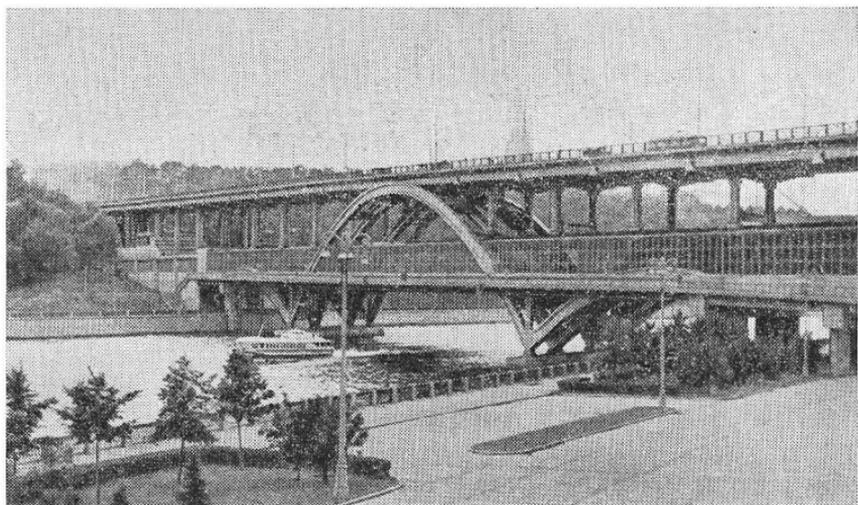
В последние годы начинается постепенное возрождение традиций первых очередей Московского метрополитена с учетом и осмысливанием допущенных просчетов и недостатков. К созданию архитектуры станций Ждановского радиуса снова привлекаются художники и скульпторы (станция «Таганская» — 1950 г., архитекторы Н. А. Алешина, Ю. В. Вдовин, скульптор Э. М. Ладыгин, станция «Кузьминки» — 1966 г., архитекторы Л. А. Шагурина, М. Н. Корнеева, скульптор Г. Г. Держин).

Вместе с тем на колонных станциях мелкого заложения, расположенных на линиях, продлевающих Кировско-Фрунзенскую и Горьковскую, несмотря на стремление разнообразить цветовую палитру отделочных материалов, архитекторам не удалось добиться большой индивидуальности в облике станций, так как особенности типовой конструкции с принятым единым приемом освещения уже определили объемно-пространственную композицию. Разработан ряд искусственных приемов, как бы видоизменяющих конструктивный облик таких станций,



Станция «Комсомольская»-кольцевая

позволяющих разнообразить форму колонн, элементов перекрытия, достичь большей индивидуальности архитектурных решений. Таковы станции «Варшавская», «Беговая», «Ботанический сад», «Медведково», «Волгоградский проспект», «Рязанский проспект».

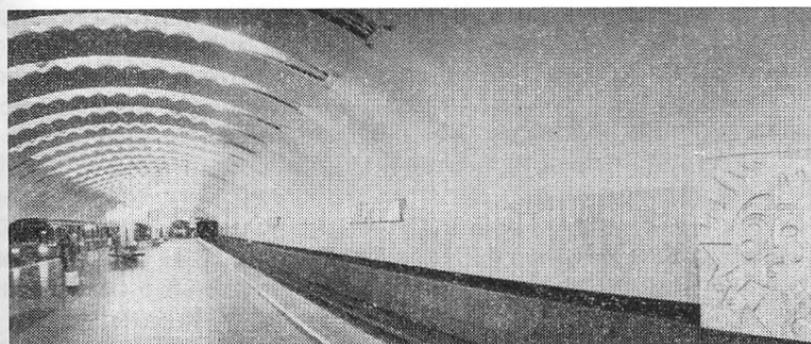
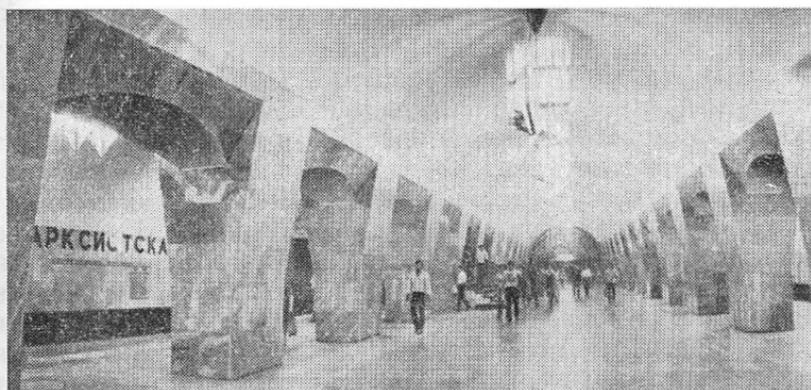


Станция «Ленинские горы», метроост

Метрогипротранс ведет постоянную работу по созданию новых конструкций станций глубокого и мелкого заложения. Чередование различных конструкций на линии расширяет возможности архитекторов. В отделке станций, кроме мрамора, гранита и керамической плитки, нашли применение анодированный алюминий (колонны станции «Октябрьское поле», путевые стены станций «Шукинская» и «Медведково»), нержавеющая сталь (колонны станции «Медведково»).

Метрогипротранс совместно с ГлавАПУ Москвы периодически проводит конкурсы на лучшее архитектурное решение некоторых станций. Такие конкурсы проводились для станции «Площадь Ногина», станций первой очереди Краснопресненского радиуса, Калужско-Рижского диаметра, для станции «Горьковская», станций Серпуховской линии. Высокую оценку общественности получили архитектура и художественные работы на станциях Ждановско-Краснопресненского и Калужско-Рижского диаметров. В 1950—1980 гг. создан ряд станций, в архитектуре которых продолжены и развиты традиции первых очередей метрополитена. Эти станции заняли достойное место в ряду достижений советского зодчества.

Станция «Варшавская» (1969 г., архитекторы Н. А. Алешина, Н. К. Самойлова) — мелкого заложения,



Станция «Площадь Ногина»

Станция «Марксистская»

Станция «Перово»

колонная, типовой конструкции. Колонны, облицованные мрамором газган, создают плавный переход тонов вдоль станции, выявляя всю полихромную этого удивительного камня. Расширение верхней части колонны (капитель) смягчает строгость конструкций, создает плавный переход к прогону и верхним элементам перекрытия, придает индивидуальные черты облику станции.

Красива станция «Площадь Ногина» (1970 г., архитектор Л. В. Малашенок, художники Е. М. Рысинь, Д. Я. Бодниек). Кристаллообразная форма колонн из белого мрамора, светлые мраморные полы, лента чеканного карниза, выполненного из алюминия, анодированного под медь, за которым расположены люминесцентные лампы подсвета, делают станцию нарядной и своеобразной. Вторая станция «Площадь Ногина» (1972 г., архитекторы Л. В. Лилье, В. А. Литвинов, М. Ф. Марковский) лаконична по теме. Тонко прочувствованы пропорции и пластика. Станция отличается красотой и гармонией.

Трудная для архитектурного решения конструкция пилонной станции «Баррикадная» (1972 г., архитекторы В. Г. Поликарпова, А. Ф. Стрелков, художники Е. М. Рысинь, Д. Я. Бодниек) нашла удачное воплощение в своеобразной трактовке скульптурного пилона из розово-красного мрамора, отвечающего идее станции. Красиво подобранный мрамор газган на путевых стенах, элементы декоративно-изобразительного искусства — все это создает индивидуальный, запоминающийся образ.

На станции «Улица 1905 года» (1972 г., архитектор Р. И. Погребной) колонны из розово-красного мрамора буровщина мягкого тона, белые мраморные стены с фризом из того же мрамора, крупные, четкие декоративные элементы символов из художественного литья создают строгий, цельный образ, отвечающий теме.

Белизна облицовки и лепных деталей, люстровое освещение станции «Пушкинская» (1975 г., архитекторы Ю. В. Вдовин и Р. В. Баженов, художник М. Б. Шмаков) придают станционному залу парадность и торжественность, созвучную с пушкинской темой. Максимальное приближение отделки к конструкции создает впечатление простора и легкости, полностью исключает ощущение подземности.

Станция «Кузнецкий мост» (1975 г., архитекторы Н. А. Алешина, Н. К. Самойлова, художник М. Н. Алексеев) привлекает образностью архитектурного решения,

цельностью и простотой, пропорциональностью архитектурных элементов, прекрасным подбором (с использованием всех декоративных возможностей) естественного камня, единством архитектуры и элементов изобразительного искусства, мягким освещением от люминесцентных источников света в светильниках индивидуального исполнения.

В 1977 г. станции «Пушкинская» и «Кузнецкий мост» были удостоены премии Совета Министров СССР.

Пластичный прием архитектурного решения колонн на станции «Беговая» придает типовой колонной станции мелкого заложения совершенно новый облик (1975 г., архитектор В. А. Черемин, художник Э. М. Ладыгин). Расширение колонн кверху делает конструкцию более гармоничной. Оформление являет пример того, как небольшими средствами, одной простой сильной архитектурной темой можно придать индивидуальность образу станции.

Станция «Шукинская» (1975 г., архитекторы Н. А. Алешина, Н. К. Самойлова, художник М. Н. Алексеев) — колонного типа, мелкого заложения. Несмотря на типовую конструкцию, она отличается большой индивидуальностью архитектурной темы. Здесь впервые на путевых стенах применена облицовка крупноразмерными алюминиевыми панелями (гофр), анодированными под темную бронзу, в которую органично входят элементы изобразительного искусства. В мраморную облицовку колонн (мрамор газган) также введены элементы алюминиевых, анодированных под бронзу деталей. Полы — из розово-серого и черного гранита с четким несложным рисунком. Все это придает станции нарядность и цельность.

Станция «Площадь Ильича» (1979 г., архитектор Л. Н. Попов, скульптор Н. В. Томский) отличается монументальностью, цельностью образа, великолепным подбором мрамора салиети на пилонах и гранита на полах центрального зала, оставляет впечатление торжественности и цельности.

Станция «Перово» (1979 г., архитекторы Н. А. Алешина, В. С. Волович, Н. К. Самойлова, Р. П. Ткачева, художники Л. А. Новикова, В. И. Филатов) — односводчатая, мелкого заложения. Тема станции — народное творчество — нашла выражение в тесном слиянии архитектуры и изобразительного искусства. Белые мраморные стены обогащены пластикой чередующихся блоков с

резными композициями по камню, с рублеными мраморными буквами названия станции. Резные композиции растительного орнамента по бетону на торцовых стенах как бы завершают и объединяют композицию. Простые по исполнению светильники, соединяясь в перспективе, образуют белый светящийся свод, придают станции легкость и нарядность. Пять мраморных устоев, расположенных по центру зала вдоль станции и совмещенных со скамьями, завершены светящимися указателями. Они членят станцию в продольном направлении, придавая ей масштабность. В 1980 г. станция была отмечена дипломом Союза архитекторов СССР.

В 1983 г. намечено открыть для эксплуатации Серпуховскую линию, а в 1984—1985 гг.— продолжение Замоскворецкого радиуса в Орехово — Борисово. Перед архитекторами Метрогипротранса стоят ответственные задачи в решении как архитектурных особенностей станций этих линий, так и ряда общих проблем (более четкая система информации, промышленная эстетика служебных помещений, уменьшение трудоемкости отделочных работ, исключение мокрых процессов, борьба с шумом, вибрациями и т. п.). Необходимо улучшить планировочные решения подземных переходов и вестибюлей, обратить внимание на их связь с наземной частью города. Для колонных станций мелкого заложения намечено разработать несколько вариантов сборных элементов перекрытия и опор, комбинирование которых поможет разнообразить объемно-пространственную структуру.

Стремление к удовлетворению новых функциональных и художественных требований открывает перед архитекторами широкие перспективы создания сооружений метрополитена, в которых будут воплощены наиболее прогрессивные тенденции современного этапа развития советского зодчества.

За время существования Московского метрополитена за проектирование и строительство станций не раз присуждалась Государственная премия СССР. Премией отмечены станции «Кропоткинская», «Автозаводская», «Комсомольская»-радиальная, «Комсомольская»-кольцевая, «Киевская» (Арбатско-Покровский радиус), «Курская»-кольцевая, «Октябрьская»-кольцевая, «Белорусская»-кольцевая, «Электровозовская», вестибюль станции «Новокузнецкая».

● ТЕПЛОСАНТЕХНИКА МЕТРОПОЛИТЕНА



В. Я. ЦОДИКОВ,
инженер, заслуженный строитель
РСФСР

Для того чтобы лучше понять и оценить достижения сегодняшнего дня, стоит обратиться к прошлому. Взгляд в прошлое позволит обнаружить поразительную картину чрезвычайно динамичного развития техники оборудования метрополитена с момента ее создания в нашей стране.

Метрополитен является весьма сложным организмом, требующим для нормального и надежного функционирования четкой работы большого комплекса оборудования — тоннельной вентиляции, местной вентиляции, теплоснабжения, отопления, канализации, оборудования противопожарного, технологического и хозяйственного водоснабжения, дренажа и водоотлива.

Основной задачей, стоявшей перед проектировщиками такого оборудования первого в стране метрополитена, было создание максимально благоприятных, комфортных условий как для сотен тысяч пассажиров, кратковременно находящихся в закрытом многокилометровом пространстве, так и для обслуживающего персонала, находящегося под землей в течение рабочего дня. Прежде всего весьма благоприятной, соответствующей санитарным требованиям, должна быть воздушная среда в тоннелях, на станциях, в вестибюлях, в служебных помещениях. Это обеспечивается системами тоннельной и местной вентиляции, отоплением, водоснабжением и канали-

зацией как технологического, так и хозяйственно-бытового и санитарного назначения.

Сотни тысяч людей, находящихся в тоннелях, расположенных на многометровой глубине, под значительным гидростатическим давлением грунтовых вод, должны быть надежно защищены от воздействия воды. Такая защита обеспечивается путем надежного водоотвода, дренажа и водоотлива в городскую систему ливневого стока.

Все основополагающие требования нужно было воплотить в реальные устройства, которые неограниченно долго поддерживали бы заданный эксплуатационный режим.

В 1932 г. проектированием сооружений и устройств метрополитена занимался технический отдел Метростроя, проектная часть которого в июне 1933 г. была преобразована в специализированную организацию Метропроект. Проектированием теплосантехнических устройств занималась группа из восьми человек, включая автора статьи. Возглавлял группу талантливый, опытный и инициативный инженер А. Х. Поляков.

Подробной технической документацией по теплосантехническим устройствам зарубежных метрополитенов группа не располагала. И хотя в 1933 г. из США приехали консультанты, в числе которых было два специалиста в области теплосантехники — инженеры Г. Беллер и С. Ротбарт, необходимой практической помощи они не оказали. Климатические, гидрогеологические и технологические условия строительства Московского метрополитена существенно отличались от американских, и рекомендации специалистов в основном не соответствовали нашим техническим и социальным требованиям.

Термодинамические расчеты, полностью подтвердившиеся в процессе эксплуатации метрополитена, показали, что на 1 пог. м двухпутной трассы тоннелей метрополитена при максимальных размерах движения из электроэнергии, расходуемой на все виды эксплуатации, выделяется около 1000 ккал/ч тепла. Если не принимать эффективных мер по вентиляции, то это количество тепла, с учетом подогрева конструкций тоннелей и окружающих их грунтов, за 10 ч нагрело бы воздух в тоннелях до 40°C. Расчеты показали крайнюю важность системы тоннельной вентиляции также и для технологических целей.

К выявлению и исследованию основных принципов вентиляции метрополитена, а также к анализу рекомендаций консультантов из США был привлечен Центральный аэрогидродинамический институт (ЦАГИ), в числе сотрудников которого были ученики Н. Е. Жуковского профессор К. А. Ушаков и инженер И. О. Керстен. Вместе с ними было проработано несколько вариантов схем тоннельной вентиляции метрополитена, причем часть ее элементов была испытана в аэродинамической трубе. В результате этой работы, на основании проведенных оригинальных расчетов и экспериментальных исследований, впервые в мировой практике была разработана и принята к осуществлению основная система тоннельной вентиляции, объединенная между станциями и перегонными тоннелями, — система механического побуждения и реверсивного действия.

Согласно этой системе в теплый период года наружный воздух подается на станции, проходит по перегонным тоннелям и из них удаляется наружу. Проходя через тоннели метрополитена, наружный воздух поглощает часть выделяющегося в них тепла, захватывает вредные газы и пыль. Оставшаяся часть тепла поступает в грунты, окружающие тоннели, и в теплый период года нагревает их. В холодный период года система вентиляции реверсируется — изменяет направление действия, и наружный, холодный воздух подается в перегонные тоннели, охлаждает грунты, окружающие тоннели, до материковых — естественных — температур, поглощает выделяющееся в тоннелях тепло, вентилирует перегонные тоннели и станции и, подогретый поглощенным теплом, поступает на станции, откуда удаляется на поверхность.

Для этой системы предусматривались вентиляционные шахты на каждой станции и по одной на каждом перегоне между станциями. Как правило, в качестве вентиляционных используют шахты, через которые выполнялись горно-строительные работы при сооружении станций и тоннелей. На поверхности эти шахты оформляют вентиляционными киосками с жалюзийными решетками. Под землей перегонные шахты соединяются вентиляционными тоннелями с путевыми тоннелями, а станционные шахты — с подплатформенными вентиляционными каналами, которые в свою очередь соединены вертикальными вентиляционными каналами в пилонах станций с объемом станций. Воздух, подаваемый с поверхности в тонне-

ли и удаляемый из тоннелей наружу, перемещается по станциям и тоннелям под совместным воздействием вентиляторов и поршневого эффекта движущихся поездов. Разработанная система тоннельной вентиляции была применена на участках глубокого заложения первой очереди Московского метрополитена.

На участках мелкого заложения, учитывая близкое расположение их тоннелей к поверхности, в целях сокращения капитальных и эксплуатационных затрат для станций применили самостоятельную реверсивную систему вентиляции с механическим побуждением, а для перегонных тоннелей — систему вентиляции с естественным побуждением и использованием поршневого эффекта движущихся поездов. Для этого на поверхности вдоль трассы перегонных тоннелей через 100—150 м расположили вентиляционные киоски, соединенные вентиляционными каналами с путевыми тоннелями. Однако опыт эксплуатации показал крайнюю сложность и несовершенство такой системы, и в дальнейшем на линиях мелкого заложения применялась та же система вентиляции, что и на участках глубокого заложения, полностью оправдавшая себя в том и в другом случаях.

Одними из ответственных вопросов были выбор наиболее целесообразного типа вентиляторов и определение их количества для каждой вентиляционной камеры. Технико-экономический анализ, основанный на учете специфических аэродинамических свойств системы тоннельной вентиляции, связанной с поршневым действием движущихся по тоннелям поездов, показал, что вентиляторы должны иметь сравнительно большую производительность — 75 тыс.— 200 тыс. м³/ч, а количество вентиляторов, параллельно работающих в каждой камере, как правило, следует принимать равным двум. Вентиляторы должны быть малогабаритными, с высоким КПД и давать возможность обеспечивать реверсирование потока воздуха. В зарубежных метрополитенах в то время применялись в основном центробежные вентиляторы, устанавливаемые по два — четыре в каждой вентиляционной камере. Тщательная проработка вопроса совместно с сотруниками ЦАГИ показала, что зарубежный опыт недостаточно обоснован и для заданных условий эксплуатации больше всего подходят вентиляторы осевого типа.

Отечественная промышленность подобных вентиляторов не изготовляла. Вместе с сотруниками ЦАГИ мы

разработали новый тип осевого двухступенчатого вентилятора с направляющими аппаратами трех моделей. Применение таких вентиляторов для метрополитена полностью оправдало себя в эксплуатации. На основании нашего опыта в зарубежных метрополитенах также начали применять данный тип вентиляторов. В процессе проектирования новых линий метрополитенов осевые вентиляторы постоянно совершенствовались, в связи с чем на линиях второй — пятой очередей Московского метрополитена были внедрены еще три конструкции осевых вентиляторов. Постоянно повышался КПД вентиляторов. В последней конструкции он достиг значения 0,81.

Общим недостатком были особенности конструкции, не позволявшие осуществить переход на дистанционное управление вентиляторами. Совместно с ЦАГИ были разработаны новая аэродинамическая схема и конструкция унифицированного осевого реверсивного двухступенчатого вентилятора типа ВОМД-24, обеспечивающего реверсирование потока воздуха и возможность перекрытия сечения вентилятора дистанционно, без применения дополнительных клапанов, что сокращает размеры вентиляционной камеры и дает максимальный КПД — 0,84. С 1970 г. отечественная промышленность изготавливает такие вентиляторы и поставляет их всем метрополитенам Советского Союза. В конструкции вентилятора был воплощен целый ряд новых идей, в том числе из области аэродинамики.

Местная вентиляция, т. е. вентиляция отдельных помещений и сооружений, осуществлялась на первой очереди Московского метрополитена путем забора воздуха центробежными или осевыми вентиляторами, как правило, из объема станций или перегонных тоннелей, очистки этого воздуха от пыли на фильтрах и подачи его в эти помещения или сооружения по распределительным воздуховодам. В случае отсутствия в помещениях тепловыделения и при необходимости подогрева воздуха выше температуры окружающих грунтов воздух подогревался на электрокалориферах.

На последующих очередях строительства метрополитена местная система вентиляции усовершенствовалась. Для охлаждения воздуха в помещениях, где было большое тепловыделение, помимо приточно-вытяжной начали применять рециркуляционную систему вентиляции с охлаждением воздуха на поверхностных воздухоохладителях.

телях артезианской водой или автономными кондиционерами.

Для отопления отдельных подземных помещений и сооружений было решено использовать электропечи и электрорадиаторы промышленного производства, а для отопления наземных вестибюлей и подземных помещений — водяное отопление. Так как к моменту проектирования и строительства первой очереди Московского метрополитена городских и районных теплосетей в Москве было очень мало, то основным источником тепла стали местные котельные при вестибюлях. В дальнейшем, после развития в Москве городских и районных теплосетей, местные котельные были ликвидированы, и системы водяного отопления вестибюлей были присоединены к общим сетям. Для предотвращения в холодное время года охлаждения вестибюлей из-за поступления в них через двери наружных потоков воздуха в тамбурах было установлено оборудование для создания воздушно-тепловых завес, эксплуатация которого полностью себя оправдала.

Учитывая возможность, даже при самом тщательном выполнении гидроизоляционных работ, проникновения в тоннели грунтовых вод, аварийных вод различного происхождения, а также необходимость мытья тоннелей, было предусмотрено создание на станциях, в перегонных тоннелях и в отдельных сооружениях системы водоотвода. Она была осуществлена путем устройства специальных открытых лотков или труб с приемными колодцами. Трасса тоннелей прокладывалась с минимальным уклоном 3% 0. В пониженных точках трассы были сооружены водоотливные установки с насосами для приема в водосборники сточных вод и выкачивания их на поверхность, в городскую дождевую канализацию. В основных и местных водоотливных установках было предусмотрено использование горизонтальных и самозаливных вертикальных насосов. В то время отечественная промышленность не изготовляла вертикальных насосов. Мы разработали технические задания, по которым заводы изготовили насосы для Метростроя.

Для удаления сточной жидкости от санитарных узлов и медпунктов наиболее совершенной с медико-санитарной точки зрения была признана пневматическая система, полностью автоматизированная. Эта система была использована на станциях первой очереди строительства.

Однако из-за необходимости применения резервуаров с давлением сжатого воздуха от 3 до 7 атм установки не удовлетворяли условиям техники безопасности, поэтому на следующих очередях строительства от них пришлось отказаться. Были запроектированы высоконапорные насосы для сточных вод, откачиваемых из специальных баков в городскую сточную канализацию. Этими насосами сейчас оборудуются все отечественные метрополитены.

Противопожарное, технологическое и хозяйственно-бытовое водоснабжение осуществляется на основе схемы, согласно которой от городского водопровода прокладывается ввод на станцию через лестничные сходы или эскалаторные тоннели, а размещенные под платформой станции трубы водопровода подводятся ко всем потребителям. На первой очереди строительства каждая станция имела самостоятельный водопровод. В дальнейшем в метрополитене Москвы и других городов Советского Союза было предусмотрено соединение водопроводов всех станций. В каждом перегонном тоннеле прокладывались трубы водоснабжения. Их подсоединяли к станционным водопроводам. К настоящему времени решена проблема снабжения медпунктов, санитарных узлов, душевых, расположенных при станциях, горячей водой от специально созданных электробойлерных или от систем теплоснабжения вестибюлей.

Итак, за короткий промежуток времени — между началом 1932 г. и концом 1934 г. — сравнительно небольшой коллектив инженеров-проектировщиков освоил совершенно новую специальность — специальность теплосантехника метрополитенов, разработал оригинальное оборудование, составил соответствующие рабочие чертежи и выдал технические задания промышленности, а также разработал принципы систем применения сжатого воздуха и замораживания грунтов, используемых при производстве проходческих работ. Инженеры и техники с большим творческим подъемом и энтузиазмом решали встающие перед ними задачи.

В 1950 г. Метропроект был реорганизован в институт Метрогипротранс. На основе накопленного богатейшего опыта решались новые сложные задачи, разрабатывалась документация по теплосантехнике следующих линий как Московского, так и других метрополитенов страны.

Учитывая климатические условия Харькова и Ташкента, в тоннельной вентиляции метрополитенов этих горо-

дов была предусмотрена система адиабатического охлаждения воздуха, поступающего с поверхности. В Харьковском метрополитене система должна вступить в действие к наращиванию максимальных размеров движения. В Ташкентском метрополитене она начала действовать с первых дней его пуска в эксплуатацию. Система позволяет значительно (на 10—12°С) снизить температуру подаваемого в тоннели наружного воздуха за счет испарения влаги при рециркуляции воды, с добавлением небольшого количества воды из наружных источников. Такая система является первой в мировой практике устройства тоннельной вентиляции метрополитенов. Ее применение в Ташкентском метрополитене полностью оправдало себя.

К новым интересным идеям, осуществленным в оборудовании метрополитенов, относятся выполняемые из пористого бетона глушители шума, возникающего при работе тоннельных вентиляторов; устройство для эжекции внутритоннельного воздуха на соединительных ветках между линиями метрополитенов, что дало возможность отказаться от сооружения вентиляционного шахтного ствола и обеспечить надежную вентиляцию тоннеля; использование наклонного эскалаторного тоннеля для вентиляции станций и др. Помимо повышения эффективности вентиляции это позволило достичь значительной экономии капитальных затрат на строительство метрополитена, упростить его эксплуатацию.

Кроме проектных работ институтом Метрогипротранс выполнено большое количество уникальных исследований в области теплосантехнических устройств. В их числе экспериментальное определение в натуральных условиях впервые в мировой практике аэродинамического коэффициента трения в тоннелях с тубинговой обделкой; изучение в натуральных условиях явления совмещения работы вентиляторов тоннельной вентиляции и поршневого действия движущихся поездов; установление в тех же условиях аэродинамической и тепловой характеристики воздушно-тепловых завес на входах и выходах вестибюлей станций метрополитенов.

Большой теоретический, исследовательский, проектный и производственный опыт позволил специалистам института в области теплосантехнических устройств написать ряд специальных книг, широко используемых как в производственных, так и в учебных целях.

● **ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
МЕТРОПОЛИТЕНОВ СТРАНЫ**



**Л. С. ЕДИГАРЯН, С. И. ЖУКОВ,
К. Н. КРАВЧИНСКИЙ,**
инженеры

Для решения задачи сооружения в Москве первого в нашей стране метрополитена было необходимо, чтобы электрическое сердце метрополитена — система электрообеспечения с подстанциями, установками и устройствами в тоннелях и на станциях — была исключительно надежна в любых режимах эксплуатации — нормальных и аварийных. Опыта проектирования постоянных устройств электрообеспечения метрополитена у нас не было. Задача была трудной. Для проектирования устройств электрообеспечения первой очереди Московского метрополитена при Метрострое был создан проектный электротяговый отдел, в 1935 г. включенный в состав Метропроекта. К проектированию подстанций, освещения станций и отдельных устройств первой очереди метро были привлечены специализированные институты ВЭИ, ВНИСИ, ВНИИКП и Тяжпромэлектропроект имени Ф. Б. Якубовича.

В решении принципиальных вопросов проектирования электрообеспечения метрополитена принимали участие крупнейшие специалисты Метростроя и научно-исследовательских институтов инженеры И. Г. Данковцев,

К. С. Мышенков, И. Е. Катцен, доктор технических наук, профессор В. Е. Розенфельд, кандидат технических наук М. С. Рябов и другие. В проектом электротяговом отделе Метростроя под руководством Б. Г. Герштейна и А. А. Аверина с энтузиазмом трудились инженеры Л. Ф. Воронин, С. М. Денисов, С. И. Жуков, А. Г. Могилевский, много сил отдавший также проектированию электрооборудования первых вагонов метрополитена, А. М. Венгеров, Н. Л. Ройтенберг и другие.

В проекты системы электроснабжения первой очереди Московского метрополитена были заложены оригинальные технические решения, которые должны были обеспечить высокую надежность работы подземной магистрали. Как показал опыт эксплуатации системы, она оказалась более эффективной и прогрессивной по сравнению с принятыми в то время на зарубежных метрополитенах. В дальнейшем, с развитием техники и электротехнической промышленности, многое совершенствовалось, но главные принципы надежности и бесперебойности работы подземного транспорта остались неизменными до настоящего времени.

Для электроснабжения линий первой очереди Московского метрополитена была принята централизованная система с тяговыми и понизительными подстанциями, размещенными в наземных отдельно стоящих зданиях. Более целесообразно было бы располагать все подстанции в подземных помещениях рядом со станциями метрополитена. Однако почти все выработки линий первой очереди сооружались в тяжелых инженерно-геологических условиях, в водонасыщенных грунтах.

Подземные объемы станций и тоннелей были значительными, сроки строительства чрезвычайно короткими. Исходя из необходимости не увеличивать объемы подземных сооружений, было принято решение строить подстанции в наземных зданиях. По градостроительным причинам подстанции часто располагались на значительном расстоянии от тоннелей и станций метрополитена, что вызывало необходимость строительства кабельных коллекторов большой протяженности, вело к удлинению и утяжелению кабельных сетей.

Специфика метрополитена, его подземных сооружений диктовала необходимость создания принципиально новых типов электрооборудования, аппаратуры, осветительной арматуры, кабелей как силовых, так и слаботочных. Вна-

чале разрабатывались технические требования, затем специализированные институты и конструкторские бюро проектировали опытные образцы, по которым заводы электропромышленности изготовляли новые виды оборудования и поставляли его в необходимом количестве Метрострою.

Интересно, что новое оборудование и аппаратура, разработанные для метрополитена, часто широко использовались и на других объектах. Особенно быстро распространилась осветительная арматура станций и vestibule метрополитена в зданиях общественного назначения — вокзалах, театрах, концертных залах, клубах и т. д.

С каждой новой очередью строительства линий Московского метрополитена росла их энерговооруженность, совершенствовалась система электроснабжения, вводилось диспетчерское управление установками подстанций, разрабатывались прогрессивные оборудование и устройства, внедрялась автоматизация процессов эксплуатации.

Так, если на станциях мелкого заложения с прилегающими участками перегонных тоннелей первых очередей Московского метрополитена уже было установлено в среднем по 18 электродвигателей суммарной мощностью 80 кВт, то на станциях Ждановского радиуса было установлено примерно по 54 электродвигателя суммарной мощностью 370 кВт, а на сооружаемом в настоящее время Серпуховском радиусе это количество составит 110 при суммарной мощности 770 кВт.

Сравнение потребности в кабелях показывает, что при увеличении количества потребителей удельный расход кабелей на 1 км линии метрополитена и на единицу установленной мощности уменьшился. Объясняется это тем, что в последние годы вместо радиальных схем питания были разработаны и стали внедряться более рациональные магистральные схемы.

Для линий второй очереди строительства Московского метрополитена Метропроект запроектировал подземные понизительные подстанции, сооружаемые при каждой станции. Это решение дало возможность в значительной степени уменьшить протяженность низковольтных сетей и увеличить надежность электроснабжения нетяговых нагрузок.

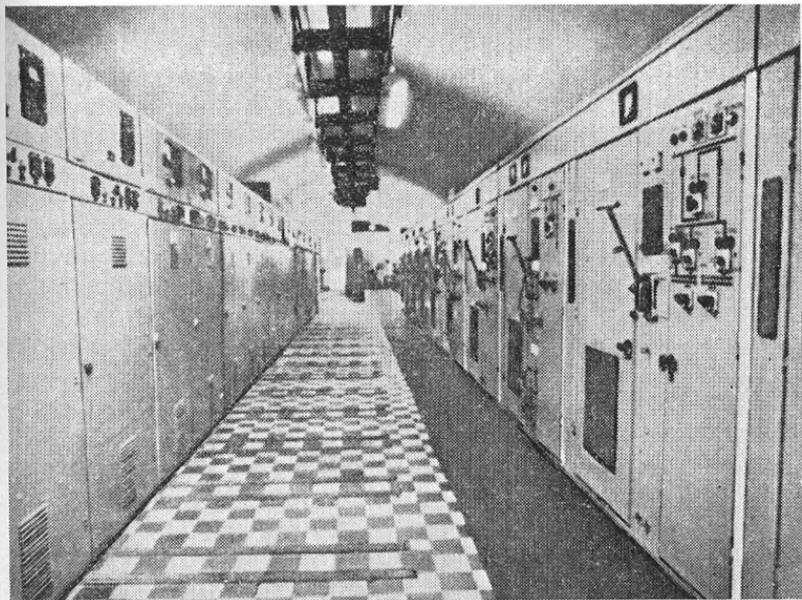
В послевоенные годы ведущие инженеры-электрики Метрогипротранса и инженеры-электрики Московского

метрополитена в сотрудничестве с коллективами ВЭИ, ВНИСИ, МЭИ, МИИТ, ВНИИКП и при участии коллективов заводов электротехнического оборудования с воодушевлением включились в разработку, испытания и изготовление нового, более совершенного оборудования.

В 1948—1950 гг. была впервые разработана и внедрена вначале на Ленинградском, а затем на Московском метрополитене новая, децентрализованная система электроснабжения. Система предусматривала сооружение тягово-понижительных подстанций при каждой станции, т. е. совмещение в одном объеме тяговой и понижительной подстанций. Эта система, имеющая ряд преимуществ перед централизованной системой электроснабжения (уменьшение длины кабелей и, следовательно, потерь электроэнергии в тяговой сети, снижение потенциала ходовых рельсов, уменьшение блуждающих токов и т. д.), нашла в дальнейшем широкое применение на всех метрополитенах страны. Однако при определенных условиях применяются и смешанные системы (централизованные и децентрализованные).

С 50-х гг. на подстанциях начали внедрять сухие трансформаторы для питания силовых и осветительных нагрузок. В 1948 г. были начаты работы по созданию и внедрению новых выпрямительных тяговых агрегатов. В 1964 г. впервые в СССР на одной из подстанций Московского метрополитена был установлен силовой кремниевый выпрямитель типа ВАКС-2475 по мостовой схеме, а в 1965 г. — модернизированный кремниевый выпрямитель типа УВКМ-2 на 3500А постоянного тока с трансформатором ТМНПВ-5000, с регулировкой напряжения под нагрузкой. В настоящее время на подстанциях устанавливаются более совершенные кремниевые выпрямительные агрегаты типов УВКМ-5 на 3200А и УВКМ-6 на 1600А постоянного тока с естественной вентиляцией.

На тяговых подстанциях первой очереди Московского метрополитена предусматривались двойные системы сборных шин 6—10 кВ. В 50-х гг. с появлением новых комплектных распределительных устройств (КРУ-6-10кВ) на подстанциях были приняты секционированные одинарные системы сборных шин 6—10 кВ, которые экономичнее по капитальным затратам и проще в эксплуатации по сравнению с применявшимися двойными системами шин.



Электроподстанция на одной из линий метрополитена

До 60-х гг. тяговые выпрямительные агрегаты на подстанциях присоединялись через быстродействующие автоматические выключатели к двойным системам сборных шин 825 В, двойные системы шин принимались с целью резервирования выключателей. Специалисты Метрогипротранса разработали новую схему питания контактной сети линий метрополитена с применением резервной питающей линии, включаемой взамен любой отключившейся основной линии. Такое решение позволило отказаться от двойной системы шин и применить одинарную систему 825 В. Применение новой схемы в значительной степени повысило качество электроэнергии, питающей поезда, так как повысился и стабилизировался уровень напряжения в контактной сети и увеличилась степень надежности защиты контактной сети от токов короткого замыкания.

Схемами питания нетяговых потребителей — электродвигателей, устройств освещения и СЦБ — предусматривается электроснабжение каждого вида нагрузок от двух трансформаторов, устанавливаемых на подстанциях. До

50-х гг. расчет мощности трансформатора для каждого вида нагрузок производился по аварийному режиму, исходя из условия, что все нагрузки могут быть включены одновременно. В связи с этим в эксплуатации в нормальных режимах нагрузка трансформаторов в большинстве случаев составляла около 20%. В последующие годы была разработана новая методика расчетов потребной мощности трансформаторов, лишенная прежних недостатков. На ее основе в проектах начали предусматривать трансформаторы меньшей мощности, что уменьшило капитальные затраты и эксплуатационные расходы, повысив коэффициент использования мощности трансформаторов в 1,5—1,8 раза.

В последние десятилетия в значительной степени повысились качественные характеристики систем освещения станций. На линиях первых очередей для освещения использовали лампы накаливания. В начале 50-х гг. Метрогипротранс совместно с ВЭИ провел научно-исследовательские работы по созданию люминесцентных ламп, которые не искажали бы естественные цвета отделочных материалов, в частности мрамора. Люминесцентные лампы тепло-белого цвета были впервые применены на станциях кольцевой линии Московского метрополитена.

40-е гг. ознаменовались введением на тяговых подстанциях устройств автоматики и телеуправления. Из центрального диспетчерского пункта по программе осуществлялось телеуправление группой установок или каждой установкой либо ее элементом при помощи устройств, созданных на релейной аппаратуре. В начале 70-х гг. по заданию Метрогипротранса и службы подстанций и сетей Московского метрополитена ЦНИИ МПС была разработана и затем Московским электромеханическим заводом МПС изготовлена электронная система телеуправления типа ТЭМ-74, показавшая высокую надежность и оперативность в эксплуатации.

При проектировании новых линий метрополитена для Москвы, а также и для других городов уделяется большое внимание повышению пожарной безопасности. На подстанциях применяются только сухие трансформаторы. На станциях, в тоннелях и на подстанциях прокладываются кабели пониженной горючести.

С целью повышения индустриализации изготовления и монтажа электроустановок и устройств тяговой сети в тоннелях и на подстанциях специализированные пред-

приятия изготовляют по чертежам Метрогипротранса шкафы с быстродействующими автоматическими выключателями, разъединителями с моторными, а также ручными приводами. В настоящее время проектами предусматриваются кроме дистанционного управления телеконтроль и телеуправление агрегатами тоннельной вентиляции и сантехники, эскалаторами и другими устройствами метрополитена, а также телеконтроль параметров воздуха на станциях и в перегонных тоннелях.

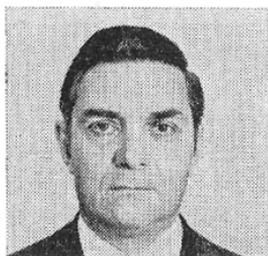
Перед инженерами-электриками Метрогипротранса стоят большие задачи. На основе нового СНиП II-40-80 «Метрополитены», новых государственных стандартов и инструкций по метрополитенам, с учетом результатов научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ в настоящее время ведутся новые разработки по дальнейшему совершенствованию проектных решений в системе электроснабжения метрополитенов. Метрогипротранс принимает участие в научно-исследовательских работах по рекуперации электроэнергии тяги поездов с целью повышения провозной способности метрополитена, а также в работах по повышению комфорта перевозки пассажиров, уменьшению трудозатрат и улучшению условий труда при строительстве и эксплуатации метрополитена.

Оглядываясь на путь, пройденный проектировщиками-электриками Метропроекта — Метрогипротранса за 50 лет, можно видеть, что проделана огромная работа и накоплен большой опыт в проектировании постоянных устройств электроснабжения метрополитенов. На эксплуатируемых в настоящее время метрополитенах в Москве, Ленинграде, Киеве, Тбилиси, Баку, Харькове, Ташкенте, Ереване «электрическое сердце» бьется четко, точно и бесперебойно.

Оригинальные решения по электроснабжению метрополитенов защищены авторским свидетельством на изобретение. Большое количество реализованных рационализаторских предложений дали весомую экономию затрат на строительстве метрополитенов и в эксплуатации.

Современный этап метростроения

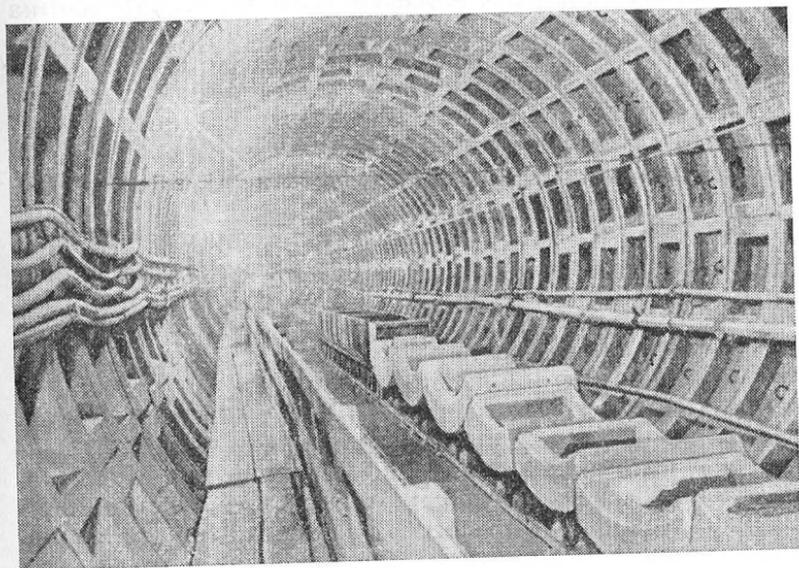
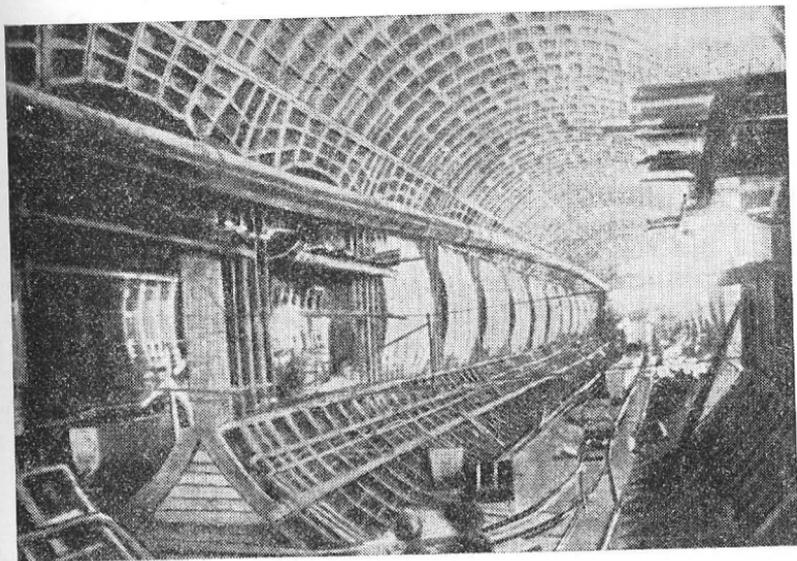
● ГЛАВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА



С. Н. ВЛАСОВ,
главный инженер
Главтоннельметростроя,
кандидат технических наук,
лауреат Государственной
премии СССР

Сооружение метрополитенов — одна из наиболее технически сложных и трудоемких отраслей современного строительства. Она требует высокого профессионального уровня в самых различных областях науки и техники, знания механики горных пород и подземной гидравлики, строительной механики и строительных материалов, машиностроения, энергетики и автоматики, организации строительного производства и экономики, архитектуры, особенностей монументальной и декоративной живописи. Условия строительства и эксплуатации подземных сооружений обуславливают требование самого высокого качества их возведения, а трудоемкость выполнения подземных работ выдвигает на первый план задачи комплексной механизации работ при широком применении машин и механизмов.

Процесс строительства метрополитенов и тоннелей четко разделяется на два этапа. На первом, наиболее трудоемком, проходят выработки, зачастую в сложных инженерно-геологических условиях, и возводят постоянную несущую конструкцию — обделку. На этом этапе решают главную задачу — обеспечить надежность и долговечность подземного сооружения и создать условия для его устойчивой эксплуатации. Успешное решение



Обделка станционного тоннеля из чугунных тубингов

Тоннельная обделка из сборных железобетонных блоков

этой задачи зависит от применяемых материалов и конструкций, технологии возведения последних, методов гидроизоляции, гидрогеологических условий, способов производства работ и т. п.

На втором этапе построенные тоннели оснащают технологическим оборудованием (электротехническим, сантехническим, средствами связи и автоматики), прокладывают пути, выполняют архитектурно-отделочные работы. Задача этого этапа — обеспечить надежную и комфортную эксплуатацию сооружения. Ее решение зависит от технического уровня проектно-конструкторских разработок, надежности и совершенства оборудования и технологических устройств, тщательности выполнения монтажа. Эстетический вид сооружения определяется художественным уровнем архитектурного проекта, качеством его осуществления и выполнения отделочных работ, материалами.

Транспортное сооружение, которое непрерывно обслуживает огромные потоки людей, должно отвечать коммунистическому лозунгу: «Все во имя человека, все на благо человека».

В течение полувекового периода советского метростроения усилия производственных, проектно-конструкторских и научно-исследовательских организаций направлены на повышение индустриализации работ, качества сооружений и устройств, эффективности строительства метрополитенов.

Начальный период строительства тоннелей глубокого заложения характеризовался применением традиционных методов работ, заимствованных из опыта сооружения горных тоннелей и подземных выработок в горной промышленности. Эти методы были основаны на возведении тоннельных обделок из монолитного бетона по частям. При открытом способе работ тоннели и станции возводились в котлованах, с креплением сваями и расстрелами и бетонированием конструкций из монолитного бетона в деревянной опалубке. На ряде участков применялся траншейный способ разработки грунта с подводкой стен из монолитного бетона. Грунт в котлованах разрабатывали главным образом вручную, с использованием транспортеров и кранов-укосин с бадьями. Для гидроизоляции конструкций применяли рубероид, пергамин, а позже гидроизол, накладываемые в три-четыре слоя на горячую битумную мастику.

Однако на участках закрытого способа работ уже на второй и третьей очередях строительства московского метро широкое применение нашел щитовой способ проходки перегонных и станционных тоннелей с устройством сборной чугунной обделки. Вначале для перегонных тоннелей использовалась обделка диаметром 6 м, с шириной кольца 0,75 м. Затем (впервые на строительстве ленинградского метро) для перегонных тоннелей начали применять чугунную обделку диаметром 5,5 м, с шириной кольца 1 м.

При сооружении тоннелей в слабообводненных и сухих грунтах нашла применение обделка из сборного железобетона, без устройства гидроизоляционной рубашки, с плоским лотком. Плоский лоток в сочетании с чугунной обделкой используют часто: такая конструкция позволяет полностью исключить трудоемкие работы по очистке лотка от породы. Отпадает необходимость в устройстве жесткого основания под рельсовый путь.

Состояние техники метростроения в настоящее время характеризуется тенденцией индустриализации строительства, предусматривающей:

- повышение уровня сборности подземных сооружений за счет широкого применения сборных железобетонных и чугунных конструкций;

- применение в строительстве прогрессивных конструкций, материалов и технологических процессов, снижающих трудовые затраты и повышающих технический уровень строительства;

- повышение уровня механизации и комплексной механизации горнопроходческих и строительно-монтажных работ;

- специализацию отдельных видов работ.

Конструкции обделок перегонных тоннелей — чугунных и железобетонных — непрерывно совершенствовались: повышалась их несущая способность, трещиностойкость, улучшалась технологичность монтажа при строительстве, снижалась материалоемкость. Значительным достижением в совершенствовании обделок перегонных тоннелей из железобетона явились разработка и широкое применение, особенно на объектах Ленметростроя, обделок, обжимаемых в породу. При этом улучшается статическая работа конструкции, исключается процесс первичного нагнетания раствора, значительно снижаются трудовые затраты.

На строительстве Ташкентского метрополитена впервые в нашей стране разработана и внедрена сейсмостойкая сборная железобетонная обделка перегонных тоннелей, обеспечивающая высокую устойчивость конструкции при действии внешних колебательных нагрузок. Исследованиями, проведенными ЦНИИС совместно с ЦНИИТ-маш, установлена практическая возможность снижения веса чугунных обделок путем применения нового материала — высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, прочностные характеристики которого в 2—3 раза выше характеристик серого чугуна СЧ40-60. Результаты испытаний и опытной эксплуатации таких конструкций обделок позволяют в ближайшее время начать их массовое изготовление. Это обеспечит еще большее снижение материалоемкости чугунных обделок.

При сооружении тоннелей открытым способом в котлованах постепенно переходили на сборные конструкции, вначале только для перекрытий, а затем для стен и лотка. Дальнейшее совершенствование конструкций привело к созданию обделок перегонных тоннелей из цельных однопутных секций.

Все станции глубокого заложения, соорудившиеся после строительства линий первой очереди московского метро, имели конструкции пилонного типа, с 10—12 проходами с каждой стороны. Однако необходимость улучшения условий эксплуатации, увеличения подземных пространств, создания более выразительных архитектурных ансамблей определила разработку нового конструктивного решения — колонной станции глубокого заложения.

Первой такой станцией была «Маяковская», удостоенная на Международной парижской выставке 1937 г. премии Гран-при. За «Маяковской» последовали станции «Курская» и «Комсомольская»-кольцевая в Москве и «Технологический институт» в Ленинграде. Особенность конструкций колонных станций заключалась в том, что стальные прогоны и колонны устанавливались в заранее пройденных боковых тоннелях диаметром 9,5 м. Оригинальный облик этих станций свидетельствовал о больших возможностях новой конструктивной схемы. Однако работы по возведению колонн и прогонов были трудоемки, что заставляло изыскивать новые конструктивные решения.

Метрогипротранс в содружестве с Мосметростроем, ЦНИИС и Московским механическим заводом разрабо-

тал конструкцию колонной станции, в которой прогоны были заменены клинчатыми перемычками, входящими в состав обделок среднего и боковых тоннелей. Элементы перемычек вместе с металлическими колоннами и тубингами временного заполнения проемов устанавливались одновременно с монтажом очередного кольца обделки. В свод среднего тоннеля станции были введены дополнительные элементы, позволяющие поднять его на 1,5 м по отношению к крайним тоннелям, что создавало возможность разместить натяжную камеру в пределах посадочной платформы и улучшить архитектурный облик станции. Вся конструкция, исключая стальные колонны, возводилась на основе типовой обделки диаметром 8,5 м. В последнее время из таких конструкций возведены станции Московского метрополитена «Кузнецкий мост», «Пушкинская» и «Марксистская».

С целью уменьшения металлоемкости конструкций, улучшения условий производства работ и снижения их стоимости на строительстве Кировско-Выборгской линии Ленинградского метрополитена была разработана и применена новая конструкция станции колонного типа, с обделкой из железобетонных тубингов, с применением бетона марки «600» и металлоконструкций колонн из высокопрочной низколегированной стали. В Ленинграде такая конструкция была использована для станций «Выборгская», «Лесная» и «Академическая».

Конструкция станций мелкого заложения обычно представляет собой трехпролетную раму с двумя рядами колонн из сборных железобетонных элементов. Новый типовой проект для сооружения таких станций (ТС-109) предусматривает сокращение количества типоразмерных сборных элементов, увеличение их размеров и веса.

Сейсмические, а также геологические условия строительства Бакинского и Ташкентского метрополитенов обусловили необходимость создания конструкций станций мелкого заложения из сборно-монолитного железобетона с использованием жесткой арматуры в комбинации с каркасами из гибкой арматуры. В качестве опалубки применены сборные железобетонные опалубочные блоки или плиты.

В последнее время все большее распространение находят односводчатые конструкции, одним пролетом перекрывающие платформу и пути. Их возведение на линиях первых очередей московского метро (станции «Биб-

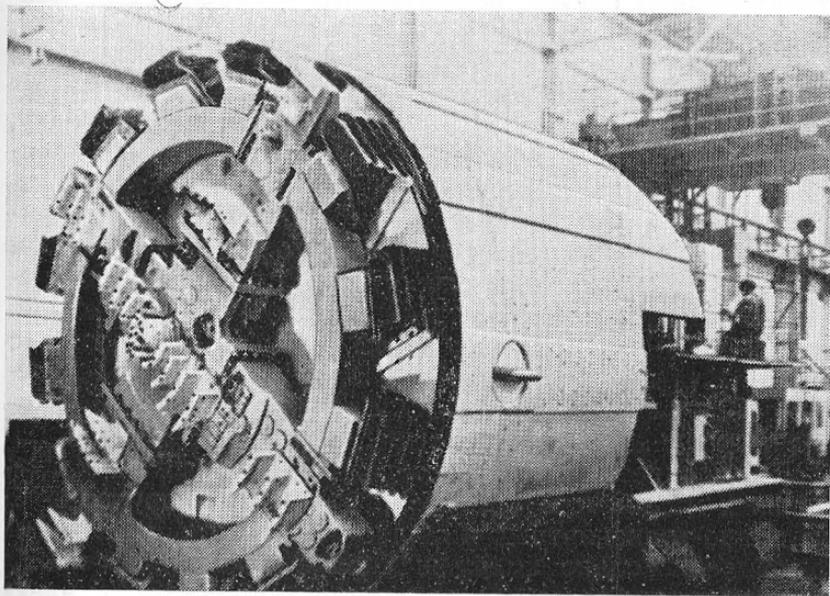
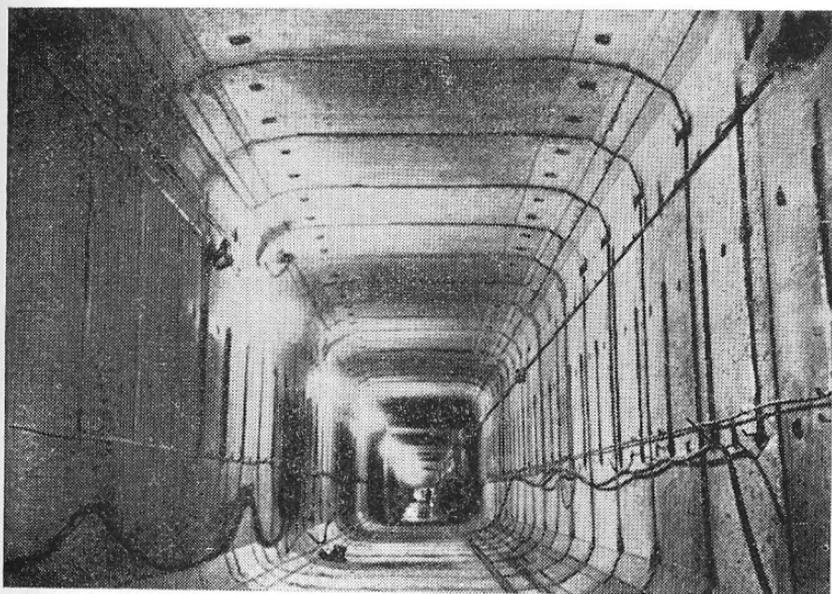
лиотека имени Ленина» и «Аэропорт») отличалось высокой трудоемкостью, в связи с чем эти конструкции длительное время не применялись. Большой прогресс в их возведении достигнут на Ленметрострое. На трассе Кировско-Выборгской линии были сооружены две односводчатые станции глубокого заложения — «Площадь Мужества» и «Политехническая». Конструкции их выполнены из железобетона и бетона и представляют собой мног шарнирные верхний и обратный своды, состоящие из железобетонных сплошных блоков, разжатых в породу. Сводь опираются на мощные опоры из монолитного бетона, устраиваемые в заранее сооружаемых для этой цели выработках.

На строительстве Харьковского метрополитена были сооружены индустриальными методами три односводчатые станции мелкого заложения в открытых котлованах («Спортивная», «Центральный рынок» и «Турбинный завод»). Конструкция их представляет собой свод переменного сечения с уширенной пятой и затяжкой. Армирование свода осуществлялось с помощью заранее заготовливаемых пространственных арматурных каркасов. Бетонирование велось в передвижной металлической опалубке.

Односводчатые станции мелкого заложения такого типа нашли применение в ташкентском метро, где их конструкции были усилены с учетом сейсмических условий эксплуатации, а также на других стройках. Опыт сооружения односводчатых станций показал, что их конструкции и технология работ позволяют применять индустриальные методы, а особенности односводчатой конструкции расширяют возможности архитектурного оформления станций.

Непрерывное совершенствование основных несущих тоннельных конструкций — обделок позволило достигнуть высокого уровня их индустриализации по степени сборности, которая в настоящее время составляет для обделок перегонных тоннелей 0,85—0,9 и для станционных обделок — 0,8—0,85.

Непрерывно обновляется техника механизации тоннельных работ. Щитовой способ в сочетании со сборными обделками позволил устранить тяжелые и трудоемкие процессы по установке временного деревянного крепления, возведению монолитной обделки, устройству оклеечной гидроизоляции. Механизирован проходческий цикл (погрузка и транспортировка породы, доставка ма-



Цельносекционная обделка тоннеля открытого способа работ
Механизированный щит КТ-1-5,6 для устойчивых пород

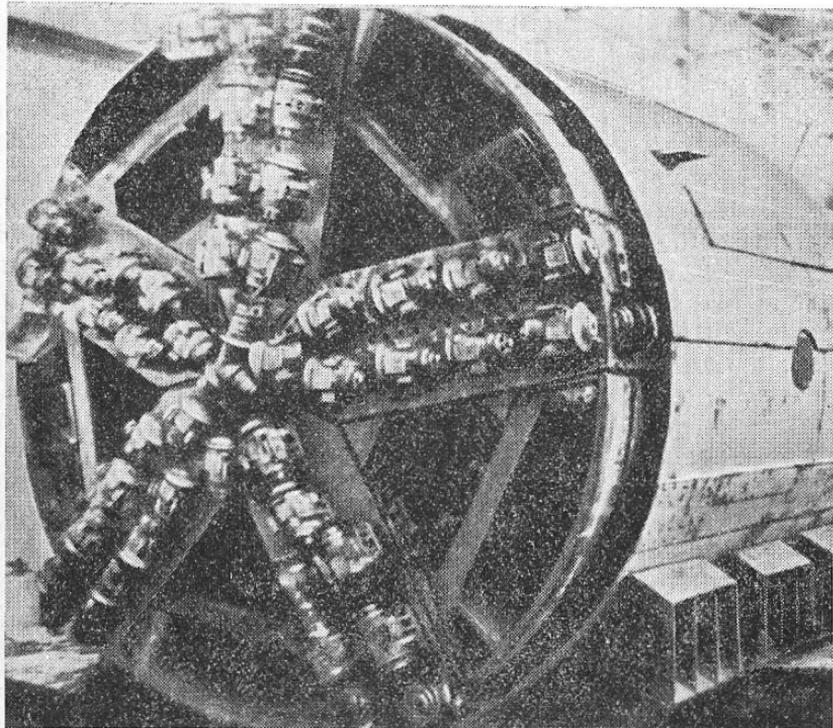
териалов, монтаж элементов обделок, нагнетание раствора, чеканка швов и т. п.), повышается мощность и производительность механизмов — погрузочных машин, электровозов, вагонеток, укладчиков обделок. Созданы конструкции блокоукладчиков для бесщитовой проходки в устойчивых породах на полный профиль буровзрывным способом. Дальнейшие разработки привели к созданию агрегата с машинным обуриванием забоя и комплексной механизацией работ по проходке тоннеля.

Повышение уровня механизации тоннельных работ, особенно обеспечение ее комплексности, привело к созданию принципиально новых машин — механизированных щитов и комплексов для скоростного сооружения тоннелей. Появилась возможность оснащать стройки Главтоннельметростроя высокопроизводительными механизированными щитовыми комплексами для проходки перегонных тоннелей в достаточно широком диапазоне гидрогеологических условий.

На Ясиноватском машиностроительном заводе созданы и серийно выпускаются механизированные комплексы: КТ1-5,6 для устойчивых пород под сборную обделку, КТ1-5,6Д2 со сменным оборудованием (экскаватор и стреловой шарошечный рабочий орган) для мягких слабоустойчивых и крепких пород под сборную обделку, ТЩБ-7 и ТЩФ-1 для мягких пород под монолитно-пресованную обделку. Московский механический завод изготавливает механизированные щиты ЩМР-1 для устойчивых пород и ЩН-1Э с экскаваторным рабочим органом для мягких неустойчивых пород. Оба щита предназначены для тоннелей со сборной железобетонной обделкой. В 1979 г. на заводе создан механизированный комплекс КМО-2 × 5 для сооружения тоннелей мелкого заложения с цельносекционной обделкой и изоляцией заводского изготовления.

В последнее время значительно увеличился парк тоннельных машин и механизмов, бурового оборудования, подъемно-транспортных и общестроительных машин, автомобилей. Только за прошедшее десятилетие механизированность строительства повысилась на 78%, электровооруженность возросла на 15%. Если в 1965—1970 гг. на 1 млн. руб. строительно-монтажных работ затрачивалось 36,7 тыс. чел.-дн., то в 1976—1980 гг. — 22,1 тыс. чел.-дн.

Парк механизированных щитов Главтоннельметро-



Механизированный щит ТЩБ-3 для устойчивых пород

строю к 1981 г. составил 20 ед. В десятой пятилетке с их помощью построено более 20% всех тоннелей, сооружаемых закрытым способом, что в 2 раза больше, чем в девятой пятилетке. Строительство тоннелей механизированными щитами будет всемерно расширяться.

Применение механизированных проходческих щитов открыло возможность внедрения прогрессивных технологических процессов, позволяющих комплексно решать вопросы эффективного использования прогрессивных конструкций и материалов в сочетании с механизацией работ. Прежде всего следует отметить технологию сооружения тоннелей с обделкой, обжимаемой в породе, с применением комплекса КТ1-5,6, позволившую на строительстве Ленинградского метрополитена добиться устойчивых скоростей проходки тоннеля — до 300—350 пог. м в месяц и достичь в 1981 г. мирового рекорда — сооружения 1250 пог. м готового тоннеля в месяц. На строитель-

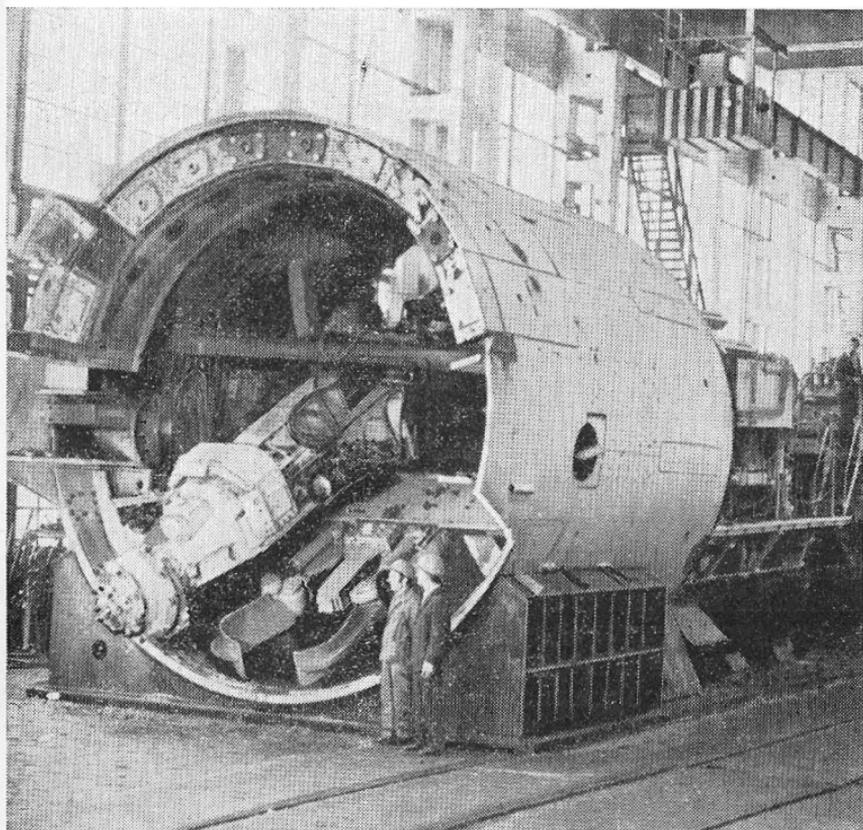
стве Киевского метрополитена в спондиловых глинах применялся механизированный щит ЩМР-1. Была достигнута скорость 264 пог. м в месяц. В Москве на трассе Калининского радиуса в известняках с помощью щита ЩМР-1 был построен участок тоннеля протяженностью 1360 м со средней скоростью 100 пог. м в месяц.

В последние годы все более широко применяется технология сооружения тоннелей с монолитно-прессованной обделкой, впервые использованной в Москве и в Тбилиси. Конструкция позволяет резко сократить расход металла, исключить работы по нагнетанию раствора в заобделочное пространство и чеканке швов, повысить качество сооружения. Авторы прогрессивного новшества удостоены Государственной премии СССР. В настоящее время этот тип обделки и технология работ широко применяются на строительстве метрополитенов в Минске и Горьком. В 1980 г. коллектив Горметростроя достиг высокой скорости проходки по этой технологии — 135 пог. м в месяц.

Все большее распространение получает метод продавливания тоннелей мелкого заложения в мягких грунтах под наземными сооружениями (железными дорогами, автомагистралями, трубопроводами), позволяющий успешно осуществлять пересечения без специальных работ по усилению или переносу наземных конструкций.

Значительные изменения претерпела технология работ по сооружению тоннелей и станций мелкого заложения в открытых котлованах. Широкое применение оборудования для забивки балок крепления котлованов, экскаваторов и бульдозеров для земляных работ и кранов ККТС-20 позволяет комплексно механизировать процесс строительства. Освоение в Москве анкерного крепления котлованов взамен металлических расстрелов открывает большие возможности для скоростного возведения конструкций станций и перегонных тоннелей открытого способа работ.

При этом коренным образом изменяется технология гидроизоляционных работ. Устройство оклеечной гидроизоляции из трех-четырёх слоев гидроизола на горячем битуме заменено прогрессивной технологией, основанной на использовании новых материалов — гидростеклоизола и стеклорубероида. Их наклеивают путем оплавления пропановыми горелками битумного покровного слоя. Такая технология резко повысила культуру и безопасность работ, значительно снизила трудовые затраты.



Комплекс КТ-5,6Д2 с фрезерным стреловым рабочим органом

В 1979—1980 гг. в Киеве успешно освоено сооружение тоннелей мелкого заложения открытым способом из цельных секций с применением механизированного комплекса КМО-2×5. Отпала необходимость использовать балки и расстрелы для крепления котлованов. Все работы сосредоточиваются на коротком участке, сокращается их трудоемкость. Используются секции с гидроизоляцией заводского изготовления.

Как видно из таблицы, применение прогрессивных конструкций и технологических процессов постоянно увеличивается.

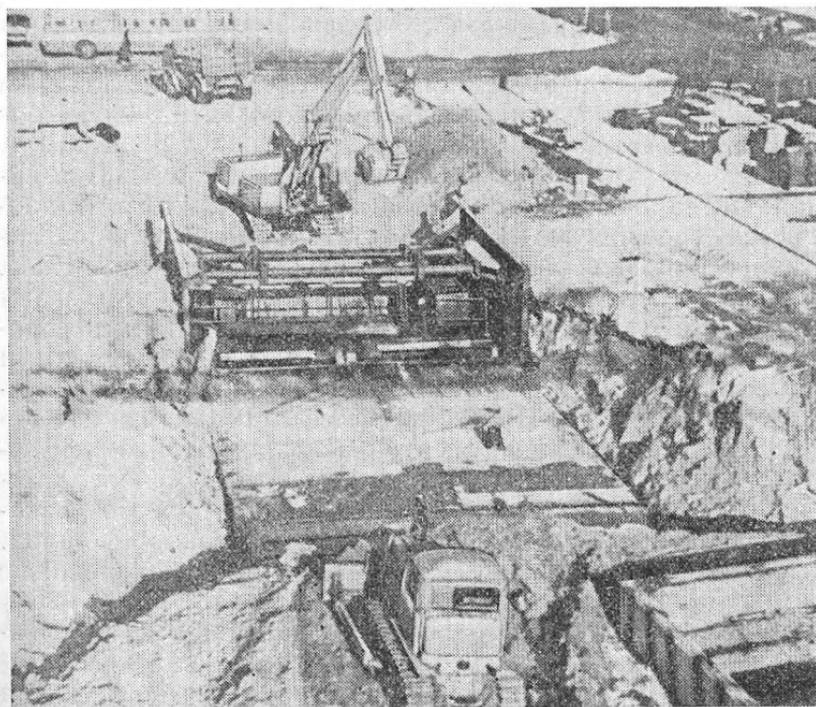
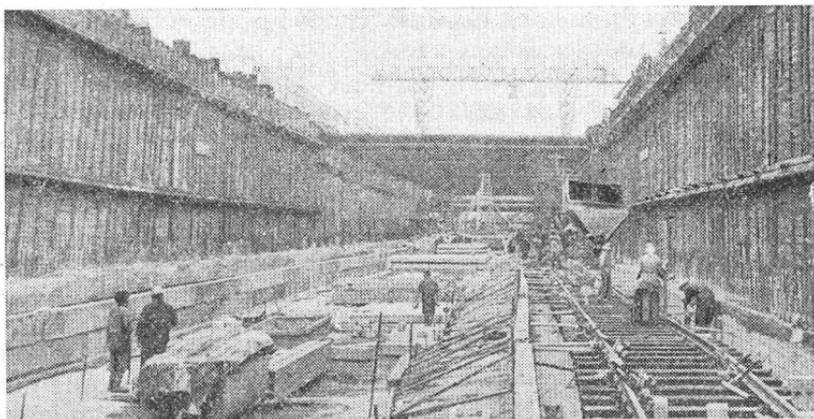
При строительстве метрополитенов и тоннелей в сложных гидрогеологических условиях широко используются специальные способы работ. С применением таких спо-

Наименование конструкций и процессов	Объем внедрения		
	1971— 1975 гг.	1976— 1980 гг.	1981— 1985 гг. (проект)
Железобетонные обделки, обжи- маемые в породе, км	9,2	33	40
Цельносекционные обделки, км	7,6	14,5	17
Монолитно-прессованные обделки, км	2,8	4,5	11,5
Безмастичная гидроизоляция с при- менением гидростеклоизола, тыс. м ²	200	1100	1500
Механизированная проходка тон- нелей, км	12,5	27,2	50

совоб сооружают ориентировочно 30—35% общей протяженности строящихся линий метрополитенов. К настоящему времени только способом искусственного замораживания грунтов сооружено более 100 наклонных тоннелей длиной свыше 6 тыс. пог. м, пройдено около 200 стволов шахт, построено более 35 котлованов для подземных вестибюлей, сооружено около 5 км станционных и перегонных тоннелей. С применением искусственного понижения уровня грунтовых вод за последние годы сооружено более 17 км тоннелей метрополитенов.

Впервые в СССР на строительстве Ленинградского метрополитена внедрено безрассольное замораживание грунтов с использованием жидкого азота, испаряющегося в замораживающей колонке (без холодильных установок). Благодаря низкой температуре испарения жидкого азота (-195°C) время, затрачиваемое на замораживание, в 9 раз меньше, чем при рассольном замораживании.

Вначале в Баку, а затем в Киеве при сооружении тоннелей в грунтах с высоким гидростатическим давлением грунтовых вод был применен способ проходки под сжатым воздухом в сочетании с водопонижением, что позволило успешно выполнить работы в исключительно сложных условиях. При строительстве Бакинского метрополитена был разработан и внедрен комплекс мероприятий (покрытие на тьюбингах, катодная защита, антикоррозийная смазка, сульфатостойкие цементы), позволивший устранить коррозионные разрушения обделок. Приобретенный опыт служит основой дальнейшего со-



Щитовой комплекс КМО-2×5 для сооружения тоннелей открытым способом

Котлован открытого способа работ, закрепленный анкерами, на станции «Южная» Серпуховского радиуса

вершенствования специальных способов работ при строительстве метрополитенов в сложных гидрогеологических условиях.

Большое значение приобретает специализация строительно-монтажных организаций на выполнении отдельных видов работ: путевых, монтажных, по оборудованию постоянных устройств, архитектурно-отделочных. Специальные подразделения имеют постоянный состав квалифицированных работников, производственные базы, применяют отработанную технологию, что позволяет вести работы индустриальными методами.

Совершенствование конструкций тоннелепроходческой техники, повышение механизации работ и улучшение их организации, внедрение новых производственных процессов способствовали значительному сокращению нормативных затрат труда. Так, по сравнению с затратами на строительстве первой очереди Московского метрополитена они сократились для тоннелей глубокого заложения почти в 4 раза, а для тоннелей мелкого заложения — более чем вдвое.

Одними из главных задач одиннадцатой пятилетки являются дальнейшее ускорение научно-технического прогресса, перевод экономики на интенсивный путь развития, всемерная оптимизация использования ресурсов, улучшение качества работы. Для выполнения этих задач Главтоннельметрострой вместе со строительными, проектно-конструкторскими и научно-исследовательскими организациями разработал Основные направления научно-технического прогресса в метростроении на 1981—1985 гг., которые предусматривают повышение эффективности строительства метрополитенов на основе дальнейшей индустриализации и механизации производственных процессов и повышения производительности труда.

В области тоннельных конструкций по сравнению с десятой пятилеткой намечается увеличить на 20—25% применение обделок, обжимаемых в породу, цельносеccionных и монолитно-прессованных, и довести использование таких конструкций в общем объеме строительства тоннелей до 35—38%.

Значительно шире намечено применять в соответствующих инженерно-геологических условиях колонные станции глубокого заложения. Сооружение колонных станций мелкого заложения будет вестись только по новым типовым проектам, с использованием укрупненных

элементов. Продолжатся исследования по созданию новых типов сборных чугунных и железобетонных конструкций колонных и односводчатых станций с уменьшенной материалоемкостью, разработка технологии работ для сооружения их в различных инженерно-геологических условиях, при глубоком и мелком заложении. В частности, в Ленинграде предусматривается применение конструкций и технологии работ по сооружению комплекса станционных сооружений (платформенная часть, подстанции, вентиляционные узлы, оборотные устройства) под единым сводом.

Впервые будут применены прогрессивные промышленные конструкции для функциональных и технологических помещений метрополитенов. Это в первую очередь экструзионные асбоцементные панели для служебных помещений, зонты из сборных алюминиевых элементов для эскалаторных тоннелей и защитные короба из стеклопластика для контактного рельса.

В области механизации тоннельных работ намечается в 2 раза по сравнению с десятой пятилеткой увеличить проходку механизированными щитами и довести ее за пятилетие до 50 км. Будут механизированы работы по бурению шпуров при проходке тоннелей буровзрывным способом в крепких породах, с использованием для этой цели буровых установок типа БУР-2 и агрегата АБТ.

Создано и применено оборудование для механизированной разработки калоттной прорези при сооружении односводчатых станций в устойчивых грунтах. Проведены опытные работы по созданию оборудования для механизированной разработки забоя колонных и пилонных станций.

Намечаются создание новых и модернизация имеющихся средств малой механизации, в том числе цементоукладчика для чеканки швов тоннельной обделки, пневмосбалчивателя на базе гайковерта, растворонагнетателя НР-2, толкателей верхнего и нижнего действия усовершенствованной конструкции, пневмобетонагнетателя емкостью 1 м³, гидроклиньев, опрокидных вагонеток и других механизмов.

Будут проводиться исследования в области перспективных способов механизированного сооружения перегонных тоннелей и станций метрополитена. Эти способы должны способствовать повышению скоростей проходки, в том числе в неустойчивых обводненных грунтах.

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

Будут совершенствоваться оборудование и технологические процессы для специальных способов работ при сооружении тоннелей в неустойчивых водонасыщенных грунтах с помощью водопонижения, замораживания, включая замораживание жидким азотом (изготовление и внедрение установки для погружения и извлечения труб, создание установки для бурения скважин под буронабивные сваи, разработка более прогрессивных, оперативных и надежных методов контроля за сплошностью льдогрунтового массива и т. п.).

Намечается дальнейшее развитие промышленной базы метростроения за счет расширения и реконструкции действующих предприятий, строительства новых производственных баз в Минске, Горьком, Куйбышеве, Свердловске, Новосибирске, строительства новых ремонтно-механических предприятий, заводов металлоконструкций в Москве и в Куйбышеве.

Будет осуществлена специализация заводов металлоконструкций и ремонтно-механических предприятий — промышленных баз по изготовлению и ремонту нестандартного горнопроходческого оборудования и запасных частей к нему, форм и оснастки для железобетонных конструкций. Это позволит к концу одиннадцатой пятилетки довести выпуск валовой продукции до 100—110 млн. руб. в год по сравнению с 67 млн. руб. в 1980 г., в 2 раза увеличить производство сборного железобетона и в 1,5 раза — металлоконструкций и нестандартного оборудования.

Решение всех этих и других проблем позволит еще выше поднять технический уровень работ, обеспечить рост производительности труда в одиннадцатой пятилетке.

Метростроевцы помнят слова Л. И. Брежнева, обращенные к строителям нашей страны: «Строить надо быстро, экономично и на современной технической основе — вот слагаемые высокой эффективности в капитальном строительстве».

● ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОВЕТСКИХ МЕТРОПОЛИТЕНОВ



А. С. ЛУГОВЦОВ,
начальник института
Метрогипротранс,
лауреат Государственной
премии СССР

Строительство первоклассных линий Московского метрополитена стало не только крупным отечественным достижением, но и важным событием в мировом метростроении. Впервые создание внеуличного транспорта было подчинено прежде всего интересам человека. Это позволило с большей полнотой выявить и использовать возможности метрополитена для кардинального решения проблемы пассажирских перевозок.

Мы можем по праву гордиться размахом строительства метрополитенов в Советском Союзе и их высоким техническим и эстетическим уровнем. Метро надежно действует в Москве, Ленинграде, Киеве, Тбилиси, Баку, Харькове, Ташкенте, Ереване, в ближайшие годы войдет в строй в Минске, Горьком, Новосибирске, его строительство начато в Куйбышеве, Свердловске, Днепропетровске. Разрабатываются технико-экономические обоснования сооружения метрополитенов в Ростове-на-Дону, Алма-Ате, Омске, Челябинске и Перми, а для Риги эта работа уже завершена.

В достижения метростроения большой вклад внесла советская школа проектирования метрополитенов. Она начала формироваться в 1931 г. вместе с созданием московского Метростроя, вначале в его техническом отделе, а с 1933 г. — в образованном на базе этого отдела Метропроекте. Эта школа сложилась и обрела зрелость в го-

ловном институте Метрогипротранс, организованном на базе Метропроекта. Для нее характерны научный подход к обоснованию и принятию решений, творческий поиск нового и понимание важной истины: ни одно первоклассное сооружение не может быть создано без первоклассного проекта.

Каким быть метрополитену? От правильного ответа на этот вопрос зависит и его успешное решение. В. И. Ленин отмечал: «Кто берется за частные вопросы без предварительного решения общих, тот неминуемо будет на каждом шагу бессознательно для себя «натякаться» на эти общие вопросы. А натякаться слепо на них в каждом частном случае значит обрекать свою политику на худшие шатания и беспринципность». Это ленинское положение, несомненно, является основополагающим и при решении крупномасштабных технических проблем.

Для того чтобы найти и правильно обосновать проектный замысел метрополитена, нужно прежде всего определить принципиальные начала, которыми надо руководствоваться. Такие начала в общих чертах были выявлены в первые годы проектирования и строительства Московского метрополитена. В дальнейшем они систематизировались и углублялись с учетом опыта их реализации. Социальную направленность принципиальных начал проектирования метро определяет гуманизм социалистического общества, техническую — передовой опыт и новейшие достижения науки и техники.

Содержанием начал являются общие и технические принципы проектирования. В общих принципах формулируются целевые задачи и технические направления их решения.

Целевые задачи носят устойчивый характер, а направления их решения в известной мере подвижны, поскольку зависят от достигнутого уровня науки и техники. В технических принципах определяется подход к решению узловых технических проблем, существенно влияющих на планировочные и технологические структуры и компоновку всего комплекса.

Очевидно, что при определении принципиальных начал проектирования нельзя не опираться на предшествующий опыт. Когда мы делали первые шаги в метростроении, значительный опыт проектирования, строительства и эксплуатации метрополитенов был накоплен неко-

торами развитыми капиталистическими странами. Он представлял для нас большой интерес, однако не мог быть взят за образец, так как в этих странах развитие метрополитенов осуществлялось преимущественно с позиций узкого практицизма. Недооценивалась роль окружающей человека подземной среды и архитектуры, о чем свидетельствовали унылые, безликие интерьеры станций, тусклое освещение, несовершенная вентиляция. Интересами частного предпринимательства были продиктованы в ряде случаев нечеткие схемы линий, малые радиусы кривых в плане, стесненная планировка вестибюлей, высокие лестничные подъемы.

В разных странах наблюдался совершенно разный подход к таким основным техническим аспектам проектирования, как организация движения поездов, скорость сообщения, глубина заложения линий, тип станций. На некоторых метрополитенах был реализован так называемый трамвайный принцип небольших расстояний между станциями, что привело к резкому сокращению скорости сообщения. Подобными различиями были обусловлены весьма противоречивые заключения трех иностранных экспертиз по эскизному проекту Московского метрополитена.

Полезными для выработки основ проектирования метро оказались рекомендации видных советских ученых в области геологии, горного дела, строительства и транспорта, предложения проектировщиков и метростроевцев. Из общей оценки проблемы вытекала необходимость искать пути наилучшего использования возможностей метрополитена. Как внеуличный транспорт, он обладает потенциальной возможностью обеспечивать массовые, скоростные, регулярные и безопасные пассажирские перевозки. Эти свойства определяют преимущества метро в сравнении с другими видами городского транспорта. Сами по себе эти преимущества тем значительнее, чем правильнее определены параметры провозной способности, частоты и скорости движения.

Однако исчерпываются ли возможности метрополитена только этими свойствами? Ведь метрополитен затрагивает интересы огромного количества людей, влияет на жизнь города. Интересно мнение А. М. Горького, который в 1933 г. писал: «...чем скорее выстроим метрополитен, тем скорее рабочий класс экономит миллионы часов, которые тратятся бесплодно на ожидание трамва-

ев,— время, которое может быть более плодотворно затрачено на самообразование».

Здесь подмечена важная сторона скоростных перевозок, ее конкретный социальный смысл. Рассматривая этот вопрос в широком социальном плане, можно определенно сказать, что метрополитен способствует созданию лучших условий для труда, образования, быта и отдыха людей, высвобождая им время. К этому можно добавить, что он снижает усталость от поездок сравнительно с уличным транспортом. Удобные пути следования, благоприятная санитарно-гигиеническая среда обеспечивают поездки с минимальными затратами времени и в комфортных условиях.

Важно подчеркнуть, что метрополитен удовлетворяет и определенные духовные потребности человека, эстетически воздействуя на него, воспитывая патриотические чувства.

Вот почему особое внимание должно уделяться не только созданию благоприятной санитарно-гигиенической среды, но и использованию возможностей архитектуры как для организации подземного пространства, так и для художественного и идейного воспитания людей. Архитектура станций в значительной мере определяет облик метрополитена и самого города, отражая его историю и современность.

Метрополитен не может действовать и развиваться независимо от города. Градостроительные и транспортные проблемы настолько переплетены, что, не считая метрополитен неотъемлемой частью города, просто невозможно решать текущие и перспективные вопросы их взаимодействия. Порожденный потребностями города, метрополитен активно входит в его жизнь, сам становится важным градообразующим фактором.

Таким образом, главное в создании метрополитена — найти решения, обеспечивающие более полную реализацию всех его возможностей и преимуществ в интересах удовлетворения транспортных и эстетических потребностей населения. К важнейшим вопросам проектирования относится также создание благоприятных условий для производственной деятельности работников самого метрополитена и метростроителей.

Прежде чем перейти непосредственно к общим и техническим принципам проектирования, нужно отметить плановый подход к созданию метрополитенов в нашей

стране. Он позволяет учитывать текущие и перспективные интересы городов и организаций, занимающихся сооружением и эксплуатацией метрополитенов, соразмерять эти интересы с общими народнохозяйственными планами. Из планового подхода вытекает общеувязочный принцип проектирования метро: подготовка проектирования, строительства и эксплуатации метрополитена на основе разработки его генеральной схемы и этапизации строительства в увязке с генеральным планом и комплексной схемой развития всех видов общественного транспорта города.

Обычно генеральная схема метрополитена создается до начала разработки проекта первой линии. Генеральная схема и этапизация строительства составляют стратегический план развития метрополитена. Поэтому она должна иметь неизменную (на длительный период) структурную основу, к которой относятся ее опорные пункты — важнейшие пересадочные узлы и участки линий между ними. Генеральная схема служит основой проектных работ по заблаговременному закреплению технических зон будущего строительства. В этих зонах запрещается возведение наземных сооружений, а подземные коммуникации устраиваются с учетом прохождения трасс метро.

Общеувязочный принцип органически связан с общими и техническими принципами проектирования метро.

Общие принципы, как уже отмечалось, вытекают из самой сущности советского строя и охватывают во взаимосвязи социальные и технические вопросы. Они отражают интересы пассажиров, эксплуатационных и строительных организаций города, а также технико-экономический подход к проектированию. К ним относятся пассажирский, эксплуатационный, строительный, городской и технико-экономический принципы. Их можно сформулировать следующим образом.

Пассажирский: наиболее полное удовлетворение потребностей пассажиров на основе создания удобной системы массовых скоростных регулярных и безопасных перевозок при благоприятных санитарно-гигиенических условиях и архитектурной среде, отвечающей функциональным, социальным и эстетическим требованиям.

Эксплуатационный: обеспечение четкой, удобной и безопасной эксплуатации метрополитена с наименьшими трудозатратами на основе создания долговечных и на-

дежных сооружений, автоматизированных постоянных устройств и подвижного состава, современных производственных и ремонтных предприятий, служебных и бытовых помещений для обслуживающего персонала.

Строительный: обеспечение высокого качества и наименьшей трудоемкости строительства метрополитена на основе создания индустриальных тоннельных конструкций и монтажных узлов, удобных и безопасных систем комплексной механизации и автоматизации основных и вспомогательных производственных процессов, современных производственных баз и бытовых помещений для строителей.

Городской: обеспечение нормальных условий жизни города в период строительства и эксплуатации метрополитена на основе рационального выбора прокладки линий и способов производства работ, с учетом планов развития и реконструкции города и требований охраны окружающей среды.

Технико-экономический: обеспечение высокого технического уровня строительства и эксплуатации метрополитена при наименьших трудовых, материальных и финансовых затратах на основе использования передового опыта, внедрения новейших отечественных и зарубежных достижений науки и техники. Пассажирский принцип является главным, исходным при проектировании. Каждый принцип должен рассматриваться в комплексной взаимосвязи с другими: в конечном счете все они направлены к одной цели — обеспечить наилучшим образом высокий количественный и качественный уровень транспортного обслуживания населения.

Общие принципы определяют технические принципы проектирования. Что принять: подземный, наземный или надземный тип метрополитена, мелкое или глубокое заложение линий, автономную или маршрутную систему организации движения поездов, большие или малые расстояния между станциями, станции с островными или боковыми платформами? Как должны компоноваться станционные и пересадочные узлы и какое обязательное требование предъявляется к проектированию всего комплекса? До сих пор в разных странах многие из этих вопросов решаются по-разному.

Строго говоря, наземный метрополитен нельзя отнести к внеуличному транспорту, он сохраняет преимущества только в отношении организации движения, изолирован-

ного от других видов наземного транспорта, но не позволяет осуществить разгрузку городских магистралей. В известной мере это относится и к надземному метрополитену, метрополитену на эстакадах, который загромождает надудличное пространство и часто неприемлем по архитектурным и градостроительным соображениям. Такое решение приводит к повышению уровня шума, снижению скоростей движения, ухудшению условий эксплуатации в плохих погодных условиях, что вызывает необходимость устройства в ряде случаев защитных галерей.

Линии метрополитена должны проектироваться, как правило, подземными, применение наземных и надземных участков допускается в отдельных случаях — в зонах, где из-за этого не нарушаются нормальные условия жизни города, и при пересечении контурных препятствий.

Вопрос о глубине заложения линий решается неоднозначно. Линии мелкого заложения имеют определенные преимущества. Это сокращение времени на подход к поездам, экономия эксплуатационных расходов, снижение капитальных затрат при строительстве в относительно благоприятных условиях. Однако строительство таких линий в ряде случаев, обычно в центральных районах городов с плотной и ценной застройкой, особенно при открытом способе работ, приводит к таким серьезным нарушениям условий жизни города, что глубокое заложение, позволяющее прокладывать трассы тоннелей почти независимо от городской планировки и застройки, становится единственно приемлемым. Нередки случаи, когда возможно принять только мелкое или только глубокое заложение линий. Поэтому линии метрополитена проектируются мелкого и глубокого заложения. Решение принимается на основе комплексной оценки градостроительных, транспортных, инженерно-геологических и технико-экономических факторов.

Анализ затрат времени на поездки, ожидание поездов и пересадки, а также пропускной способности линий и условий эксплуатации при автономной (без перехода поездов на другие линии) и маршрутной (с переходом поездов на другие линии) системах организации движения позволил отдать предпочтение автономной системе, более выгодной и удобной для большинства пассажиров и более удобной, четкой и надежной в эксплуатации. Поэтому в генеральной схеме метрополитена и при проектировании должна предусматриваться автономная систе-

ма организации движения поездов. Конечно, не исключено, что могут встретиться такие условия планировки города и распределения пассажиропотоков, при которых выбор системы организации движения потребует специального обоснования.

Вопрос о расстояниях между станциями нельзя решить так, чтобы это решение удовлетворило потребности всех пассажиров. Выигрыш времени сообщения за счет увеличения расстояния между станциями для одной группы пассажиров оборачивается проигрышем для другой. Расстояния между станциями должны быть такими, чтобы обеспечивался выигрыш времени для большинства пассажиров. При этом важно учитывать тенденцию к увеличению размеров городов, дальности поездок. Из этого следует, что среднее расстояние между станциями не может быть одинаковым в различных городах и даже на различных линиях одного города. Считается нецелесообразным принимать расстояния между станциями менее 1000 м (в городах с компактной структурой в некоторых случаях — 800 м), это привело бы к резкому сокращению скорости сообщения.

Станции располагаются в местах образования наибольших и концентрированных пассажиропотоков, а расстояния между ними должны приниматься, как правило, в интервале 1000—2000 м. Расстояния более 2 тыс. м принимаются, когда линии проходят через малозаселенные районы. С точки зрения суммарного сокращения затрат времени должны анализироваться и пути следования пассажиров к станциям метрополитена. Главное в этом случае, особенно при сравнительно больших расстояниях между станциями, организация удобных путей подъезда и подхода к метро.

Что касается типов станций, то по совокупности удобств для пассажиров и эффективности эксплуатации станции с боковыми платформами, обладая некоторыми строительными преимуществами, уступают станциям с островными платформами, которые обеспечивают лучшую ориентировку пассажиров, посадку и высадку на одной платформе, более удобную связь с поверхностью и более четкую организацию пересадок. Поэтому при проектировании линий метрополитена должны приниматься, как правило, станции с островными платформами. Устройство станций с боковыми платформами допускается, когда применение станций с островными платформами

затруднено по планировочным или строительным условиям, а также в случаях строительства новой станции на действующей линии, если не было предусмотрено расширение междупутья для сооружения станции с островной платформой.

Станционные и пересадочные комплексы служат важнейшими узловыми пунктами метрополитена, где осуществляются прием, посадка, высадка, пересадка и эвакуация пассажиров на поверхность. Рациональная архитектурно-планировочная компоновка узловых пунктов определяет степень совершенства метрополитена наряду с его скоростными качествами. Ввиду разнообразия условий размещения вестибюлей, станций и пересадочных устройств дается лишь общее направление решения этого вопроса: при архитектурно-планировочной компоновке станционных и пересадочных узлов должны обеспечиваться необходимое количество и достаточная пропускная способность удобных входов, выходов, путей следования, контрольно-пропускных и подъемно-транспортных устройств, оптимальное распределение пассажиропотоков и минимальные затраты времени на перемещение пассажиров.

Особо нужно остановиться на необходимости проведения тщательных изыскательских работ с целью получения инженерно-геологических и климатических данных района строительства метро и правильного использования их при проектировании. Без этого невозможно обоснованно подойти к выбору глубины заложения линий, проектированию плана и профиля трассы, несущих конструкций, технологических устройств и производства работ. При проектировании должно учитываться во взаимосвязи влияние геологических, гидрогеологических и климатических факторов на конструирование, размещение, строительство и эксплуатацию всех сооружений и устройств метрополитена. Это обязательное требование.

Технические принципы проектирования метро полностью или частично входят в состав разработанных институтом Метрогипротранс строительных норм и правил проектирования метрополитенов. Эти нормы и правила определяют конкретный подход к составлению проектов всех сооружений и устройств метрополитена. Кроме того, в институте разработаны другие нормативные документы, среди которых важное значение имеет инструкция по производству инженерно-геологических изысканий при

строительстве метрополитенов и горных транспортных тоннелей.

Хотя основные и технические принципы, нормы и правила, инструкции и технические условия проектирования являются необходимыми для создания высококачественных проектов, однако важнейшим показателем ценности проекта служат содержащиеся в нем новые, прогрессивные решения. Поэтому, возможно, решающим принципом проектирования является выявление оптимальных технических решений и оформление их в гармоническое целое на основе творческого использования опыта и научного поиска. В этом и состоит искусство проектирования.

Нужно отдать должное проектировщикам института Метрогипротранс — они достойно, с большой творческой отдачей делают свое дело. Ими разработан и внедрен в содружестве с научными, строительными и эксплуатационными организациями ряд новых технических, планировочных и архитектурных решений, конструкций и технологических устройств. Отмечу лишь наиболее важные разработки.

С целью обеспечения значительного выигрыша времени для большинства пассажиров созданы пересадочные узлы совмещенного по направлению движения поездов типа, с параллельными станционными платформами, а также центрального и центрально-торцового типов, с короткими переходами. Определены оптимальные расстояния между станциями метрополитенов в разных городах.

В целом значительно повысился уровень архитектурных решений. В архитектуре станций найдено более органическое сочетание функциональных и эстетических начал, более удачное использование в общей композиции пластических приемов и элементов прикладного и декоративного искусств.

Для обеспечения более удобной и надежной эксплуатации метрополитена созданы высокоэффективные системы тоннельной вентиляции с новыми, реверсивными вентиляторами, тяговые агрегаты на электрических подстанциях с полупроводниковыми выпрямителями и сухими трансформаторами, а также система автоматического регулирования скорости, позволяющая увеличить провозную и пропускную способность линий.

Разработка тоннельных конструкций из сборного железобетона, включая цельносекционную обделку, позво-

лила перейти к индустриальному способу постройки тоннелей открытым способом и обеспечила большую экономию чугуна при сооружении тоннелей закрытым способом. Внедрены более экономичные и менее трудоемкие конструкции колонной и пилонной станций глубокого заложения и крупноразмерные армоцементные и алюминиевые водозащитные зонты эскалаторных тоннелей. Проведена исключительно важная работа по разработке и внедрению тоннельных конструкций для применения в зонах просадочных грунтов и высокой сейсмичности. Уменьшены с целью снижения объемов и стоимости строительства внутренние диаметры станционных, эскалаторных и перегонных тоннелей.

Разработаны технология сооружения тоннелей механизированными щитами и щитами с горизонтальными площадками, позволившая сократить трудоемкость работ и повысить скорости проходки; технология и проходческое оборудование для сооружения тоннелей с монолитно-прессованной бетонной обделкой, которые обеспечили большую экономию металла, снижение стоимости основных работ и значительное уменьшение трудовых затрат; комбинированный способ производства специальных работ в сложных инженерно-геологических условиях с применением искусственного водопонижения и контурного замораживания грунтов, позволяющий в ряде случаев исключить проходку под сжатым воздухом.

Новые разработки внедряются благодаря творческому содружеству со строителями. Без него вряд ли можно было бы решить сложнейшие задачи. Конечно, нелегко и не всегда удается найти оптимальные решения по всем направлениям строительства такого многогранного комплекса, как метрополитен. Согласованные усилия ученых, проектировщиков и строителей помогают завоевывать и удерживать передовые рубежи технического прогресса в отечественном метростроении.

● **ОБДЕЛКА —
ПОСТОЯННО
РАЗВИВАЮЩАЯСЯ
КОНСТРУКЦИЯ
ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ**



И. Л. ЖУКОВ,
инженер

А. И. СЕМЕНОВ,
инженер, лауреат Государственной
премии СССР

Подземные сооружения первой очереди Московского метрополитена возводились, как правило, из монолитного бетона и железобетона. Применялся в основном ручной труд, к строительству было привлечено огромное количество рабочих.

Успехи советской металлургии, укрепление базы машиностроения привели к решению о применении чугунных тюбингов для обделок сооружений подземных магистралей в Москве. С 1935 г., на строительстве линий второй и третьей очередей метрополитена, такие тюбинги широко применялись для обделки станций и перегонных и эскалаторных тоннелей глубокого заложения. Тюбинговая чугунная обделка позволила резко сократить ручной труд, количество лесоматериалов и решить одну из наиболее сложных задач — задачу гидроизоляции тоннельной обделки. Все эти преимущества и обусловили тот факт, что вплоть до 1953 г. техника строительства

подземных сооружений ориентировалась на тоннельные обделки из чугунных тюбингов.

С 1954 г. начало бурно развиваться производство сборных железобетонных конструкций и деталей для строительства. Это позволило экономить металл, обеспечило повышение производительности труда и темпов строительства. В развитии несущих конструкций метрополитена началось новое направление — совершенствование и широкое внедрение сборных железобетонных обделок тоннелей. Однако полностью заменить чугунные конструкции сборными железобетонными оказалось невозможно, особенно в гидрогеологических условиях Москвы. По деформативности, точности и скорости сборки, а главное, по водонепроницаемости при гидростатическом давлении до 3,5 ати железобетонная обделка в ряде случаев уступала чугунной.

При проектировании и строительстве подземных сооружений Московского метрополитена постоянно совершенствуются конструкции как чугунной, так и сборной и монолитной железобетонной тоннельной обделки.

Обделка из чугунных тюбингов применяется при закрытом способе работ, в сложных гидрогеологических условиях, при наличии грунтовых вод с напором более 1 ати. Каждый тюбинг представляет собой коробку, открытую внутрь тоннеля. Цилиндрическая оболочка обрабатывается спинкой (дном), окаймленной с четырех сторон бортами (фланцами) с отверстиями для болтов; между бортами располагаются внутренние усиливающие ребра. Тюбинги в кольцах и кольца скрепляются между собой болтами с асбобитумными или полиэтиленовыми шайбами. Зазор между контуром выработки и наружной поверхностью обделки заполняется цементно-песчаным раствором с таким расчетом, чтобы сборная чугунная обделка после монтажа была плотно обжата грунтовой средой и работала при воздействии нагрузок совместно с окружающей породой.

В настоящее время на тюбинги чугунных обделок последних, усовершенствованных, конструкций разрабатывается государственный стандарт, в котором излагаются размеры, формы и характеристики тюбингов, обоснованные многолетней практикой их изготовления, строительства и эксплуатации. Для удобства и удешевления производства строительных работ в нижней части обделки устанавливаются тюбинги чугунно-железобетонной ком-

бинированной конструкции, с плоским очертанием с внутренней стороны.

Тюбинги с плоской лотковой частью составлены из железобетонного несущего основания и внутренней чугунной противофльтрационной плиты, прочно соединенной с железобетонной частью. Применяя соответствующие прокладки, можно составлять из обычных тюбингов обделку различных сечений — овалных и комбинированных — для таких притоннельных сооружений, как вентиляционные сбойки, насосные и вентиляционные установки, камеры съездов и др.

В целях унификации чугунной обделки перегонных тоннелей закрытого способа работ разработан и утвержден рабочий проект такой обделки с наружным диаметром 5,5 м и внутренним 5,1 м. Кольцо имеет по окружности 32 болтовых отверстия и может собираться с плоским лотком и без него. Для уменьшения количества чугуна, требуемого для сооружения обделки перегонных тоннелей, создан рабочий проект тюбинговой обделки из высокопрочного чугуна, предусматривающий взаимозаменяемость колец обделки из серого и высокопрочного чугуна. Масса тюбингов кольца из высокопрочного чугуна — 3,639 т, что дает экономию на 1 пог. м тоннеля 1,259 т, или 34,6% чугуна.

В опытном порядке 14 колец тюбингов из высокопрочного чугуна уложены в тоннелях Калининского радиуса Московского метрополитена. Результаты опытной эксплуатации удовлетворительные. Усовершенствована конструкция обделки и эскалаторных тоннелей. В настоящее время обделка наклонного тоннеля для трех эскалаторов собирается из колец шириной 1 м с наружным диаметром 7,5 м и внутренним 7 м. Требуемое на 1 пог. м тоннеля количество чугуна составляет 12,175 т, в то время как в применяемой ранее обделке оно достигало 17,25 т. Получена экономия 5,07 т, или 29%, чугуна на 1 пог. м тоннеля.

Станции глубокого заложения в гидрогеологических условиях, когда напор грунтовых вод достигает 1—3,5 ати, сооружают из чугунных тюбингов.

Если в станциях пилонного типа тоннельные обделки отделены одна от другой грунтовыми промежутками и объединены в общую пространственную систему проходами, то в колонных станциях обделки боковых и среднего тоннелей сближены так, что образуют единую замк-

нутую трехсводчатую конструкцию, разделенную двумя рядами колонн.

До 1970 г. на Московском метрополитене было построено пять колонных станций — «Маяковская», «Семеновская», «Курская»-кольцевая, «Комсомольская»-кольцевая и «Павелецкая»-радиальная. Их конструктивное решение основано на использовании чугунных обделок станционных тоннелей диаметром 9,5 м и частично (станция «Комсомольская»-кольцевая) 11,5 м. Пролеты между колоннами в продольном направлении для поддержания боковых и среднего сводов перекрыты либо стальными конструкциями (прогонами, балками), либо арочными перемычками, составленными из фасонных чугунных тубингов. Такие конструкции отличаются большой трудоемкостью — после проходки и монтажа тоннельных обделок необходимо вести специальные работы по монтажу стальных поддерживающих конструкций.

Стремление проектировщиков и строителей удешевить сооружение станций, уменьшить их металлоемкость без ущерба для эксплуатационных качеств привело к созданию более прогрессивных конструкций колонных станций. За последнее десятилетие в Москве построено шесть колонных станций более совершенных конструкций — «Площадь Ногина» (две станции), «Пушкинская», «Кузнецкий мост», «Марксистская» и «Авиамоторная». Конструкции обделок этих станций выгодно отличаются от ранее построенных, в частности, тем, что распорными поддерживающими стальными элементами служат только однотипные колонны с опорными площадками для опирания боковых и среднего сводов. Башмаки и опорные балки полностью исключены, а прогоны заменены типовыми перемычками из фасонных чугунных тубингов. Цикл работ по монтажу металлоконструкций после проходки тоннелей исключен полностью.

С целью уменьшения расходов чугуна в нижних лотковых частях станционных тоннелей пилонных и колонных станций вместо чугунных тубингов применяются чугунно-железобетонные блоки с чугунными гидроизолирующими плитами, заанкеренными в железобетонную часть блока, являющуюся основной несущей конструкцией.

Однако даже при использовании самых усовершенствованных конструкций обделки перегонных тоннелей расход высокопрочного чугуна на 1 пог. м тоннеля состав-

ляет 3,415 т, а серого чугуна — 4,611 т, или 10 тыс. т на 1 км трассы. На сооружение линии метрополитена длиной 10 км с восьмью станциями потребуется около 160 тыс. т чугуна.

Естественно, что перед метростроителями стояла задача максимального сокращения расхода чугуна на тоннельные обделки путем замены его более рациональными в экономическом и техническом отношении материалами. Такими материалами неоспоримо являются бетон и железобетон, особенно при современном развитии механизированной технологии их изготовления, включая производство высокомарочных цементов.

Для оценки возможности замены чугунной обделки железобетонной было опробовано и внедрено много типов конструкций обделки из сборного железобетона с расчеканкой швов расширяющимся водонепроницаемым цементом. На линии Рижского радиуса Московского метрополитена и на соединительной ветке Фрунзенского радиуса с кольцевой линией применена десятиблочная обделка из одинаковых блоков прямоугольного сплошного сечения без замкового и смежных блоков. Внутренний диаметр обделки 5,6 м, наружный — 6,1 м. Расход бетона составил 4,6 м³/пог. м, расход металла — около 740 кг/пог. м.

На втором участке Фрунзенского радиуса на длине около 3,6 км смонтирована сборная ребристая усиленная обделка из десяти блоков в кольце шириной 1 м при высоте ребер 45 см. Расход бетона — 6,42 м³/пог. м, расход металла на арматуру и крепления — 610 кг/пог. м. На Калужском радиусе внедрена ребристая железобетонная обделка из восьми блоков. Лотковый и замковый блоки — сплошного сечения, соединения колец предусмотрены на болтах.

К настоящему времени все разнообразие конструкций сборной обделки приведено к единой унифицированной обделке из блоков ребристого и сплошного сечения, с цилиндрическими стыками в продольных швах, с плоским блоком в лотке и двояковогнутым замковым блоком. Всего в кольце восемь блоков — шесть обычных, один лотковый и один замковый, разделенный по длине на три части. Внутренний диаметр кольца — 5,1 м, наружный — 5,5 м. Блоки сплошного сечения и ребристые взаимозаменяемые. Обделка признана оптимальной и экономичной. Расход бетона и арматуры на 1 пог. м обделки из

ребристых блоков и обделки из блоков сплошного сечения составляет соответственно 3,29 м³ и 230,3 кг, 3,46 м³ и 227 кг.

Для повышения трещиностойкости, а следовательно, и водонепроницаемости сборной железобетонной обделки, для исключения необходимости нагнетания раствора в заобделочное пространство, а также для предотвращения осадок поверхности при щитовой проходке тоннелей осуществляют обжатие обделки в породе. С этой целью у горизонтального диаметра и в лотковом блоке размещают специальные домкраты. Такой технологический прием, как обжатие обделки в породе, позволяет уменьшить процент армирования в 3 раза или даже полностью исключить арматуру. Однако поскольку в обжатой обделке оставлены унифицированные блоки длиной более 2 м, то арматура, необходимая по условиям монтажа, складирования и транспортирования, оставлена без изменения.

Для повышения водонепроницаемости железобетонных блоков тоннельной обделки был опробован целый ряд методов. Наилучшие результаты получены при испытаниях на стенде железобетонной обделки из блоков, изготовленных СМУ-7 Мосметростроя. В теле блока по его толщине размещены металлические экраны с приваренными к ним соосно арматурными шпильками для сохранения целостности блока. Из таких блоков собраны три кольца обделки, установленные на перегоне между станциями «Пушкинская» и «Баррикадная» Ждановско-Краснопресненской линии Московского метрополитена. Наряду с широким применением обделок из сборного железобетона постепенно увеличивается применение бетонной монолитно-прессованной обделки.

Усилия ученых и конструкторов направлены на снижение деформативности обделки и уменьшение трудоемкости ее монтажа. В опытном порядке Мосметрострой совместно с Метрогипротрансом и ЦНИИС изучают конструкцию унифицированной обделки из блоков сплошного сечения с угловыми и коробчатыми связями растяжения между блоками. С той же целью изготовлены блоки с коробчатыми болтовыми связями, установленными по углам каждого блока. Металлические коробки устанавливаются с анкерами при бетонировании блоков. С двух сторон каждая коробка приваренными анкерами скрепляется с телом блока, ограничивает наружный угол бло-

ка и служит для связи блоков в кольце и колец между собою.

Если рассматривать конструкции железобетонных обделок перегонных тоннелей открытого способа работ, то можно отметить, что они изменились наиболее существенно. Достаточно вспомнить, что расход монолитного бетона и железобетона на 1 пог. м однопутного тоннеля первой очереди строительства Московского метрополитена составлял около 10 м^3 при ручной укладке бетона в деревянную опалубку и при наклейке вручную рулонной клеющей гидроизоляции.

На участке открытого способа Фрунзенского радиуса, где тоннели построены с обделкой сборно-монолитной железобетонной конструкции (лоток и стены монолитные, перекрытие сборное), на 1 пог. м тоннеля требовалось $7,73 \text{ м}^3$ железобетона и бетона. На Калужском радиусе обделка перегонных тоннелей выполнена полностью из сборного железобетона, при этом на 1 пог. м однопутного тоннеля затрачено $4,6 \text{ м}^3$ железобетона, а на 1 пог. м двухпутного — $7,6 \text{ м}^3$. В конструкции обделки однопутного тоннеля — три типа блоков, двухпутного — пять.

Геометрические размеры блоков для разных глубин заложения остаются неизменными, разница в величинах воспринимаемых нагрузок решается разной степенью армирования. Из блоков сборных тоннельных обделок в настоящее время выполняются обделки всех притоннельных сооружений с применением на сопряжениях небольшого количества монолитного железобетона. На опытном участке тоннеля проходит испытания обделка из целых замкнутых секций полной заводской готовности при объеме железобетона $3,8 \text{ м}^3/1 \text{ пог. м}$. Работы по монтажу и гидроизоляции полностью механизированы.

За последние 20 лет значительным усовершенствованиям подверглись конструкции станций открытого способа работ. Из монолитного железобетона сооружены три односводчатые («Сходненская», «Бабушкинская» и «Перово») и одна колонная станции («Ленинский проспект») Московского метрополитена. В стадии строительства находится пять односводчатых станций. Большая часть станций все же колонного типа с обделкой из сборного железобетона. Односводчатые станции из монолитного железобетона марки «300» строятся индустриальными методами, с подвижной опалубкой, со сборным

арматурным каркасом заводского изготовления. На сводчатой части опалубки укрепляются выступающие детали для получения на внутренней поверхности станционного свода архитектурного рельефа.

Первые колонные станции, сооружаемые в открытых котлованах из сборного железобетона, начали строить на Калужском радиусе и на продлении Покровско-Арбатской линии Московского метрополитена. Шаг колонн в продольном направлении был принят равным 4 м, ширина платформы составила 10 м. Лотковая часть выполняется из монолитного железобетона. Все пристанционные сооружения, вестибюли, внутренние стены, перекрытия, лестницы выполняют сборными из железобетонных элементов заводского изготовления.

На первых стадиях проектирования и строительства колонных станций из сборного железобетона наряду с их значительными преимуществами были выявлены и недостатки: большое количество типоразмеров железобетонных элементов, немалый вес монтажных элементов при их количестве на станцию около 3700, излишняя частота колонн и однообразное объемно-конструктивное решение, что ограничивало возможности архитектурного оформления станций.

В дальнейшем, по мере накопления опыта проектирования и строительства, сборная конструкция колонной станции была значительно переработана и улучшена в строительном и эксплуатационном отношениях. В частности, продольный шаг колонн в зависимости от величины постоянной нагрузки принят равным 4,5 м, 6 и 7,5 м. Массы и геометрические размеры элементов значительно увеличены, а их количество на платформенную часть станции с двумя вестибюлями уменьшено до 2300.

Всего к настоящему времени московским Метростроем сооружено из сборного железобетона 36 колонных станций. Семь станций находятся в стадии строительства. На станциях, возведенных в последние годы, применена гидроизоляция из нового материала гидростеклоизола, который обеспечивает более индустриальный способ нанесения (путем оплавления газопламенной горелкой) битумного слоя, находящегося на рулонном материале. Такой же тип гидроизоляции используется на односводчатых станциях из монолитного железобетона.

Выдающимся достижением метростроителей Москвы стало осуществление смелого проектного решения — при-

мыкания новых, строящихся тоннелей с чугунной обделкой к действующим перегонным тоннелям метрополитена без перерыва движения поездов (перегон станция «Площадь Революции» — станция «Арбатская»). Вначале рядом с действующими тоннелями были пройдены штольни. В них установили железобетонные опоры объемлющих сводов. Затем были пройдены выработки и возведена тубинговая обделка над обделкой тоннелей, в которых не прерывалось движение поездов. Когда объемлющая обделка была готова, в ней смонтировали дублирующие коммуникации внутритоннельных устройств. После переключения существующих кабелей и сигнальных устройств тубинги старой обделки действующего тоннеля разобрали.

Еще более сложные, требующие большого искусства горнопроходческие приемы впервые в отечественном метростроении были использованы при сооружении станции «Горьковская» на действующих перегонных тоннелях между станциями «Площадь Свердлова» и «Маяковская». Первоначально между перегонными тоннелями прошли средний станционный тоннель диаметром 9,5 м с чугунной обделкой с проемами сверху, перекрытыми временными тубингами. Затем с каждой стороны перегонных тоннелей последовательно прошли продольные штольни, в которых бетонировали опоры объемлющих сводов боковых станционных тоннелей с обделкой из чугунных тубингов, при наружном диаметре колец 9,5 м. Станция была сооружена досрочно, без перерыва движения и без строительных осложнений, при отличном качестве.

● **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ
СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
КОНСТРУКЦИЙ**



В. Г. ГОЛУБОВ,
кандидат технических наук,
лауреат премии Совета
Министров СССР

Г. В. МАТВЕЕВ,
инженер

За годы своей истории советское метростроение обогатилось огромным опытом конструктивных решений и методов проходки тоннелей. Выработались собственные традиции и в области технологии изготовления сборных железобетонных конструкций для подземных сооружений.

По принципу использования, а следовательно, по технологии изготовления сборный железобетон для метро можно разделить на два типа: конструкции закрытого способа работ и конструкции открытого способа работ. Железобетонные конструкции закрытого способа работ характеризуются круговым очертанием сечений. Конструкции и геометрические размеры элементов отделки зависят от технологии горнопроходческих работ и от применяемого оборудования.

Жесткие требования к постоянному креплению подземных выработок: точность размеров, прочность, трещиностойкость, водонепроницаемость, долговечность —

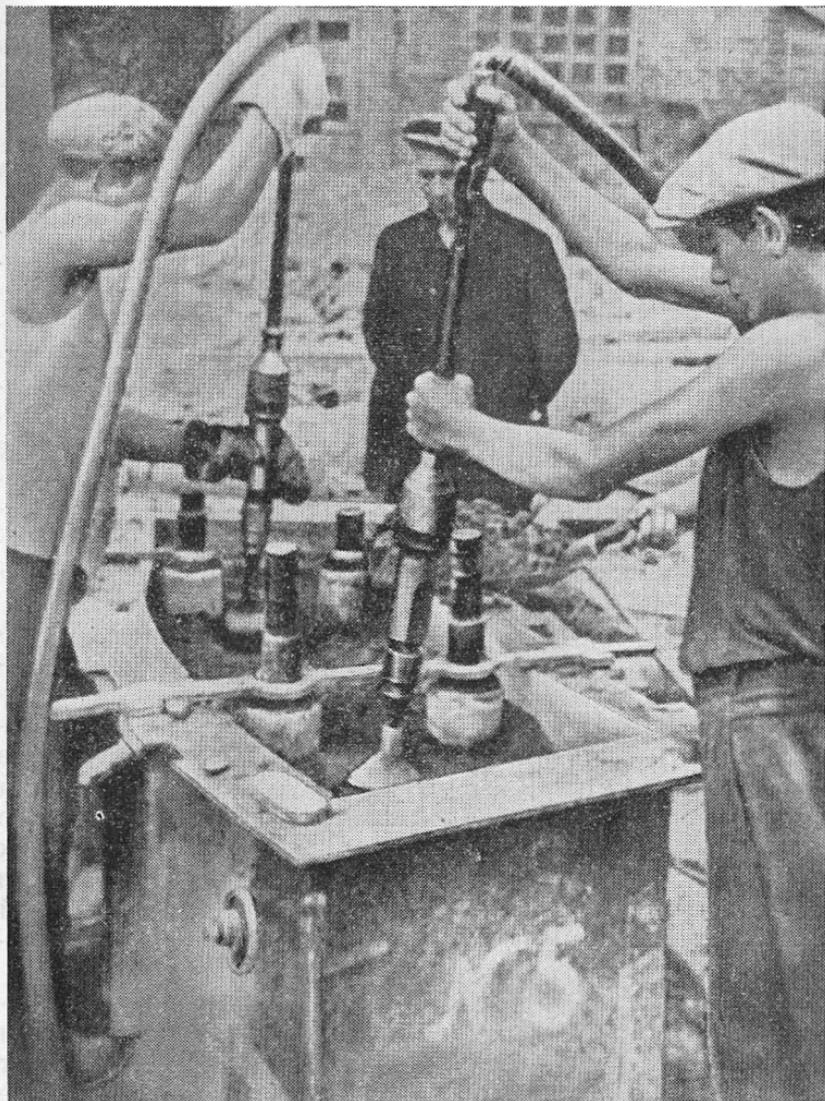
обусловили применение чугунных тубингов в качестве основного типа обделки. Создание равноценной обделки из сборного железобетона являлось сложной технической задачей, причем основные трудности были связаны с технологией заводского изготовления сборных элементов.

Впервые сборные железобетонные блоки для обделки тоннелей закрытого способа работ было решено применить в 1934—1937 гг. при строительстве первой очереди Московского метрополитена. Блоки изготавливали на заводе Мосметростроя в деревянных и металлических разборных формах в положении «на ребро». Все технологические операции выполнялись вручную. Технический уровень изготовления этих конструкций мало отличался от технического уровня работ по возведению обделки из монолитного железобетона.

В 1955—1956 гг. перед метростроевцами страны была поставлена задача резко сократить расход металла путем замены чугунной обделки сборной железобетонной. Это время можно считать периодом рождения индустрии сборного железобетона в отечественном метростроении. Сложность поставленной задачи состояла в необходимости в сжатые сроки не только отработать конструктивные решения сборных элементов, но и запроектировать и изготовить оборудование, обеспечивающее массовое производство блоков, построить производственные здания и сооружения. С этой задачей успешно справились московские, ленинградские, а затем и киевские метростроевцы.

Несмотря на конструктивные различия блоков, обусловленные инженерно-геологическими условиями строительства в Москве и в Ленинграде, основные технологические процессы тут и там решались одинаково. Процесс изготовления полностью сварных пространственных арматурных каркасов был расчленен на простейшие операции, которые выполнялись специализированными звеньями на определенных станках в строго установленном порядке. Блоки формовались из жесткой бетонной смеси в неразъемных сварных металлических формах, с немедленной распалубкой. Такая технология позволяла при небольших затратах на оснастку, в первую очередь на формы, в короткий срок наладить массовый выпуск блоков.

Изготовление блоков осуществлялось по поточно-агрегатной технологии, включающей следующие этапы.



Ручная формовка блоков для тоннелей первой очереди Московского метрополитена

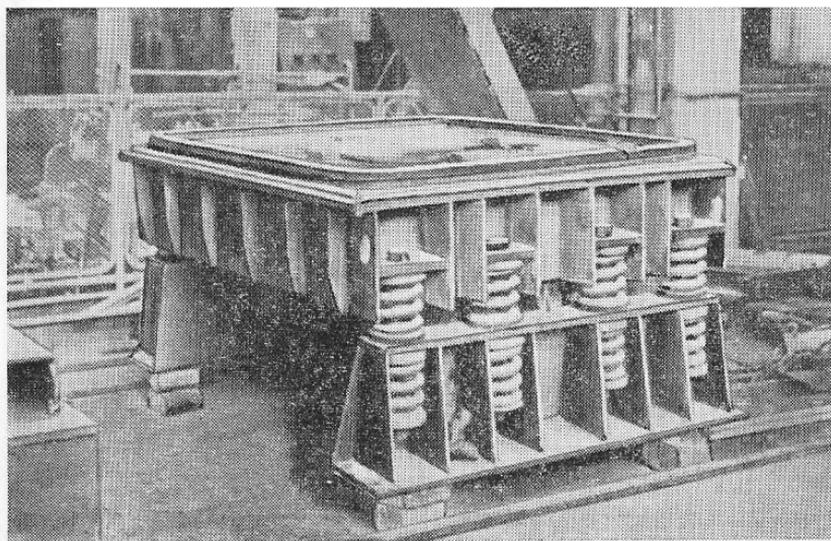
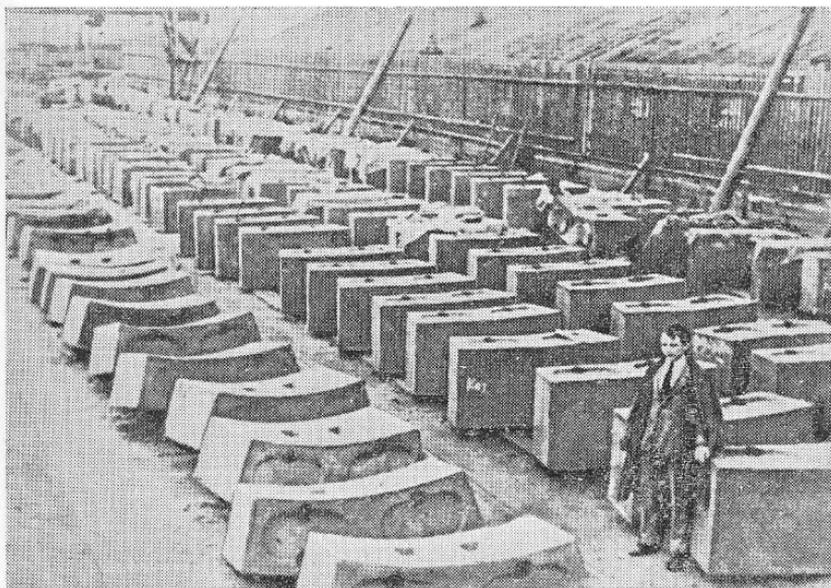
Бетонная смесь загружалась в очищенную и смазанную форму с установленным в ней арматурным каркасом, которая краном подавалась на вибростол. Далее укладывался пригруз и производилось виброуплотнение бетон-

ной смеси. По окончании вибрирования пригруз снимали, на его место устанавливали поддон, прикрепляя его к форме. Последнюю при помощи крана поворачивали на 180° , транспортировали на место выдержки блоков и освобождали от блока, который оставался на поддоне до достижения прочности 150 кгс/см^2 , а затем снимался с поддона и помещался в пропарочную камеру.

Проектная прочность бетона 600 кгс/см^2 , применяемого для тонкостенных тубингов Ленметростроя, достигалась применением сверхжесткой бетонной смеси, интенсивного ее виброуплотнения и шестисуточного твердения в камере влажностного вызревания при температуре $20\text{—}25^\circ\text{C}$ с орошением водой. Инженерно-геологические условия строительства Ленинградского метрополитена позволили широко использовать тонкостенные железобетонные тубинги и совершенствовать технологические процессы их изготовления с немедленной распалубкой. Эта технология до настоящего времени с успехом применяется на заводе железобетонных конструкций и деталей Ленметростроя.

Технология изготовления блоков с немедленной распалубкой, освоенная Черкизовским заводом железобетонных конструкций Мосметростроя, позволила соорудить железобетонную обделку на многих участках Калужского, Фрунзенского и Ждановского радиусов Московского метрополитена. Однако опыт использования сборной железобетонной обделки на линиях московского метро показал, что в сложных инженерно-геологических условиях Москвы, при наличии обводненных грунтов железобетонные элементы, изготовленные с немедленной распалубкой, не отвечают требованиям водонепроницаемости.

Разработанная в конце 50-х гг. унифицированная сборная железобетонная обделка из блоков сплошного и ребристого сечения с цилиндрическими стыками имеет несущую способность, обеспечивающую возможность ее применения практически в любых условиях строительства перегонных тоннелей. В настоящее время она с успехом используется на строительстве всех метрополитенов страны. Работы по совершенствованию технологии изготовления этой обделки, повышению плотности и водонепроницаемости блоков проводились ЦНИИС, Мосметростроем, проектно-конструкторским бюро Главстроймеханизации. Отказ от технологии немедленной распа-



Блоки обделки тоннелей первой очереди Московского метрополитена

Современная ударно-вакуумная виброплощадка для формовки железобетонных тубингов

лубки блоков после формирования и переход на тепло-влажностную обработку (твердение) в формах позволил добиться более высоких качественных показателей.

Особенно большое развитие научно-исследовательские и опытные работы получили после ввода в эксплуатацию Очаковского завода железобетонных конструкций Мосметростроя, являющегося головным предприятием отрасли, на котором отрабатываются новые образцы оснастки и оборудования для выпуска сборного железобетона. Значительные изменения были внесены в конструкции форм. Созданы их модификации: одноместная с раздвижными и откидными бортами, двухместная неразъемная, двухместная с откидными наружными и съемными средними бортами, многоместная кассетная. Двухместная металлическая полуразъемная форма для изготовления железобетонных блоков обделки тоннеля кругового очертания имеет жесткие торцовые борта и два продольных, откидывающихся на 15° , а также съемную перегородку. Опорная часть формы выполнена из листа с плоской ровной поверхностью, позволяющей применять вакуумное крепление к виброплощадке. По сравнению с одноместной рассматриваемая форма обеспечивает снижение трудозатрат на 25—30% при формовании и распалубке изделий.

Для вибрационного уплотнения бетона в двухместных формах созданы виброплощадки УВ-10, УВ-20 (ударные грузоподъемностью 10—20 т) с вакуумным креплением форм. Эти виброплощадки, разработанные отделением тоннелей и метрополитенов ЦНИИС совместно с Очаковским заводом железобетонных конструкций, выполнены в виде сварной рамы с вибровозбудителем, установленной на пружинных опорах. Верх рамы образован стальным листом, на котором смонтированы герметизирующее резиновое уплотнение в обойме и ударник. Благодаря уплотнению дно формы вместе с верхом рамы образует герметичную камеру, сообщающуюся с вакуумным баком, подключаемым к вакуум-насосу.

При создании в камере разрежения форма во время вибрации удерживается на раме виброплощадки и может быть прижата к ударнику. Конструкция виброплощадки позволяет регулировать параметры вибрации. Благодаря повышенной интенсивности уплотнения и увеличению жесткости бетонной смеси расход цемента сни-

зился на 10%. Простота и надежность конструкции обеспечивают минимальные эксплуатационные затраты. Уровень шума при работе виброплощадки — в пределах санитарных норм. Харьковские метростроевцы разработали вертикальную кассетную форму, обеспечивающую одновременное изготовление семи блоков.

Одной из наиболее сложных технологических операций при изготовлении блоков является расформовка. Вследствие сложной конфигурации элементов и малых уклонов рабочих бортов форм сила сцепления изделий с формой часто превышает величину ее массы, а отсутствие монтажных петель еще больше осложняет задачу.

В результате совершенствования распалубочных устройств кантовочно-распалубочные машины с гидравлическими выталкивателями, вакуумные и клещевые захваты были заменены расформовочными устройствами с гидравлическими усилителями. Такое устройство представляет собой объемную металлическую траверсу с фрикционным захватом изделия. Оно оборудовано гидравлическим приводом с рабочим гидроцилиндром, шток которого заканчивается подъемной серьгой крана, а рабочая полость соединена с полостями исполнительных отжимных гидроцилиндров.

Штоки исполнительных гидроцилиндров опираются на форму и оснащены возвратными пружинами, предотвращающими подъем траверсы до включения в работу фрикционного захвата. После установки расформовщика опоры его рычагов захватывают изделие, а штоки исполнительных гидроцилиндров, преодолевая сопротивление возвратных пружин, дают на форму, отрывая от нее расформовщик с изделием.

Выбором соотношения объемов рабочего и исполнительных цилиндров можно получить практически любое значение расформовывающего усилия при заданной величине нагрузки на крюк крана. Аналогичный захват-распалубщик разработан также для двухместных форм. Он обеспечивает одновременную распалубку и транспортировку двух блоков, снятие и установку среднего борта.

Особенности технологических процессов организации и механизации производства работ при изготовлении сборных железобетонных обделок тоннелей метрополитенов, сооружаемых открытым способом, непосредственно зависят от конструктивных решений таких обделок,

а также определяются возможностями индустриальной базы для их изготовления.

В 1956 г. на Черкизовском заводе железобетонных конструкций Мосметростроя были изготовлены сборные железобетонные перекрытия, которые впервые в практике отечественного метростроения установили на монолитные стены однопутных тоннелей и камеры съездов Фрунзенского радиуса Московского метрополитена. С 1958 г. начался серийный выпуск сборной железобетонной обделки для двухпутных перегонных тоннелей. С тех пор заводами освоено более шести серий таких конструкций, с сохранением вида членения на отдельные элементы заводского изготовления (восемь элементов в поперечном сечении), изменением в них лишь марок бетона и типов арматуры в зависимости от действующих нагрузок.

Железобетонные элементы изготавливаются по поточно-агрегатной технологии в металлических формах с откидными бортами. Технологические операции производятся в такой последовательности: форма с изделием после тепловой обработки подается на пост формования, где производится распалубка изделия, затем форму очищают, смазывают и устанавливают в нее арматурные каркасы (сетки), которые частично свариваются на месте, далее борта закрывают и стягивают до проектных размеров. Бетонную смесь укладывают в форму с помощью бункера с челюстным затвором и уплотняют на вибростоле. После бетонирования форму переносят краном в пропарочную камеру для тепловлажностной обработки.

Аналогична технология изготовления сборных железобетонных конструкций колонных станций, сооружаемых открытым способом. Снижение трудоемкости и рост производительности труда при изготовлении этих конструкций достигнуты за счет совершенствования технологических процессов формования, бетонирования, вспомогательных работ, механизации отдельных операций (применение гибочных станков, многоточечных аппаратов контактной сварки, смазки форм и т. п.), использования новых мостовых кранов с улучшенными параметрами, ускорения оборачиваемости форм.

Дальнейшая индустриализация строительства сдерживалась вследствие того, что масса сборных элементов была ограничена величиной 8—10 т. Перспективы пере-

хода на крупногабаритные конструкции массой до 20 т появились после пуска Очаковского завода железобетонных конструкций Мосметростроя, два формовочных пролета которого оснащены 30-тонными кранами и предназначены для выпуска железобетонных обделок перегонных тоннелей и станций, сооружаемых открытым способом.

На рубеже 70-х гг. совершенствование заводской технологии изготовления сборного железобетона позволило разработать и внедрить целый ряд новых, прогрессивных конструкций для открытого способа работ, в том числе цельносекционную обделку перегонных тоннелей. Несмотря на то что опытная эксплуатация такой обделки на участках перегонных тоннелей в Москве на Фрунзенском (1958) и Ждановском (1964) радиусах показала ее высокую эффективность, сложность массового изготовления секций была настолько велика, что этот технический барьер стал причиной временного прекращения работ по внедрению цельносекционной обделки в практику строительства.

В результате большого объема исследований и опытных работ отделение тоннелей и метрополитенов ЦНИИС в содружестве с проектно-конструкторским бюро Главстроймеханизации и Очаковским заводом железобетонных конструкций создало принципиально новое оборудование для изготовления секций. Качественно новым этапом явилась разработка виброплощадки ВКТС-40 грузоподъемностью 40 т.

Используя новый подход к формированию крупногабаритных тонкостенных железобетонных элементов, удалось создать виброустановку, технико-экономические показатели которой оказались выше, чем у аналогичного современного оборудования. Преимуществами виброустановки являются возможность получать интенсивную объемную вибрацию по всему контуру формируемого элемента, отсутствие необходимости в специальном фундаменте, малая энергоемкость, высокая конструктивная и технологическая надежность. Достаточно отметить, что чистое время виброуплотнения секции объемом 6,7 м³ составляет 2—3 мин. Бетон отформованных секций имеет высокие физико-механические характеристики по однородности, прочности, водонепроницаемости и т. п. Общий цикл формирования секции длиной 1,5 м составляет 30—40 мин вместо 2—3 ч, требовавшихся на изготовление

секции длиной 1 м для Ждановского радиуса. В 3 раза снизились трудозатраты.

Виброплощадка ВКТС-40 стала основой создания технологических линий, для которых разработаны новые металлические формы, грузозахватные приспособления, кондукторы для сборки пространственных арматурных каркасов и другая оснастка. Мощность специализированного технологического комплекса Очаковского завода железобетонных конструкций по выпуску цельносекционной обделки — более 1000 секций в год.

Используя новые возможности индустриальной базы метростроения, Метрогипротранс разработал для перегонных тоннелей, станций, пристанционных и притоннельных сооружений открытого способа работ новые, высокоэффективные типовые конструкции из элементов массой до 20 т, в том числе из объемных цельносекционных элементов. Освоение выпуска этих конструкций означает качественно новый этап в строительстве метрополитенов открытым способом.

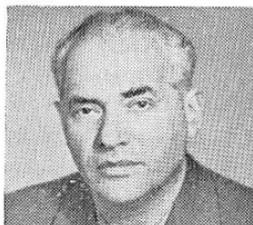
Заводы железобетонных конструкций московского Метростроя постоянно повышают качество и уровень заводской готовности сборного железобетона. Большие объемы научно-исследовательских и опытно-экспериментальных работ предшествовали изготовлению обделки из фибробетона (опытные конструкции установлены на Серпуховском радиусе Московского метрополитена). Идут поиски оптимальных конструктивных решений трещиностойких обделок со связями закрытого способа работ. Ведутся исследования с целью повышения водонепроницаемости сборных элементов.

Для обделок станций и перегонных тоннелей глубокого заложения Очаковским и Черкизовским заводами железобетонных конструкций освоен серийный выпуск лотковых и предлотковых железобетонных блоков с металлоизоляцией. Выпуск этих блоков дает значительное снижение расхода дефицитных материалов (стали, чугуна) при сооружении тоннелей и станций в сложных гидрогеологических условиях. Для повышения уровня заводской готовности цельносекционных обделок на Очаковском заводе железобетонных конструкций проводятся работы по выпуску секций с гидроизоляцией и ее защитой. Опытные участки с такими секциями сооружены на Серпуховском и Замоскворецком радиусах Московского метрополитена.

В последние годы совершенствованием технологического оборудования и оснастки заводов железобетонных конструкций занимается конструкторско-технологическое бюро Главтоннельметростроя. Им разрабатываются новые типы виброплощадок, бетоноукладчиков, кантователей, пакетировщиков, оснастка для механизации арматурных работ, металлические формы нового типа с упругими и откидными бортами, пружинящими стенками и гибким поддоном.

Расширение географии строительства отечественных метрополитенов требует существенного увеличения объемов производства сборного железобетона, а следовательно, и строительства новых заводов железобетонных конструкций, на которых должна применяться наиболее прогрессивная технология производства железобетонных блоков и использоваться передовой опыт, накопленный заводами железобетонных конструкций московского Метростроя.

● СООРУЖЕНИЕ ТОННЕЛЕЙ СПОСОБОМ ПРЕСС-БЕТОНА



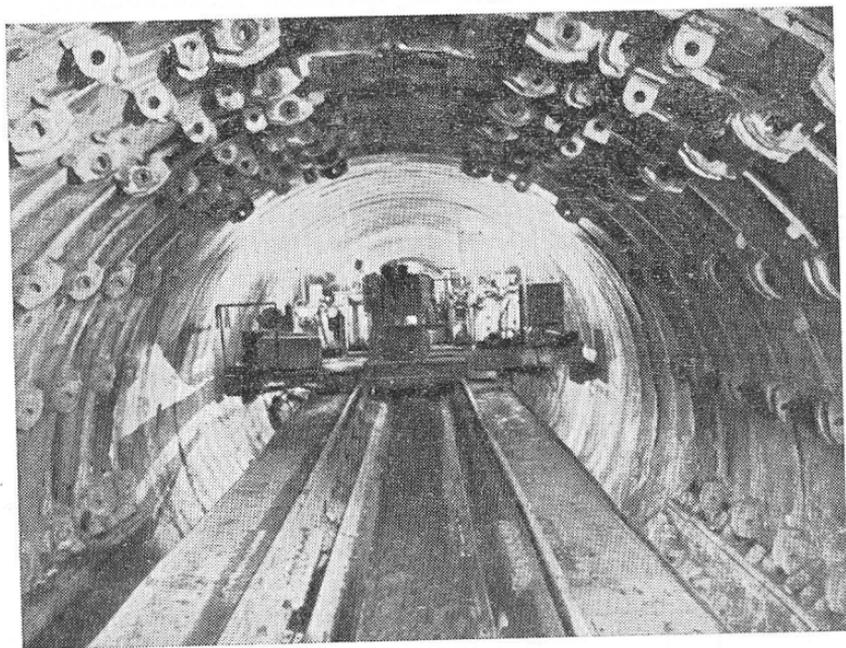
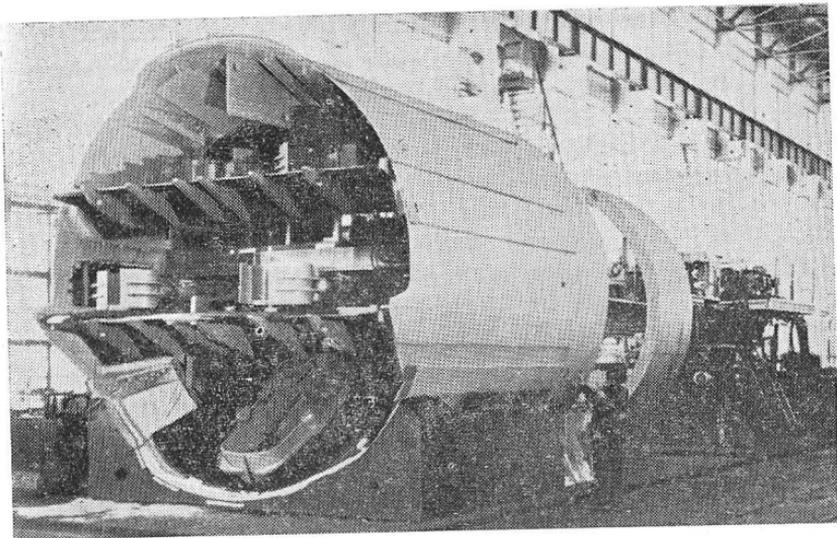
В. А. ХОДОШ,
главный инженер конструкторско-
технологического бюро Главтоннель-
метростроя, кандидат технических
наук, лауреат Государственной
премии СССР



В. А. ИВАНОВ,
главный конструктор проекта,
лауреат Государственной
премии СССР

Щитовая проходка тоннелей метрополитенов часто оказывается единственно возможным способом работ, так как она позволяет вести строительство в течение всего года, без раскрытия поверхности земли, нарушения уличного движения и подземного коммунального хозяйства, в большом диапазоне геологических и гидрогеологических условий.

Многие годы в мировой практике тоннелестроения щитовой способ проходки применялся только в сочетании с устройством сборной обделки тоннеля, т. е. обделки, собираемой под защитой оболочки щита из отдельных элементов — чугунных или железобетонных, изготавливаемых на заводах. После сборки каждого кольца щит обделки продвигается вперед на величину, равную ширине кольца, при помощи гидроцилиндров, упирающихся в торец собранной обделки тоннеля.



Комплекс ТЩБ-7 для сооружения тоннелей способом пресс-бетона
Тоннель в процессе сооружения способом пресс-бетона

Способ щитовой проходки тоннелей с возведением сборной обделки имеет ряд особенностей. Часть строительного процесса переносится на заводы, где изготавливаются элементы обделки. При их монтаже под защитой оболочки щита наружный диаметр обделки оказывается меньше наружного диаметра щита. Образующийся зазор требуется заполнять нагнетанием цементно-песчаного раствора. В песчаных грунтах из-за их подвижности выполнить такое нагнетание, как правило, не удастся, так как пустоты сразу же заполняются осыпавшимся грунтом, а это приводит к осадке поверхности земли непосредственно за щитом.

На некотором расстоянии от забоя в тоннеле ведутся гидроизоляционные работы — контрольное нагнетание за обделку цементного раствора и чеканка швов между ее элементами для создания герметичности. В коллекторных и гидротехнических тоннелях, как правило, приходится сооружать дополнительно внутреннюю железобетонную рубашку. По длине тоннеля образуется несколько самостоятельных производственных участков, последовательная работа которых обеспечивает готовность тоннеля для монтажа постоянных устройств.

В Советском Союзе и за рубежом совершенствование щитового способа проходки тоннелей направлено на устранение дополнительных операций и отдельных участков производства работ. В последние десятилетия внедряется способ щитовой проходки тоннелей со сборной обделкой, обжатой в породу. В этом случае после передвижки щита производится увеличение диаметра обделки до распора ее в грунт с помощью специальных устройств. Ликвидируется зазор между обделкой и окружающей выработкой, т. е. отпадает необходимость в первичном нагнетании цементно-песчаного раствора, снижается величина осадки поверхности земли. Однако этот способ пока широко применяется только в глинистых грунтах при проходке выработки правильного кругового очертания.

Накопление научных идей и практического опыта привело к разработке и внедрению новых технических решений, определяющих дальнейший прогресс в технике тоннелестроения. В Советском Союзе разработана и внедрена в строительство метрополитенов принципиально новая технология сооружения тоннелей — с устройством монолитно-прессованной бетонной обделки (МПБО). Та-

кая обделка формируется сразу за проходческим щитом из свежей бетонной смеси под давлением гидроцилиндров, продвигающих щит вперед.

Предварительно бетонная смесь нагнетается в пространство, с наружной стороны ограниченное оболочкой щита, с внутренней — опалубкой, сзади — готовой тоннельной обделкой, а спереди — штампом — прессующим кольцом. После заполнения этого пространства щит продвигается вперед, упираясь штоками гидроцилиндров через прессующее кольцо в бетонную смесь, которая под давлением прижимается к окружающему тоннельную выработку грунту, заполняя пространство, освобожденное оболочкой щита. Таким образом исключается возможность подвижки грунта за щитом, а значит, и осадки поверхности земли.

Формуется монолитная бесшовная бетонная труба, плотно прижатая к грунту, окружающему тоннель. Наружный диаметр обделки получается больше диаметра щита или равным ему. Коренным образом изменяется процесс возведения тоннельной обделки — исключаются первичное и контрольное нагнетание раствора за обделку, необходимые при устройстве сборной обделки, чеканка швов между ее элементами, возведение внутренней железобетонной рубашки в случае строительства коллекторов и гидротехнических тоннелей. Отпадает также необходимость в организации заводской базы для изготовления элементов сборной обделки, исключаются затраты труда и средств на производство этих элементов, их доставку и монтаж в тоннеле.

В случае использования МПБО все проходческие работы, в отличие от проходки со сборной обделкой, сосредоточиваются вблизи зоны забоя. Проходческий комплекс оставляет за собой тоннель, полностью подготовленный к монтажу постоянных устройств и укладке верхнего строения пути метрополитена. При такой технологии стоимость основных проходческих работ по сравнению с сооружением тоннеля со сборной обделкой щитовым способом снижается на 20—30%, их трудоемкость — на 15—20%, а экономия металла на 1 пог. м тоннеля достигает 200 кг.

Сооружение тоннелей с МПБО позволяет исключить или значительно уменьшить осадку поверхности земли, а это дает возможность предохранить от повреждений городскую застройку вдоль трассы тоннеля без проведения

дополнительных дорогостоящих мероприятий, во многих случаях отказаться от перекладки подземных городских коммуникаций. Иногда этот метод может быть альтернативой строительства тоннелей мелкого заложения открытым способом, применение которого часто приводит к нарушению нормальных условий жизни города.

В практику строительства внедрено два типа проходческих комплексов: для сооружения тоннелей с МПБО в песчано-глинистых грунтах и для проходки в устойчивых грунтах, которые разрабатываются роторными механизированными щитами. В последнем случае при перемещении щита возникают сравнительно небольшие усилия, и для прессования бетонной смеси применяются дополнительные упорные устройства в виде распорных колец, разжимаемых в стены выработки. Проходческие комплексы типа ТЩБ, созданные на основе советских изобретений, позволили впервые в мире осуществить промышленное внедрение технологии сооружения тоннелей с МПБО.

Первым объектом, где успешно применили новую технологию, было строительство в 1964—1965 гг. в Москве коллектора реки Неглинной. Внутренний диаметр обделки составлял 3,5 м, наружный — около 4,1 м. Проходческий комплекс ТЩБ-1 был разработан институтом Метрогипротранс в творческом содружестве с ЦНИИС Министерства транспортного строительства СССР. Создание и внедрение новой технологии потребовало высокой отдачи творческих сил, энергии, а зачастую и определенного инженерного риска от коллектива ученых, конструкторов, строителей.

Путь внедрения был нелегким, так как комплекс испытывался и доводился на трудном участке тоннеля, в условиях, когда решение технологических и конструкторских вопросов часто значительно опережало научные исследования. Все трудности преодолевались непосредственно на месте работ. Настойчивость, целеустремленность, творческий подход к делу строителей, особенно начальника строительства инженера Л. Д. Вергасова, во многом определили успех освоения новой технологии.

На этом объекте были отработаны конструкции пресующего устройства, способы ведения щита, приемы работы, состав и консистенция бетонной смеси, способы ее транспортировки и подачи в заопалубочное пространство.

В 1965 г. строительство коллектора было закончено. Пройдено 540 м тоннелей с МПБО в неустойчивых песках естественной влажности с прослойками супесей и суглинков. Проходка велась в густо застроенной центральной части города. Мероприятия по укреплению зданий, связанные с переселением жителей и переводом учреждений, были отменены.

Опыт, полученный при проходке коллектора, позволил институту Метрогипротранс разработать комплекс для проходки тоннелей метрополитена с МПБО в песчано-глинистых грунтах естественной влажности. Конструктивные решения и состав комплекса были аналогичными принятым и отработанным на коллекторном комплексе, однако необходимо было учесть масштабный фактор: ведь если диаметр обделки коллектора в свету составлял 3,5 м, то тоннель метрополитена имел диаметр 5,2 м.

Испытания проходческого комплекса ТЩБ-5,9, изготовленного Московским механическим заводом Главтоннельметростроя, проводились на строительстве Краснопресненского радиуса Московского метрополитена при проходке правого перегонного тоннеля между станциями «Октябрьское поле» и «Щукинская», в песчаных грунтах естественной влажности с включениями глинистых грунтов и валунов. В процессе этих испытаний были решены сложные технические вопросы, связанные с отработкой технологии возведения МПБО в тоннеле большого диаметра. Сотрудничество конструкторов Метрогипротранса, работников завода-изготовителя и коллектива участка СМУ-8 Мосметростроя, возглавляемого Е. А. Черненко, позволили преодолеть все трудности и успешно завершить в 1971 г. строительство тоннеля длиной 1800 м.

Максимальная достигнутая скорость составила 96 пог. м готового тоннеля за 22 рабочих дня. Полученная обделка имела прочность 400 кгс/см², образцы из выломки обделки были водонепроницаемыми при 2 атм. Трудовые затраты на 1 пог. м тоннеля, включая работы по приготовлению и доставке бетонной смеси, составили 38,8 чел.-ч. Была еще раз подтверждена возможность исключения осадки поверхности земли позади щита.

Первый опыт сооружения тоннеля метрополитена в устойчивых грунтах был получен на строительстве Тбилисского метрополитена при разработке забоя механизированным щитом 105Г. Вначале прессование бетонной

смеси осуществлялось гидроцилиндрами с упором в забой. Позднее институтом Метрогипротранс было спроектировано, а Московским механическим заводом изготовлено новое оборудование — комплекс ТЩБ-105Т, с двумя распорными кольцами, позволяющий возводить в устойчивых грунтах МПБО независимо от разработки забоя.

Комплекс ТЩБ-105Т был внедрен в 1968—1969 гг. при проходке правого перегонного тоннеля между станциями «300 арагвинцев» и «Исани» на криволинейном участке трассы радиусом 500 м. Максимальная скорость проходки достигала 102 пог. м в месяц. Успешно освоить новое оборудование во многом удалось благодаря творческому труду строителей и механизаторов, таких, как, например, механик участка Р. К. Челидзе. Тоннель за проходческим комплексом впервые возводился с плоской лотковой частью.

С 1972 г. проходческим комплексом с одним распорным кольцом ТЩБ-2, спроектированным также институтом Метрогипротранс, в глинистых малоустойчивых породах строился с МПБО участок одного из гидротехнических тоннелей Большого Ставропольского канала. На основе этой же технологической схемы были созданы новые комплексы ТЩБ-3 для сооружения тоннелей Пражского метрополитена на участке линии 1А, проходящем под руслом реки Влтавы. Оборудование было успешно внедрено при техническом содействии советских специалистов. ЧССР стала второй страной, где освоен метод сооружения тоннелей с МПБО.

В 1978 г. на Ясиноватском машиностроительном заводе началось серийное изготовление проходческих комплексов ТЩБ-7, созданных на базе опытного образца ТЩБ-5,9, отработанного на строительстве Московского метрополитена. За два с половиной года заводом было выпущено семь комплексов, что позволило начать широкое внедрение технологии сооружения тоннелей с МПБО на строительстве новых метрополитенов в Минске и Горьком. В Горьком, где работает четыре комплекса, примерно 50% всех перегонных тоннелей строится с МПБО (в Минске, где работает два комплекса, — 25%). На проходке с использованием серийных комплексов в Горьком уже достигнут максимальный темп работ — 134 пог. м в месяц. Тоннели с МПБО продолжают строить и в Москве.

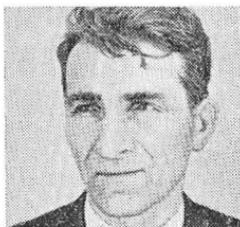
Накопленный в последние годы опыт послужил основой для разработки новой технологии возведения МПБО с повышенной водонепроницаемостью и создания нового проходческого оборудования. Их применение позволит значительно увеличить темп проходки тоннелей. Новые разработки были начаты в Метрогипротрансе и продолжаются конструкторско-технологическим бюро Главтоннельметростроя.

Сущность новых предложений заключается в том, что в проходческий щит как его элемент введена формирующая опалубка, продольная ось которой параллельна оси щита. Опалубка установлена на внутренней опоре, закрепленной в корпусе щита, и имеет возможность передвигаться в продольном направлении при помощи гидроцилиндров. Позади формирующей опалубки передвигаются секции поддерживающей опалубки, а бетонная смесь подается в заопалубочное пространство через отверстие в формирующей опалубке. Такое усовершенствование технологии позволяет еще более повысить качество МПБО и увеличить шаг заходки при возведении обделки с 600 мм до 750 мм.

Комплекс нового поколения ТЩФ-1 заменит комплексы ТЩБ-7. В одиннадцатой пятилетке его начнет серийно выпускать Ясиноватский машиностроительный завод. При работе комплекса будут исключены трудоемкие операции по разборке, перестановке и сборке секций опалубки, которые занимают почти треть времени цикла и требуют затрат ручного труда.

Разработка и внедрение прогрессивного способа сооружения тоннелей с монолитно-прессованной бетонной обделкой являются крупным техническим достижением советских ученых и инженеров.

● **ПРОХОДКА ТОННЕЛЕЙ
В НЕУСТОЙЧИВЫХ
ОБВОДНЕННЫХ ГРУНТАХ
БЕЗ КЕССОНА**



А. А. АБРОСОВ,
Е. А. ВАСИЛЕНКО,
П. С. ИСАЕВ,
инженеры
Г. Н. САЗОНОВ,
кандидат геолого-минералогических наук

Сооружение тоннелей в толще водонасыщенных неустойчивых грунтов, как, например, на переходных участках от глубокого заложения к мелкому или при прохождении трассы под реками и в зонах размывов, связано с необходимостью решения комплекса весьма сложных проблем. В подобных случаях проходка тоннелей возможна лишь при использовании различных специальных мероприятий, обеспечивающих повышение устойчивости грунтов либо путем их осушения (искусственное водопонижение, кессонная проходка), либо за счет изменения их физико-механических свойств (химическое закрепление, искусственное замораживание и т. п.).

В практике отечественного метростроения при сооружении тоннелей в сложных гидрогеологических условиях нередко применяется кессонный способ проходки. Обыч-

но его используют как крайнюю меру на участках, где неосуществимо водопонижение, а плотная городская застройка исключает возможность массового бурения скважин для искусственного замораживания массива грунтов в зоне проходки.

Кессонная проходка широко применялась при строительстве метрополитенов в Москве, Ленинграде, Киеве, Баку, Харькове, а также во многих городах за рубежом. Однако не случайно этот способ проходки рассматривается лишь в последнюю очередь, как наименее приемлемый. Ведь в призабойной зоне приходится создавать избыточное воздушное давление для отжатия воды и осушения грунта, а работа в забое с повышенным давлением неблагоприятно влияет на организм человека. Кессонные работы, особенно при значительном давлении, характеризуются низкой производительностью труда вследствие большой утомляемости работающих в зоне сжатого воздуха, а также из-за неизбежных непроизводительных потерь рабочего времени на шлюзование. Повышенное содержание кислорода в атмосфере кессона создает пожароопасность.

Кессонную проходку начали применять еще на первой очереди строительства Московского метрополитена, в случаях, когда другие способы проходки оказывались неприемлемыми. Кессонный способ был принят строителями для проходки не только шахтных стволов, но и перегонных тоннелей. В частности, на участке между станциями «Комсомольская» — «Красные ворота» кессонная проходка велась в вертикальном (опускание секций тоннеля длиной 25 м) и горизонтальном направлениях. Почти одновременно кессонным способом соорудили переходную камеру на перегоне «Охотный ряд» — «Библиотека имени Ленина» и щитовую камеру на перегоне «Охотный ряд» — «Дзержинская».

Успешное применение кессонного способа проходки на строительстве первой очереди Московского метрополитена повлекло за собой его использование в весьма сложных гидрогеологических условиях при сооружении линий следующих очередей. С каждым годом кессонная проходка совершенствовалась — после возведения первой очереди Московского метрополитена тоннели сооружали только с применением щита. Отрабатывались трудоемкие процессы и технология, увеличивались скорости проходки. Опыт не проходил бесследно — проектировщики и

строители вели непрерывный поиск технических решений, которые могли бы частично или полностью исключить применение сжатого воздуха при строительстве первой очереди Московского метрополитена.

Были начаты опытные работы по замораживанию грунтов, причем объемы таких работ интенсивно нарастали. Но масштабы применения кессонного способа на второй очереди строительства Московского метрополитена по сравнению с первой очередью оставались прежними. Продолжались настойчивые поиски улучшения условий труда при кессонной проходке. Так, при проходке тоннелей на перегоне «Ленинские горы» — «Университет» было осуществлено лишь незначительное повышение давления воздуха в кессоне для осушения грунта в нижней части забоя. Эта, казалось бы, небольшая модификация привела к улучшению условий труда в забое, позволила повысить производительность, а также скорость проходки, которая в ноябре 1958 г. достигла 173 пог. м. Такую скорость кессонной проходки следует считать выдающимся достижением в практике сооружения тоннелей метрополитена.

Однако недостатки способа требовали поисков новых методов, изыскания более эффективных и безопасных способов проходки. Первым опытом в этом направлении была проходка тоннелей на переходном участке перегона «Баррикадная» — «Улица 1905 года», который сооружался в 1971—1972 гг. (начальник СМУ В. З. Замалдинов, главный инженер П. С. Исаев, ныне главный инженер Управления Мосметростроя). Сущность нового технического решения, разработанного институтом Метроригпротранс, состояла в том, что водонасыщенный грунтовый массив с низкой водоотдачей, в котором предстояло пройти тоннели, был оконтурен по длине и с торцов льдогрунтовыми стенами, заглубленными до подстилающего водоупора. Оконтуренный массив осушали путем откачки из него грунтовой воды, после чего вели проходку тоннелей. Эффективность нового технического решения подтвердилась, однако проектировщиков и строителей не удовлетворяло то, что после осушения грунтового массива обычными средствами на водоупоре оставалась достаточно мощная толща обводненного грунта, создававшая трудности при проходке тоннелей.

В 1973 г. улучшенное техническое решение было применено при проходке перегонных тоннелей между стан-

циями «Шукинская» и «Тушинская», где на подходах к каналу имени Москвы для обеспечения надежной проходки было выполнено с поверхности контурное замораживание водоносных песков с созданием льдогрунтовых стен. Последние разделили зону проходки на ряд отсеков, внутри которых устраивались водопонижительные скважины для откачки воды и осушения грунта.

Режим откачки воды был типичным для ограниченно-го по площади водоносного пласта — через короткое время после включения насоса дебит скважины уменьшался в десятки раз. Быстрое формирование депрессионной воронки в отсеке сопровождалось уменьшением зоны высачивания у фильтра, что и вызывало резкое сокращение притока воды в скважину. Поэтому откачку из отсека приходилось вести в пульсирующем режиме: откачка — восстановление уровня — откачка и т. д.

Несмотря на то что откачка проводилась из песков с хорошей водоотдачей, пульсирующий режим определил значительный срок производства этих работ — около 20—30 суток. Однако полного осушения отсека осуществить не удалось, и высота остаточного столба воды на водопоре составила 2—3 м, что вызвало дополнительные трудности при горных работах. Для откачки воды с помощью описанной технологии из супесей, глинистых песков и других грунтов с низкой водопроницаемостью понадобилось бы несколько месяцев.

Требовалось дальнейшее совершенствование метода с целью уменьшения остаточного слоя воды на водопоре. Группа проектировщиков и строителей в составе инженеров Е. А. Василенко, Ю. А. Кошелева, В. А. Алихашкина, П. А. Васюкова, И. Е. Василенко, А. А. Абросова, Н. Г. Сазонова, Г. В. Молодцова и В. В. Сидорцева нашла необходимое решение. В 1976—1977 гг. оно было внедрено при строительстве Рижского радиуса на перегоне «ВДНХ» — «Ботанический сад».

Участок выхода перегонных тоннелей с глубокого заложения на мелкое оказался весьма сложным в инженерно-геологическом отношении. Сооружение тоннелей предстояло вести в массиве со сложным чередованием суглинков, водоносных песков и супесей, а также под руслом реки Яузы. Так как взаимное расположение водопорных и водоносных грунтов было крайне неблагоприятным, а водоносные грунты имели очень низкую водопроницаемость, осушить массив в зоне проходки существующими

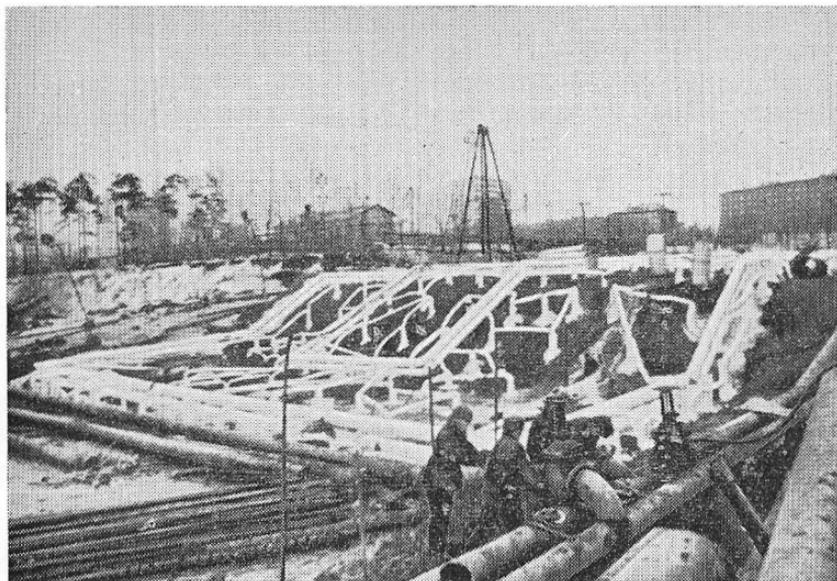
средствами водопонижения было практически невозможно. В подобных условиях могли быть осуществлены только кессонная проходка, при которой для отжатия воды от забоя следовало создать давление сжатого воздуха до 3 ати, либо сплошное искусственное замораживание массива грунтов.

В первоначальном проекте на этом участке на протяжении 110 м предусматривалось применение кессонной проходки с частичным водопонижением, что позволило бы снизить давление сжатого воздуха в кессоне до 2 ати. На подходах и под руслом реки Лузы на отрезке длиной 210 м, где отсутствовал верхний воздухоупорный слой, было запроектировано создание сплошного искусственно замороженного массива. Однако на стадии рабочего проекта проектировщики и строители разработали новые технические решения, осуществили дополнительные проработки и расчеты, благодаря чему удалось успешно соорудить перегонные тоннели без применения кессона и сплошного замораживания массива. На основе более детальных инженерно-геологических изысканий и опытных работ по водопонижению было предложено изменить трассу перегонных тоннелей в профиле, за счет чего длину переходного участка, где было решено применить новый способ проходки, удалось сократить до 312 м.

Сущность способа состоит в том, что с целью повышения эффективности осушения грунтового массива его герметизируют со всех сторон вокруг тоннеля. Затем в верхнюю его часть непрерывно подают сжатый воздух и при этом ведут откачку грунтовой воды из нижней части массива. Отличительной особенностью способа является также и то, что герметизация массива достигается либо путем создания льдогрунтовой оболочки, либо благодаря использованию водоупорных естественных слоев.

На первом этапе реализации нового способа на Рижском радиусе Московского метрополитена участок длиной 312 м разделили на 10 примерно одинаковых по размерам зон. По контуру каждой из них создали льдогрунтовую стену. С этой целью бурили скважины с заглублением в водоупорные слои ниже тоннелей. Скважины оборудовали колонками для проведения искусственного замораживания грунтов. Таким образом, по трассе создавался ряд «герметичных» отсеков, внутри которых должны были сооружаться перегонные тоннели.

Первые пять отсеков представляли собой искусствен-



Контурное замораживание грунта на участке тоннеля Рижского радиуса

ные короба с льдогрунтовыми стенами, верхним воздухоупорным перекрытием в виде моренных суглинков и днищем в виде юрских глин или также моренных суглинков. В следующих пяти отсеках, где естественный верхний воздухоупорный слой отсутствовал, устраивалось искусственное перекрытие в виде льдогрунтовой плиты. Для этого по всей площади отсеков с поверхности бурили короткие, с заглублением на 2 м ниже уровня грунтовых вод, замораживающие скважины. В десятом отсеке, расположенном под рекой Яузой, замораживающие скважины бурили с временного моста, передвигавшегося вдоль русла реки.

Второй этап работы заключался в создании благоприятных условий для проходки тоннелей внутри отсеков, т. е. в осушении грунтов, которые имели преимущественно низкую водопроницаемость. При использовании обычных приемов откачки осушение подобных грунтов потребовало бы немало времени. Кроме того, оставался бы неосушенный слой грунтов над водоупором — так называемый остаточный столб воды, при наличии которого проходка была бы затруднена и небезопасна, особенно

в момент выхода щита из юрских глин в вышележащие обводненные супеси.

Поскольку водопроницаемость пород внутри отсеков повышать практически невозможно, требовалось искусственно увеличить скорость фильтрации грунтовых вод. Найденное решение заключалось в том, чтобы откачивать воду из отсека с одновременной подачей в осушаемый пласт сжатого воздуха для ускорения процесса осушения. С этой целью каждый отсек оборудовался водопонижительными и воздухоподающими скважинами. Количество тех и других назначалось исходя из конкретных гидрогеологических условий отсека.

Водопонижительные скважины предназначались для откачки воды из отсека, воздухоподающие — для подачи сжатого воздуха в осушаемый пласт с целью ускорения процесса осушения. Нагнетаемый через воздухоподающие скважины в отсек сжатый воздух создает повышенное пластовое давление, газифицирует воду в зоне скважин и образует газожидкостную смесь. Воздух частично растворяется в воде, а также находится в смеси в виде мельчайших газовых пузырьков, которые увеличивают упругость смеси и повышают активность ее перемещения.

Нагнетание воздуха в отсек не только интенсифицировало откачку воды, но и стабилизировало работу водопонижительных скважин. После подачи в отсек сжатого воздуха продолжительность работы насосов со стабильным расходом воды увеличивалась в 5—10 раз. Без подачи сжатого воздуха поступление воды в водопонижительные скважины практически прекращалось через 10—12 ч. В таком случае для полного осушения отсека требовалось бы провести 20—25 циклов откачки и понадобилось бы 25—30 суток. Подача сжатого воздуха способствовала установлению такого режима работы скважин, который позволял осушить отсек в один прием за 5—6 суток. Не менее важно, что этот способ позволил исключить сплошное замораживание массива грунтов на подходах в реке Яузе и под ее руслом, значительно сократить объем замораживания на всем участке и улучшить благодаря этому условия труда проходчиков.

В период освоения нового способа на Рижском радиусе Московского метрополитена был не только накоплен практический опыт сооружения перегонных тоннелей в обводненных несвязных грунтах без применения сжатого воздуха, но и доказана большая перспективность это-

го способа при строительстве как метрополитенов, так и других подземных сооружений. По существу, участок внедрения нового способа был превращен в производственную лабораторию, усилиями которой (при участии проектировщиков и строителей) способ был полностью отработан и подготовлен к применению его на других радиусах строительства метрополитена.

Успешное использование способа позволило принять решение о его применении и на переходном участке Калининского радиуса Московского метрополитена, между станциями «Шоссе Энтузиастов» и «Перово». В пределах этого перегона тоннели выходят с глубокого заложения из толщи юрских глин на мелкое, в пласты водоносных песков и моренных суглинков.

В соответствии с техническим проектом тоннели переходного участка на длине 905 м предполагалось сооружать в кессоне при давлении сжатого воздуха до 2 ати. Для ведения горнопроходческих работ в двух забоях с применением сжатого воздуха требовалось около 350 человек. Пересмотр проекта начали с изменения трассы, с тем чтобы вывести тоннели из зоны плотной застройки и густой сети подземных коммуникаций. Хотя новый вариант по сравнению с первоначальным предусматривал удлинение трассы на 340 м, однако тоннели переходного участка в плане удалось разместить вдоль проезжей части Зеленого проспекта, свободного от городской застройки. Это обеспечило нормальные условия для выполнения всего комплекса буровых работ, необходимых для герметизации грунтовых массивов по трассе отдельными отсеками.

Переходный участок длиной 445 м был разделен на 14 отсеков примерно равной длины. По каждой из сторон отсеков с целью их «герметизации» создавались льдогрунтовые стены, для чего по контуру бурились замораживающие скважины с заглублением в водоупорный слой на 3 м. Роль верхнего воздухоупорного слоя на всей длине участка выполняли коренные суглинки мощностью от 4 до 8 м. Продолжительность «герметизации» одного отсека составляла 50—55 суток.

Объем воды в грунте каждого отсека участка Калининского радиуса по сравнению с участком Рижского радиуса был в 2—3 раза больше и составлял от 1,25 тыс. м³ до 3,6 тыс. м³. Осушение каждого отсека производилось путем откачки грунтовых вод из трех водопони-

тельных скважин, оборудованных глубинными насосами типа ЭЦВ-6. Один отсек осушали за 12—15 суток при среднем дебите водопонизительной скважины от 8 до 12 м³/ч.

Опыт внедрения нового способа сооружения тоннелей в обводненных неустойчивых грунтах на переходном участке Рижского радиуса позволил учесть в рабочих чертежах переходного участка Калининского радиуса некоторые дополнительные мероприятия, направленные на повышение эффективности способа. Так, воздухоподающие скважины были заглублены до водоупора и снабжены фильтрами, расположенными в нижних частях колонок. Это обеспечивало насыщение грунтового массива воздухом по всей его высоте через обсыпку вокруг скважин. Такой режим насыщения массива воздухом особенно необходим в тех случаях, когда обводненная часть массива перемежается пластами супесей с низкой и весьма низкой водоотдачей, что может вызвать пульсирующий режим работы насосов, большое количество их остановок и включений.

Герметичные перекрытия в устьях водопонизительных скважин были снабжены устройствами для регулируемого выпуска воздуха из отсеков при откачке из них воды. Поданный в отсек сжатый воздух, насыщая грунтовой массив, двигался в сторону наименьшего сопротивления — к водопонизительной скважине — и по кольцевому зазору между фильтровой трубой и водоотливным ставом через регулятор расхода стравливался в атмосферу, создавая в осушаемом массиве перепад давления между воздухоподающей и водопонижающей скважинами.

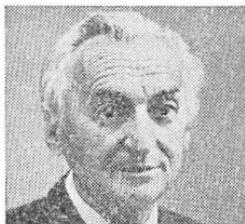
В местах пересечения замораживающими контурами подземных коммуникаций, в том числе размещенных в коллекторах с большими поперечными сечениями, по-новому был решен вопрос расположения вблизи них замораживающих колонок при расстоянии между ними в ряду 3 м и более. Сооружение тоннелей на этом перегоне велось четырьмя обычными щитами навстречу один другому, к первому отсеку — на подъем и к четырнадцатому — под уклон.

Опыт использования нового способа проходки неустойчивых обводненных грунтов показал его высокую эффективность. Главное преимущество способа состоит в том, что условия труда людей, находящихся в забое, бе-

зопасны и безвредны, в отличие от условий труда при кессонной проходке.

Таким образом, опыт проектирования и результаты внедрения нового способа на эксплуатируемых Рижском и Калининском радиусах, а также на строящихся Серпуховском и Замоскворецком радиусах Московского метрополитена позволяют сделать важные выводы о возможности исключения из практики тоннелестроения не только кессонной проходки, но и сплошного замораживания во всех случаях, когда условия городской застройки позволяют выполнить бурение скважин с поверхности для герметизации грунтового массива льдогрунтовыми стенами, откачки воды из него с одновременным нагнетанием сжатого воздуха при необходимом контроле за операциями замораживания и осушения.

● **ПРОХОДКА ШАХТНЫХ
СТВОЛОВ
НА СОВРЕМЕННОМ УРОВНЕ**



**Х. И. АБРАМСОН,
Э. В. САНДУКОВСКИЙ,**
кандидаты технических наук,
лауреаты Государственной
премии СССР

В формировании комплекса подземных сооружений метрополитена глубокого заложения важное место занимают шахтные стволы. В отличие от других сооружений метрополитена они выполняют как строительные, так и эксплуатационные функции. В период строительства линий метрополитена шахтные стволы являются главными транспортными магистралями, через которые осуществляются доставка с поверхности материалов и оборудования для тоннельных работ, поступление из тоннельных забоев разработанной породы, а также спуск и подъем людей, работающих в тоннелях.

После завершения строительства подавляющее число стволов становится вентиляционными шахтами, лишь некоторые предназначаются только для целей строительства. Эти обстоятельства обуславливают жесткие требования к качеству шахтных стволов, характеризуемому в основном состоянием крепи, т. е. ее долговечностью, надежностью и водонепроницаемостью.

Особенностью шахтных стволов для метро, в отличие от шахтных стволов для горных предприятий, находящихся на свободных территориях вдали от крупных городов, является их непосредственная близость к зданиям и сооружениям, подчас размещение в зонах с густой сетью подземных инженерных коммуникаций, обеспечивающих жизнедеятельность целых районов многомиллионного города. Эта особенность диктует специальные требования к обеспечению надежности способа работ.

Основным фактором, определяющим способ сооружения шахтного ствола и степень сложности производства работ, является гидрогеология проходимых горных пород. Геологическое строение и гидрологический режим подземной Москвы исключительно сложны. На отдельных стволах приток воды в забой составлял 300—500 м³/ч, в одном случае он достигал 2 тыс. м³/ч.

Оценивая 50-летний опыт московского Метростроя в области сооружения шахтных стволов, в первую очередь следует отметить, что в этой отрасли горностроительного производства непрерывно совершенствовались методы и технология работ. За годы строительства метро в Москве были применены все известные в технике подземного и шахтного строительства специальные способы сооружения шахтных стволов. В ряде случаев эти способы использовались в отечественной практике впервые. Если же некоторые из них и применялись ранее при сооружении стволов на угольных и рудных шахтах, то весьма ограниченно.

В числе специальных способов, применявшихся московским Метростроем, были следующие: кессон, опускной колодец, шпунтовое ограждение, предварительное замораживание пород, укрепление пород путем цементации и битумизации, водопонижение, проходка вертикальным щитом, бурение ствола на полное сечение, погружение крепи в тиксотропной рубашке. На основе этих способов разрабатывались различные технологические схемы производства работ: опускной кессон и кессон с неподвижным потолком; опускной колодец без балластной нагрузки и с ее применением, а также с активной нагрузкой, создаваемой гидравлическими домкратами; цементация с поверхности; цементация из забоя ствола; деревянное и металлическое шпунтовое ограждение; несколько вариантов проходки вертикальным щитом.

За 50 лет было сооружено около 250 шахтных ство-

лов. На первой и второй очередях строительства основными способами сооружения стволов в зоне неустойчивых и плавунных пород были опускной колодец и кессон. Однако в отдельных стволах уже тогда применялось предварительное замораживание пород. В то время у советских шахтостроителей еще не было достаточного опыта сооружения шахтных стволов специальными способами. Кессонный способ и способ опускного колодца были заимствованы из практики строительства мостов, где они широко применялись при сооружении опор. Работами руководил известный мостостроитель П. П. Кучеренко.

Предварительное замораживание при сооружении шахтных стволов, введенное еще на строительстве первой очереди, в течение 40 лет являлось основным способом укрепления неустойчивых пород и подавления водопритоков из водоносных известняков. Работами по замораживанию пород руководили известные специалисты профессора, доктора технических наук Н. Г. Трупак и Я. А. Дорман, которые за внедрение способа замораживания на московском Метрострое были удостоены звания лауреата Государственной премии СССР.

Значительный вклад в развитие техники сооружения шахтных стволов на первых очередях строительства метро внес крупнейший специалист в этой области горный инженер, член-корреспондент Академии наук СССР Г. И. Маньковский. Под его руководством на московском Метрострое буровой установкой МОМ были пробурены два ствола на полное сечение в зоне неустойчивых пород. За эти работы Г. И. Маньковский был удостоен звания лауреата Государственной премии СССР.

В 1943 г., когда начали строительство четвертой очереди Московского метрополитена — Большого кольца — был применен модернизированный способ опускного колодца. В классическом виде, несмотря на технологическую простоту производства работ, этот способ ограничен в отношении глубины погружения крепи и не обладает необходимой степенью надежности. Глубина погружения опускных колодцев только за счет веса опускной крепи, без принудительной нагрузки, не превышает 10 м, при этом мощность слоя плавунных пород не должна превышать 3—5 м. Именно поэтому область применения способа опускного колодца нормативами СНиП ограничивалась.

Модернизация способа состояла в приложении к опускной крепи активной силовой нагрузки, создаваемой системой гидравлических домкратов. Новый способ, получивший название «способ задавливания», позволил погружать крепи шахтных стволов на глубину 20—22 м и пересекать мощные напластования неустойчивых пород при ограниченной толщине слоя пльвунных пород, поскольку разработка забоя производилась с применением открытого водоотлива из опережающего забой колодца.

Технология была разработана инженерами П. С. Моливером, В. А. Леферовым и В. К. Трое и внедрена в 1943 г. при сооружении ствола № 408.

Дальнейшая модернизация этого способа заключалась в разработке конструкции специального вертикального щита и технологии работ, которая была применена при сооружении ствола № 430 и нескольких других. Авторами разработки были инженеры П. С. Моливер и С. Р. Таубкин. В отдельных случаях для подавления водопритока из трещиноватых известняков применялась битумизация — нагнетание горячего битума. Работами по битумизации пород на Метрострое и в других отраслях руководил известный специалист в этой области горный инженер профессор Б. П. Шрейбер.

В предвоенный период, в годы Великой Отечественной войны и в первые послевоенные годы большой вклад в развитие техники сооружения шахтных стволов на московском Метрострое внесли крупные шахтостроители, руководившие в то время Метростроем, горные инженеры Е. Т. Абакумов и А. Г. Танкилевич. При сооружении стволов способом опускного колодца в тяжелых гидрогеологических условиях нередко возникали такие непредсказуемые явления, как, например, выплыв пльвунной массы из-под крепи в забой ствола, заклинивание и перекос крепи, образование воронок в зоне ствола и осадок поверхности. В таких случаях приходилось оперативно принимать смелые инженерные решения, творчески видоизменять проектные разработки.

Особые сложности возникали при больших притоках воды в стволы, в частности в таких уникальных случаях, как на стволе № 405 вблизи Москвы-реки, где приток достигал 2 тыс. м³/ч. Таких примеров не знает мировая практика стволостроения. Во всех подобных ситуациях

были найдены правильные технические решения, и не было ни одного случая, чтобы из-за задержки сооружения ствола сорвались работы по строительству тоннелей и станций метрополитена.

Развитие способов сооружения стволов на московском Метрострое можно проследить, рассматривая последовательность их применения. Вначале использовали способы опускного колодца и кессона, затем — предварительное замораживание пород, погружение крепи с активной домкратной погрузкой и, наконец, начиная с 1969 г. — погружение крепи в тиксотропной рубашке.

Менялись и типы крепи стволов. Так, на первых очередях строительства применялась крепь из монолитного бетона, а затем — из чугунных тюбингов. Метростроевский опыт крепления стволов чугунными тюбингами был широко использован в горной промышленности, где впоследствии были разработаны специальные конструкции усиленных тюбингов для крепления шахтных стволов в сложных гидрогеологических условиях и при большом горном давлении.

Применявшийся в метростроении при сооружении шахтных стволов способ предварительного замораживания пород, несмотря на достаточно высокую степень надежности в отношении ликвидации водопритока и укрепления неустойчивых пород, имеет ряд существенных недостатков. Прежде всего это трудоемкость работ в стволе при разработке замороженных пород в условиях пониженной температуры. Кроме того, для осуществления замораживания необходимо бурить большое количество скважин и оснащать их замораживающим оборудованием. Процесс требует большого расхода электроэнергии и времени как на подготовительные работы, так и на активное замораживание. При применении способа замораживания стоимость сооружения ствола возрастает в 2—3 раза.

Эти недостатки были полностью исключены благодаря разработке и внедрению новой технологии сооружения шахтных стволов в сложных гидрогеологических условиях — технологии погружения крепи в тиксотропной рубашке.

Сущность способа состоит в том, что для снятия сопротивления трения в зазор между крепью ствола и окружающим ее грунтом помещается специальный гли-

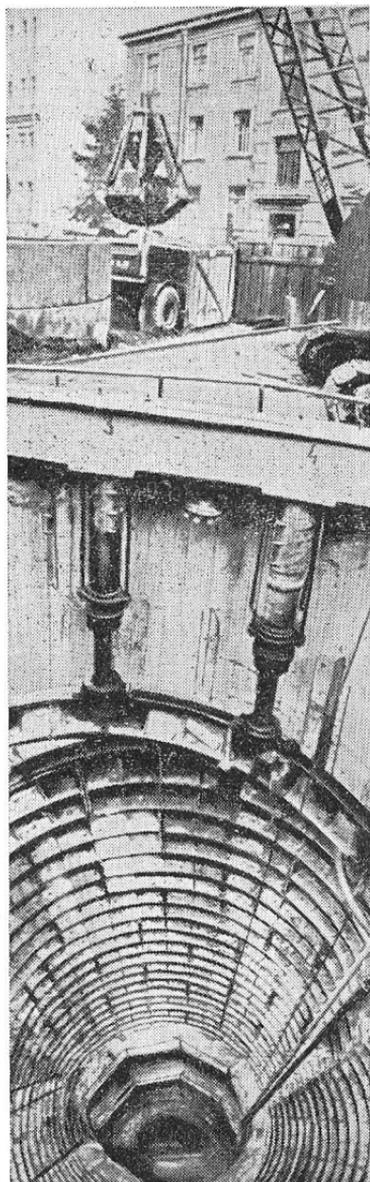
нистый раствор, обладающий свойствами тиксотропии, — тиксотропная рубашка.

Технология работ предусматривала комплексную механизацию всех проходческих процессов. Благодаря этому впервые в практике сооружения шахтных стволов, причем в наиболее сложных условиях, было полностью исключено присутствие людей в забое ствола. Так осуществилась давняя мечта шахтостроителей — получить технологию, обеспечивающую безлюдную проходку стволов. Была решена и важная социальная задача — тяжелый и опасный труд проходчиков шахтных стволов был заменен работой на поверхности и сведен к функциям управления оборудованием.

Разработка забоя и выдача породы производится одноканатным четырехлопастным грейфером, который подвешен к крюку обычного самоходного крана. Для погружения и вдавливания ножевой части крепи в породу применяется система гидравлических домкратов, закрепленных в опорной конструкции, а монтаж крепи производится с помощью крана на поверхности. Погружение крепи без откачки воды из ствола обеспечивает необходимый гидравлический пригруз на забой ствола, что уравнивает внешний гидростатический напор и исключает выплывы породы из-под крепи. Кроме того, тиксотропный раствор создает гидростатическое давление на грунтовые стенки, предотвращающее их обрушение, а за счет вдавливания ножевой части опускной крепи в породу образуется пробка породы в забое, удерживающая внешний напор плавунной массы.

Комплекс этих факторов обеспечивает высокую степень надежности способа, благодаря чему при использовании его в процессе сооружения более 30 шахтных стволов на московском Метрострое были полностью исключены аварийные ситуации. На отдельных стволах крепь погружалась на глубину более 30 м, пересекая напластования плавунных пород мощностью до 25 м. Преимущества этого способа позволили почти полностью отказаться от менее эффективного способа предварительного замораживания пород.

Впервые новая технология сооружения шахтных стволов, разработанная научным сотрудником института ЦНИИПодземмаш кандидатом технических наук Х. И. Абрамсоном и инженерами СМУ-6 Мосметростроя Б. Я. Вайнштейном, Ш. Ш. Симандуевым и Н. А. Просто-



Проходка шахтного ствола в тиксотропной рубашке

вым, была применена в 1969 г. при сооружении ствола № 832, причем производительность труда при разработке забоя возросла более чем в 10 раз. Одновременно был выполнен комплекс исследований по технологии и механизации работ, связанных с погружением крепи стволов в тиксотропной рубашке. Результаты этих исследований стали обоснованием для проектирования и производства работ. Показателем научно-технического уровня способа служат более десяти технических решений по отдельным элементам технологии работ, защищенных авторскими свидетельствами на изобретения.

Высокая эффективность и простота способа обусловили его широкое применение в практике подземного строительства. По новой технологии за короткий срок на важных объектах было сооружено более 100 шахтных стволов, при этом экономический эффект превысил 20 млн. руб. Было сэкономлено большое количество электроэнергии, металла и затрат труда. На каждом объекте сроки сооружения стволов были сокращены на шесть — восемь месяцев. Способ успешно применяют и в практике шахтного строительства в горнодобывающей промышленности.

Сопоставление данных по двум стволам, сооруженным примерно в одинаковых гидрогеологических условиях на строительстве Калужско-Рижского диаметра Московского метрополитена с применением предварительного замораживания пород и при погружении крепи в тиксотропной рубашке, показывает, что стоимость сооружения 1 м ствола составила в первом случае 5,09 тыс. руб., во втором — 2,21 тыс. руб., а затраты труда соответственно 72 человеко-дня и 21 человеко-день.

Оценивая технический уровень отечественного шахтного и подземного строительства, можно утверждать, что эта отрасль горностроительного производства нашей страны занимает ведущее положение в мире. За большие успехи, достигнутые в развитии техники сооружения вертикальных стволов, советским шахтостроителям трижды присуждались высшие награды СССР в области науки и техники — Ленинские и Государственные премии. В числе ученых и инженеров, удостоенных этих наград за разработку и внедрение в практику новой технологии сооружения шахтных стволов в сложных гидрогеологических условиях способом погружения крепи в тиксотропной рубашке, были и специалисты московского Метростроя.

● **СООРУЖЕНА В ПЕСКАХ**



Н. И. ФЕДОРОВ,
начальник СМУ-5,
заслуженный строитель РСФСР

Станция «Университет» строилась в сложных гидрогеологических условиях. По первоначальному проекту предполагалось вести ее сооружение открытым способом. Предстояло разработать около 1 млн. м³ грунта. При этом пострадала бы большая благоустроенная территория — дороги, зеленые насаждения, подземные коммуникации.

Коллектив инженеров и рабочих СМУ-5 Метростроя высказался за закрытый, подземный способ работ с креплением чугунными тубингами. Институт Метрогипротранс подготовил проект закрытого способа с применением щитовой проходки. Строители СМУ-5 отказались от щитовой проходки и применили горный способ с монтажом тубингов эректором. Одновременно впереди тоннеля станционного забоя сооружался опережающий его на 14—15 м пилот-тоннель диаметром 6 м. Это дало возможность значительно уменьшить объем работ и упростить подготовительные и горные работы по сооружению камер, а также разрезке первых колец.

При раскрытии и проходке среднего станционного тоннеля для уменьшения горного давления, которое возникает из-за обнажения неустойчивых горных пород на значительной площади, было принято и выполнено такое техническое решение: вместо предусмотренного проектом сближения осей крайних станционных тоннелей расстояние между ними было увеличено на 3 м по сравне-

нию с этим расстоянием для типовой трехсводчатой станции, благодаря чему между контурами бокового и среднего тоннелей сохранялся нетронутым целик породы. Это способствовало поддержанию стабильности горного давления и облегчало работы по сооружению станционных проемов.

После сооружения ствола и подходных выработок началась проходка крайних станционных тоннелей. В правом тоннеле была произведена разрезка под первые два прорезных кольца пилот-тоннеля. В местах разрезки установили усиленное крепление подходной штольни. Удлиненная фурнель была пройдена в две фазы, по 1,4 м каждая, на высоту до проектной отметки кольца. Вначале сооружалась калотта с расширением в дальнейшем выработки на полный профиль тоннеля с тщательным креплением.

Первые два кольца были собраны с помощью двух редукторных лебедок. Свободное пространство между внешней поверхностью тубингов и грунтом выработки заполнили бетоном марки М100. Тубинги в прорезные кольца станционного тоннеля монтировали с помощью редукторной лебедки.

Грунт при проходке станционного тоннеля разрабатывался в три фазы. На первой фазе в верхней части забоя над пилот-тоннелем произвели вертикальную рассечку по оси тоннеля, куда завели две лонгарины. Калотта первого яруса разрабатывалась от рассечки в обе стороны, с креплением лонгаринами и штендерами и сплошной затяжкой кровли и лба забоя. После разработки первого яруса до уровня по высоте калотты 1,65 м туда завели телескопическую трубу диаметром 250 мм.

На втором этапе произвели рассечку во втором ярусе, закрепили ранее установленную телескопическую трубу первого яруса и установили телескопическую трубу во втором ярусе. Концы труб раскреплялись рошпанами. В остальном разработка и крепление выполнялись аналогично первой фазе.

В последней фазе разрабатывалась оставшаяся часть забоя на полный профиль и монтировались тубинговые кольца.

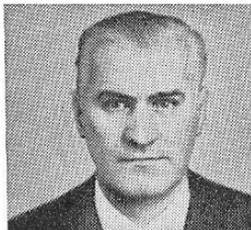
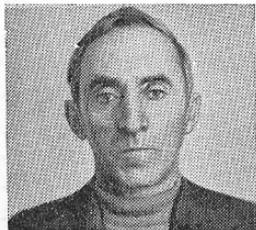
Особенностью организации работ на станции стало использование передвижного металлического бункера с питателями. Через него улавливался и поступал в вагоны почти весь разработанный грунт. Лишь из лотковой

части забоя грунт (в объеме 7—8 м³) разрабатывался и грузился в вагоны вручную. Погрузка грунта из забоя пилот-тоннеля осуществлялась погрузочной машиной ПМЛ-5.

После сооружения и закрепления стяжками 20 колец крайних тоннелей приступили к разработке среднего станционного тоннеля. Разработка грунта и крепление тубингами в нем выполнялись в том же порядке, что и при сооружении крайних тоннелей. Отставание забоя среднего тоннеля от забоев крайних тоннелей поддерживалось на расстоянии 15—20 колец. Нагнетание производилось непрерывно вслед за проходкой. Раскрытие проемов выполнялось в шахматном порядке — через один.

Техническое решение по сооружению станции «Университет» закрытым способом с проходкой опережающего пилот-тоннеля в условиях неустойчивых грунтов и повышенного горного давления вполне себя оправдало. Основные конструкции станции, включая проемы, были закончены менее чем за год. Государственная комиссия приняла станцию в эксплуатацию с оценкой «отлично». Эта оценка выдержала испытание временем.

● **«ГОРЬКОВСКАЯ»:
ВПЕРВЫЕ В ПРАКТИКЕ**



Б. И. АЛЬПЕРОВИЧ,
инженер, лауреат премии
Совета Министров СССР, заслуженный
строитель РСФСР

Н. Г. ЗАЙДУЛЛИН,
инженер

Планом развития Московского метрополитена предусмотрено создание пересадочного узла в центре столицы, на пересечении Горьковско-Замоскворецкой, Ждановско-Краснопресненской и Тимирязевской (перспективной) линий. Узел свяжет переходами станции «Горьковская», «Пушкинская» и «Чеховская».

Трассы проходят в разных уровнях: ближе к поверхности — Горьковско-Замоскворецкая, глубже — Ждановско-Краснопресненская, еще глубже — Тимирязевская. Строительство станции «Горьковская» вел коллектив СМУ-7 Мосметростроя.

Станции расположатся треугольником. Такая компоновка, разработанная Метрогипротрансом, является оптимальным планировочным решением, цель которого создать наибольшие удобства пассажирам при пересадке. Успешная его реализация в целом определялась возможностью сооружения станции «Горьковская» на действующей линии без перерыва движения поездов, поскольку

строительство остальных двух станций на свободной трассе решалось без особых затруднений.

В 1975 г. в комплексе сооружений Ждановско-Краснопресненской линии была введена в эксплуатацию станция «Пушкинская», имеющая объединенный со станцией «Горьковская» вестибюль. Проходка эскалаторного тоннеля «Горьковской» и пересадочного тоннеля между двумя станциями была выполнена одновременно.

Сооружение станции глубокого заложения на действующей линии метрополитена без перерыва движения поездов — весьма сложная инженерная задача, не имеющая прецедента в практике мирового метростроения. Были учтены трудные геологические условия: перемежающиеся напластования горных пород различной структуры и крепости, меняющийся характер обводнения забоев, юрские глины в кровле станционных тоннелей. Эти условия потребовали тщательного подхода к выбору параметров основных конструкций сооружений. Проблемы организации строительства и методов производства работ решались исходя из требований непрерывности движения поездов и безопасности труда.

В технический проект строительства станции «Горьковская» были заложены следующие решения:

строительство должно было осуществляться через новый шахтный ствол с соответствующим комплексом сооружений и подземных выработок;

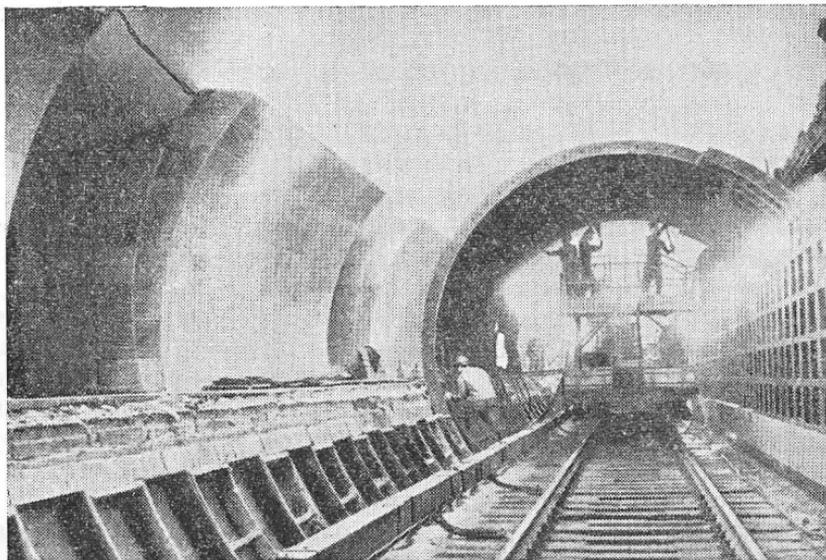
работы на самой станции предусматривались после освобождения зоны строительства и перевода поездов на предварительно пройденные обходные тоннели общей длиной 738 м, с четырьмя группами камер съездов длиной по 64 м каждая;

станция пилонного типа была запроектирована с обделкой из чугунных тубингов;

поперечное сечение тоннелей — круглое.

Анализ проекта показал, что предусмотренные в нем решения не являются оптимальными по технико-экономическим показателям и в должной мере не отвечают специфике конкретных условий строительства. Так, создание нового шахтного комплекса было связано с необходимостью сноса пяти жилых домов. Следовательно, помимо стоимости сооружений и обустройств комплекса, необходимы были большие затраты государственных средств.

Камеры съездов предстояло строить в трудных геоло-



Демонтаж тоннеля при сооружении станции «Горьковская»

гических условиях, с раскрытием обделок действующих перегонных тоннелей на стадии горнопроходческих работ при обнаженных (на временном креплении) забоях, нависающих над движущимися поездами. Особенно неблагоприятной оказывалась обстановка для сооружения камер съездов в сторону станции «Маяковская».

Учитывая обстоятельства и специфику строительства станции на действующей линии, СМУ-7 Мосметростроя и Метрогипротранс разработали новое техническое решение строительства станции «Горьковская» — без обходных тоннелей и нового шахтного комплекса. Оно было успешно осуществлено.

Средний тоннель станции круглого очертания построен из чугунных тубингов диаметром 9,5 м. В центре его — узел пересадки на станцию «Пушкинская» с четырьмя эскалаторами. Боковые тоннели представляют собой объемлющие обделку действующих перегонных тоннелей своды из чугунных тубингов диаметром 9,5 м, опирающиеся на бетонные ленточные фундаменты. Внешние (по отношению к оси станции) опоры сводов примыкают к обделкам действующих перегонных тоннелей и расположены так, что пяты сводов станцион-

ных тоннелей подняты выше диаметра перегонных на 2,5 м.

Основание внутренних бетонных опор на 0,5 м ниже основания перегонных тоннелей. Опоры эти смещены к оси станции, образуя свободное пространство между обделками станционных и перегонных тоннелей. Таким очертанием было обеспечено технологическое пространство между обделками действующих перегонных и сооружаемых станционных тоннелей, достаточное для выполнения горнопроходческих работ в нормальных условиях. Примерно половина обделок действующих перегонных тоннелей не разбиралась и была включена в конструкцию боковых станционных тоннелей. Существенно была изменена конструкция проемных рам, которые как в боковых, так и в среднем тоннеле были выполнены без обратных сводов, что наполовину сократило потребность в остродефицитных фасонных тубингах.

Увеличенное сечение действующих перегонных тоннелей (диаметр 6 м) позволило выполнить путевые стены (в отличие от обычного типового решения) в виде металлических каркасов. Пазухи между ними и обделками использованы в качестве кабельно-вентиляционных коллекторов. Внутренние опоры сводов боковых тоннелей станции расположены на расстоянии более 2 м от обделок перегонных тоннелей. В этом пространстве также созданы подплатформенные кабельно-вентиляционные коллекторы большого сечения.

Руководствуясь тем, что перекладка кабелей была осуществлена до разборки обделок перегонных тоннелей, а также целью выполнения максимального объема работ за пределами действующих тоннелей, строители применили разрезную конструкцию посадочных платформ. Такое решение позволило соорудить основную часть платформ с подплатформенными кабельно-вентиляционными коллекторами для перекладки кабелей до разборки обделок действующих перегонных тоннелей.

Строительство станции «Горьковская» велось через ствол шахты, который ранее использовался для сооружения станции «Пушкинская». Он используется СМУ № 14 и для строительства станции «Чеховская».

При сооружении станции «Горьковская» проходку среднего тоннеля вели с помощью тоннельного укладчика типа ТУ-4Гп, порода разрабатывалась буровзрывным методом. Тоннель имеет замкнутый контур обделки

по всей длине. Размыкание лотковой части обделки в зоне пересадки (в средней части тоннеля) производилось отдельными участками в 12 заходов в процессе создания пересадочного узла.

Проходка боковых станционных тоннелей включала несколько этапов:

проходка штолен по контуру бетонных опор сводов, установка металлоизоляции и арматуры, бетонирование опор;

сооружение тоннелей по площади сечений, ограниченному контуром обделок действующих перегонных тоннелей и уровнем верха бетонных опор, с опиранием сводов на ранее возведенные бетонные опоры (работа велась с помощью специально изготовленных дуговых тубингоукладчиков, приспособленных к конкретным условиям монтажа сводов в стесненной зоне);

выемка ядра до лотка тоннелей, установка металлоизоляции и арматуры, бетонирование лотков до обделок действующих перегонных тоннелей;

монтаж посадочных платформ в пазухах между обделками станционных и перегонных тоннелей с обустройством подплатформенных кабельно-вентиляционных коллекторов;

гидроизоляция (чеканка швов) сводов, подвес зонтов в пределах сооруженных сводов, их штукатурка и покраска;

монтаж металлоконструкций каркасов путевых стен станции с устройством за ними кабельно-вентиляционных коллекторов;

перекладка в коллекторы под посадочными платформами и за путевыми стенами кабелей из действующих перегонных тоннелей;

демонтаж обделки действующих перегонных тоннелей, заполнение зазоров, образовавшихся по линиям разборки обделок перегонных тоннелей;

сооружение участков посадочных платформ, расположенных в зоне действующих перегонных тоннелей, освобожденной после демонтажа обделок;

архитектурная отделка, оборудование сантехнических и электромонтажных устройств.

В забоях, расположенных на сопряжениях с обделками действующих перегонных тоннелей или в непосредственной близости от них, во избежание деформации обделок или нарушения функционирования устройств

метрополитена исключались взрывные работы. Впервые на Метрострое крепкие породы разрушались гидроклиньями через шпур, пробуренные с определенным шагом. Новшество оказалось весьма эффективным и значительно снизило трудоемкость работ.

В монолитные бетонные и железобетонные конструкции станции уложено более 13 тыс. м³ бетона. Транспортировка его по выработкам и укладка осуществлены в основном с помощью пневмобетонукладчиков ПБУ-5, что намного облегчило труд. Путевые стены облицованы мраморными плитами, которые крепились к стальному каркасу без заливки. Облицовка практически свелась к монтажу готовых изделий.

Все крупногабаритное оборудование подавалось по действующей линии ночью, когда нет движения поездов. Монтаж эскалаторов большого наклонного хода проведен снизу вверх, через средний тоннель станции, с подачей элементов через ближайший станционный проем, после демонтажа обделки действующего перегонного тоннеля напротив этого проема. Тем же путем доставлялось оборудование для эскалаторов пересадочного узла и для других сооружений.

Обоснованность и технико-экономическая целесообразность технических решений по определению параметров конструкций, механизации, организации и методов производства работ, осуществленных в творческом сотрудничестве строителей и проектировщиков, полностью подтверждены практикой.

Реализация предложенных технических решений в целом значительно сократила сроки строительства, снизила стоимость работ на 2470 тыс. руб. В третьем квартале 1979 г. станция «Горьковская» была досрочно введена в эксплуатацию.

● **СООРУЖЕНИЕ ТОННЕЛЕЙ
ПОД КАНАЛАМИ**



**В. А. БЕССОЛОВ,
В. Н. СОЛОВЬЕВ,
инженеры**

При строительстве под судоходным каналом имени Москвы перегонных тоннелей метро применили льдогрунтовую плиту, созданную способом горизонтального замораживания и защищающую тоннели от прорыва воды. Проходка тоннелей новым способом на небольшой глубине от дна водотока была осуществлена впервые в практике мирового метростроения коллективом СМУ-5 Метростроя по проекту, разработанному Метрогипротрансом. Успешное внедрение способа позволило сэкономить около 300 тыс. руб.

На участке пересечения перегонными тоннелями деривационного канала устройство льдогрунтовой плиты оказалось неприемлемым. Деривационный канал расположен в искусственном русле, образованном насыпными дамбами, в откосах которых уложен водонепроницаемый глиняный экран; дно представлено слоем моренных суглинков, являющихся естественным экраном, с подстилающими обводненными мелкозернистыми песками.

Пришлось искать новое техническое решение, которое могло бы не только обеспечить при проходке сниже-

ние уровня грунтовых вод и безопасность производства работ на малой глубине от русла, но и удовлетворить всем требованиям эксплуатации канала.

Было разработано несколько вариантов, и в качестве оптимального принята укладка двух водопропускных труб диаметром 5,5 м, с устройством грунтовой перемычки над ними и осушением ее водопонизительными средствами. Гидравлические расчеты и проверку работы водопропускного сооружения на модели выполнил научно-исследовательский сектор института Гидропроект имени С. Я. Жука, технические рекомендации которого по устройству грунтовой перемычки и укреплению дна канала легли в основу проекта.

Конструкция труб из чугунных тюбингов диаметром 5,5 м и длиной 88 м была запроектирована исходя из условий прочности в период транспортировки к месту укладки. Трубы монтировали на бровке левого берега канала стреловым пневмоколесным краном К-161 грузоподъемностью 16 т. Через каждые четыре тюбинговых кольца устанавливали резиновые кольцевые прокладки, обеспечивающие необходимую гибкость труб при транспортировке.

Одновременно с монтажом на готовых участках трубы производили чеканку швов свинцовым шнуром. Для большей герметичности швы покрывали слоем гидроизоляционной мастики ТЭП-4. Наружную поверхность трубы оклеивали гидростеклоизолом в три слоя (нижнюю часть, прилегающую к грунту, оклеивали после поворота трубы при ее скатывании в русло).

До укладки водопропускных труб в проектное положение обследовали, подготовили и укрепили русло канала. Очистку и планировку дна выполняли автокраном-грейфером и гидромонитором, установленными на барже. На участках входа в трубы водного потока и особенно на выходе, где ожидалось образование протяженного скоростного факела, дно канала укрепили от размыва отмосткой из щебня. Для плавного скатывания труб в канал левобережный откос на участке длиной 200 м выравнивали песком.

К месту укладки трубы доставляли в два приема: вначале их скатывали по откосу в русло канала, а затем на понтонах транспортировали и укладывали в проектное положение. По горизонтальной плоскости трубы перемещали двумя оттяжными электротягачами, уста-

новленными на правом берегу канала, с одновременной страховкой пятью электролебедками на левом берегу. После перехода труб на наклонную плоскость необходимость в оттяжных лебедках отпадала, и скатывание выполняли с помощью пяти электролебедок, постепенно стравливая канаты.

Электролебедками управляли с центрального пульта от одной кнопочной станции. Предусматривалась возможность раздельного управления ими с местных пультов. Усилия, возникающие в тросах, фиксировали пружинными манометрами. Команды для синхронного выполнения операций подавал диспетчер через передвижную громкоговорящую радиоустановку.

Каждую трубу скатывали на заранее уложенные по дну шесть пар канатов диаметром 42 мм, концы которых прикрепляли к 12 понтонам (по шесть с каждой стороны) грузоподъемностью по 80 т. Одновременно поднимаемая понтоны, отрывали трубу от дна канала на 40—50 см, транспортировали вдоль канала к месту укладки и опускали в проектное положение.

Размеры грунтовой перемычки над водопропускными трубами были выбраны из расчета полного перекрытия участка проходки перегонных тоннелей, включая возможную зону просадок экрана над ними. Ширина перемычки в основании составила 88 м, а поверху — 32 м.

Вначале по краям труб с баржи отсыпали упорные призмы из щебня для предотвращения возможного оползания откосов перемычки за пределы труб. Затем на дно устанавливали горизонтальные фильтры и марки-реперы для контроля за осадками. Песок отсыпали автосамосвалами и бульдозерами одновременно с обоих берегов, во избежание сдвижки труб от одностороннего давления — с баржи и с моста между трубами.

Для осушения перемычки предусматривались устройство двух торцовых рядов противофильтрационных завес нагнетанием цементобentonитового раствора через трубчатые инъекторы и последующая откачка воды из перемычки насосами ЛИУ-5 через горизонтальные фильтры. Полной водонепроницаемости глиняной завесы достичь не удалось, поэтому к перемычке дополнительно подключили четыре ряда вертикальных иглофильтров, после чего уровень воды здесь снизился на 3,5—4 м относительно уровня в канале.

Для осушения мелкозернистых водонасыщенных пе-

сков, в которых расположена трасса тоннелей, запроектировали два ряда водопонизительных скважин с погружными насосами ЭЦВ-6, расположенных на дамбах канала. Всего пробурили 29 скважин с шагом 10 м, при этом конец фильтра располагался на 5 м ниже лотка тоннеля. При расстоянии между рядами скважин 68 м предполагалось, что слой остаточной воды в лотке тоннеля составит около 1,9 м. Ввиду необходимости особенно тщательного ведения щитов без просадок и перекосов ликвидации остаточного слоя воды придавалось большое значение.

Для выбора наиболее правильного варианта водопонижения необходимо было установить фактический уровень грунтовых вод под руслом. Управление канала имени Москвы разрешило в виде исключения пробурить под экраном в центре перемычки наблюдательную скважину небольшого диаметра с последующим ее тампонажем. Как показали замеры, высота остаточного слоя воды составила 30 см, поэтому специальных мероприятий по дополнительному снижению грунтовых вод не потребовалось. На случай возможного повышения воды при перебоях в работе скважин СМУ-3 изготовило специальные водоприемные фильтры, которые были заложены в лотковые ячейки ножа щита и подсоединены к насосу ЛИУ-5. Это обеспечивало отсос воды из самой нижней точки забоя. Во время проходки тоннелей система скважин работала устойчиво, и забой был практически сухим.

Очень важно было не допустить проникания воды из канала за экран при его возможном повреждении. При этом подэкранный горизонт грунтовых вод, не имеющий до этого связи с водой канала, получил бы дополнительную подпитку с напором, равным высоте воды в канале. Это привело бы к нарушению всего фильтрационного режима подземных вод в районе строительства. Для наблюдения за состоянием подземных вод создали сеть пьезометрических скважин. В результате было установлено, что проходка тоннелей не повлияла на режим грунтовых вод.

Для контроля за деформациями дна канала над каждым тоннелем установили по пять наблюдательных марок-реперов. Осадки контрольных марок составили над правым тоннелем 150—230 мм, над левым — 125—130 мм. Следует отметить, что максимальные осад-

ки 190 мм и 230 мм над марками IV и V появились задолго до подхода к ним щита. Это обусловлено уплотнением грунта самой перемычки от работы водопонизительных иглофильтровых установок, а не деформацией экрана. Более характерны осадки над левым тоннелем, который сооружали во вторую очередь, когда грунтовой скелет перемычки успел стабилизироваться. Таким образом, наблюдения за состоянием уровня грунтовых вод и осадками контрольных марок позволили сделать вывод, что суглинистый экран дна канала не нарушен и на откосах.

Перед началом проходки щиты были выведены в камеру со стороны левого берега канала. Козырьки щитов удлинени на 40 см стальным листом, а на перегородки наварили опорные уголки для экстренной затяжки забоя досками. Тоннели длиной по 110 м сооружали последовательно. Проходку начали с правого тоннеля. После сборки 40 колец обделки щит остановили и на расстоянии 25 м от забоя смонтировали стальную аварийную перемычку, оборудованную двумя герметически закрывающимися дверями: нижней — для транспорта и верхней, соединенной с забоем подвесным мостиком, — для людей. Нижнюю дверь открывали только во время пропуска вагонеток. Вблизи забоя и непосредственно на щите были заготовлены маркированные закладные доски.

Проходку вели методом непрерывного вдавливания щита в грунт при давлении 200—250 ати. Козырек ножевой части и горизонтальные площадки щита были постепенно внедрены в грунт на 10—15 см. По мере вдавливания с горизонтальных площадок осыпалась порода. Одновременно с передвижением щита вели первичное нагнетание цементно-песчаного раствора состава 1:2 в первое кольцо. Контрольное нагнетание цементобentonитового раствора состава 1:1 производили в третье от забоя кольцо, тот же раствор нагнетали в четвертое кольцо, в контакт между суглинками и песком.

Работы в тоннеле выполняли бригады проходчиков, возглавляемые В. Терехиным, В. Колбой, В. Швецовым и А. Ханьковым. Бригады, занятые на проходке, прошли предварительный инструктаж по технике безопасности и были подробно ознакомлены с особенностями производства на участке. При работе по скользящему графику максимальная скорость проходки составила 5 м в сутки.

Сооружение тоннелей под деривационным каналом завершило один из сложнейших этапов работ на трассе Краснопресненского радиуса Московского метрополитена. Оно продемонстрировало высокий уровень проектных разработок и мастерство метростроителей. Подтвердилась правильность технических решений, связанных с осуществлением проходки. Большой творческий вклад в реализацию принятых технических решений внес коллектив СМУ-3 Метростроя. Успеху способствовала и работа субподрядных организаций — отрядов № 3 и № 4 Подводречстроя и др. В сложных условиях было осуществлено замораживание грунтов и водопонижение для проходки под каналами.

● **ЦЕНТРАЛЬНЫЙ УЧАСТОК
ЖДАНОВСКО-
КРАСНОПРЕСНЕНСКОЙ ЛИНИИ
МОСКОВСКОГО
МЕТРОПОЛИТЕНА**



И. М. ЯКОБСОН,
кандидат технических наук,
заслуженный строитель РСФСР,
лауреат премии
Совета Министров СССР

В декабре 1975 г. был досрочно введен в эксплуатацию центральный участок Ждановско-Краснопресненской линии Московского метрополитена — самой длинной подземной магистрали города. Сооружение этого участка со станциями «Пушкинская» и «Кузнецкий мост» явилось высоким достижением строителей, проектировщиков и научных работников, новым этапом развития техники метростроения.

Центральный участок линии от станции «Площадь Ногина» до станции «Баррикадная», соединив Ждановский и Краснопресненский радиусы в единый диаметр общей протяженностью 36 км с 19 станциями, имеет важное значение для решения транспортных проблем Москвы. Линия связала скоростным транспортом жилые массивы и районы промышленных предприятий юго-востока и северо-запада столицы с центром.

Всю трассу от станции «Ждановская» до станции «Планерная» поезда проходят менее чем за 50 мин. Благодаря удачным планировочным решениям, пассажиры получили возможность с одной пересадкой следовать на Калужско-Рижскую, Кировско-Фрунзенскую и Горьковско-Замоскворецкую линии. Эффективно используется пересадочный узел на станции «Площадь Ногина»

с совмещенным движением поездов. Кроме того, значительно облегчена работа центрального пересадочного узла, где пассажиропотоки ежегодно возрастают.

На центральном участке Ждановско-Краснопресненской линии основные технико-экономические, а также эксплуатационные показатели значительно выше по сравнению с подобными показателями линий метрополитена, сооруженных в последние годы в Москве и в других городах нашей страны в аналогичных условиях. Ознакомление с зарубежным опытом строительства и эксплуатации метрополитенов дает все основания считать, что по техническому уровню выполненных сооружений и показателям надежности эксплуатации описываемая линия имеет значительные преимущества.

Архитектурные и планировочные решения, осуществленные при строительстве центрального участка Ждановско-Краснопресненской линии, позволили создать в центре города сооружения метрополитена, отличающиеся высокими художественными достоинствами и обеспечивающие максимальные удобства для пассажиров. В сложных инженерно-геологических условиях (обводненные грунты слабой и средней крепости, значительное гидростатическое давление), при наличии плотной многоэтажной городской застройки, транспортных магистралей с напряженным движением, густой сети подземных коммуникаций успешно решена проблема рационального расположения станций и вестибюлей в наиболее пассажиронапряженных местах, размещения пересадочных узлов.

Станция «Кузнецкий мост» сооружена под площадью Дзержинского и Пушечной улицей и соединена удобным переходом с эскалаторами со станцией «Дзержинская» Кировско-Фрунзенской линии. Удачная планировка пересадочного узла позволила сократить время перехода пассажиров с одной линии на другую до 2 мин. Архитектурный облик станции решен в виде аркады из розового мрамора газган, создающей впечатление опор крупного моста, путевые стены облицованы белым мрамором коелга с цоколем из черного и серого гранита, пол выложен розовым гранитом «Возрождение».

Станция «Пушкинская» находится на пересечении улицы Горького с Бульварным кольцом. Она соединена тремя эскалаторами с объединенным вестибюлем, построенным для двух станций — «Пушкинская» и «Горьков-

ская». Две лестницы в середине станционного зала ведут к пересадочному коридору на станцию «Горьковская» и на проектируемую станцию «Чеховская» Тимирязевско-Серпуховской линии. Вход в объединенный подземный вестибюль осуществляется по четырем эскалаторам из наземного вестибюля, встроенного в здание редакционного корпуса газеты «Известия». В архитектуре станции «Пушкинская» преобладают современные рациональные формы. В продольном направлении станция оформлена арками с лепными вставками. Колонны, путевые и торцовые стены облицованы белым мрамором коелга, пол светло-серый, гранитный, на путевых стенах декоративные вставки из чеканной меди. Художественное оформление станции посвящено великому русскому поэту А. С. Пушкину.

Важнейшей особенностью строительства центрального участка Ждановско-Краснопресненской линии является использование усовершенствованных конструкций, внедрение прогрессивных технологических процессов и механизации производства работ, позволивших сократить расход металла, снизить трудоемкость и стоимость строительства.

В сравнении с первыми типами колонных станций Московского метрополитена («Маяковская», «Курская», «Комсомольская», «Павелецкая») новым этапом совершенствования конструкций в отношении снижения металлоемкости и трудозатрат было сооружение двух станций колонного типа «Площадь Ногина». В примененной колонной конструкции вместо прогонов, перекрывающих пролет между колоннами, как это было прежде, монтировались клинчатые перемычки, входящие в состав обделок среднего и боковых тоннелей. Колонны и опирающиеся на них сверху и снизу перемычки устанавливались во время монтажа тоннельной обделки. Работа по монтажу и разборке большей части тубингов исключалась.

Крупным достижением проектировщиков и строителей центрального участка Ждановско-Краснопресненской линии является разработка и внедрение впервые в практике отечественного метростроения новой конструкции цельно сборной колонной станции глубокого заложения, с расширенным средним залом и увеличенным шагом колонн по сравнению с построенной ранее станцией «Площадь Ногина». Станции «Пушкинская» и «Кузнец-

кий мост» в поперечном сечении представляют собой замкнутую конструкцию, состоящую из двух боковых тоннелей, объединенных верхним и нижним сводами среднего зала в единый контур. Сопряжения сводов среднего и боковых тоннелей через клинчатые переемы опираются на колонны ребристого сечения из широкополосной стали толщиной 40 мм.

Использование новой конструкции чугунных клинчатых переемычек с дополнительным элементом позволило увеличить шаг колонн до 5,25 м (4,5 м на станции «Площадь Ногина»), сократить их количество на 14% и на столько же снизить трудоемкость изготовления и монтажа пятых фасонных тубингов. Расход чугуна уменьшился на 7%. Благодаря использованию в конструкции сводов средних залов тубингов тоннельной обделки диаметром 9,5 м увеличены высота и ширина среднего и боковых залов, а также проходов. Ширина проема в свету увеличена по сравнению со станцией «Площадь Ногина» с 3,3 до 4,25 м, высота проема — с 3,3 до 3,9 м, высота среднего зала — с 4,8 до 6,3 м, боковых залов — с 4,8 до 5,15 м.

Расширение среднего зала станции с 6,2 до 8,2 м дало возможность разместить натяжную камеру и наклонный тоннель для четырех эскалаторов в пределах посадочной платформы, что обеспечило ширину посадочной платформы в боковых тоннелях 3,2 м. Это позволило соорудить весь блок служебных помещений в одном тоннеле. Конструкция пересадочных узлов станций «Пушкинская», «Горьковская» и «Чеховская» значительно упрощена.

Рационализаторы СМУ-7 Мосметростроя и института Метрогипротранс разработали новую конструкцию лотковых элементов тоннельной обделки станции. Впервые в практике мирового и отечественного метростроения применены плоские железобетонные лотковые и предлотковые блоки с чугунными гидроизолирующими плитами. Широкое внедрение таких блоков при сооружении станции «Пушкинская» позволило снизить потребность металла на 950 т, сократить количество болтовых соединений более чем на 26 тыс., сэкономить 220 м³ лесоматериалов. За счет ликвидации большого объема трудоемких работ по очистке ячеек тубингов и устройству временных деревянных настилов для откаточных путей затраты труда были снижены на 2670 чел.-дн. Сто-



Станция «Пушкинская»

имость строительства станции по сравнению с предусмотренной проектом снижена на 100 тыс. руб. только благодаря применению новой конструкции лотковой части.

При сооружении станций «Пушкинская» и «Кузнецкий мост» был осуществлен рациональный способ проходки боковых тоннелей, при котором элементы перемычек вместе с колоннами или тубингами временного заполнения устанавливали одновременно с монтажом очередного кольца обделки. Монтаж обделки производился тубингоукладчиком новой конструкции ТУ-4, приспособленным также для подъема и установки двух половин колонн весом 3,9 т каждая в проектное положение. Скорость сооружения тоннеля с установкой перемычек и колонн в среднем составила 28 пог. м в месяц.

Проходка среднего станционного тоннеля на обеих станциях осуществлялась с раскрытием на полный профиль и монтажом обделки верхнего и нижнего сводов тем же тубингоукладчиком с удлиненным рычагом эректора. На строительстве станции «Кузнецкий мост» была испытана и внедрена комбинированная монтажная самоходная тележка, которую можно использовать для

нагнетания цементного раствора за тьюбинговую обделку, чеканки швов, подвески зонтов и для архитектурно-отделочных работ. Применение тележки способствовало снижению трудоемкости в общей сложности на 10,7 чел.-дн на сооружение 1 пог. м стационарного тоннеля.

Объединенный вестибюль станций «Пушкинская» и «Горьковская» сооружался на весьма стесненной площадке одновременно с редакционным корпусом газеты «Известия». С целью исключения повторного вскрытия поверхности и ведения работ в действующем вестибюле наклонный тоннель на станцию «Горьковская» был пройден одновременно со строительством объединенного вестибюля. Во избежание передачи шума и вибрации от действующих эскалаторов в редакционный корпус «Известий» были разработаны и построены специальные конструкции, поддерживающие эскалаторы.

В качестве тоннельной обделки перегонных тоннелей, притоннельных сооружений и технологических выработок применялись чугунные тьюбинги и железобетонные блоки. В чугунную обделку перегонных тоннелей введен элемент плоского лотка, выполненный из железобетона с чугунной водозащитной плитой. Это дало возможность снизить затраты труда на сооружение 1 км тоннеля на 5 тыс. чел.-дн., расход металла — на 254 т, лесоматериалов — на 245 м³, получить экономию около 40 тыс. руб.

Центральный участок Ждановско-Краснопресненской линии оснащен совершенным оборудованием, значительно улучшающим условия эксплуатации метрополитена. Впервые на подземных совмещенных тягово-понижительных подстанциях установлены выпрямительные агрегаты УВКМ-6 с сухими тяговыми трансформаторами ТСЗП-1600/10, позволившие увеличить их мощность на 50% и улучшить использование объема помещений. Применена новая электронная система телеуправления электроподстанциями ТЭМ-74, более надежная в работе и удобная в управлении. Для обеспечения бесперебойности движения поездов при высокой безопасности смонтировано оборудование систем автоматической локомотивной сигнализации с автоматическим регулированием скорости, а также автоматического управления движением поездов.

Вентиляция станций и тоннелей обеспечивается менее

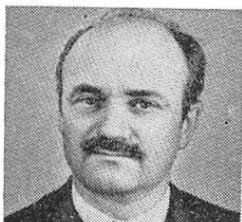
энергоёмкими, чем раньше, осевыми реверсивными вентиляторами ВОМД-24. Вентиляторы с дистанционным управлением обладают высоким КПД и широкой маневренностью работы. В вентиляционных камерах из специальных пористых бетонных блоков устроены глушители шума, обеспечивающие снижение уровня шума до санитарных норм.

В процессе проектирования и строительства центрального участка Ждановско-Краснопресненской линии изобретатели и рационализаторы разработали ряд технических решений, обеспечивших повышение производительности труда, удешевление строительства, улучшение эксплуатационных показателей линии и отдельных сооружений. Общий суммарный экономический эффект от применения изобретений и рационализаторских предложений составил 1842 тыс. руб. Широкое внедрение организации работ по методу бригадного подряда способствовало значительному повышению производительности труда и качества строительно-монтажных работ, а также обеспечению экономии государственных средств.

Архитекторы, инженерно-технические работники и рабочие, внесшие большой вклад в строительство линии, удостоены премии Совета Министров СССР за 1977 г. Звание лауреата премии Совета Министров СССР присвоено: Л. А. Алексеевой, Н. А. Алешиной, Ю. В. Вдовину, В. А. Алихашкину, Е. С. Барскому, С. З. Горскому, В. М. Гофману, Л. С. Едигаряну, Л. В. Зиминой, Т. И. Сергеевой, В. В. Котову, А. Ф. Стрелкову, Б. А. Пригореву, Ю. М. Самохвалову, Б. Н. Виноградову, Ф. П. Абраменкову, Б. И. Альперовичу, Г. М. Богомолу, Н. П. Гостееву, Ю. П. Павлову, В. А. Есину, Н. А. Исаеву, В. С. Коренкову, В. К. Кошелькову, М. Ф. Титову, Б. В. Царскому, А. В. Жигареву, Д. И. Ненашеву, А. И. Крюкову, С. К. Илюхину, А. И. Мышенкову, В. С. Ратнову, Г. П. Федотову, И. М. Якобсону, А. А. Оржеховскому, В. Е. Стрельцову, Ю. М. Берковичу-Пенькову.

Сооружение центрального участка Ждановско-Краснопресненской линии Московского метрополитена — значительный шаг вперед в развитии техники отечественного метростроения.

● **НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ
МЕТРОСТРОЕНИЯ**



В. А. АЛИХАШКИН,
инженер, лауреат премии
Совета Министров СССР

В современных крупных городах, население которых превышает миллион человек, транспорт является важнейшим связующим звеном в комплексной организации застройки. Значительные пассажиропотоки, образующиеся на направлениях, связывающих промышленные зоны с жилыми районами и общественными центрами, большие расстояния, отделяющие промышленные зоны от новых жилых массивов, создают проблему, которую можно решить только путем вывода транспортной системы с улиц, за счет обеспечения полной автономности движения транспортных средств, организованных к тому же по системе многих единиц. Этим требованиям в наибольшей степени отвечает метрополитен — внеуличный рельсовый электрифицированный массовый и скоростной транспорт. Опыт эксплуатации первого в Советском Союзе Московского метрополитена убедительно доказал его преимущества перед другими видами городского пассажирского транспорта.

Московский метрополитен по праву считается родоначальником всех советских метрополитенов. Коллектив его строителей и проектировщиков создал новую отрасль строительства — отечественное метростроение. Многолетний опыт позволил выработать важнейшие принципы проектирования отечественных метрополитенов, основанные на создании наибольших удобств для пассажиров и

эксплуатационников при наименьшем неблагоприятном влиянии на окружающую среду, городскую застройку. Эти принципы заложены в основу комплексного решения градостроительных и транспортных проблем наших крупнейших городов.

В отличие от метрополитенов, созданных в конце прошлого и в начале нынешнего века в Лондоне, Нью-Йорке, Париже, Берлине, Московский метрополитен строился с расчетом благоприятного эстетического и художественного воздействия на пассажиров. К новому виду транспорта в Москве никак не подходило распространенное за рубежом слово «подземка». Когда крупнейшие капиталистические города в 50—60-е гг. задыхались от массовой автомобилизации, они были вынуждены вернуться к развитию общественного транспорта и строительству новых линий метрополитена, используя опыт советского метростроения.

Успехи эксплуатации Московского метрополитена, его важная роль в системе общественного транспорта столицы определили широкое развитие этого вида транспорта в других крупнейших городах Советского Союза. Великая Отечественная война прервала строительство первой линии метрополитена в Ленинграде. После победы, несмотря на трудности периода восстановления, там было продолжено строительство метро. Спустя 20 лет после ввода в эксплуатацию первой линии Московского метрополитена, в 1955 г., вступил в строй действующих Ленинградский метрополитен. Сегодня в Ленинграде успешно работает система из трех линий метро общей протяженностью 66,4 км с 37 станциями. Ленинградское метро перевозит почти треть всех пассажиров города.

В 1960 г. начал действовать метрополитен в Киеве, в 1966 г.— в Тбилиси и в 1967 г.— в Баку. В настоящее время в этих городах уже эксплуатируется по две линии метро. Проектирование и строительство метро продолжаются. В 1975 г. вступил в строй действующих метрополитен в Харькове, в 1977 г.— в Ташкенте. Завершено строительство первого участка линии метрополитена в Ереване.

Активно ведется строительство подземных магистралей в Минске и в одном из крупнейших промышленных центров РСФСР Горьком, где уже в середине одиннадцатой пятилетки планируется ввести в эксплуатацию первые участки подземных линий. Для четырех крупней-

ших городов — Новосибирска, Куйбышева, Свердловска и Днепропетровска — разработаны технические проекты линий метрополитенов. Начато их строительство.

Разработаны технико-экономические обоснования строительства метрополитенов в Алма-Ате, в Риге и в Ростове-на-Дону. В комплексных схемах развития всех видов городского транспорта для таких городов, как Омск, Челябинск, Пермь, Уфа, Донецк, Казань, Красноярск, Одесса, в перспективе также предусматривается строительство метрополитенов. Все эти города, по данным Всесоюзной переписи населения, либо превысили миллионный рубеж числа жителей, либо близки к нему.

Практика отечественного метростроения наглядно показывает, что своеобразие градостроительных, геологических и географических условий в каждом новом городе, где начинается проектирование метрополитена, требует индивидуального подхода не только к решению планировочных особенностей генеральной схемы развития перспективных линий данного метрополитена, но и к выбору глубины их заложения, совершенствованию типов конструкции отделки основных сооружений, методов и способов производства работ.

Основными направлениями технического прогресса в метростроении являются:

создание новых, прогрессивных конструкций перегонных тоннелей и станционных комплексов, учитывающих особенности их применения в различных условиях глубины заложения, гидрогеологии и при разных способах строительства;

создание технологического ряда машин и механизмов, обеспечивающих комплексную механизацию горнопроходческих, строительных и монтажных работ;

совершенствование специальных способов строительства в особо сложных инженерно-геологических условиях;

совершенствование объемно-планировочных решений входов и вестибюлей станций, пересадочных устройств между станциями в местах пересечений линий, служебно-технических помещений;

внедрение комплексных систем автоматизации управления движением поездов, энергоснабжением и тоннельной вентиляцией;

совершенствование комплекса энергомеханического

оборудования метрополитена, эскалаторов, путевых устройств, системы информации;

разработка и внедрение новых конструкций пути, отделки и подвижного состава, обеспечивающих снижение шума и вибрации, уменьшение их передачи в окружающую среду.

Неоценимый опыт московского Метростроя, накопленный за пятьдесят лет и проверенный на практике, позволяет успешно развивать технический прогресс на всех перечисленных направлениях, сокращать затраты труда, совершенствовать технику строительства метрополитенов в других городах страны. Процесс взаимообогащения позволяет совершенствовать качество проектов, отражая в них новейшие достижения практики метростроения и эксплуатации, сокращая затраты труда и сроки строительства.

При разработке генеральной схемы развития того или иного метрополитена учитываются не только градостроительная перспектива, пассажиропотоки, размещение на территории города пассажирообразующих центров, но и принцип построения сети метрополитена, обеспечивающий возможность поездки из любого пункта в какой-либо другой не более чем с одной пересадкой. Учитываются также поэтапное наращивание протяженности сети, количества линий и увеличение числа пересадочных узлов.

Большая часть принятых к реализации генеральных схем метрополитенов в городах Советского Союза полностью удовлетворяет этим требованиям. Как правило, за основу схем принимается система из трех или более линий метро с пересечением их в центральной части города. Конкретное положение линий и основных пересадочных узлов решается в зависимости от величины города, перспектив его развития, наличия препятствий (реки, горы и т. п.).

Большой опыт накоплен по рациональному размещению и объемно-планировочным решениям пересадочных станций. В соответствии с глубиной их заложения, планировочной структурой города, очередностью строительства выбирается соответствующий тип конструктивного решения станций, входящих в пересадочный узел. При этом главные требования — обеспечить пассажирам наименьшие затраты времени на пересадку, а также обеспечить возможность ведения поэтапного строительства при наименьших дополнительных строительных объемах.

Наилучшими в планировочном отношении признаны пересадочные станции с совмещенным движением поездов. К пассажирской платформе каждой из этих станций подходят поезда попутного направления, но с разных линий. Это означает, что для пересадки между этими линиями в попутном направлении достаточно пересечь только платформу станции. По такому принципу построены и эксплуатируются пересадочные узлы станций «Площадь Ногина» в Москве и «Технологический институт» в Ленинграде, а также запроектированы схемы пересадок на станциях «Новокузнецкая» и «Каширская» в Москве и «Московская» в Горьком.

При пересечении в одном узле трех линий в разных уровнях наилучшим решением пересадочного узла является размещение станций в плане по сторонам треугольника. Такая схема позволяет попасть из каждого вестибюля на две из трех станций, входящих в пересадочный узел. К преимуществам схемы относится возможность независимого поэтапного строительства линий и станций, входящих в пересадочный узел.

Классическим примером реализации такого пересадочного узла можно назвать станцию «Пушкинская» на Ждановско-Краснопресненской линии Московского метрополитена. Основная трудность заключалась в необходимости сооружения станции на действующей Горьковско-Замоскворецкой линии без перерыва движения. Ныне действует первая очередь пересадочного узла — между станциями «Пушкинская» и «Горьковская». Третья станция — «Чеховская» — будет строиться на проектируемой Серпуховско-Тимирязевской линии. Она замкнет пересадочный треугольник, в вершинах которого будут находиться объединенные вестибюли с входами на две станции. В центральной зоне треугольника будут расположены относительно короткие переходы между платформами станций.

Опыт, полученный при строительстве станции «Горьковская», имеет важное значение для совершенствования генеральных схем действующих метрополитенов. Он будет учтен при проектировании и строительстве станций на действующих линиях.

Разработанная в Москве новая конструкция станции глубокого заложения колонного типа с двухрядными чугунными перемычками с успехом применена в сложных геологических условиях Киева, Харькова и Праги. Ус-

пешно освоенная в Ленинграде сборная железобетонная обделка перегонных тоннелей с обжатием в породе находит широкое применение в Москве, Киеве, Харькове, Горьком, Минске и в других городах.

Принципиально новый метод сооружения перегонных тоннелей с обделкой из монолитно-прессованного бетона, разработанный и освоенный в Москве и в Тбилиси и отмеченный Государственной премией СССР, широко применяется при строительстве метрополитенов в Минске, Горьком и Праге. Намечается применить его и в других городах. В Праге с помощью этого метода сооружены тоннели под рекой Влтавой и старым городом. В Горьком он был применен в широком масштабе при проходке тоннелей под одним из центральных проспектов города даже под опорами действующего путепровода.

Представляет большой интерес опыт ленинградских метростроителей в области механизированной скоростной проходки, сооружения станций глубокого заложения односводчатого типа, а также в применении крупноэлементных армоцементных водозащитных зонтов для станций и эскалаторных тоннелей.

В Москве, Тбилиси, Харькове и Киеве постоянно совершенствуется опыт применения в разных условиях цельносекционной обделки. Ташкентские метростроители успешно освоили технологию устройства сейсмостойкой обделки из сборных железобетонных блоков с продольными связями, образующими сейсмопояса. Разработанный и осуществленный в Москве метод бескессонной проходки перегонных тоннелей в неустойчивых обводненных грунтах может найти применение и в других городах Советского Союза.

Так с расширением географии строительства метрополитенов открываются новые горизонты, новые возможности для пополнения и эффективного использования богатейшего опыта отечественного метростроения.

● В БОРЬБЕ ЗА ВЫСОКИЕ СКОРОСТИ ПРОХОДКИ



В. В. ГОРЫШИН,
главный инженер
ленинградского Метростроя,
лауреат Государственной
премии СССР

Большую трудовую победу одержали ленинградские метростроители на финише десятой пятилетки, установив новое высокое достижение скорости проходки перегонных тоннелей. За 31 рабочий день — с 15 декабря 1980 г. по 15 января 1981 г. — тоннельным отрядом № 3 было сооружено 1250 пог. м перегонного тоннеля между станциями «Удельная» и «Пионерская» Московско-Петроградской линии.

Во время скоростной проходки комплексная комсомольско-молодежная бригада, руководимая коммунистом Э. Ф. Лубинским, достигла рекордных показателей — максимальной суточной скорости проходки 48 пог. м, максимальной скорости проходки за смену 20 пог. м. Столь высокие результаты скоростной проходки достигнуты впервые в практике как отечественного, так и мирового метростроения.

Скоростные проходки на ленинградском Метрострое стали традицией, история которой насчитывает уже более трех десятилетий. Вначале оснащением проходчиков был отбойный молоток и тубингоукладчик, затем появились первые механизированные щиты, созданные в Ленинграде. В 1954 г. использование этих щитов позволило тоннельному отряду № 3 ленинградского Метростроя достичь скорости проходки 250 пог. м в месяц, а в 1959 г. строительно-монтажное управление №17 соорудило за

месяц 308 пог. м тоннеля. Затем успеха снова добился тоннельный отряд № 3 — темп работ за месяц составил 320 пог. м тоннеля.

Каждая скоростная проходка была хорошей школой для строителей. Она позволяла выявлять недостатки, учитывать неиспользованные возможности, накапливать опыт, чтобы в дальнейшем выходить на новые, более высокие рубежи. Когда выяснилось, что технические возможности механизированного щита исчерпаны, Ленметрострой в творческом содружестве с учеными, конструкторами, проектировщиками приступил к разработке нового механизма, который изготовил Ясиноватский машиностроительный завод. Так был создан проходческий тоннельный комбайн КТ-1-5,6.

Первые два щита были снабжены рычажным гидравлическим укладчиком. Организованная в 1976 г. скоростная проходка, во время которой коллектив тоннельного отряда № 3 соорудил за месяц 676 м тоннеля, показала, что узким местом является установка колец, и работа сконцентрировалась на проблеме повышения уровня механизации монтажа обделки за щитом. Инженеры Ленметростроя и Ленметрогипротранса разработали дуговой конвейерный укладчик, который также был изготовлен на Ясиноватском машиностроительном заводе. Он позволил резко снизить трудоемкость и сократить время монтажа колец. В 1978 г. коллектив СМУ-15, используя тоннелепроходческий комплекс, оснащенный этим укладчиком, достиг скорости проходки 876 пог. м тоннеля в месяц, а в 1979 г. — 1070 пог. м в месяц.

Одновременно совершенствовались конструкции обделки. Появились первые железобетонные тубинги 5НСК-4 и наконец — блочная обделка, обжатая в породе. Работа постоянно велась в трех направлениях — создавались новые машины и механизмы, новые конструкции и новая технология. Неуклонный прогресс послужил основой нового рекордного результата.

Как обычно, для успешного проведения новой скоростной проходки был всесторонне проанализирован опыт предыдущей. Рекорд во многом predetermined тем, что были учтены достижения и недостатки скоростных проходок 1978—1979 гг. Так, электромеханический привод тубингоукладчика, часто выходивший из строя, был заменен гидравлическим. Был внесен ряд усовершенствований в конструкцию механизированного щита. Коренной

переработке подверглась система транспорта породы и материалов.

Важными факторами, способствующими решению задачи, были инженерная подготовка и материальное обеспечение. В подготовительный период были определены объемы материалов, оборудования, изделий, необходимых для проведения скоростной проходки, установлены сроки обеспечения ими шахты, разработаны циклограммы, графики проходки и движения электровозов и рабочей силы, выполнения сопутствующих работ.

На основе опыта предыдущих скоростных проходок было выделено 3 ч в сутки для профилактического ухода за механизмами, что положительно сказалось на результатах — поломок в процессе работы почти не было. Приготовленное заранее необходимое количество взаимозаменяемого оборудования и запасных частей позволило быстро устранять неисправности. Были организованы звенья оперативно действующего обслуживающего персонала во главе со сменными механиками, работавшие как в тоннелях, так и на поверхности.

Учитывая довольно сложные для скоростного строительства условия трассы (наличие кривой в плане и уклон до 40% *о*), серьезное внимание уделили горизонтальному транспорту породы и материалов. В проекте производства работ были точно размечены места разминовок, разработаны диспетчерские графики движения электровозов с учетом изменений длины откатки.

Для улучшения работы вертикального транспорта было проведено разделение грузопотоков породы и материалов со специализацией клетей. На шахте 321 в стволе диаметром 6 м, в котором обычно размещается двухклетевой подъем, удалось разместить третью клеть. Для этого требовалось очень четко и точно вести проходку ствола, так как малейшие отклонения от габаритов не позволили бы осуществить это мероприятие. Применение трехклетьевого подъема на скоростной проходке полностью себя оправдало. Две клетки работали на выдаче породы, третья служила для спуска и подъема людей и материалов.

Шахтный подъем был оснащен новыми подъемными машинами серии 2Ц-2-1,1, отличающимися от прежних большими техническими возможностями, машинами более современными и удобными, оборудованными устройствами автоматического ускорения и торможения, что



Бригада проходчиков ленинградского Метростроя, установившая мировой рекорд проходки (справа бригадир Э. Ф. Лубинский)

облегчило работу машинистов шахтного подъема и увеличило производительность ствола. С целью сокращения сроков обмена вагонеток на поверхности горный комплекс был оснащен четырьмя бункерами для породы, с расстановкой их по схеме прямого обмена, когда порожняя вагонетка выталкивает груженую и занимает ее место. Эти инженерные мероприятия позволили обеспечить четкую и ритмичную работу шахтного конвейера и дважды достичь максимальной скорости — 20 пог. м в смену.

В целях обеспечения бесперебойной работы проходчиков был внесен ряд изменений в маркшейдерское обслуживание щитовой проходки. Если при щитовой проходке с обычной скоростью сменный маркшейдер успевает определить положение щита и имеет время для проведения комплекса работ по полигонометрии, разбивочным работам и деформационным наблюдениям, то в условиях скоростной проходки, когда за смену производится до 40 передвижек щита, все рабочее время сменного маркшейдера уходит на ведение щита. Исходя из этого, были созданы две маркшейдерские группы по обслуживанию скоростной проходки. Первая занималась только ведением щита, вторая — полигонометрией, выноской сигналов, съемкой тоннеля за проходческим комплексом, деформационной съемкой.

Для ведения щита по проектной трассе был изготовлен новый щитовой прибор, снабженный зрительной трубой 30-кратного увеличения. Такой прибор значительно облегчил и сократил работу по выноске осевых сигналов.

Намеченные мероприятия и выбранная методика маркшейдерских наблюдений позволили определять положение щита в плане и профиле с минимальными затратами времени при всех его передвижках и провести щит по проектной трассе с самой высокой точностью.

На совещаниях штаба, руководимого партийным комитетом Ленметростроя, регулярно подводились итоги этапов подготовки. Серьезное внимание уделялось организации социалистического соревнования за право участвовать в скоростной проходке. Победителем соревнования стал комсомольско-молодежный коллектив комплексной бригады Э. Ф. Лубинского. В звеньях бригады была обеспечена полная взаимозаменяемость профессий. Всех работников участка ознакомили с проектом производства работ, графиками и циклограммой проходки. На рабочих местах были вывешены плакаты, лозунги и таблицы с указанием конкретных задач и сроков выполнения отдельных этапов подготовки и проведения скоростного строительства.

Важнейший вывод, который можно сделать по итогам скоростной проходки, сводится к следующему: для того чтобы устанавливать рекорды скорости проходки, т. е. решать новые, более серьезные задачи, необходимо предыдущие рекорды сделать нормой. Практика скоростных проходок с особой наглядностью выявляет узкие места. Последняя скоростная проходка также выявила ряд недостатков, например неудовлетворительную механизацию рудничного двора, малоэффективность толкателей.

Высокие скорости, полученные при проходке перегонного тоннеля, позволяют ставить вопрос о сокращении сроков строительства метрополитена, тем более что в настоящее время уже ведутся работы по созданию механизированного агрегата для разработки породы и монтажа верхнего свода односводчатой станции. Это даст возможность механизировать работы почти в полном объеме и на станциях.

С целью дальнейшего совершенствования работ по сооружению перегонных тоннелей создается автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП). Внедрение этой системы позволит заменить тяжелый труд на проходке тоннелей операторским. Работа разбита на несколько этапов, первый из которых должен быть выполнен в 1982 г. На этом этапе труд маркшейдера и машиниста щита возьмет на себя управ-

ляющая ЭВМ. Должна быть автоматизирована и погрузка породы. Параллельно с этим намечено механизировать операции по подаче и монтажу кольца, которыми будет руководить один человек с пульта. На следующих этапах автоматизация должна охватить и все другие операции, включая откатку породы и выдачу ее на поверхность.

В общем комплексе работ по ускорению ввода участков метрополитена необходимо решить задачу механизации строительства притоннельных сооружений. Предполагается создать механизм для проходки выработок малой протяженности, который можно было бы быстро монтировать и демонтировать.

Серьезными препятствиями на пути сокращения сроков строительства метро являются проходка выработок и прокладка инженерных коммуникаций, возведение различных фундаментов на поверхности в мерзлых и искусственно замороженных грунтах. Специалисты Ленметростроя в содружестве с учеными Ленинградского горного института работают над созданием машины для размораживания грунтов в пределах разрабатываемого сечения. Решается и ряд других проблем по ускорению строительства метрополитенов.

У коллектива ленинградских метростроителей есть все основания быть уверенными в успешном решении важной технической и социальной задачи — задачи повышения скоростей и сокращения сроков строительства метрополитена.

● ЭФФЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛЕНИНГРАДСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА



Г. А. ФЕДОРОВ,
начальник ленинградского
Метростроя,
лауреат Государственной
премии СССР

Еще в годы строительства первой очереди Ленинградского метрополитена у ленинградских метростроевцев выработалась традиция — из года в год, от участка к участку внедрять новые, более совершенные конструкции и методы возведения подземных и наземных сооружений, повышая производительность труда, сокращая сроки строительства и стоимость линий метрополитена. В первые десятилетия благодаря содружеству проектных и научно-исследовательских организаций, институтов и заводов Ленинграда был создан и внедрен ряд новых проходческих механизмов и конструкций, позволивших улучшить методы строительства метрополитена. В их числе в первую очередь следует назвать механизированный проходческий щит для перегонных тоннелей, железобетонную обделку из высокопрочного бетона марки «600», оборудование автоматического управления движением поездов на основе централизованной программно-моделирующей системы и многое другое.

В эти годы были разработаны основные решения принципиально новых высокоэффективных конструкций сооружений и горнопроходческого оборудования, которые нашли самое широкое применение в проектах Ленинградского метрополитена на одиннадцатую и двенадцатую пятилетки. Подавляющее число этих решений внедрялось и осваивалось в годы девятой пятилетки при

сооружении четвертого участка Кировско-Выборгской линии. Дальнейшее развитие и расширение областей применения новых конструкций не прекращается.

Совершенствование конструкций, снижение стоимости, металлоемкости и трудозатрат на монтаж обделки перегонных тоннелей привело к разработке и внедрению сборной железобетонной обделки из блоков простой формы, собираемых с обжатием в породу. Такая обделка немедленно вступает в совместную работу с грунтом. Вследствие ликвидации зазоров между грунтом и обделкой в процессе обжатия устраняется возможность проседания кровли выработки и осадок дневной поверхности, отпадает необходимость в сдерживающем темп проходки мокром процессе заполнения зазора. По сравнению с ранее применявшейся обделкой обычного типа экономится до 100 кг металла на 1 пог. м, на 15,6% уменьшается стоимость, значительно снижается трудоемкость монтажа. Время, затрачиваемое на сборку кольца обделки при проходке механизированным комплексом КТ-1-5,6, доведено до 7—8 мин.

Новый тип высокоэффективной обделки, простой в изготовлении и сборке, в сочетании с усовершенствованным механизированным проходческим комплексом позволил значительно повысить скорость проходки перегонных тоннелей в условиях Ленинграда. Применяя эту обделку при сооружении перегонного тоннеля между станциями «Удельная» и «Пионерская» на Московско-Петроградской линии, ленинградские метростроевцы в декабре 1980 г.—январе 1981 г. установили наивысшее достижение скорости проходки—1250 пог. м готового тоннеля за 31 рабочий день. Максимальная суточная скорость проходки составила 48 м, а максимальная сменная—20 м. Скорости проходки при рядовых условиях приближаются к техническим паспортным—350 пог. м в месяц, а часто и превышают их. Блочная, обжатая в породу железобетонная обделка стала основным типом обделки, применяемой при сооружении перегонных тоннелей Ленинградского метрополитена.

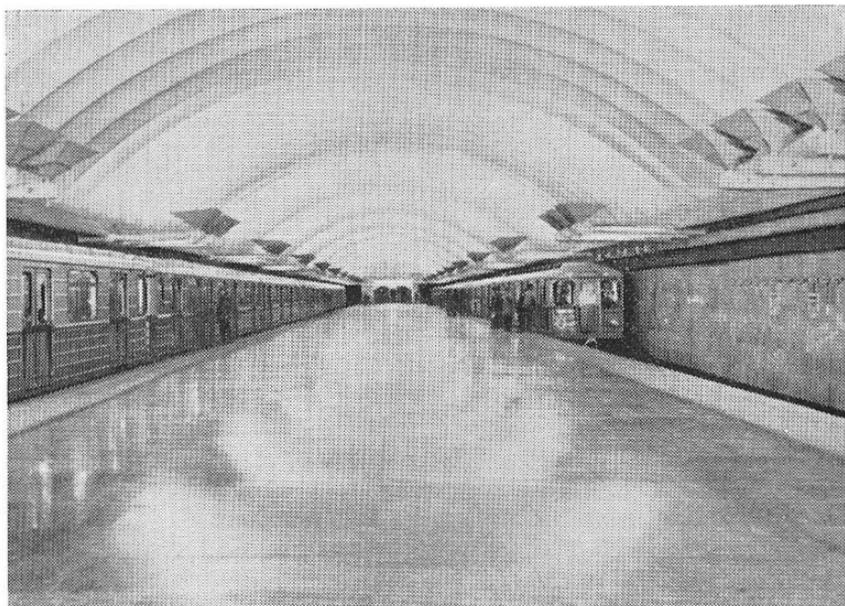
Творческий поиск новых, более современных конструкций станций метрополитена на рубеже девятой и десятой пятилеток завершился созданием принципиально новых типов односводчатой и колонной станций, коренным образом отличающихся от ранее построенных. В основу конструкции односводчатых станций заложена ре-

лизация принципа обжатия обделки в породу для сводов большого пролета. Успешное применение такой обделки при сооружении перегонных тоннелей выявило значительные преимущества такой технологии возведения подземных конструкций. Однако применение ее для большепролетных сводов требовало серьезных проработок и дальнейших усовершенствований. Строительству первых станций со сборной обделкой, обжатой в породу, предшествовали большие исследования по вопросам статической работы конструкций. Конструкция станции была многократно испытана на моделях методом эквивалентных материалов. Исследования и испытания убедили в надежности и долговечности принятых в проекте конструктивных решений.

В поперечном сечении станция представляет собой однопролетный свод, опирающийся на массивные бетонные опоры. Замыкающий конструкцию обратный свод является одновременно распоркой для боковых опор. В центральной части станции располагается пассажирская платформа. Под ней и частично на ее уровне размещаются служебные и технические помещения.

Новое решение предоставляет неограниченные возможности раскрытия большого пространства для архитектурного оформления станции, позволяет использовать разнообразные приемы освещения и тематической отделки торцов и путевых стен. Перекрытие всей ширины станции одним сводом создает благоприятные условия для замены ручного труда проходчиков механизированным. Так, при строительстве первых станций из общего объема грунта 30 тыс. м³ около 60% (ядро и лоток) разрабатывалось механизированным способом — с помощью электрического экскаватора-ковша активного действия. В дальнейшем в процессе совершенствования конструкций, методов сооружения и средств механизации предполагается практически весь объем станционного узла разрабатывать механизированным способом. С этой целью отрабатывается технология сквозной проходки боковых тоннелей механизированными комплексами в едином цикле с примыкающими перегонными тоннелями и интенсивно ведутся работы по созданию агрегата для механизированной проходки верхнего свода.

Заложенные в конструкции технологические возможности позволили организовать процесс сооружения станции по поточному принципу, с совмещением всех основ-



Станция «Площадь Мужества»

Станция «Гражданский проспект»

ных циклов, что намного сокращает сроки строительства. Так, первая опытная станция указанной конструкции — «Площадь Мужества» — была построена за 25 месяцев, в то время как станции других типов возводились за 36—40 месяцев.

Следует особо остановиться на качественных характеристиках конструкции односводчатых станций. В результате практически немедленного введения свода в плотный контакт с окружающим массивом, а также благодаря предварительному напряжению с усилием величиной примерно 40% от нормальной силы, вызываемой горным давлением, процесс стабилизации конструкции и вступления ее в совместную работу с грунтом протекает в очень короткие сроки. После обжатия полностью прекращаются деформации свода, а следовательно; и деформация окружающего массива грунта и поверхности. Опыт сооружения в Ленинграде односводчатых станций показывает, что их конструкция позволяет осуществлять строительство в районах плотной городской застройки без угрозы опасных деформаций наземных зданий и сооружений.

Существенным качественным и одновременно экономическим фактором строительства односводчатых станций является значительная экономия дефицитного металла. Суммарный расход его на односводчатую станцию для восьмивагонных составов немногим выше 1600 т, и экономия на одну станцию составляет около 8 тыс. т.

В основу конструкции нового поколения станций колонного типа положен принцип шарнирного опирания сводов на несущие металлоконструкции. Такое решение исключает растягивающие напряжения в несущих элементах и практически обеспечивает идеальную работу конструкции. Это позволило применить сборную железобетонную обделку вместо чугуновой и облегченные металлоконструкции из высокопрочной низколегированной стали 09Г2С. Отказ от чугуновой обделки боковых тоннелей и среднего свода и замена их железобетонными дают экономию чугуна до 8 тыс. т на одну станцию.

На традиционных станциях колонного типа колонны опираются на сплошную железобетонную плиту, так что использовать пространство под платформой для служебных помещений не представляется возможным. В новой конструкции стальные колонны опираются на нижний

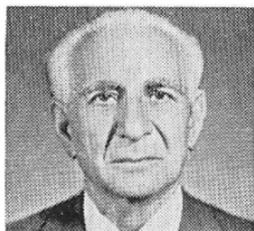
монолитный железобетонный прогон, который, в свою очередь, шарнирно опирается на блоки нижней части обделки. Такое конструктивное решение позволило получить под платформой дополнительный объем и использовать его для служебных помещений.

В разрабатываемых проектах новых линий предусматриваются преимущественно односводчатые станции. При этом предусматривается совмещение всех элементов станционного узла в едином объеме, под одним общим сводом. Это позволяет вести работы по единой отработанной технологии, с помощью единого комплекса механизмов, использовать однотипные конструктивные элементы и, таким образом, еще выше поднимать качество сооружений, сокращать трудозатраты и сроки строительства. Первыми такими узлами являются станции четвертого участка Московско-Петроградской линии.

При строительстве Ленинградского метрополитена применяются и другие прогрессивные и эффективные конструкции. Примером могут служить армоцементные конструкции, в частности крупноэлементные водозащитные зонты для станций и эскалаторных тоннелей. Эти конструкции, монтируемые в виде трехшарнирных арок, не связанных с основной несущей обделкой, обладают высокими технологическими, эксплуатационными и архитектурными качествами. На их работу не влияют деформации основной несущей обделки тоннеля, они требуют минимума затрат труда при монтаже и отделке, изготавливаются на механизированной поточной линии. Достаточно сказать, что монтаж зонтов в эскалаторном тоннеле длиной более 100 м при нормальной организации работ продолжается менее десяти суток, а полная их отделка занимает меньше недели. Работникам служб эксплуатации не приходится производить ремонтных работ даже в период активного размораживания и деформации наклонного хода.

Можно привести немало примеров применения прогрессивных конструкций, материалов и средств механизации, позволяющих осуществлять строительство метрополитена в Ленинграде на высоком техническом уровне и с отличным качеством. Решающим условием технического прогресса является тесная творческая работа коллективов строителей, проектировщиков, эксплуатационников и научных организаций, направленная на достижение наивысшей эффективности и качества строительства.

● НОВОЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТБИЛИССКОГО МЕТРО



В. Д. ГОЦИРИДЗЕ,
начальник управления
Тбилтоннельстрой,
Герой Социалистического Труда,
лауреат Государственной
премии СССР

Особенности исторически сложившейся застройки Тбилиси, вытянувшегося более чем на 25 км вдоль реки Куры, плотно застроенного в центральной части, с узкими крутыми улицами, затрудняют развитие наземного транспорта. Быстрый рост населения города, численностью уже превысившего 1 млн. человек, обусловил значительное увеличение масштабов движения, особенно в часы пик. Возникшие трудности, дальнейшее неизбежное увеличение пассажиропотоков определили необходимость создания в Тбилиси системы внеуличного скоростного городского транспорта — метрополитена.

Тбилисский метрополитен, четвертый в нашей стране, начал действовать в декабре 1965 г., когда был сдан в эксплуатацию первый участок «Дидубе» — «Руставели» длиной 6,3 км с шестью станциями. В ноябре 1967 г. был введен в действие второй участок «Руставели» — «300 арагвинцев» длиной 3,9 км с тремя станциями. В мае 1971 г. действующая линия была продлена от станции «300 арагвинцев» до станции «Самгори». Сооружение первой очереди метро «Дидубе» — «Самгори» длиной 12,6 км с 11 станциями было закончено. В сентябре 1979 г. была сдана в эксплуатацию вторая очередь метро от станции «Вокзальная» до станции «Делиси» длиной 6,2 км с пятью станциями.

Инженерно-геологические условия вдоль трасс обеих

эксплуатируемых очередей Тбилисского метрополитена определили специфические конструктивные решения и способы строительства. Приток воды на отдельных участках трасс тоннелей, проходящих в трещиноватых грунтах, составляет $100 \text{ м}^3/\text{ч}$, воды агрессивные, местами термальные. Это потребовало проведения специальных мероприятий по водоборьбе (тампонаж, цементация с добавками смолы МФ-17, жидкого стекла и т. п.), использования бетона на сульфатостойком цементе. При сооружении некоторых эскалаторных тоннелей и вестибюлей был успешно применен метод искусственного замораживания грунтов (станции «Площадь Ленина» и «Проспект Церетели»), а при строительстве перегонных тоннелей на участке «Комсомольская» — «Делиси» — метод понижения уровня грунтовых вод.

Строительство линий двух очередей метрополитена потребовало выполнения огромного объема земляных, бетонных, арматурных и монтажных работ при максимальной их механизации. Вместо поэлементных процессов применялась проходка на полный профиль с использованием проходческих щитов, эректоров, самоходных буровых тележек и агрегатов, мощных породопогрузочных машин, бетононасосов, пневмобетоноукладчиков, подъемных кранов и т. п. Перегонные тоннели в основном сооружаются с унифицированной сборной железобетонной обделкой с помощью эректоров.

Одним из крупных достижений на строительстве первой очереди Тбилисского метрополитена было освоение впервые в практике мирового метростроения новой технологии проходки перегонных тоннелей в скальных породах механизированным щитом 105Т с возведением обделки из монолитно-прессованного бетона. В связи с тем что прессованный бетон быстрее набирает проектную прочность, чем обычный бетон того же состава, уплотняемый вибрированием, оказывается возможным сократить сроки распалубки и, следовательно, увеличить скорости сооружения тоннелей. Кроме того, внедрение новой технологии на строительстве перегонного тоннеля между станциями «26 комиссаров» и «Площадь Ленина», а также «300 арагвинцев» и «Исани» выявило целый ряд ее преимуществ (отсутствие переборок грунта; работоспособность щита в грунтах крепостью до 600 кгс/см^2 ; плотность контакта обделки с породой, исключая необходимость нагнетания растворов; гладкость бесшовной

поверхности обделки, исключая необходимость чеканки швов; полная механизация трудоемких процессов, снижение себестоимости работ).

Модернизация комплекса позволила независимо осуществлять проходку и возведение обделки, полностью ликвидировать технологические простои и при сооружении перегонного тоннеля между станциями «300 арагвинцев» и «Исани» достичь максимальной скорости — 106 пог. м в месяц (при устойчивой скорости 90 пог. м в месяц).

Впервые в практике отечественного метростроения при сооружении перегонных тоннелей мелкого заложения между станциями «Комсомольская» и «Делиси» была применена обделка из цельносекционных блоков длиной 1,5 м вместо обделки, состоящей из четырех блоков. Огромное значение придавалось гидроизоляции обделки, так как после восстановления статического уровня грунтовых вод она будет постоянно обводнена. В опытном порядке были использованы различные виды новых гидроизоляционных материалов (стеклогидроизол, эпоксидно-фурановая мастика, ребристый полиэтилен), которые можно наносить на обделку и в заводских условиях. Обследование тоннелей, находящихся более шести лет ниже восстановленного статического уровня грунтовых вод, показало полную водонепроницаемость обделки.

Внедрение цельносекционной обделки с заводской готовностью гидроизоляции позволило индустриализировать строительство, снизить трудоемкость монтажа за счет применения крупногабаритных конструкций и сокращения количества типоразмеров, сократить мокрые процессы при омоноличивании стыков, почти в 3 раза снизить трудозатраты, повысить качество и скорость строительства, а также уменьшить его стоимость.

При сооружении названного участка мелкого заложения изучались возможные решения проблемы борьбы с шумом и вибрацией. Для ликвидации этих явлений были использованы утяжеленные конструкции обделки (устройство в основании тоннеля бетонной подушки толщиной 1 м и обсыпка тоннеля с боков и сверху песком с большим объемным весом). Кроме того, впервые при устройстве постоянного пути были применены рельсы типа Р65.

На станциях «Исани» и «Проспект Церетели» (на станции «Площадь Ленина» — в опытном порядке) впер-



Станция «Политехнический институт»

вые применили сборные предварительно напряженные центрифугированные колонны со спиральной арматурой с высокой несущей способностью (до 2 тыс. тс). Масса такой колонны составляет 3,5 т при наружном диаметре 64 см. Колонны экономичны, транспортабельны, легко монтируемы и при шаге 5 м создают большие возможности для архитектурного оформления станций.

В Тбилиси впервые в отечественном метростроении были запроектированы и построены две односводчатые станции глубокого заложения в скальных грунтах («Политехнический институт» и «Вокзальная-II»), из монолитного бетона и железобетона. Благодаря умело и четко разработанной и осуществленной организации работ станция «Вокзальная-II» была сооружена в рекордно короткий срок — за два года и девять месяцев. Тбилисские метростроители успешно освоили также новую для них технологию сооружения односводчатой станции мелкого заложения «Делиси». Оригинальное решение было осуществлено при строительстве станции «Площадь Ленина», которое велось через сооруженный эскалаторный

тоннель, что позволило отказаться от проходки ствола и околоствольных выработок.

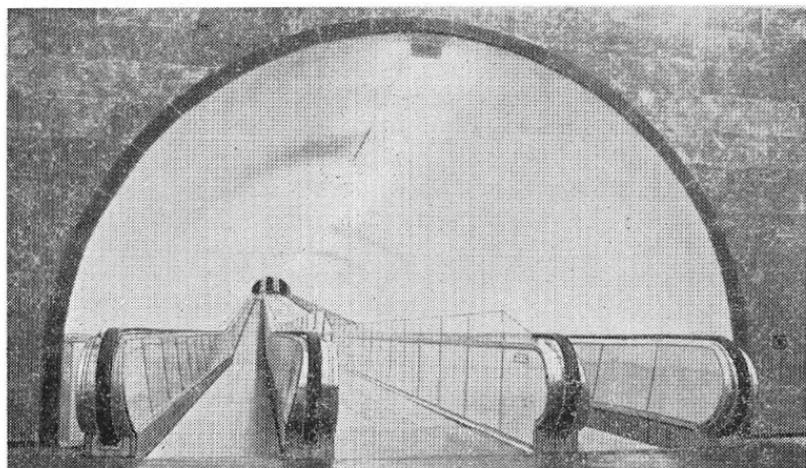
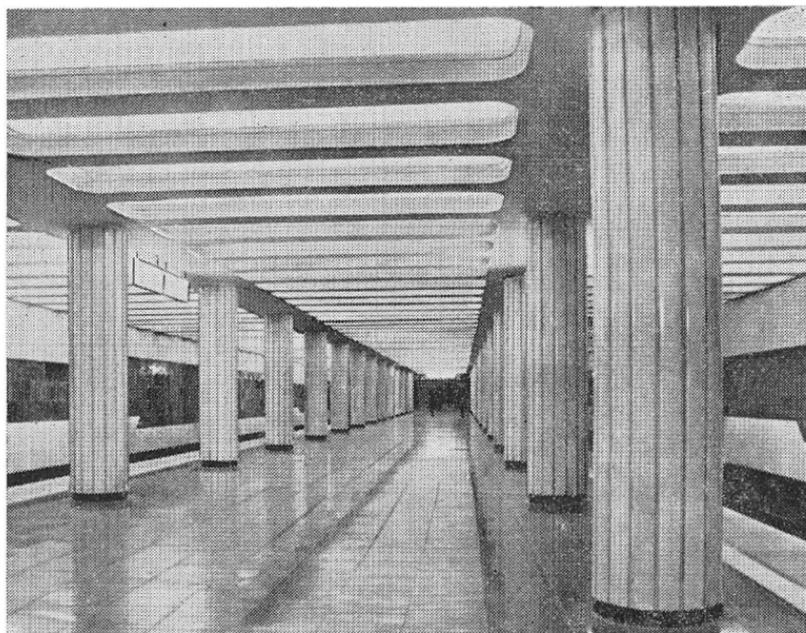
В Тбилиси создан первый в Советском Союзе комплекс механизированного подземного перехода с горизонтальными пассажирскими пластинчатыми конвейерами от станции метрополитена «Самгори» к Кахетинскому шоссе. Он дал возможность жителям крупного жилого массива, расположенного за Кахетинским шоссе, кратчайшим путем, с удобством и не подвергаясь опасности попадать к железнодорожному вокзалу станции Тбилиси-Узловая и в район Московского проспекта.

Этот переход, построенный в сложнейших условиях, под 13 эксплуатируемыми железнодорожными путями, без перерыва движения поездов, представляет собой уникальное подземное сооружение. Комплекс включает горизонтальный тоннель длиной 106 м, эскалаторный тоннель с высотой подъема 12 м, два вестибюля со служебными помещениями, приводную станцию и натяжные камеры конвейеров и эскалаторов. Провозная способность конвейера в одном направлении — 16 тыс. человек в час.

Конструкция горизонтального тоннеля определена условиями организации работ, необходимостью обеспечения устойчивости земляного полотна и непрерывности движения поездов на разветвленной сети железнодорожных путей. Внутренний габарит тоннеля рассчитан на размещение в нем двух пассажирских конвейеров каждый шириной 1 м и пешеходной дорожки между ними шириной 1,5 м с устройством в нижнем уровне служебных проходов. Выработка пройдена щитовым способом и имеет чугунную тубинговую обделку с внутренним диаметром 5,6 м. Оформление комплекса подземного перехода сочетается с архитектурой вестибюля станции метрополитена «Самгори».

Немалая роль при проектировании сооружений тбилисского метро принадлежит архитекторам. Планировка станций и вестибюлей обеспечивает максимальные удобства пассажирам, а архитектурные решения создают впечатление простора и легкости. Каждая из станций Тбилисского метрополитена имеет своеобразный архитектурный облик, привлекает своими художественными и техническими особенностями.

Много сложных проблем возникало при поисках оптимальных художественных решений. Вестибюли станций



Станция «Комсомольская»

Горизонтальный эскалатор в подземном переходе у станции метро «Самгори»

метро должны были гармонично сочетаться с архитектурным обликом Тбилиси. В ходе составления архитектурных проектов изыскивались наиболее выразительные и в то же время износостойкие отделочные материалы. Для отделки станций и вестибюлей применены как мраморы и граниты, так и относительно новые искусственные отделочные материалы — стекло, пластик, древесностружечные плиты, керамика, алюминий и т. п.

В настоящее время Тбилтоннельстрой ведет строительство новых линий в районах жилых массивов Глдани и Варкетили. Глданское направление является продлением эксплуатируемой линии от станции «Дидубе», Варкетильское — от станции «Самгори» (длина линии с веткой в новое вагонное депо составит 10 км). Учитывая положительный опыт строительства и эксплуатации односводчатых станций глубокого заложения на второй очереди Тбилисского метрополитена, сооружают три станции аналогичного типа («ТЭВЗ», «Глдани» и «Варкетили»).

Большой вклад в совершенствование конструкций и методов организации строительства вносят изобретатели и рационализаторы Тбилтоннельстроя. Только в десятой пятилетке внедрено 869 рационализаторских предложений, давших экономический эффект 2,62 млн. руб. Творческий труд тбилисцев способствует повышению эффективности строительства метро, сокращению его сроков, внедрению передовых конструкций и технологии, дальнейшему развитию всего отечественного метростроения.

● **ХАРЬКОВСКИЙ
МЕТРОПОЛИТЕН —
СОВРЕМЕННАЯ СТРОЙКА**



Г. А. БРАТЧУН,
начальник харьковского Метростроя,
лауреат премии
Совета Министров СССР

Пятидесятилетие советского метростроения отмечено веками рождения новых замечательных строек во многих городах страны. В 1968 г. были начаты подготовительные работы к сооружению шестого в Советском Союзе и второго на Украине метрополитена — харьковского. Сейчас город располагает линией метро длиной 18 км, с 13 станциями (Свердловско-Заводской диаметр), которая проходит с запада на восток, связывая основные железнодорожные и автобусные вокзалы с центром и крупнейшими промышленными предприятиями. Эта линия первой очереди, сооруженная в весьма сложных гидрогеологических условиях, потребовавших, особенно на первом участке, применения специальных способов строительства (замораживание грунтов, водопонижение, кессонная проходка), была принята к эксплуатации с отличной оценкой, при общем сокращении сроков строительства на девять месяцев и экономии сметной стоимости 5,8 млн. руб.

С 1978 г. в Харькове ведется строительство линии второй очереди метрополитена, которая свяжет центр города с Салтовским жилым массивом. Первый участок этой линии с пятью станциями и депо планируется ввести в эксплуатацию в 1984 г.

Метрополитен существенно изменил облик индустриального Харькова, население которого насчитывает бо-

лее 1,5 млн. человек. Город реконструирован и благоустроен, центральная часть и улицы по трассе метро освобождаются от наземных видов транспорта. Метрополитен перевозит до 500 тыс. пассажиров в сутки (20—21% общего пассажиропотока). Город уверенно разрастается вширь с учетом перспективы строительства новых подземных магистралей.

Коллектив харьковских метростроителей формировался и вел работы, осваивая опыт своих старших братьев — метростроевцев Москвы, Киева, Баку, подходя к нему творчески и стремясь внести свой вклад в улучшение технологии и организации строительства. Современные прогрессивные методы и конструкции используются при сооружении перегонных и станционных тоннелей, новейшие достижения науки и техники — в области эксплуатации постоянных устройств метрополитена. Системы автоматического регулирования скорости (АРС) и автоведения, телемеханизация энергоснабжения, эскалаторов и сантехнических устройств по типу «Лисна» впервые применены в Харькове.

Метростроевцы Харькова развивают коллективный опыт современного строительства метрополитенов, работая в направлениях совершенствования техники и технологии строительства, улучшения организации строительного процесса и методов труда. Многие разработки ведутся совместно с научно-исследовательскими организациями города.

Крупным достижением харьковских проектировщиков и строителей стали разработка, изготовление и внедрение при строительстве станций колонного типа открытого способа работ унифицированных крупногабаритных сборных железобетонных конструкций с шагом колонн 6 м. Количество типоразмеров изделий на станционный комплекс снижено до 40 вместо 80 по типовому проекту ТС-85. Унификация изделий позволила создать разнообразие конструктивных схем колонных станций, доведя количество этих схем до семи, повысить коэффициент сборности до 0,92, увеличить коэффициент использования кранов ККТС-20 на 40% и достичь экономии затрат на 2980 чел.-дн.

На линии второй очереди метро, используя модификации названных конструкций, соорудили платформенный участок станции «Дзержинская» с шириной платформы 13 вместо 10 м и платформенный участок «Стан-

ции имени академика Барабашова» с шагом колонн 9 вместо 6 м. Опыт сооружения колонных станций открытого способа работ Харьковского метрополитена применяется при проектировании и строительстве метрополитенов в других городах.

В 1970—1973 гг. в Харькове были впервые спроектированы и построены односводчатые станции открытого способа работ с монолитным железобетонным сводом, сооружаемым с применением передвижной металлической опалубки длиной 6 м. В 1974—1976 гг. усилиями проектировщиков и строителей они были существенно усовершенствованы, что позволило полностью выявить их преимущества. В законченном варианте оказались удачными объемно-планировочные решения пристанционных помещений. Открылась возможность использования свободного пространства над камерой вентиляции и понизительной подстанцией. Опорные части свода изготовляют теперь в заводских условиях сборными железобетонными. Организовано изготовление сварных пространственных арматурных каркасов свода, что существенно сократило трудозатраты.

Одно из крупных достоинств станций такого типа — возможность разнообразить архитектурную отделку свода путем накладки на опалубку различных элементов, формирующих рисунок по своду. На действующей линии метрополитена сооружено пять таких станций, на линии второй очереди их строительство продолжается. Односводчатые станции харьковского типа нашли применение на строительстве метрополитенов в нашей стране.

В 1976 г. в харьковском Метрострое был освоен выпуск сборной унифицированной железобетонной обделки диаметром 5,5/5,1 м в кассетных формах полным комплектом кольца с плоским лотковым блоком. Кассетная форма сконструирована группой рационализаторов Харьковского завода железобетонных конструкций и изготовлена в количестве 20 комплектов харьковским заводом «Электротяжмаш» имени В. И. Ленина и Харьковским тракторным заводом. Применение этой формы позволило в 3 раза повысить производительность труда на заводе железобетонных конструкций по сравнению с изготовлением блоков обделки в одиночных формах и увеличить выход готовой продукции с тех же площадей в 2 раза. Точность геометрических размеров блоков из кассет обеспечила ускорение монтажа кольца обделки и

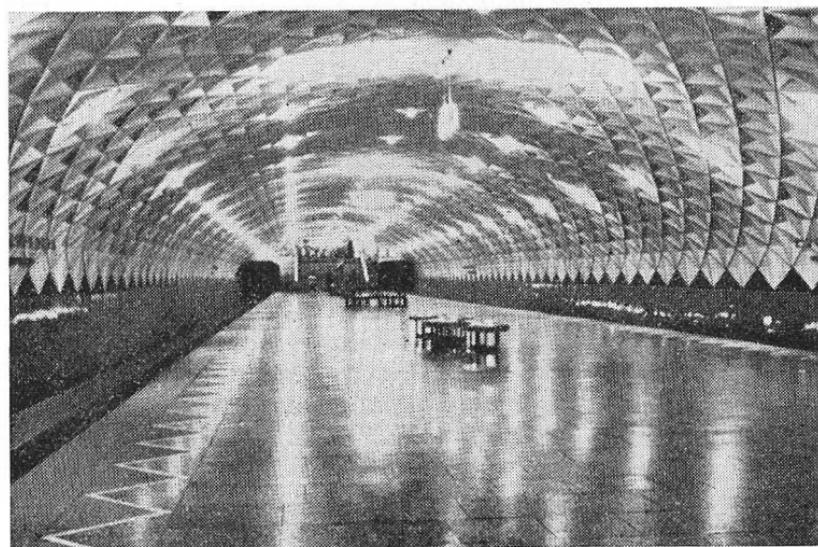
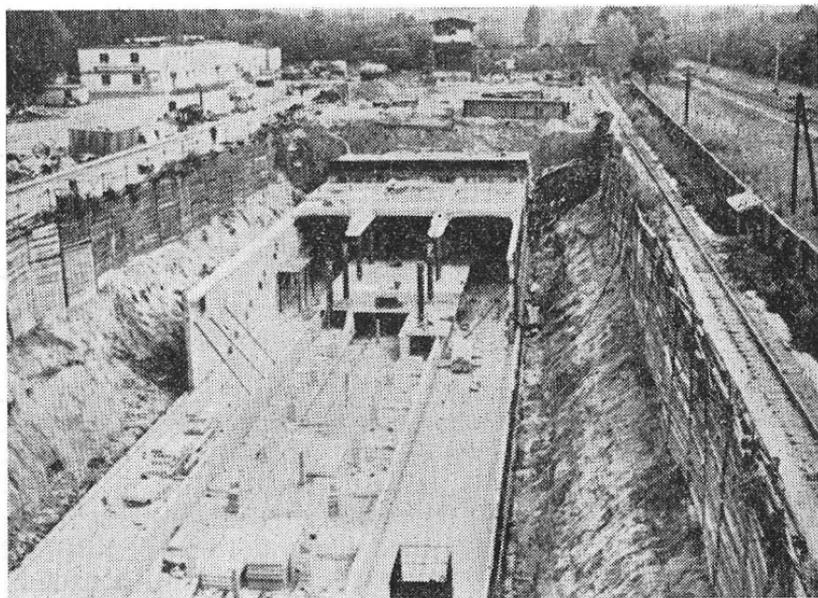
возможность применения ее для обжатия в породу при проходке немеханизированными щитами.

С 1977 г. в Харькове широко применяется обжатие обделки в породу при проходке перегонных тоннелей немеханизированными щитами. Разработанный и внедренный узел разжатия обделки отличается от традиционных. Он перенесен в стык лоткового блока с нормальным блоком. Лотковый блок несколько модифицирован. Для заполнения щели в обделке после завершения разжатия применены сборные железобетонные вкладыши. Новый узел разжатия позволил отказаться от фиксирующего устройства, сократить расход металла и снизить трудозатраты на установку кольца по сравнению с вариантом разжатия по диаметру. Узел разжатия, разработанный в Харькове, применяется и на других стройках метрополитенов.

В Харькове впервые были созданы кассетные формы для изготовления блоков круговой обделки диаметром 8,5 м по аналогии с обделкой диаметром 5,5 м, обжатой в породу. С такой обделкой выполнена проходка пешеходно-транспортного тоннеля диаметром 8,5 м непосредственно под действующей станцией метрополитена. Проходку выполнили с применением обычного горнопроходческого щита диаметром 8,5 м, с разжатием колец в лотковой части, практически без осадок грунта над тоннелем даже при отсутствии первичного нагнетания.

Харьковские метростроевцы работают в творческом содружестве с научно-исследовательскими институтами города. Одной из важных совместных работ метростроевцев и ученых стало химическое закрепление мелкозернистых водонасыщенных песков составами на основе карбамидных смол. Работа выполнена совместно с Украинским научно-исследовательским институтом организации и механизации шахтного строительства (УНИИОМШС).

Полученные составы, нагнетаемые через шпурсы под давлением до 3 ати, закрепили обводненные пески и создали водонепроницаемую завесу вокруг обделки, что позволило на участке тоннеля длиной 900 м отказаться от дорогостоящих трудоемких работ по устройству изоляции с созданием внутренней металлической рубашки. После химического закрепления грунтов, выполненного в 1972—1973 гг., крепь на участке сохраняет водонепроницаемость.



Сооружение станции «Индустриальная» поточным методом

Станция «Спортивная»

Всесоюзный институт по проектированию и научно-исследовательским работам Южгипроцемент при тесном сотрудничестве с харьковским Метростроем разработал и внедрил новый гидроизоляционный материал для чеканки швов тоннельной обделки — быстросхватывающийся расширяющийся цемент (БРЦ), заменивший ранее используемый относительно дорогой состав БУС. Результаты применения БРЦ в течение нескольких лет оказались наилучшими по сравнению с другими чеканочными материалами. Очевидно, что производство БРЦ должно быть расширено в целях применения на других стройках.

Совместно с УНИИОМШС и Харьковским инженерно-строительным институтом в 1970—1972 гг. были внедрены и в дальнейшем широко применялись новые установки забойного водопонижения УЗВМ-2, разработанные этими институтами. Отличаясь малыми габаритами и высокой степенью вакуумирования, установка УЗВМ-2 позволяет эффективно осушать котлованы и лотковые части тоннелей при чередовании незначительных прослоек обводненных песков с суглинками и глинами при малых коэффициентах фильтрации. С 1979 г. с применением таких установок сооружаются тоннели станции «Советская-II», уровень лотков которых на 1—3 м ниже уровня обводненных бучакских песков, обладающих плавучими свойствами. Применение установок УЗВМ-2 на этом объекте обеспечивает надежное и экономичное водопонижение.

Постоянное внимание уделяется совершенствованию организации строительного процесса. К наиболее существенным мероприятиям в этой области следует отнести введение в 1976 г. поточного метода сооружения большинства объектов Харьковского метрополитена.

Содержание организации работ поточным способом применительно к основным объектам харьковского Метростроя состоит в следующем:

при строительстве станций на участке протяженностью 100—120 пог. м производятся работы в последовательности и объемах, охватывающих весь производственный цикл от забивки свай и выемки грунта до засыпки станции с извлечением свай и устройством подводных инженерных сетей, при этом параллельно с возведением междуэтажных перекрытий выполняются работы по устройству стен, перегородок, черновых полов,

штукатурятся стены служебных помещений, устанавливаются дверные блоки и т. п.; способ позволяет извлекать материалы (сваи, крепление котлована и др.) использовать повторно на той же станции; для обеспечения потока при работе в зимнее время применяются специальные устройства (тепляки) с электроподогревом воздуха;

при сооружении перегонных тоннелей одновременно с проходкой при незначительном отставании от забоя выполняются работы по нагнетанию раствора и устройству гидроизоляции тоннелей (с установкой закладных деталей), по сооружению дренажных перекачек, санузлов, вентиляционных выработок в полном комплексе, со сдачей под монтаж, разборкой узкоколейных путей, очисткой тоннелей и передачей их под путевые работы;

при устройстве постоянных путей на большей части перегонов выполняется одновременно с некоторым смещением по длине тоннеля весь комплекс путевых работ и монтажа контактного рельса, в том числе осуществляются монтаж путевой решетки с закреплением рельсов, бетонирование пути, профилировка дренажной канавы, устройство путевой банкетки, очистка рельсового пути с установкой полиэтиленовых подкладок и устройством клеболтовых стыков, установка кронштейнов с навеской контактного рельса и защитных коробов.

Применение поточного метода по сравнению с обычными методами строительства сокращает сроки производства работ на 15—20%, снижает фактические трудозатраты на 20—30% и себестоимость на 12—15%.

С 1975 г. харьковский Метрострой активно внедряет метод бригадного подряда при сооружении основных объектов метрополитена. Особое развитие этот метод получил в годы десятой пятилетки. В 1979 г. удельный вес хозрасчетных бригад составил 60,4%. Численность рабочих в них — 41,8%, объем работ, выполненный силами этих бригад, достиг 67%. За год на объектах, сооружаемых методом бригадного подряда, сэкономлено 113 дней и 16 052 чел.-дн. трудозатрат. Оценки работ при сдаче объектов подряда — «отлично» и «хорошо».

Постановлением коллегии Министерства транспортного строительства СССР и ЦК профсоюза рабочих железнодорожного транспорта от 31 марта 1980 г. за успехи, достигнутые в ходе конкурса по внедрению бригад-

ного подряда 1979 г., харьковский Метрострой награжден специальным дипломом.

Прогрессивные разработки и мероприятия, родившиеся в харьковском Метрострое, а также почерпнутые из коллективного опыта всего советского метростроения, позволяют с полным основанием считать Харьковский метрополитен сооружением высокого качества, строительство которого ведется на современном техническом и организационном уровне. Признанием этого факта являются присуждение в 1978 г. большой группе работников харьковского Метростроя премии Совета Министров СССР за проектирование и строительство пускового участка первой очереди Харьковского метрополитена, награждение многих рабочих и инженерно-технических работников орденами и медалями СССР. Свидетельством этого служат и успехи коллектива по выполнению заданий десятой и одиннадцатой пятилеток.

● ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА БАКИНСКОГО МЕТРО



А. И. АБДУЛРАГИМОВ,
начальник управления
Бактоннельстрой

Своеобразие методов, используемых при строительстве бакинского метро, определилось сложными инженерно-геологическими условиями прокладки подземных магистралей города. Большое разнообразие пород, наличие обширных зон плавунных грунтов с высоким гидростатическим напором обусловили необходимость сооружения перегонных тоннелей, главным образом щитовым способом в сочетании с широким применением специальных методов, таких, как кессонная проходка, глубинное водопонижение, цементация. На отдельных участках эти методы использовались в комбинации. Творческое содружество ученых, проектировщиков и строителей помогло преодолевать трудности, разрешать возникавшие проблемы, успешно вести строительство.

На действующих линиях первой очереди Бакинского метрополитена общей протяженностью 18,54 км сооружено 12 станций. Для выявления геологических условий трассы в районе станции «28 апрел» была начата проходка опытного ствола шахты № 9, однако пройти его удалось только до глубины 29 м, так как дальше между слоями мягких суглинков залегал слой водоносных песков. Хотя толщина этого слоя составляла всего 1,5 м, преодолеть его не удалось, и во избежание просадок дневной поверхности работы пришлось остановить, а ствол затопить водой. Стало ясно, что небольшие про-

слойки водоносных песков обладают сильным гидростатическим напором, что они труднопроходимы и потребуют при строительстве применения специальных способов работ.

Из десяти шахтных стволов, предусмотренных проектом первой очереди и строящейся второй очереди метрополитена, шесть построены обычным способом, два — с применением искусственного замораживания грунтов и два — с искусственным водопонижением. Наземные вестибюли станций глубокого заложения сооружались при искусственном замораживании пород либо путем устройства котлованов с отводом воды. С применением искусственного замораживания грунтов построены также четыре эскалаторных тоннеля.

Перегонные тоннели между станциями «26 Баки комиссары» и «28 апрел» пересекали мелкозернистые супеси, переслаивающиеся глинами и суглинками. Гидростатическое давление в мелкозернистых песках и супесях достигало 4,5 ати. Проходка на этом участке требовала применения специальных методов. Замораживание грунтов или укрепление их методом силикатизации не могли быть произведены из-за большой плотности городской застройки, а также из-за высокой стоимости работ. Сооружение тоннелей под сжатым воздухом при столь высоком давлении практически невозможно.

Предложение осуществить проходку, сочетая водопонижение с кессоном, было тщательно проверено путем опытных работ на местности и в лабораторных условиях. Сотрудники управления Бактоннельстрой, института Бакметропроект и Азербайджанского НИИ по добыче нефти впервые в практике строительства тоннелей в Советском Союзе создали и применили технологию работ по совмещению кессонной проходки с глубинным водопонижением.

Согласно этой технологии водопонижающие скважины располагаются по схеме в виде двух контуров. Скважины внутреннего контура предназначаются для глубинного водопонижения на участке, где тоннель сооружался под сжатым воздухом, а скважины внешнего контура кроме водопонижения служат для удаления воды, поступающей из водонасыщенных пластов. Такая схема расположения скважин обеспечила устойчивое водопонижение и позволила поддерживать в кессонах небольшое



Сооружение станции Бакинского метрополитена открытым способом

избыточное давление воздуха. Скорость проходки тоннелей достигла 80—110 пог. м в месяц. Способ проходки был оформлен как изобретение.

Не менее сложным оказалось строительство тоннелей между станциями «Баки Совети» и «26 Баки комиссары». Вода, поступающая в забой с большим притоком — до 100—120 м³/ч, вымывая песок, затрудняла работы в забое и создавала опасность просадки поверхности. Для предотвращения выноса песка был применен кессон, однако последовательно поднимаемое давление, доведенное до 2,5 ати, не приостановило притока воды и выноса песка. В связи с этим применили искусственное

водопонижение, и давление удалось снизить до 1,5—1,7 ати.

Широкое использование специальных методов, таких, как кессонный, водопонижение, цементация грунтов и др., при щитовом способе сооружения тоннелей оказалось необходимым на участке между станциями «28 апрел» и «Низами». Тоннели проходили под одноэтажными и многоэтажными жилыми домами старой постройки густо застроенной части города. В этих условиях приходилось неоднократно видоизменять технологию проходческих работ.

По трассе, в основном под домами, располагалось большое количество старых заброшенных колодцев; о некоторых из них не было известно. При подходе к ним выработки через колодцы происходили прорывы сжатого воздуха на поверхность, сильно осложнившие нормальные условия производства работ. Выходы сжатого воздуха на поверхность наблюдались также через глубокие подвалы под домами. В ходе проходческих работ под давлением сжатого воздуха до 1,6 ати четырежды возникали аварийные ситуации вследствие крупных выбросов сжатого воздуха из тоннелей через неизвестные заброшенные колодцы. Для предотвращения повторения этого явления 82 колодца и несколько подвалов было забетонировано или заполнено цементным раствором.

В соответствии с проектом при общей протяженности участка 3860 пог. м кессонным способом предусматривалось соорудить 3232 пог. м при давлении сжатого воздуха от 0,7 до 2,3 ати. В несвязных породах на отдельных участках поднятие давления в кессоне увеличивало выход воздуха на поверхность. При этом осушения заоя не достигалось, а уменьшение давления приводило к образованию вывалов в тоннельном своде. Выходы воздуха на поверхность сопровождалась выносом пльвуна образованием в отдельных случаях небольших воронок. было принято решение предварительно снизить уровень унтовых вод, а затем уравновесить остаточный гидростатический напор давлением сжатого воздуха.

Для обеспечения нормальной проходки на одном из участков тоннеля было пробурено 14 водопонижающих скважин, расположенных в один ряд по обе стороны от тоннеля в 15—20 м одна от другой. На другом участке в

зоне несвязных и обводненных пород было пробурено 16 водоупонизающих скважин в два контура.

В результате успешного осуществления принятых технических решений, проведения ряда организационных мероприятий, постоянного совершенствования технологии строительства, повышения мастерства рабочих и инженерно-технических работников кессонная проходка, предусмотренная проектом на протяжении всего участка, была применена на длине 370 пог. м под проектным давлением, на длине 1596 пог. м — под давлением ниже проектного и на длине 45 пог. м — под давлением выше проектного, а 1221 пог. м тоннеля соорудили без применения кессона. Общая протяженность тоннелей первой очереди бакинского метро, построенных с применением специальных методов (сжатый воздух, водоупонизение), превышает 9 км.

На первой очереди строительства большие трудности были связаны с сооружением станций «Шаумян» и «Низами». Тоннели станции «Шаумян» строились в глинистых породах, выше которых располагался мощный слой пльвунных грунтов с высоким гидростатическим давлением. Для обеспечения безопасной проходки было применено искусственное водоупонизение. При строительстве наклонного хода станции выявилась необходимость ликвидировать поступление воды по прослойкам водоносных песков, что было достигнуто путем нагнетания цементного раствора в пласт водоносной супеси. Это было сделано с использованием технологии, применяемой в нефтяной промышленности, что позволило прекратить поступление воды в забой, успешно провести замораживание грунта и завершить проходку наклонного тоннеля.

Тоннели станции «Низами» сооружались в неоднородных водоупонизных породах при гидростатическом давлении до 4 ати, поступление воды достигало 300 м³/ч. Условия производства работ осложняло наличие над тоннелями заброшенных старых колодцев, через которые в тоннели поступала вода с выносом частиц породы. Путем нагнетания цементного раствора и укладки бетона и бутобетона было ликвидировано 40 таких колодцев.

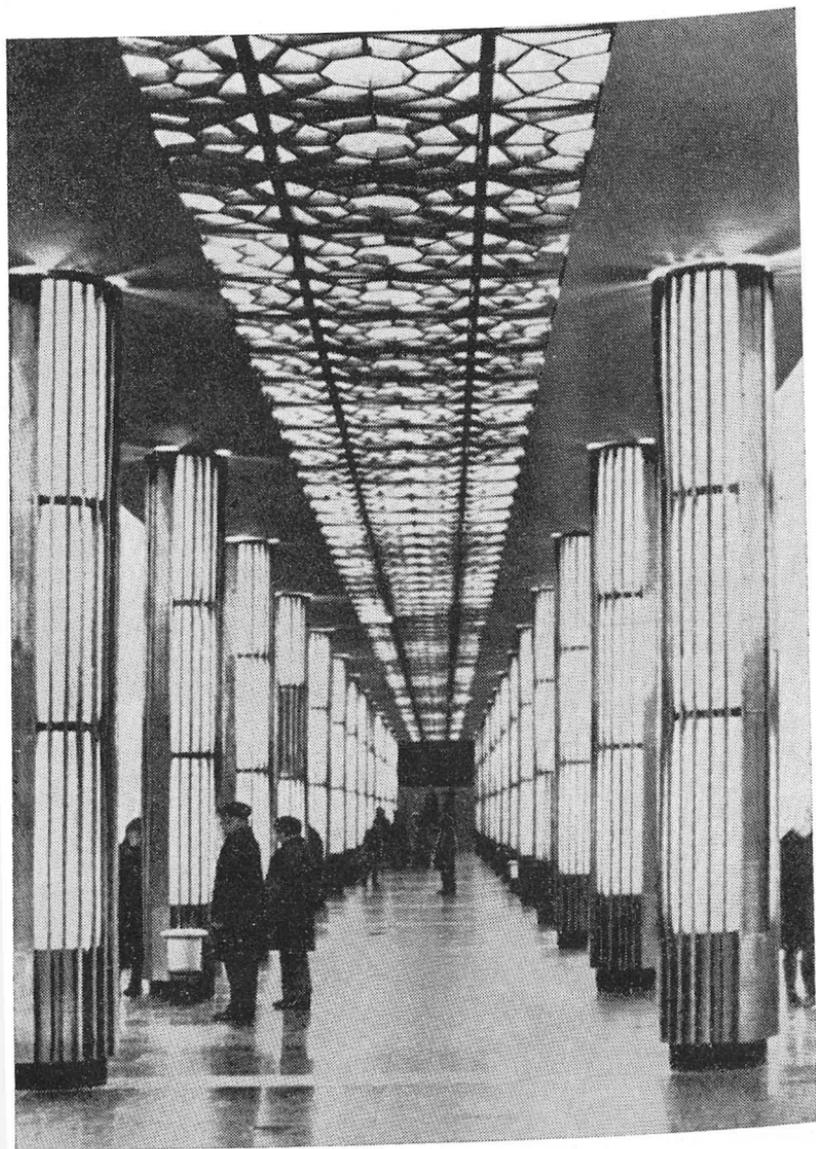
Для участков, где своды тоннелей располагались на наибольшей глубине от фундаментов зданий, группой инженеров Бактоннельстроя была предложена технология, позволявшая вести проходку тоннелей без усиления фун-

даментов зданий. Технология исключала переборы грунта, предусматривала заполнение цементно-песчаным раствором зазора между грунтом и обделкой в первом кольце от забоя. Отпала необходимость в выселении жителей домов.

Проходку вели при широком использовании водопонижения, закрытым способом, с применением щитов. Станции, оборотные устройства и тупики сооружались в открытых котлованах. В целях ускорения работ строительство станций осуществлялось в основном поточным способом.

На трассе второй очереди Бакинского метрополитена, на участке между станциями «Низами» — «Элмляр академиясы» — «Иншаатчылар», перегонные тоннели также сооружаются в исключительно сложных гидрогеологических условиях. На перегоне «Низами» — «Элмляр академиясы» обводненные породы, содержащие напорную воду и местами проявляющие пльвунные свойства, требовали снижения напора грунтовых вод путем водопонижения и применения кессона с остаточным давлением более 2 ати. Одним из оптимальных решений явилось увеличение уклона трассы до 0,06, что дало возможность обеспечить ее прохождение в более благоприятных гидрогеологических условиях. Проектом предусмотрено применение кессонного способа в сочетании с водопонижением, для чего с поверхности земли пробурили около 130 водопонижающих скважин. Схема расположения скважин, расстояния между ними в ряду и между рядами были приняты на основе результатов опытно-производственного водопонижения, произведенного до начала основных работ на одном из участков перегона.

Опыт работы в сложных гидрогеологических условиях первой очереди строительства Бакинского метрополитена, внедрение разработанных организационных мероприятий позволили в настоящее время на перегоне «Низами» — «Элмляр академиясы» успешно вести бескессонную проходку обоих перегонных тоннелей протяженностью около 2 км с применением только глубинного водопонижения. На случай необходимости применения кессона в целях обеспечения безопасности работ в начале обоих тоннелей смонтировали шлюзовые камеры. Для повышения безопасности проходческих работ, про-



Станция «Аврора»

изводимых без применения кессонного способа в столь сложных гидрогеологических условиях, щиты в верхней части ножевого кольца оборудовали опережающими защитными козырьками длиной 0,5 м. Козырьки предварительно задавливались в грунт на 0,5 м, т. е. на величину очередной заходки. При этом не допускалось отставания первичного нагнетания цементно-песчаного раствора за обделку.

Крутой уклон перегонных тоннелей столь большой протяженности, не встречавшийся в практике отечественного метростроения, обуславливает дополнительные трудности при выполнении откаточных, маневровых и других работ. Для их безопасности подвижной состав (вагонетки, тьюбинговы, тележки с оборудованием для нагнетания раствора и т. п.) оборудовались специальными стопорами и тормозными башмаками.

В 1963—1964 гг. на строительстве Бакинского метрополитена впервые в системе Главтоннельметростроя на участках перегонных тоннелей диаметром 5,5 м начали применять унифицированную сборную железобетонную обделку из блоков сплошного сечения с кольцевыми стыками без связей. К преимуществам этой обделки относятся высокая экономичность, трещиностойкость и простота конструкции. В 1963 г. на Всесоюзном общественном смотре качества строительства и на Всесоюзном конкурсе на лучшее строительство по экономичным проектам эта конструкция была удостоена дипломов Гостроя СССР.

На участках перегонных тоннелей мелкого заложения первой и второй очередей бакинского метро широкое применение получила унифицированная сборная железобетонная обделка со связями из блоков ребристого сечения. Для участков камер съезда диаметром 10,5 м типовая конструкция, состоящая из железобетонного лотка, монолитных бетонных стен и опирающихся на них сводов из чугунных тьюбингов, была заменена полносборной конструкцией.

В сопряжениях наклонных тоннелей со станционными взамен дорогостоящих веерных тьюбингов использовалась разработанная Бакметропроектом конструкция, состоящая из фигурного углового кольца диаметром 8,5 м, тьюбинги которого были изготовлены на бакинских заводах. В Бактоннельстрое создан и внедрен метод параллельного сооружения тоннелей и демонтажных (пере-

гонных и стационарных) щитовых камер. Этот метод, получивший название бакинского, значительно снижает трудовые затраты и повышает темп работ.

Впервые в системе Главтоннельметростроя на строительстве Бакинского метрополитена были широко применены новые оклеечные рулонные битумизированные гидроизоляционные материалы на стеклосетчатой основе стеклорубероид и стеклобит взамен ранее применявшегося оклеечного рулонного материала гидроизол на битумной мастике.

Стеклорубероид или стеклобит приклеивают без мастика, огневым способом, оплавляя покровный слой пламенем газовых горелок. Это позволило значительно повысить качество гидроизоляции, коренным образом улучшить условия труда рабочих-изолировщиков, повысить безопасность и культуру труда, увеличить по сравнению с использованием традиционной оклеечной гидроизоляции производительность труда в 2 раза и снизить стоимость на 20%. На строительстве станций открытого способа работ, а также перегонных тоннелей было уложено более 260 тыс. м² изоляции из стеклорубероида, при этом достигнуто снижение трудозатрат на 2200 чел.-дн.

На участке мелкого заложения в целях ускорения контрольного нагнетания раствора за обделку и снижения трудозатрат применили цементирувочный агрегат ЦА320М, работающий с цементосмесительной машиной 2СМ. Это обеспечило непрерывное механическое приготовление раствора требуемой консистенции, транспортировку его по трубопроводам в тоннель и одновременное нагнетание сразу в несколько инъекторов (сопел), в определенном порядке установленных в отверстиях блоков обделки. Раствор быстро распределялся на большое расстояние, заполняя пустоты и трещины в окружающей породе. Вокруг обделки создавался массив укрепленной цементом породы и хорошо уплотненный водонепроницаемый цементный слой.

Цементирувочный агрегат ЦА320М в комплексе с цементосмесительной машиной 2СМ применили и на участке перегонных тоннелей глубокого заложения. Для обеспечения его работы в этих условиях использовали пробуренные ранее по трассе скважины, через которые в тоннель опустили трубы для нагнетания по ним цементного раствора. Применение агрегата позволило в 10 раз

сократить время на нагнетание раствора на 1 пог. м тоннеля, полностью механизировать технологический процесс и в 8 раз снизить трудозатраты по сравнению с использованием насосов НКН.

Используя богатый опыт работы в сложных гидрогеологических условиях, осваивая и широко внедряя передовые технологические процессы, новые строительные материалы и конструкции, высокопроизводительные машины, механизмы и оборудование, более совершенные формы организации труда, бакинские метростроители добиваются повышения эффективности строительного производства.

● СТРОИТЕЛЬСТВО МЕТРОПОЛИТЕНА В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ



П. В. СЕМЕНОВ,
управляющий трестом
Ташметрострой

Современный Ташкент — многонациональный город с населением около 2 млн. человек, крупнейший промышленный, научный, учебный и культурный центр Советского Узбекистана. Жилищное, культурно-бытовое и коммунальное строительство осуществляется здесь преимущественно на новых территориях. Многие заводы и фабрики перенесены на окраины. В последние годы площадь города возросла почти вдвое. Оптимальным решением транспортных проблем в этих условиях было признано строительство метрополитена, проектирование которого началось в 1971—1972 гг.

Ташкентский метрополитен — первый метрополитен в Средней Азии. Это сооружение поистине уникальное по своим технологическим особенностям. Оно возводилось в сложных инженерно-геологических и сейсмологических условиях. Впервые в практике метростроения пришлось решать задачи сейсмостойкости конструкций станций и перегонных тоннелей, проходящих в сильно увлажненных лессовых породах.

Город расположен в районе с расчетной сейсмичностью, равной 9 баллам, поэтому конструкции станций и перегонных тоннелей, выполненные из сборного и монолитного железобетона, необходимо было рассчитать не только на восприятие постоянных и временных нагрузок,

но и на действие инерционных сил движения породы в момент землетрясения. Большая часть района трассы представлена лессовидными суглинками, отличительная особенность которых — высокая просадочность.

Сооружение Ташкентского метрополитена было начато в 1972 г. небольшим коллективом тоннельного отряда № 2. В 1975 г. был организован трест Ташметрострой. С начала строительства линии закрытым способом пройдено более 15 км перегонных тоннелей, сооружаемых при разработке забоя на полный профиль механизированной щитовой проходкой и немеханизированной проходкой под защитой металлической крепи с монтажом сборной обделки механическим укладчиком. Как показал опыт, наименее пригодным в условиях Ташкента оказался механизированный способ проходки, с применением которого сооружено всего около 10% общей протяженности тоннелей. Получивший в настоящее время широкое распространение, он оказался неприемлемым для увлажненных лессовых пород из-за явления тиксотропии, впервые встретившегося в отечественной практике метростроения.

В результате вибрации тяжелого щита в процессе работы происходит разжижение грунта, который выдавливается в пространство между оболочкой щита и породой. При развитии тиксотропного разжижения слабых лессовых грунтов их прочностные характеристики неизбежно ухудшались. Щит опускался ниже проектной отметки, и лишь дорогостоящие меры позволяли вести проходку, скорость которой была в 4 раза ниже расчетной. В описанных условиях немеханизированные способы оказались более эффективными в отношении как скорости проходки перегонных тоннелей, так и соответствия фактического положения сооружения проектному.

12 станций и два из 11 перегонов первой линии Ташкентского метрополитена сооружались открытым способом в котлованах со свайным креплением стенок или с откосами. Учитывая физико-механические свойства лессовых пород, наличие в основании сооружения грунтовых вод, возможность потери несущей способности лессовидных суглинков при увлажнении, крутизну откосов котлованов принимали равной 1:0,5. Это привело к увеличению объема разрабатываемого грунта на 25% по сравнению с подобными условиями строительства, но

обеспечило достаточно надежное проведение строительных работ.

Особые условия района строительства (высокая расчетная сейсмичность, просадочные грунты, сухой жаркий климат) существенно повлияли на инженерные решения. Определяющим оказалось обеспечение сейсмостойкости и непросадочности конструкций. При выборе расчетных схем приняты конструкции с жесткими узлами сопряжений элементов в уровнях перекрытия и лотка. Предусмотрено максимальное использование сборных конструкций, связанных непрерывными продольными сейсмопоясами в пределах участков, разделенных деформационными швами. Последние, совмещенные в продольном направлении по трассе с антисейсмическими швами, позволяют получить жесткоподатливое напряженное подземное сооружение, способное воспринимать действие сейсмических сил и одновременно взаимодействовать с грунтовыми массивами при их колебаниях.

Из 12 станций первой линии четыре запроектированы односводчатыми, семь — колонного типа из сборных элементов заводского изготовления и одна — центральная станция «Площадь Ленина» — колонного типа в сборно-монолитном исполнении. К конструктивным особенностям станций колонного типа, обусловленным требованиями сейсмостойкости, относятся монолитная железобетонная плита основания — лоток, сборные стены, колонны и перекрытия, связываемые на участке между деформационными швами продольными сейсмопоясами. Односводчатые станции сооружаются из монолитного железобетона с применением передвижной металлической опалубки. Конструкция таких станций представляет собой свод переменной сечения с уширенной посередине пятой и затяжкой, роль которой выполняет лотковая плита.

Перегонные тоннели закрытого способа работ сооружают со сборно-монолитной железобетонной обделкой, состоящей из отдельных блоков сплошного сечения со скошенными углами, из которых выведены петли. Последние в процессе монтажа объединяют между собой и омоноличивают с тем, чтобы придать стыку роль антисейсмической связи в сборной конструкции. Обделка перегонных тоннелей открытого способа работ первоначально выполнялась из монолитного железобетона, однако большая трудоемкость и металлоемкость вызвали

поиск более индустриальных решений. Наиболее эффективной оказалась конструкция цельносекционной обделки в виде объемных железобетонных блоков заводского изготовления. Применение таких блоков на участках тоннелей общей протяженностью 5 км обеспечило значительное снижение трудовых затрат и сокращение продолжительности строительства. Сборность конструкций на объектах Ташкентского метрополитена составила 50—60%.

При строительстве метрополитенов в районах высокой сейсмичности за рубежом решение вопросов сейсмостойкости шло в основном по пути увеличения массивности сооружений, выполняемых из монолитного железобетона. Однако эта тенденция не соответствует современному отечественному подходу к строительству, снижает степень индустриальности сооружений, ведет к увеличению трудовых затрат. Результатом сотрудничества наших метростроителей и проектировщиков стало создание нового типа сейсмостойкой конструкции станции открытого способа работ, сооружаемой индустриальными методами из крупноразмерных элементов, прочно соединяемых между собой армированными и омоноличенными стыками.

Конструкция станции включает островную платформу шириной 10 м с двумя рядами колонн, расположенными в продольном направлении с шагом 6 м, а в поперечном — с шагом 5,9 м. Внутренний размер среднего и боковых залов принят по утвержденному типовому проекту института Метрогипротранс. Для уменьшения продольного сейсмического воздействия конструкция разделена поперечными сейсмическими деформационными швами, расположенными по границам средней трети платформенной части и на сопряжениях с вестибюлями. Восприятие поперечного воздействия сейсмических волн обеспечивается жесткой рамой, состоящей из элементов заводского изготовления, соединенных между собой узлами омоноличивания.

Основная несущая конструкция станционной обделки, включая платформу, — полностью сборная, из укрупненных железобетонных элементов, с семью типоразмерами, полного заводского изготовления. В новом решении станций монолитный железобетон предусмотрен только для омоноличивания стыков в местах сопряжения элементов. Объем такого бетона составляет всего 11%



Станция «Пахтакор»

общего объема конструкции. Станционная обделка, собранная из крупноразмерных железобетонных блоков, омоноличенных в единую прочную пространственную конструкцию, благодаря уменьшению количества стыкуемых элементов обладает большой сопротивляемостью сейсмическим воздействиям.

Архитектура станций ташкентского метро отличается выразительностью, лаконизмом, национальным колоритом.

В процессе строительства перегонных тоннелей закрытого способа работ с сейсмостойкой обделкой из отдельных блоков, стыки которых выполняют роль сейсмоузлов, выявились недостатки этой обделки, а также трудности в достижении проектных скоростей проходки тоннелей. Встала задача разработки такой конструкции сейсмостойкой обделки перегонных тоннелей, при которой исключался бы мокрый процесс омоноличивания сейсмоузлов. Предложены варианты новой обделки. Предстоит исследовательская работа, опробование вариантов на практике, а затем и внедрение новой обделки в массовое производство.

Ташкентские метростроевцы впервые решили задачу возведения обделки, обжатой в породу и монтируемой при помощи блокоукладчика. Отечественный и зарубежный опыт применения обжатых обделок относится к проходке тоннелей механизированными щитами. Особую сложность вызвала необходимость тщательной обработки контура выработки для достижения проектного очертания и обеспечения возможности качественного монтажа сейсмостойкой железобетонной обделки, обжимаемой в породу.

Внедрение обделки, обжатой в породу, в условиях строительства Ташкентского метрополитена позволило как реализовать известные ее преимущества, так и выявить новые, связанные со спецификой района строительства. Так, при возведении подобной обделки устраняются первичное нагнетание за конструкцию, поступление воды за обделку, что могло бы привести к нарушению устойчивости лессового грунта.

Впервые задача возведения обделки, обжатой в породу, при горном способе проходки на перегоне между станциями «Пахтакор» — «Площадь Ленина» была решена строительно-монтажным управлением № 1 (начальник Г. Я. Штерн). Эффект применения обделки на участке длиной 230 пог. м выявился в следующих показателях: трудозатраты уменьшились на 756 чел.-дн., сэкономлено 69 т цемента и 183 т песка. Применение обделок, обжатых в породу, увеличивает скорости проходки перегонных тоннелей с помощью блокоукладчика и щитов. Первоочередная задача — разработка и внедрение облегченного механизированного щита для условий Ташкента, т. е. для проходки в слабых водонасыщенных просадочных грунтах.

Высокая эффективность и хорошие показатели проходческих работ достигаются благодаря подготовке квалифицированных кадров строителей. Так, высокая квалификация маркшейдеров позволила вести проходку тоннелей необходимыми темпами, производить сбойку тоннелей с высокой точностью.

В процессе проектирования и строительства Ташкентского метрополитена конструкторы и строители разработали новые технические решения, ряд которых признан изобретениями и рационализаторскими предложениями. Их внедрение позволило снизить стоимость стро-

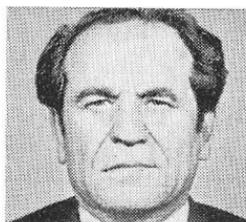
ительства на 2 млн. руб. и сдать первую линию ташкентского метро в эксплуатацию с отличной оценкой.

В тоннелях Ташкентского метрополитена оборудованы инженерно-сейсмические станции, что дает возможность изучать поведение подземных сооружений во время землетрясений (за два года эксплуатации метро произошло 24 землетрясения, некоторые интенсивностью до 6 баллов). Никаких повреждений и деформаций тоннельных конструкций не обнаружено. Можно сказать, что разработанные, внедренные в производство и проверенные практикой эксплуатации новые инженерные решения применимы и в других сейсмоактивных районах со сложными специфическими условиями строительства.

Годы сооружения Ташкентского метрополитена — годы напряженного труда, побед и преодоления трудностей — сплотили коллектив ташкентских метростроителей. 22 апреля 1980 г. трест Ташметрострой рапортовал о досрочном выполнении пятилетнего плана к 110-й годовщине со дня рождения В. И. Ленина. По результатам Всесоюзного социалистического соревнования тресту начиная с 1978 г. шесть раз подряд присуждалось переходящее Красное знамя Министерства транспортного строительства СССР. В 1979 г. тресту присуждено переходящее Красное знамя Узбекской ССР, как одному из лучших строительных подразделений, успешно выполнивших задание года.

Среди лучших бригад, работающих по методу бригадного подряда, можно назвать бригады И. С. Лысоко, Г. Б. Люстера, З. Абдуллаева и многих других. В числе передовых рабочих треста — Виктор Маглев, Леонид Токарчук, Петр Клименков, Константин Авласевич, Надежда Богоявленская. Ташкентские метростроители влились в дружную семью советских метростроителей. В нелегких условиях создают они для своего родного города сеть высокоэффективных скоростных подземных магистралей.

● СТРОИТСЯ НОВОСИБИРСКИЙ МЕТРОПОЛИТЕН



М. М. НЕМИЛОСТИВЫХ,
начальник тоннельного отряда № 29,
кандидат технических наук,

Б. В. КОРЯКИН,
старший научный сотрудник
СибЦНИИС,
кандидат технических наук

Новосибирск, крупнейший промышленный, административный, научный и культурный центр Сибири, город с почти полуторамиллионным населением, испытывает трудности в решении транспортных проблем, характерные для всех крупных современных городов. Строительство метро, насущно необходимого для улучшения жизни новосибирцев, уже идет полным ходом. Генеральная схема Новосибирского метрополитена предусматривает сооружение 52 км перегонных тоннелей с 36 станциями трех линий — Ленинской длиной 18,6 км с 13 станциями, Дзержинской длиной 10,8 км с девятью станциями и Кировской длиной 22,6 км с 14 станциями.

Сооружаемая первая очередь Новосибирского метрополитена включает часть Ленинской линии — от станции «Площадь Калинина» до станции «Площадь Маркса» — с депо и веткой в него. В ее состав включен также участок Кировской линии — от Новосибирского вокзала до Красного проспекта — с пересадочной станцией «Крас-

ный проспект» — «Сибирская». На линиях первой очереди будет девять колонных станций и две («Гагаринская» и «Площадь Ленина») односводчатые. Протяженность линий первой очереди — около 13 км. Через реку Обь строится метромост. По всей трассе метрополитена первой очереди тоннели сооружают большей частью закрытым способом, станции — в котлованах открытым способом.

Строительство Новосибирского метрополитена ведется в суровых климатических условиях. Новосибирск — единственный из строящихся метрополитен городов с отрицательной среднегодовой температурой (абсолютный минимум температур — минус 50°C). Грунты подвержены сезонному промерзанию. Эти обстоятельства определяют особые требования к строительству. Водоносные горизонты лежат повсеместно значительно ниже подошвы станций и перегонов линий первой очереди.

Со строительной точки зрения грунты, в которых ведется проходка, не вызывают особых осложнений. Лоб забоя перегонного тоннеля в суглинках устойчив в течение нескольких часов и требует неполного крепления в процессе щитовой проходки. Однако на ряде участков вскрыты массивы, обладающие просадочными свойствами, что требует специальных мероприятий. Почти повсеместно в основании тоннельных сооружений находятся грунты, прочностные и деформативные свойства которых при увлажнении снижаются, что также ведет к определенным затруднениям при проектировании и строительстве.

Сооружение перегонных тоннелей, за исключением отдельных участков, было предусмотрено закрытым способом. Первый тоннель сооружался с портала из склона оврага реки Каменки. Строительство велось с помощью щита ЩН-1С. Вывозка породы и доставка блоков обделки в забой производились автомобилями КамАЗ. Скорость сооружения тоннеля составляла 5—6 пог. м в смену и достигала 182 пог. м в месяц. Эти показатели существенно превышают нормативный, который составляет 90 пог. м в месяц. В настоящее время сооружение тоннелей производится с обжатием обделки в породу, что позволило исключить из технологических операций первичное нагнетание. В русле реки Каменки обделку перегонных тоннелей сооружали открытым способом в траншее, с использованием цельносекционной обделки, сек-

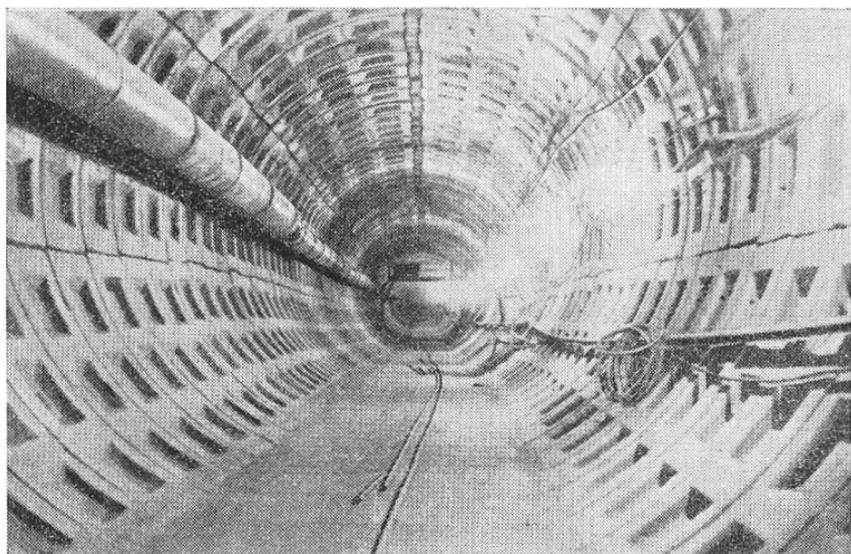
ции которой изготавливаются на новосибирских заводах. Монтаж секций производится краном КС-5363 грузоподъемностью 25 т.

В основном для сооружения станций, перегонов и других объектов первой очереди Новосибирского метрополитена применялись типовые решения, разработанные и опробованные ранее. Обделки перегонных тоннелей, конструкции станций, как правило, выполняются сборными, реже монолитными бетонными или железобетонными, возводимыми с применением промышленных методов. Суровые климатические условия района строительства диктуют максимальное использование сборных железобетонных конструкций. Уровень сборности конструкций заводского изготовления превышает 70%. Как исключение, на отдельных участках (в местах примыкания сооружений к станциям, под многоэтажными домами при небольшой глубине заложения, под железной дорогой) предусмотрено применение чугунной обделки. Гидроизоляция бетонных и железобетонных сооружений на открытых участках двухслойная, из гидростеклоизола. Гидроизоляция швов сборных обделок выполняется расчеканкой быстроуплотняющимся цементным составом БУС.

Сооружаемые станции колонного типа «Октябрьская» и «Вокзальная» возводят в открытых котлованах, крепление которых в соответствии с проектом производили металлическими сваями и частично системой расстрелов. Однако последние весьма металлоемки и, кроме того, затрудняют монтаж сборных конструкций станций. Для выявления возможности замены расстрелов были проведены опытные работы по использованию для этой цели анкерного крепления.

В натуральных условиях на станции «Октябрьская» были испытаны анкеры, устанавливаемые пневмопробойниками в пробуренные скважины либо заводимые в полости, образованные камуфлетным взрывом. Наиболее высокие и стабильные результаты по несущей способности показали анкеры, устанавливаемые с помощью пневмопробойников.

Скважину глубиной 12 м с углом наклона к горизонту 20° пробивали пневмопробойником ИП-4603. Ее рабочую (замковую) часть длиной 5 м заполняли жестким цементно-песчаным раствором, по которому вновь пускали пневмопробойник (операцию повторяли еще два



Первый тоннель метрополитена в Новосибирске

раза). Затем в рабочую часть нагнетали цементно-песчаный раствор и устанавливали в нее стержень периодического профиля диаметром 36 мм. Такая технология позволяла увеличить диаметр замковой части со 130 мм (первоначальный диаметр скважины) до 270 мм.

Испытания показали, что при трех дополнительных проходах пневмопробойника критические нагрузки составляют 52—60 тс, предельные нагрузки — 50—55 тс. После завершения испытаний анкерами такого типа был закреплен опытный участок котлована станции «Октябрьская» на длине 40 м и котлована станции «Студенческая». В настоящее время ведутся наблюдения за их состоянием. Предполагается использование данного типа крепления и на других станциях.

Наибольшие трудности при строительстве Новосибирского метрополитена связаны с отсутствием собственной производственной базы. Поэтому ее созданию придается особое значение. База для строительства метрополитена в Новосибирске включает пять самостоятельных производственных подразделений: завод железобетонных конструкций производительностью 37,5 тыс. м³ сборных железобетонных конструкций, 45 тыс. м³ товарной бетонной смеси и 5 тыс. м³ цементно-

песчаной смеси, автобазу, ремонтно-механический завод, базу материально-технического снабжения, главный склад метрополитена.

Строительство Новосибирского метрополитена ведет тоннельный отряд № 29. Производственную базу строит трест № 43 Главновосибирскстроя, сооружение метро-моста ведет мостоотряд № 38. Коллектив тоннельного отряда организован в основном из новосибирских строителей, не имеющих опыта в метростроении. Им оказывают помощь метростроевцы из Ташкента и Харькова, а также горняки Кузбасса. Новые специальности осваиваются в процессе строительства. Коллектив успешно справляется с заданиями.

Заметных успехов в социалистическом соревновании достиг участок А. М. Добрюка, завершивший к открытию XXVI съезда КПСС проходку первых 700 пог. м перегонного тоннеля от станции «Октябрьская» до станции «Площадь Ленина». Хорошо работают и успешно повышают свою квалификацию бригады проходчиков В. К. Царапкина, Г. В. Сунейкина и П. П. Москалева, изолирующих М. И. Эпельдимова, слесарей-монтажников В. В. Дубровского, а также смены В. В. Гридасова, В. А. Жанжарова и других. Пусковой комплекс первой очереди первого в Сибири метрополитена будет сдан в срок.

● ПЕРВАЯ ЛИНИЯ ЕРЕВАНСКОГО МЕТРО



Л. А. АРУТЮНОВ,
начальник управления
Армтоннельстрой

Рельеф горного плато, на котором раскинулся Ереван, отличается большой пересеченностью и разнообразием форм. В северо-западной части города протекает река Раздан с холмистыми берегами, делящая город на две части. Сложный рельеф местности с разностью отметок более 500 м определил трудность задачи по выбору наиболее подходящей для условий города схемы развития общественного транспорта. Была признана целесообразность строительства метрополитена в условиях Еревана.

Изыскательские работы и проектирование линий Ереванского метрополитена выполнял институт Армгипротранс. Первый участок первой очереди соединяет наиболее населенные центральные районы с железнодорожным вокзалом и промышленной частью города. Длина пускового участка — 7,6 км (подземная часть — 5,7 км, наземная — 1,9 км). На трассе расположено пять подземных станций («Дружба», «Сараланджи», «Еритасардакан», «Площадь Ленина», «Октемберян») и одна наземная («Сасунци Давид»). Станция «Октемберян» в пусковой комплекс не вошла — она возведена вчерне.

С 1972 г. строителями метрополитена в Ереване пройдено более 12 км перегонных и станционных тоннелей.

Одна из особенностей сооружения Ереванского метрополитена — широкое применение буровзрывного спо-

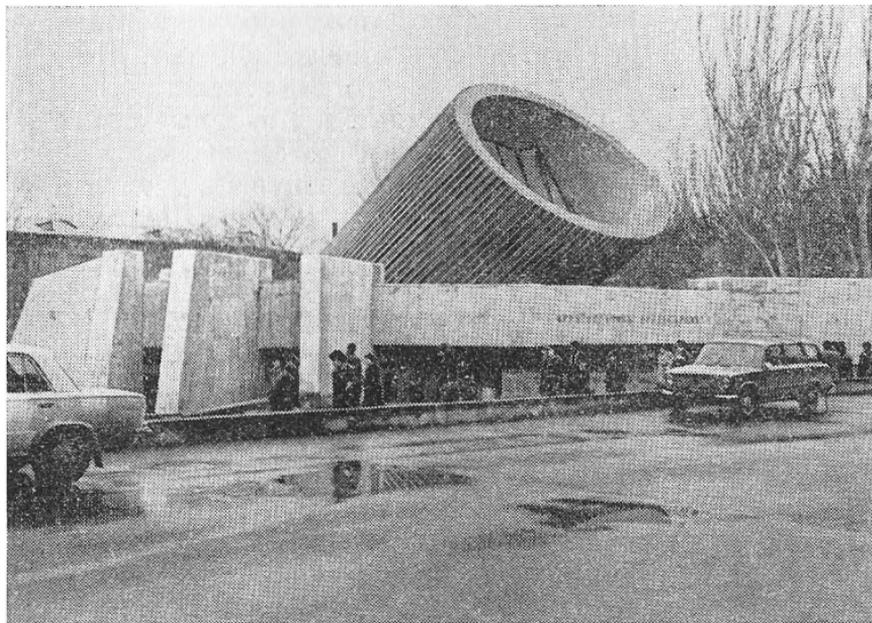
соба работ, что обусловлено наличием скальных пород на значительной длине трассы. На многих участках породы сильно нарушены. С учетом этого был разработан проект производства работ методом поэтапного взрывания, что привело к снижению скоростей проходки, но позволило осуществить в центральной части города безосадочную проходку.

Более половины длины трассы проходит в водоносных грунтах, в том числе особо водоносных трещиноватых базальтовых лавах и аллювиальных валунно-галечных и гравийно-песчаных отложениях. Проходка станционных и перегонных тоннелей в водоносных грунтах велась с применением искусственного водопонижения. Количество одновременно работающих скважин в период строительства достигало 100.

С учетом условий городской застройки и результатов опытно-производственной откачки было решено вместо устройства двух линейных рядов взаимодействующих скважин при симметричном расположении их по отношению к оси сооружения осуществлять водопонижение по трассе методом кустовых откачек, с размещением кустов и отдельных водопонизительных скважин в местах, удобных в отношении как городской застройки и гидрогеологических условий, так и устройства водоотвода и электроснабжения.

Буровые скважины оборудовались погружными насосами ЭЦВ 12-210-85. Суммарный приток воды составлял около 6 тыс. м³/ч, поэтому на отдельных участках не удавалось полностью снизить уровень грунтовых вод. Дополнительные водопонижающие скважины не дали положительных результатов: приходилось использовать местный водоотлив и проходить тоннели при наличии воды в лотковой части.

Геологические и гидрологические условия определили выбор конструкции обделок. Так, тупиковые тоннели и станции «Дружба» и «Сараланджи» сооружены из монолитного бетона и железобетона. Перегонные тоннели на необводненных участках пройдены с обделкой из сборных железобетонных блоков, на обводненных — в основном с чугунными тубингами. Однако затруднения в поставке последних вызвали необходимость поиска новых конструктивных решений. В результате в сотрудничестве с проектировщиками Армгипротранса была разработана комбинированная обделка на основе типовой



Вход на станцию «Еритасардакан»

унифицированной восьмиблочной железобетонной обделки с цилиндрическими стыками, к которой добавили два новых блока-вкладыша и антисейсмические связи.

Последующие работы включали возведение железобетонной рубашки с металлоизоляцией. Внутренний диаметр обделки, монтируемой обычным эректором, увеличен с 5,1 до 5,4 м. Конструкция внутренней железобетонной рубашки представляет собой арматурные каркасы с металлическим листом толщиной 6 мм. Листы стыкуются с помощью металлических накладок на сварке, бетонирование внутренней рубашки ведется шестиметровыми секциями. Рубашка выполняет гидроизолирующую функцию, а также улучшает антисейсмические свойства обделки.

При строительстве перегонных тоннелей на участках пород средней крепости широкое применение нашла унифицированная сборная железобетонная обделка с плоским лотковым железобетонным блоком. Применение плоского лотка способствовало уменьшению объема выемки грунта и укладки железобетона на $0,36 \text{ м}^3$ и сокра-

щению стоимости 1 пог. м на 1 тыс. руб. Общая экономия только на одном участке составила 200 тыс. руб.

Антисейсмические связи нового типа между блоками выполнены из уголковых элементов. Анкерные связи по оси элементов представляют собой металлические стержни диаметром 18 мм, заделанные в шпурь в торцах блоков при помощи расширяющегося цемента. Последний тип связи самый экономичный. Очень важно, что он не меняет статическую схему работы обделки.

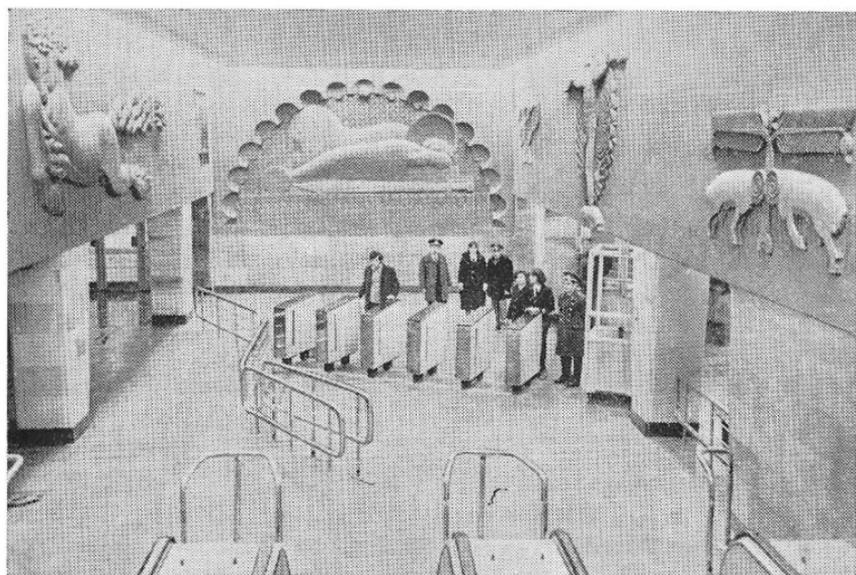
На строительстве Ереванского метрополитена внедрен также ряд новых технических решений станционных обделок. Станция «Еритасардакан» — ранее не применявшегося трехсводчатого пилонного типа, из сборных железобетонных тубингов с внутренней железобетонной рубашкой в боковых тоннелях и чугунных тубингов диаметром 9,5 м в среднем зале.

В скальных грунтах возведена трехсводчатая станция «Сараланджи» колонного типа, с монолитной бетонной обделкой, плоскими лотками и колоннами, выполненными из труб диаметром 0,7 м и заполненными бетоном. В настоящее время она является наиболее экономичной по разработке грунта, расходу материалов и общей стоимости. Планировка станции по сравнению с планировкой других типов проста и удобна с точки зрения как организации пассажиропотоков, так и размещения служебных помещений.

Станция «Площадь Ленина» запроектирована трехсводчатой, из двух боковых тоннелей диаметром 8,5 м из чугунных тубингов и среднего зала с обделкой диаметром 9,5 м. Верхние своды опираются на систему ригелей и колонн. В целом станция повторяет аналогичные решения станций Московского метрополитена, разработанные Метрогипротрансом. Исключение составляют колонны, которые запроектированы и построены из двутавровых балок № 30 с омоноличиванием бетоном. Применение такой конструкции в 1,5 раза сокращает расход металла на колонны.

На трассе первого участка ереванского метро пять станций глубокого заложения — трехсводчатые и одна наземная — колонного типа с консольным перекрытием.

Сооружено девять вертикальных стволов: пять — проходческие и четыре — промежуточные вентиляционные. Проходческие стволы с внутренним диаметром 5 и 6 м сооружены из чугунных тубингов. Устье ствола и сопря-



Станция «Еритасардакан»

Станция «Сасунци Давид»

жение с околоствольной выработкой проходили в железобетонной обделке. К околоствольной выработке при-мыкают камеры, соединенные с поверхностью скважинами диаметром 600 мм для подачи в тоннели бетона, раствора и песка. Это дало возможность высвободить ствол и увеличить время на выдачу породы и спуск элементов обделки, длинномеров и других материалов. Двустороннее расположение выработок позволило проходить перегонные тоннели по обе стороны от станции и боковые станционные тоннели одновременно, т. е. вести работы в шести забоях.

Станции «Дружба» и «Сараланджи» — трехсводчатые, из монолитного бетона с железобетонными ригелями и трубобетонными колоннами. Их сооружали горным способом, с использованием буровзрывных работ. Разработка породы и монтаж обделки осуществлялись по элементам сечения. Калотту, подошва которой располагалась под ригелем, в боковых станционных тоннелях проходили буровзрывным способом. В зависимости от состояния массива применяли временное крепление из металлических арок или железобетонных анкеров с сеткой. Параллельно с проходкой бетонировали свод и ригели в обойме из листовой стали. После возведения сводов боковых тоннелей прошли калотту среднего зала с бетонированием свода, разработали ядро боковых тоннелей, штроссы с бетонированием стен и подколонников, а затем установили трубчатые колонны.

При возведении монолитной обделки станций «Дружба» и «Сараланджи» применялся бетон на природных пористых заполнителях. Обделка всех вспомогательных выработок и подходных штолен выполнена из бетона марки «200» на основе литоидной пемзы. При бетонировании сводов и стен станционных тоннелей велся тщательный контроль качества бетона. Опыт строительства Ереванского метрополитена подтвердил целесообразность применения бетонов с использованием в качестве заполнителей местных природных пористых материалов.

Представляет интерес сооружение участка под действующим напорным гидротехническим тоннелем, где при разработке скальных пород использовали гидроклин. Это дало возможность осуществить проходку без каких-либо нарушений обделки гидротехнического тоннеля и окружающего его грунтового массива.

Трехсводчатые пилонные станции «Еритасардакан» и

«Площадь Ленина» строили в водонасыщенных нескальных породах после искусственного осушения грунта. Тоннели проходили на полный профиль заходками по 0,75 м. Обделку боковых тоннелей монтировали из ребристых железобетонных блоков, а среднего — из чугунных тубингов станционным блокоукладчиком КМ-15. Одновременно с раскрытием проемов производили устройство металлической гидроизоляции боковых тоннелей и проемов. Элементы металлоизоляции из листовой стали с арматурным каркасом приваривали к фиксирующим швеллерам, закрепленным к болтам обделки. Пространство между обделкой и стальными листами заполняли бетонной смесью.

Для облицовки наземных вестибюлей были использованы туф, травертин, а также памбакский и капустинский граниты, из которых выполнены также полированные плиты для полов станций. В облицовке стен и колонн использовали белый уральский мрамор коелга, мрамор газган (от белого до темно-серых тонов с преобладанием розового цвета), саяно-шушенский и другие сорта мрамора.

Ереванские метростроевцы использовали богатый опыт отечественного метростроения, в первую очередь московского Метростроя. При этом были учтены местные особенности условий строительства.

В канун открытия XXVI съезда КПСС государственная приемочная комиссия приняла в эксплуатацию пусковой участок первой очереди метрополитена в городе Ереване с оценкой «отлично». Восьмой метрополитен нашей страны стал в строй действующих.

ОТРАСЛЬ, РОЖДЕННАЯ ОКТЯБРЕМ

- 7 Ю. А. КОШЕЛЕВ
СОЗДАНИЕ И РАЗВИТИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО МЕТРО-
СТРОЕНИЯ КАК НОВОЙ ОТРАСЛИ СТРОИТЕЛЬНОЙ
ТЕХНИКИ
- 22 П. А. ВАСЮКОВ
МОСКОВСКОМУ МЕТРОСТРОЮ 50 ЛЕТ
- 53 В. Л. МАКОВСКИЙ
ИСТОРИЯ ПЕРВОГО ПРОЕКТА
- 63 А. М. ГОРЬКОВ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАСС МЕТРОПОЛИТЕНА
- 73 А. С. ЧЕСНОКОВ
МЕТРОСТРОЙ В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ
ВОЙНЫ
- 78 Н. А. ГУБАНКОВ
БОЛЬШОЕ ПОДЗЕМНОЕ КОЛЬЦО
- 85 П. С. СМЕТАНКИН
«КУРСКАЯ»-КОЛЬЦЕВАЯ
- 89 В. Г. АФАНАСЬЕВ
МАРКШЕЙДЕРЫ МЕТРОСТРОЯ
- 95 Н. Г. ТРУПАК
РОЖДЕНИЕ МЕТОДА ИСКУССТВЕННОГО ЗАМОРА-
ЖИВАНИЯ ГРУНТОВ
- 99 Я. А. ДОРМАН
ИЗ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ ЗАМОРАЖИВАНИЯ ГРУН-
ТОВ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ МЕТРОПОЛИТЕНА
- 106 С. А. ЗУКАКЯНЦ
СПЕЦИАЛЬНЫЕ СПОСОБЫ РАБОТ В МЕТРОСТРОЕ-
НИИ
- 114 В. И. РАЗМЕРОВ
СООРУЖЕНИЕ ТОННЕЛЕЙ ПРОХОДЧЕСКИМИ ЩИ-
ТАМИ
- 123 В. С. ПИКУЛЬ
НАУЧНЫЙ ФУНДАМЕНТ ОТЕЧЕСТВЕННОГО МЕТРО-
СТРОЕНИЯ
- 131 Н. А. АЛЕШИНА
АРХИТЕКТУРА МОСКОВСКОГО МЕТРО

- 145 В. Я. ЦОДИКОВ
ТЕПЛОСАНТЕХНИКА МЕТРОПОЛИТЕНА
- 153 Л. С. ЕДИГАРЯН, С. И. ЖУКОВ, К. Н. КРАВЧИНСКИЙ
ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МЕТРОПОЛИТЕНОВ СТРАНЫ
- СОВРЕМЕННЫЙ ЭТАП МЕТРОСТРОЕНИЯ**
- 160 С. Н. ВЛАСОВ
ГЛАВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА
- 177 А. С. ЛУГОВЦОВ
ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОВЕТСКИХ МЕТРОПОЛИТЕНОВ
- 188 И. Л. ЖУКОВ, А. И. СЕМЕНОВ
ОБДЕЛКА — ПОСТОЯННО РАЗВИВАЮЩАЯСЯ КОНСТРУКЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ
- 197 В. Г. ГОЛУБОВ, Г. В. МАТВЕЕВ
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ
- 208 В. А. ХОДОШ, В. А. ИВАНОВ
СООРУЖЕНИЕ ТОННЕЛЕЙ СПОСОБОМ ПРЕСС-БЕТОНА
- 216 А. А. АБРОСОВ, Е. А. ВАСИЛЕНКО, П. С. ИСАЕВ, Г. Н. САЗОНОВ
ПРОХОДКА ТОННЕЛЕЙ В НЕУСТОЙЧИВЫХ ОБВОДНЕННЫХ ГРУНТАХ БЕЗ КЕССОНА
- 226 Х. И. АБРАМСОН, Э. В. САНДУКОВСКИЙ
ПРОХОДКА ШАХТНЫХ СТВОЛОВ НА СОВРЕМЕННОМ УРОВНЕ
- 234 Н. И. ФЕДОРОВ
СООРУЖЕНА В ПЕСКАХ
- 237 Б. И. АЛЬПЕРОВИЧ, Н. Г. ЗАГДУЛЛИН
«ГОРЬКОВСКАЯ»: ВПЕРВЫЕ В ПРАКТИКЕ
- 243 В. А. БЕССОЛОВ, В. Н. СОЛОВЬЕВ
СООРУЖЕНИЕ ТОННЕЛЕЙ ПОД КАНАЛАМИ
- 249 И. М. ЯКОБСОН
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ УЧАСТОК ЖДАНОВСКО-КРАСНОПРЕСНЕНСКОЙ ЛИНИИ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА
- 256 В. А. АЛИХАШКИН
НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ МЕТРОСТРОЕНИЯ
- 262 В. В. ГОРЫШИН
В БОРЬБЕ ЗА ВЫСОКИЕ СКОРОСТИ ПРОХОДКИ
- 268 Г. А. ФЕДОРОВ
ЭФФЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛЕНИНГРАДСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

- 274 В. Д. ГОЦИРИДЗЕ
НОВОЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТБИЛИССКОГО МЕТРО
- 281 Г. А. БРАТЧУН
ХАРЬКОВСКИЙ МЕТРОПОЛИТЕН — СОВРЕМЕННАЯ
СТРОЙКА
- 289 А. И. АБДУЛРАГИМОВ
ОСОБЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА БАКИНСКОГО
МЕТРО
- 299 П. В. СЕМЕНОВ
СТРОИТЕЛЬСТВО МЕТРОПОЛИТЕНА В УСЛОВИЯХ
ВЫСОКОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ
- 306 М. М. НЕМИЛОСТИВЫХ, Б. В. КОРЯКИН
СТРОИТСЯ НОВОСИБИРСКИЙ МЕТРОПОЛИТЕН
- 311 Л. А. АРУТЮНОВ
ПЕРВАЯ ЛИНИЯ ЕРЕВАНСКОГО МЕТРО

МЫ СТРОИМ МЕТРО

Заведующий редакцией **М. Тесленко**
Редактор **И. Геника**
Художественный редактор **А. Алтунин**
Технический редактор **Г. Смирнова**
Корректоры **М. Калязина,**
З. Комарова, А. Конькова

Сдано в набор 13.04.82. Подписано к печати 29.11.82.
Л93571. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 1.
Гарнитура «Литературная». Печать высокая. Усл. печ. л.
16,80. Усл. кр.-отт. 17,12. Уч.-изд. л. 16,50. Тираж
10 000 экз. Заказ 2273. Цена 80 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Мо-
сковский рабочий». 101854, ГСП, Москва, Центр, Чисто-
прудный бульвар, 8.

Ордена Ленина типография «Красный пролетарий».
103473, Москва, И-473, Краснопролетарская, 16.

Москва долго была единственным в стране городом с метро. Сейчас в СССР эксплуатируется восемь метрополитенов. Метро строится в 14 городах. Проектируется построить его еще в шести городах.



ПРОЕКТИРУЕМЫЕ

Рига
Пермь
Ростов н/Дону
Челябинск
Омск
Алма-Ата