

ISSN 0130—4321

1 1982

МЕТРОСТРОЙ



Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

МЕТРОСТРОЙ

1 1982

ИНФОРМАЦИОННЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

ИЗДАНИЕ МОСКОВСКОГО МЕТРОСТРОЯ И
ИЗДАТЕЛЬСТВА «МОСКОВСКАЯ ПРАВДА»

ОСНОВАН В 1932 ГОДУ

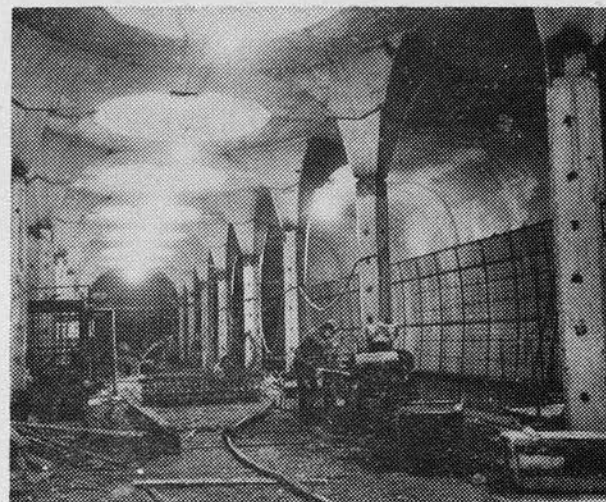
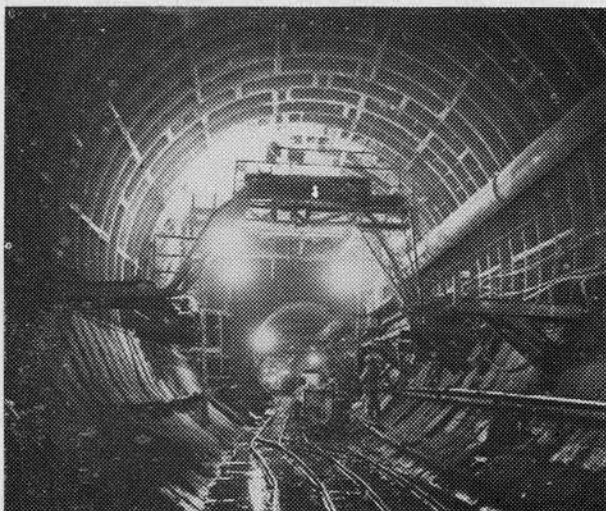
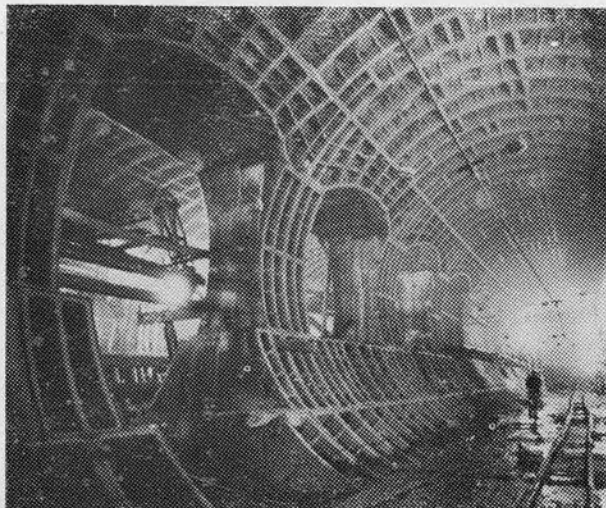
В НОМЕРЕ:

Ю. Кошелев. Масштабы развития отрасли в XI пятилетке	1
Б. Гусев. Пусковые участки Куреневско-Красноармейской линии	4
В. Гарбер, Э. Малоян, В. Меркин, И. Дорман. Спектр научных исследований	6
В. Протченко. СКТБ: перспективные разработки	8
В. Рыжов. ТЭО метрополитена в Риге	11
С. Власов. Комплексная программа тоннелестроения	13
И. Сахниди. Основные направления проектирования	15
Р. Касапов. На тоннелях БАМа	17
В. Меркин. К оценке надежности технологических схем	19
Д. Джинчарадзе. Бетоны на природных пористых заполнителях	20
Д. Голицынский. О применении набрызгбетонных конструкций	23
В. Голубов. Современные тенденции строительства за рубежом	23
В. Ходош, М. Шенкман, В. Иванов. Оборудование для возведения монолитных бетонных обделок транспортных тоннелей	26
В. Размеров. Период становления и подъема	29
А. Абросов, И. Василенко. Тоннели метро мелкого заложения под водоемами	31

Редакционная коллегия:

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

СТРОИТСЯ СЕРПУХОВСКИЙ РАДИУС МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА



На станциях «Серпуховская» (два верхних снимка) и «Чертановская»

МАСШТАБЫ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ В XI ПЯТИЛЕТКЕ

Ю. КОШЕЛЕВ,
начальник Главтоннельметростроя

...План трудный, напряженный. Но что из этого следует? Из этого следует, что надо удвоить, утроить усилия, чтобы его выполнить. Из этого следует, что надо ускорить перестройку стиля и методов хозяйствования.

(Из речи товарища Л. И. Брежнева на Пленуме ЦК КПСС 26 ноября 1981 г.)

ОТ ПЯТИЛЕТКИ к пятилетке наращивает наша страна производственный и научно-технический потенциал. Анализируя работу отрасли метро- и тоннелестроения в прошедшем пятилетии, можно с уверенностью сказать, что в целом поставленные задачи успешно выполнены.

В таблицах 1 и 2 приведена динамика ввода в эксплуатацию линий метрополитенов и горных тоннелей организациями Главка.

Осуществляемое в настоящее время строительство метрополитенов в 14 городах страны — наглядное проявление заботы Коммунистической партии о дальнейшем росте благосостояния советских людей. Широко развернулись работы на сооружении железнодорожных тоннелей БАМа и на Кавказе. Успешное выполнение все возрастающих объемов строительно-монтажных работ стало возможным благодаря решению ряда важнейших инженерно-технических и организационных вопросов. Это прежде всего развитие мощной промышленной базы, совершенствование конструкций и технологии сооружения тоннелей, создание парка тоннелепроходческих комплексов, решивших основную проблему отрасли — механизацию самого тяжелого труда в тоннелестроении — труда проходчиков.

Плановые задания на XI пятилетку характеризуются резким увеличением объемов работ по вводу объектов метро- и тоннелестроения. В связи с этим важное значение приобретает дальнейшее повышение уровня индустриализации и специализации строительства.

Эффективное решение вопросов комплексной механизации технологических процессов предполагает применение индустриальных прогрессивных тоннельных конструкций. К ним относятся, в первую очередь, колонные станции глубокого заложения с клинчатыми перемычками, односводчатые железобетонные сборные и сборно-монолитные глубокого и мелкого заложения, сборные железобетонные обделки, обжатые в породе, монолитно-прессованные бетонные и цельносекционные конструкции, колонные станции мелкого заложения из укрупненных железобетонных элементов по проекту ТС-109.

Большие возможности открывает использование для функциональных и технологических помещений метрополитенов экструзионных асбоцементных панелей, зонтов из сборных алюминиевых элементов в эскалаторных тоннелях, стеклопластика для защитных коробов контактного рельса.

Значительный резерв снижения материалоемкости обделок в сложных инженерно-геологических условиях — организация изготовления облегченных тубингов из высокопрочного чугуна для тоннельных обделок диаметром 5,5 и 8,5 м.

Таблица 1
Ввод линий метрополитенов в эксплуатацию, км

Города	До 1959 г.	1959—1965	1966—1970	1971—1975	1976—1980	1981—1985
Москва	77,9	38,5	30,5	26,7	20,6	29,46
Ленинград	14,2	12,4	16,9	12,9	10,96	14,9
Киев	—	18,4	1,35	8,3	10,7	6,75
Тбилиси	—	6,3	3,9	2,2	6,3	4,2
Баку	—	—	11,1	7,4	2,26	6,71
Ташкент	—	—	—	—	16,4	5,49
Харьков	—	—	—	10,9	7,6	7,35
Ереван	—	—	—	—	—	11,5
Минск	—	—	—	—	—	8,6
Горький	—	—	—	—	—	7,8
Новосибирск	—	—	—	—	—	6,4
Куйбышев	—	—	—	—	—	—
Свердловск	—	—	—	—	—	—
Днепропетровск	—	—	—	—	—	—
Итого по стране	92,1	70,6	63,7	68,4	74,72	109,16
В среднем в год	3,8	10,1	12,3	13,7	14,9	21,81

Таблица 2
Ввод горных тоннелей, км

Наименование	1960—1965	1966—1970	1971—1975	1976—1980	1981—1985
Горные тоннели	32,8	22,9	23,8	24,7	49,4
в том числе:					
железнодорожные	18,8	2,5	3,2	7,3	30,5
автодорожные	3,5	1,5	4,1	1	8,7
гидротехнические	10,5	18,9	16,5	16,4	10,2
В среднем в год	6,5	4,6	4,7	4,9	9,9

Слаженность работы всех народнохозяйственных звеньев становится все более важным условием эффективности экономики.

Съезд провозгласил лозунг: «Экономика должна быть экономной». В соответствии с этим требованием должен быть приведен и весь хозяйственный механизм.

(Из речи товарища Л. И. Брежнева на Пленуме ЦК КПСС 26 ноября 1981 г.)

Пожалуй, ни в одной другой отрасли строительства комплексная механизация технологических процессов не требует создания столь разнообразных по конструктивному решению машин и механизмов для самых различных геологических условий сооружения тоннелей. Сегодня мы располагаем механизированными щитами, обеспечивающими проходку в песках естественной влажности, глинах, смешанных породах и породах с $f_{кр.} 4-5$ (табл. 3). Однако мы еще не имеем таких машин для проходки в неустойчивых обводненных грунтах и в породах с $f_{кр.} > 6$. Надо сделать так, чтобы механизированное обустройство полностью исключило ручной труд в забое. Имеющаяся в нашем распоряжении техника и вновь созданный комплекс АБТ-5,5 для проходки, в первую очередь, перегонных тоннелей метрополитенов создают хорошие предпосылки для успешного решения этой задачи (табл. 4).

Важно научиться эффективно применять имеющуюся технику, сосредоточить усилия на поисках организационных форм ее использования, обеспечивающих наиболее благоприятные условия эксплуатации. Там, где к этому вопросу подходят квалифицированно, успех очевиден. Высокое качество проходческого комплекса Ясиноватского машзавода и система организационно-технических мероприятий, охватывающая весь технологический процесс сооружения тоннеля этим комплексом, позволили ленинградским метростроевцам установить мировой рекорд скорости проходки — 1270 м в месяц.

Другой пример результативной деятельности в этом направлении — работа управлений Бамтоннельстроя, добившихся комплексной механизации проходческих процессов на базе самоходных буровых агрегатов, высокопроизводительных погрузочно-транспортных средств (погрузочных машин типа ПНБ, автопоездов МоАЗ, большегрузных вагонов). Оптимальное использование техники и высокая технологическая дисциплина позволили добиться на строительстве Байкальского тоннеля высоких средних скоростей проходки (тоннель — 60-80 м в мес.; штольня — 80-100 м в мес.). В результате тоннель будет закончен сооружением в 1982 г. — намного раньше установленно-го срока.

Перед нами стоят большие организационные задачи. Будет продолжена хорошо зарекомендовавшая себя практи-

Таблица 3

Индекс проходческого комплекса	Краткая характеристика щита в комплексе	Инженерно-геологические условия использования	Диаметр тоннеля (внутр.), м	Завод-изготовитель	Примечание
КМ-19м	Механизированный щит ЦМ-17м с горизонтальными полками и челюстными машинами	Пески естеств. влажности с глинистыми прослойками	5,1 (5,2)	ММЗ ГТМ	—
ТЩБ-7М	Механизированный щит с горизонтальными полками и челюстными машинами с возведением монолитно-прессованной бетонной обделки	То же	5,2	ЯМЗ Минтяжмаша	—
ТЩФ-1	То же	.	.	То же	Изготавливается опытный образец
КМ-42	Механизированный щит ЦНЭ-1 с экскаваторными рабочими органами	Смешанные песчано-глинистые грунты	6,1	ММЗ ГТМ	Завершаются приемочные испытания на Московском метрострое
КТ1-5,6Б2	Механизированный щит с экскаваторным рабочим органом	То же	.	ЯМЗ Минтяжмаша	Изготавливается опытный образец
КТ1-5,6Д2	Механизированный щит со сменными рабочими органами (экскаваторным, фрезерным)	Смешанные грунты	.	То же	Завершаются приемочные испытания опытного образца в Новосибирском метрострое
КТ1-5,6	Механизированный щит с роторным рабочим органом	Плотные сухие глины	5,2	.	—
КМ-24,0	То же	Грунты крепостью $f=4-5$	5,1 (5,2)	ММЗ ГТМ	—
КТ8,5-Д2 БАМ	Механизированный щит со сменными рабочими органами (экскаваторным, фрезерным) и шандорами	Нарушенные грунты	7,8	ЯМЗ Минтяжмаша	—
КМО 2x5	Механизированный комплекс для сооружения тоннелей открытым способом		2 (4,61x4,15)	ММЗ ГТМ	—

Таблица 4

Наименование и индекс бурового оборудования	Краткая характеристика	Сечение тоннеля в черне, м ²	Изготовитель	Примечание
Агрегат проходческий АБТ-5,5	Состоит из откатного блокоукладчика, тележки для нагнетания и установки на рельсовом ходу с 2 бурильными манипуляторами для машинного обустройства забоев перегонных тоннелей метрополитена	Диаметр 5,6 м	ММЗ ГТМ	
Буровой агрегат ПБА-1	Агрегат портального типа с 5 стреловыми бурильными манипуляторами	6,6-7,2 8,5-9,5	То же	
Буровой агрегат ПБА-2	То же	6,6-7,2 8,5-9,5	.	Опытный образец проходит испытания
Установка бурильная УБШ-661ПК	Агрегат портального типа с 6 стреловыми бурильными манипуляторами	6,6-7,2 8,5-9,5	Криворожский з-д «Коммунист» Минтяжмаша	Разрабатывается техническая документация

на создания участков показательного скоростного строительства в целях внедрения и отработки новых комплексов и технологических процессов, повышения производительности труда, сокращения трудозатрат, в особенности ручного труда. Одна из форм улучшения использования возросшего парка механизированных щитов — организация в управлениях строительства специализированных участков, коллективы которых будут постоянно накапливать опыт их эксплуатации. Заслуживает широкого распространения опыт Харьковского метростроя, работающего комплексным поточным методом. Последний предусматривает параллельное ведение проходческих операций, а также сооружение технологических помещений и объектов, совмещенное выполнение монтажных, путевых и отделочных работ, сдачу линий в эксплуатацию без недоделок. Следует обобщить опыт Бамтоннельстроя, широко примененного для технологического оборудования строительных площадок (централизованных бетоносмесительных узлов, компрессорных станций, передвижных котельных установок, крытых галерей и других решений) сборно-разборные временные здания производственного назначения типа ВТЗ.

Дальнейшее развитие получает метод бригадного подряда. К 1985 г. намечается довести объемы работ, выполняемые этим методом, до 48—50% с более эффективной организацией комплексных бригад, расширением применения прогрессивных форм оплаты труда.

За последние годы значительно изменились наши представления о специальных способах строительства. Наряду с традиционными замораживанием и водопонижением мы осваиваем анкерное крепление стен котлованов, технологию сооружения конструкций методом «стена в грунте», химическое закрепление грунтов, в частности, для преодоления зон тектонических разломов при проходке горных тоннелей. С ростом объемов работ необходимость использования этих способов возрастает, а следовательно, и усиление оснащённости строек соответствующими механизмами. Намечено создать отечественное оборудование для технологии «стена в грунте». Строители ждут от ЦНИИСа практической помощи в комплексном решении вопросов химического закрепления грунтов.

Принимаемые сегодня меры по техническому перевооружению отрасли несомненно окажут существенное влияние на показатели роста производительности труда. Стало почти хроническим невыполнение многими организациями заданий по росту этого показателя. В отрасли метро и тоннелестроения один из самых высоких в транспортном строительстве процент ручного труда — 42,1%. На повестке дня — разработка комплексной целевой программы по сокращению ручного труда и перспективный план создания и внедрения эффективных средств малой механизации и ручного механизированного инструмента. Учеными и проектировщиками будет определен перечень технологических процессов, для которых необходимо подготовить нормоконтакты с разработкой в 1982—83 гг. необходимой документации и началом их внедрения. Для выполнения этих работ в СКТБ Главка организован конструкторский отдел средств малой механизации.

Успех развития отрасли в значительной степени определяется опережающим развитием производственной базы. В системе Главка работает 13 промышленных предприятий, ежегодно выпускающих более 600 тыс. м³ товарного бетона и сборного железобетона, 32 тыс. т чугуновых тубингов, 10 тыс. т металлоконструкций, 40 тыс. м² плит мрамора, 18 тыс. м² полированного гранита.

Надо лучше работать. Лучше составлять планы и лучше выполнять их. Лучше организовывать производство и лучше производить. Словом, работать эффективнее. Это, товарищи, в конечном счете, основное, решающее.

(Из речи товарища Л. И. Брежнева на Пленуме ЦК КПСС 26 ноября 1981 г.)

В текущей пятилетке производство сборного железобетона будет увеличено на 60%, а прирост производства металлоконструкций и специализированных изделий на 20% за счет расширения и реконструкции действующих предприятий, строительства новых производственных баз метростроения в Минске, Горьком, Куйбышеве, Свердловске, Новосибирске, а также новых ремонтно-механических предприятий, заводов металлоконструкций в Москве, Минске, Тбилиси, Ленинграде.

Актуальной задачей становится специализация заводов металлоконструкций и ремонтно-механических предприятий — промбаз метростроев по изготовлению и ремонту нестандартизированного горнопроходческого оборудования и запасных частей к нему, а также форм и оснастки для железобетонных конструкций и изделий для метрополитенов.

В ближайшие годы предполагается выполнить ряд научно-исследовательских и опытно-экспериментальных работ, обеспечивающих не только выполнение текущих задач, но и задел на XII пятилетку. С образованием СКТБ Главка научно-технический потенциал отрасли заметно вырос. Основные задачи исследований подробно регламентируются по срокам и объемам целевыми комплексными программами. Не останавливаясь подробно на их содержании, хочу выделить несколько вопросов.

В связи с увеличением объемов строительства скоростных транспортных магистралей растет количество прокладываемых транспортных тоннелей. Сооружаются они часто в породах с $f_{кр} > 6$. Создание отечественного комбайна (щита) с роторным исполнительным рабочим органом для проходки в таких условиях — важнейшая задача. При ее осуществлении мы вправе рассчитывать на помощь специализированных машиностроительных министерств.

Большой объем работ предстоит выполнить отраслевой науке совместно с СКТБ. Одна из первоочередных задач — разработка инженерно-технических мер по преодолению зон тектонических разломов и неустойчивых обводненных грунтов. От решения этой задачи во многом зависит успешное окончание строительства Северо-Муйского тоннеля.

В стадию внедрения вступает экспериментальный образец АСУ технологическими процессами сооружения перегонных тоннелей метрополитена на базе комплекса КТ1-5,6 и АСУ строительством в Москве и Ленинграде. Это — новый качественный этап организации строительства.

Главтоннельметростроем при участии ЦНИИСа, Метрогипротранса, Ленметростройгипротранса и СКТБ разработаны «Основные направления научно-технического прогресса в метро- и тоннелестроении на период 1981—1985 гг. и мероприятия по его осуществлению», представляющие собой развернутую программу технического перевооружения отрасли. К ее реализации надо привлечь широкую инженерно-техническую общественность. Это одна из важнейших составляющих нашей успешной работы в XI пятилетке. □

ПУСКОВЫЕ УЧАСТКИ КУРЕНЕВСКО — КРАСНОАРМЕЙСКОЙ ЛИНИИ

Б. ГУСЕВ,

зам. начальника технического отдела Киевметростроя

Сдан в эксплуатацию с оценкой «отлично» новый участок Куреневско-Красноармейской линии Киевского метрополитена от «Площади Октябрьской революции» до «Республиканского стадиона». Значительно улучшив транспортное обслуживание населения столицы Советской Украины, этот участок явился хорошим подарком к предстоящему юбилею 1500-летия Киева.

ЦК Компартии Украины и Совет Министров республики поздравили коллектив киевских метростроителей с большим трудовым достижением в выполнении решений XXVI съезда КПСС, заданий одиннадцатой пятилетки.

Готовясь достойно встретить 60-летие образования Союза ССР, проектировщики, строители и эксплуатационники Киевского метро приняли совместные повышенные социалистические обязательства на 1982 год и решили ввести с высоким качеством работ очередной участок Куреневско-Красноармейской линии от станции «Проспект Корнейчука» до станции «Героев Днепра».

НА НОВОМ УЧАСТКЕ Киевского метрополитена протяженностью 2,14 км сооружены две станции глубокого заложения — «Республиканский стадион» и «Площадь Льва Толстого». Последняя — пересадочная на Сырецко-Печерскую линию.

Длина оборотных тупиков перед станцией «Республиканский стадион» позволяет размещать на ночной отстой десять пятивагонных составов при развитии линии на север.

Между главными путями перед станцией сооружен односторонний съезд.

Конструкция станции «Республиканский стадион» — со сборными железобетонными пилонами и перемычками. При ее создании учтен опыт проектирования, строительства и эксплуатации станции «Политехнический институт» первой очереди Киевского метрополитена.

Основная обделка станционных тоннелей осуществлена из ребристых блоков шириной 0,75 м со сборными железобетонными перемычками балочного типа. Диаметр станционных тоннелей — 8,5 м, ширина пилона в конструкции — 1,5, прохода — 3 м. Несущая обделка станционных тоннелей состоит из сборных железобетонных блоков (СК-1, СК-2а, СК-3). В конструкцию колец при монтаже вводится постоянный железобетонный блок-пилон таврового сечения СП-4Б, который служит опорой для многопролетной неразрезной железобетонной перемычки. Ширина пилонного блока (0,75 м) позволяет монтировать его вместе с остальными элементами кольца, не нарушая технологии возведения основной обделки. Вес блока — 5 т. Бетон — марки 600.

В проемные кольца вводятся инвентарные элементы временного заполнения, для чего используются чугунные тубинги наружным диаметром 8,5 м. Наличие клиновидных про-

кладок в конструкции временного заполнения позволяет демонтировать чугунные тубинги и многократно их использовать.

Многопролетная неразрезная балка, передающая нагрузку с проемных колец на блок-пилон, состоит из сборных железобетонных блоков Б-1 весом 4,8 т. Из-за большого веса блока и отсутствия в Киевметрострое соответствующих монтажных механизмов пришлось отказаться от сборной балки и перейти на монолитную неразрезную.

Конструкция основной станционной обделки имеет ряд преимуществ по сравнению с ранее осуществленной на станции «Политехнический институт»:

уменьшенная ширина пилона позволила увеличить количество проходов;

железобетонные элементы несущей обделки, устанавливаемые при монтаже колец, включаются в работу конструкции на первых же этапах воздействия на нее возрастающих нагрузок;

конструкция основной обделки позволяет полностью индустриализовать процесс сооружения станций метрополитена глубокого заложения.

Конструктивные решения вступивших в эксплуатацию станций позволили сэкономить 7 тыс. т металла.

Тематическое решение станции «Республиканский стадион» посвящено спортивной теме. Панно выполнено контррельефом.

Пол пассажирского зала облицован темно-серым гранитом Жежелевского месторождения, вестибюля — гранитными плитами Янцевского месторождения.

Пилоны отделаны уфалейским мрамором, путевые стены — зарбанским. Цоколь путевых стен выложен мрамором Агурского месторождения. Стены кассового зала облицованы мрамором «газган», вестибюля — «коелга».

Станция «Площадь Льва Толстого» возведена в комбинированной обделке, предложенной Киевметростроем. Глухие части тоннелей выполнены в сборном железобетоне, а проемная часть — из чугунных тубингов. Пересадочный узел полностью осуществлен с обделкой из чугунных тубингов.

Диаметр среднего станционного тоннеля — 9,5 м, боковых — 8,5 м.

В центральной части станции предусмотрен пересадочный узел на будущую Сырецко-Печерскую линию.

Конструктивное решение станции определило ее архитектурное оформление — широкие (3 м) пилоны и путевые стены облицованы светлым мрамором «коелга». Пол уложен темными гранитными плитами Капустянского месторождения, образующими ровный темный фон, на котором особенно четко выделяются пилоны. Пол вестибюля покрыт гранитом Коростышевского месторождения.

На новом участке Куреневско-Красноармейской линии при проходке перегонных тоннелей с обделкой, обжатой в поруду, применен механизированный щит ЩМР-1 с комплексом технологического оборудования. Достигнута максимальная скорость — 262 пог. м в месяц, 14,1 пог. м в сутки. Снижение трудозатрат на каждый километр тоннеля составило 5÷5,5 тыс. чел./дней.

При работе другого механизированного комплекса — КМ-24,0 энергоснабжение впервые на Киевметрострое осуществлялось напряжением 6 кВ с применением защиты от однофазного замыкания на землю. Это позволило значительно уменьшить количество и сечение питающих кабелей, а также трудовые затраты на наращивание кабельных линий в про-

цессе передвижения комплекса при полном обеспечении техники электробезопасности.

Среди внедренных новшеств — сооружение стволов в тиксотропной рубашке при высоком гидростатическом давлении (до 2 атм). При этом использована рациональная конструкция грейфера с плотным закрытием шести лопастей.

Применены механизированные эстакады с центральным пультом управления. На шахтных стволах внедрена блокировка открывания предохранительной решетки нулевого цикла. Построены инвентарные цементные склады.

Внедрены экономичные эскалаторы типа ЭТ-2 и ЭТ-3, изготовленные заводом им. Котлякова в Ленинграде.

Коллективами СМУ № 3, ТО № 4, ТО № 14, СМУ № 4, СМУ № 6 и подрядными организациями выполнены следующие объемы работ: разработано 246585 м³ грунта, уложено 58274 м³ бетона и железобетона, в том числе 3485 м³ сборных железобетонных конструкций, 21749 м³ сборной железобетонной обделки, 12750 т чугунных тьюбингов, 17770 м² гидроизоляции, проложено 4400 пог. м пути, смонтировано 4400 пог. м контактного рельса, уложено 5810 м² гранита и 6270 м² мрамора.

Свои «автографы» оставили в тоннелях и на станциях коллективы бригад: Героя Социалистического Труда М. Кирилова, кавалера орденов Трудовой Славы II и III степеней А. Седяра, М. Андреева, В. Голя, В. Товстыги, заслуженного строителя республики М. Смолянинова, В. Тригуба, М. Трофимчука, А. Мироненка и многих других.

Сотни предприятий и организаций города, республики и всего Союза присылали материалы и изделия, механизмы и оборудование — из Москвы, Ленинграда, Минска, Свердловска, Баку, Ташкента, Кишинева, Еревана.

В строительстве и отделке станций и трассы участвовали трудовые коллективы Белоруссии, Азербайджана, Узбекистана и других братских республик. Отделочники Управления «Союзметрострой» красиво облицевали вестибюли и подземные станции. Доброй славой у киевлян пользуется бригада отделочников заслуженного строителя Узбекской ССР Г. Безверхнего и коллектив Е. Благова со СМУ № 4 Мосметростроя, который произвел монтаж скоростных эскалаторов на станциях.

**

С пуском нового участка протяженность Киевского метрополитена увеличилась до 28,3 км, а число станций до 23.

Вводимый в этом году четвертый участок Курневско-Красноармейской линии к жилому массиву Оболонь будет иметь длину 2,41 км с двумя станциями: односводчатой открытого способа работ из сборного железобетона («Оболонь») и типовой колонной мелкого заложения («Героев Днепра»). Перегонные тоннели на всем протяжении прокладываются в цельносекционной обделке.

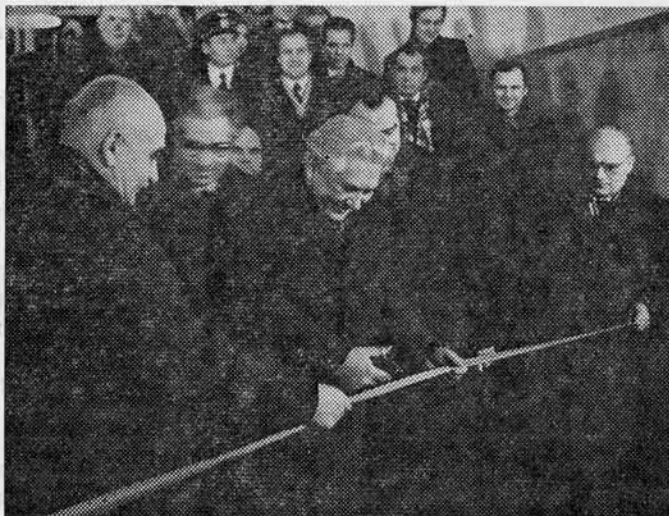
На пятом участке Курневско-Красноармейской линии, который предусмотрено завершить на финише пятилетки, сооружаются две станции глубокого заложения — «Красноармейская» и «Площадь Дзержинского». Конструкция их аналогична станции «Республиканский стадион». Длина этого участка трассы — 2,04 км. С вводом его в эксплуатацию общая протяженность линии увеличится до 13,25 км. Время сообщения составит 19,9 мин.

Исходя из максимальной пропускной способности оборотных устройств размеры движения на линии приняты 46 пар пятивагонных поездов в час. □

ЕСТЬ НОВЫЙ УЧАСТОК!



В строю действующих участок Курневско-Красноармейской линии от «Площади Октябрьской революции» до «Республиканского стадиона». Первый секретарь Киевского горкома партии Ю. Н. Ельченко открыл движение по новой трассе.



СПЕКТР НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В. ГАРБЕР, Э. МАЛОЯН, В. МЕРКИН, И. ДОРМАН,
заведующие лабораториями ЦНИИСа

Развитие науки и техники в XI пятилетке должно быть в еще большей мере подчинено решению экономических и социальных задач, ускорению перевода экономики на путь интенсивного развития, повышению эффективности общественного производства. Поставлена задача огромной важности — вывести все отрасли народного хозяйства на передовые рубежи науки и техники. Это значит, как отмечалось на XXVI съезде партии, что научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы следует теснее сожкнуть — экономически и организационно — с производством.

СОЗДАНИЮ эффективных конструкций, технологических процессов, машин и оборудования, внедрению их новых образцов, решению актуальных научно-технических проблем подчинены научные исследования Отделения тоннелей и метрополитенов ЦНИИСа в текущей пятилетке.

Лаборатория комплексных проблем тоннеле- и метростроения ведет исследования по нескольким направлениям. Главным из них в ближайшие годы будет прогнозирование научно-технического прогресса. Основанием послужит обработка математическими методами массивов патентной и литературно-технической информации за прошедшие 10 лет, формирование которых ведется в настоящее время по разделам: технология строительства, машины и оборудование, конструкции, средства водозащиты.

Наряду с этим начат цикл исследований по технико-экономическому анализу, на базе которых предполагается разработать программу технического перевооружения отрасли на последующие пятилетки. Кроме того, намечается проект перспективного плана научно-исследовательских работ на период до 1990 года.

Создание системы автоматизированного проектирования (САПР) метрополитенов и тоннелей в содружестве с Метрогипротрансом и Ленметрогипротрансом позволит значительно повысить качество проектов, сократить

стоимость и сроки проектирования. В настоящее время разрабатываются научно-методологические основы САПР—МЕТРО. Метрогипротрансом и Ленметрогипротрансом ведется конкретное проектирование ряда составных частей будущей системы.

Продолжаются начатые в прошлой пятилетке работы по созданию автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) строительства метрополитенов и тоннелей. Совместно с СКТБ Главтоннельметростроя, Ленметростроем и Бамтоннельстроем ведется подготовка к внедрению АСУ ТП строительства перегонных тоннелей метрополитенов в Ленинграде и АСУ ТП строительства тоннелей БАМа. Обе системы должны дать существенный экономический эффект, повысить проходческие темпы и содействовать уменьшению числа людей, занятых на подземных работах.

Значительным аспектом деятельности лаборатории является участие в выполнении комплексной тематики института, направленной на экономию ресурсов труда и материалов, снижение энергозатрат в отрасли, повышение уровня механизации строительно-монтажных работ.

Исследователи широко используют современные математические методы и электронно-вычислительную технику.

Основная задача лаборатории водозащиты подземных со-

оружений — решение научно-технических проблем и актуальных вопросов, обеспечивающих технический прогресс в области совершенствования следующих способов строительства:

специальных, в том числе таких, как «стена в грунте», использование тиксотропных растворов при проходке тоннелей и стволов шахт, сооружении тоннелей методом продавливания, анкерного крепления ограждающих и постоянных конструкций при строительстве тоннелей и метрополитенов;

химического закрепления грунтов; понижения уровня грунтовых вод и искусственного замораживания грунтов;

инъектирования тампонажными растворами с целью закрепления грунтов и снижения водопритоков в подземные выработки;

гидроизоляции тоннелей со сборной железобетонной и чугунной обделками, сооружаемых закрытым способом, а также сборных железобетонных открытого способа.

Разрабатываются конструктивные решения, обеспечивающие надежную работу обделок, залегающих в грунтах с различной степенью обводненности.

Продолжается совершенствование конструкций и технологии анкерного крепления котлованов с целью более широкого его внедрения в практику метростроения. ЦНИИС совместно с Мосметростроем значительно усовершенствовал конструкции и технологию устройства анкеров. Некоторые типы анкеров, например, с упорной трубой и частично извлекаемой тягой, прошли проверку при строительстве станции «Южная».

Эффективность анкерного крепления значительно повысится с применением винтовой термоупрочненной арматурной стали, выпуск которой в настоящее время осваивается отечественной промышленностью. Кроме того, предполагается вести работы по нагельному (стержневому) креплению, которое в отдельных случаях строительства подземных сооружений дает значительный экономический эффект.

Предусматривается дальнейшее совершенствование технологии сооружения тоннелей из монолитно-прессованной обделки с бентонитовым экраном с целью повышения ее водонепроницаемости. Использование бентонитового экрана дает возможность применять монолитно-прессованные обделки при давлении грунтовых вод 1—1,5 атм и, кроме того, получить значительную экономию в сравнении с чу-

гунной обделкой, применяемой в настоящее время в таких условиях.

Дальнейшее развитие получают работы, связанные с технологией способа «стена в грунте». В частности, по техническому заданию, разработанному сотрудниками лаборатории совместно с Метрогипротрансом и Мосметростроем, в Минске ведется строительство станции с несущими конструкциями, возводимыми способом «стена в грунте». Это позволяет достичь снижения стоимости сооружения на 10%, экономии прокатного металла на 350 т, сокращения трудозатрат на 16%.

Ведутся исследования, связанные с совершенствованием физико-химических методов упрочнения грунтов, внедрение которых предполагается как при строительстве метрополитенов, так и горных тоннелей, а также по подбору составов аэрированных растворов.

Лаборатория принимает активное участие во внедрении в практику Мосметростроя метода продавливания тоннелей. В 1983—1984 гг. предполагается разработка нормативного документа по этому вопросу. Составляется инструкция по гидроизоляции тоннелей закрытого способа работ. Исследуется вопрос гидроизоляции стыков сборных обделок.

В предстоящие годы тематика лаборатории будет ориентирована на развитие специальных способов строительства и водозащиты подземных сооружений.

Лабораторией сооружения горных тоннелей и метрополитенов большое внимание уделяется совершенствованию методов организации и производства работ в тоннелестроении, составлению перспективных планов развития отрасли.

Резко возросшие в последние годы объемы строительно-монтажных работ и необходимость завершения в сжатые сроки сооружения горных железнодорожных и автодорожных тоннелей потребовали значительных усилий всех причастных к этому «служб». В прошлом пятилетии на ряде тоннелей (Меградзорский, Мцхета—Загес, Нагорный) осуществлена опытная проверка технологических схем, конструкций крепи и горнопроходческого оборудования.

Ведутся исследования по механизации процесса зарядания, что должно в 2,5—3 раза сократить трудозатраты и в 1,5—2 раза время на эту операцию; разработке эффективных закрепляющих химических составов и

технологии установки сталеполимерных анкеров, расширяющих диапазон применения анкеров на грунты с крепостью $f \geq 2$, в том числе обводненные и низкотемпературные, повышающих надежность крепления и уровень индустриализации за счет применения ампул-патронов с закрепляющим составом; подбору составов бетонной смеси, в частности, на местных заполнителях, и режимов бетонирования обделок для различных горно-геологических и температурных условий строительства; оптимизации технологических параметров строительства и конструкций крепления.

Значительная часть научных работ уже получила практическое внедрение. Так, на объектах Бамтоннельстроя успешно применяется бетон с комплексными химическими добавками, обеспечивающими требуемую прочность, водонепроницаемость, морозостойкость и удобоукладываемость; в Армтоннельстрое — сталеполимерные анкера и бетон на природных пористых заполнителях; повсеместно используются гидрозабойка шпуров и крепь из набрызгбетона.

В числе основных задач коллектива в XI пятилетке — разработка способов и средств для оперативной оценки состояния грунтового массива впереди забоя. Имеется в виду развитие перспективных исследований по применению геофизических методов, в частности электроразведки. Намечено создание помехоустойчивой аппаратуры и методики, позволяющей количественно оценивать состояние нарушенных грунтов.

Предстоит продолжить теоретические и экспериментальные исследования по созданию современных методов расчета податливой крепи из набрызгбетона в сочетании с анкерами или арками, возводимой по всему контуру выработки вслед за ее обнажением на участках средней и слабой устойчивости, и оценки состояния конструкции в натуральных условиях; разработать высокоэффективные (с позиций однородности и прочности покрытия) составы набрызгбетона и технологию их механизированного нанесения. Представляется, что реализация этой технологии должна осуществляться робот-установками с дистанционно управляемым соплом и приспособленными для работы в комплексе с бетономашинными любого типа, в том числе для «сухого» и «мокрого» методов набрызгбетонирования. Решение задачи позволит также на более высоком научном и техническом уровне подой-

ти к использованию крепи из набрызгбетона с анкерами в качестве постоянной обделки.

Составной частью в новую технологию войдет применение сталеполимерных анкеров, средства для механизированного изготовления и установки которых создаются ЦНИИСом совместно с СКТВ Главтоннельметростроя и ИГД СО АН СССР.

Планируются исследования, которые позволили бы ускорить процесс обустройства забоя, а также перейти от традиционных 3—4-метровых шпуров к большему за счет особых схем их расположения и конструкций зарядов.

На повестке дня — совершенствование оценки и учета надежности технологических схем строительства. Проведенные на Бамтоннельстрое наблюдения показали, что выход из строя отдельных машин, в частности породопогрузочных, наступает значительно раньше гарантированного заводом-изготовителем срока, в связи с чем заметно снижаются скорости проходки. Необходимо определить действительные показатели надежности оборудования и в соответствии с заданными проходческими темпами назначать уровень резерва отдельных машин и режимы их эксплуатации. Результатом этой работы должны стать методические положения и нормативы.

Для безосадочной проходки тоннелей метрополитена на мелком заложении предусматривается создание оборудования и технологии, в том числе с одновременным нагнетанием в отверстия обделки и прессованием раствора при передвижке щита.

В лаборатории разрабатывается методика оптимизации организационных и технологических параметров строительства тоннелей по факторам времени, стоимости и трудозатрат. В настоящее время эта работа ведется совместно с Кавгипротрансом применительно к проектируемому железнодорожному тоннелю через Главный Кавказский хребет.

Успехи в развитии механизированных способов разрушения грунта и трубопроводного транспорта ставят на реальную основу создание автоматизированной технологии непрерывного сооружения тоннелей, по которой начаты поисковые исследования.

Большое внимание в лаборатории уделяется патентной чистоте разработок. Практически все выходящие из ее стен решения выполнены на уровне изобретений и защищены авторскими свидетельствами.

СКТБ: ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ

В. ПРОТЧЕНКО,
начальник СКТБ Главтоннельмостростроя

МОЖНО выделить три основных направления наших планов на ближайшие годы — комплексная механизация проходческих работ, создание сложных производственных устройств, механизмов и оборудования, а также проектов автоматизированных систем управления организационными и технологическими процессами.

Одна из главных задач СКТБ — решение вопросов комплексной механизации строительства тоннелей — от разработки забоя до шахтного подъема и поверхности.

В проектах производства работ по проходке, креплению, вентиляции, откатке, выдаче грунта и т. д. предусматривается наиболее оптимальное использование тоннельных машин, а также рациональная расстановка обслуживающего персонала. Это тем более актуально, что тоннель-

лестроители сейчас имеют на вооружении высокопроизводительные механизированные проходческие комплексы, созданные в СКТБ, такие, как ТЩБ-7М для сооружения тоннелей с монолитно-прессованной бетонной обделкой; КМО 2×5 для проходки перегонных открытым способом; АБТ-5,5 для буровзрывных работ с машинным обуриванием забоя; КМ-42 со щитом ЩНЭ-1С, оснащенным экскаваторным рабочим органом; шахтный комплекс мелкого заложения КШМ-1. Это оборудование изготовлено, смонтировано и успешно работает на строительстве метрополитенов в различных городах страны. СКТБ также разработало оборудование для механизации отдельных процессов метростроения (кран для разборки тубингов, опрокидная вагонетка, опалубка для бетонирования стен при сооружении односводчатых станций и др.).

Составлена техническая документация на все виды горнопроходческой техники. Мы не считаем эту работу завершенной. Необходимо детально проанализировать эксплуатационные качества созданных проходческих комплексов и другого тоннельного оборудования на строительных участках, провести дальнейшую модернизацию узлов с целью повышения их производительности и надежности. Так, для замены комплексов ТЩБ-7М запроектирован и изготавливается на Ясиноватском заводе проходческий механизированный комплекс ТЩФ-1. Он позволит устранить отдельные недостатки ранее выпускаемого, улучшить качество монолитно-прессованной бетонной обделки, повысить ее водонепроницаемость, увеличить скорости проходки. Взамен ЩНЭ-1С с двумя телескопическими

Свои исследования коллектив ведет в контакте со строительными и проектными организациями, рядом научных и учебных институтов. Наиболее тесные творческие связи установились с Мосметростроем, Бамтоннельстроем, Армтоннельстроем, Ленметрогипротрансом, Кавгипротрансом, Ленгипротрансом, СКТБ ГТМ, а также с СибЦНИИСом, НИИЖБом и МИИТОм.

Перед созданной в ЦНИИСе полтора года назад специализированной лабораторией по борьбе с шумом и вибрацией поставлено несколько основных задач:

практическое решение проблемы борьбы с шумом и вибрацией в жилых домах и зданиях культурно-бытового назначения, расположенных вдоль линий метрополитена мелкого заложения;

вибракустические испытания тоннелепроходческих комплексов и других машин, выпускаемых для транспортного строительства с целью улучшения условий труда операторов и машинистов;

разработка мероприятий по снижению шума вентиляционных шахтных установок;

дальнейшее совершенствование методов и норм расчета, а также конструкций транспортных тоннелей для сейсмических районов.

Для решения этих задач лаборатория оснащена современной виброакустической аппаратурой как отечественного, так и зарубежного производства, укреплена кадрами специалистов — механиков, акустиков, электронщиков и тоннельщиков, создается экспериментальная база. Значительный объем научных поисков сотрудники лаборатории выполняют непосредственно на объектах Главтоннельмостростроя. Так, за истекший год проведены виброакустические испытания тоннельной техники на БАМе — комплекса «Роббинс» и самоходной буровой каретки порталного типа, ряда опытных образцов строительно-дорожных машин. Осуществлено выборочное обследование виброакустического фона на ранее построенных линиях метрополитена мелкого заложения с виброзащитными конструкциями в Москве. Ведутся натурные наблюдения в процессе сооружения опытной сейсмостойкой станции метрополитена из объемных элементов в Ташкенте и ряд других.

Для полного использования имею-

щегося научного потенциала применяется комплексно-целевой метод планирования работ.

Лаборатория ведет совместные исследования как с технологическими и конструкторскими лабораториями Отделения тоннелей и метрополитенов, так и с другими подразделениями ЦНИИСа — вычислительной техники (ВМ), АСУ, экономики. Все работы проводятся в тесном контакте с ведущими в данной области научно-исследовательскими, учебными и проектными институтами — ЦНИИСКом им. Кучеренко, НИИоснований и подземных сооружений, Институтом машиноведения АН СССР, ВНИИЖТ МПС, Ленметрогипротрансом, Бамтоннельстроем и многими другими.

Исследования носят комплексный характер и основываются, как правило, на солидной теоретической базе с использованием современной вычислительной техники и математического моделирования.

Конечная цель большинства научных разработок — создание норм проектирования и современных технических решений, способствующих повышению производительности и созданию комфортных условий труда для транспортных строителей. □

экскаваторными рабочими органами, изготавливаемого Московским механическим заводом, выпущен проект агрегата с одним экскаватором, что увеличит надежность и безопасность работы, повысит удобство эксплуатации щита. С участием СКТБ на ЯМЗ создается механизированный комплекс КТ1-5,6Б2 в целях дальнейшего повышения уровня механизации работ в призабойной зоне и проходческих скоростей. К новому оборудованию, разработанному в СКТБ, относятся проходческий комплекс КТ2-5,6 с применением в зависимости от инженерно-геологических условий проходческого комбайна 4ПП-2 или бурильной установки на рельсовом ходу, шахтный комплекс глубокого заложения КШГ-1, оборудование для вибропогружения и извлечения труб при креплении котлованов ОИТ-1.

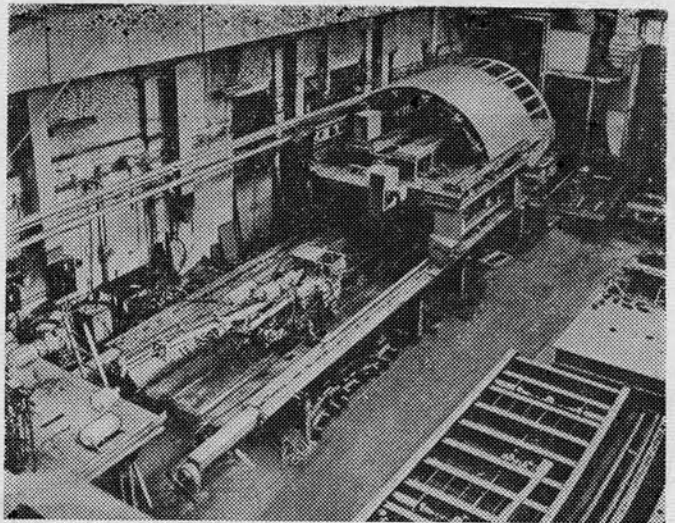
С образованием СКТБ началась планомерная работа по созданию комплексной механизации для сооружения горных транспортных тоннелей. Часть механизированного оборудования изготовлена или находится в стадии изготовления на Московском механическом заводе: для ведения бетонных работ (включая пневмобетонукладчик производительностью 3 м^3 на рельсовом ходу), передвижные опалубки для возведения обделок штолен, свода и полного сечения однопутного железнодорожного тоннеля. Здесь же заканчивается выпуск порталного бурового проходческого агрегата ПБА-2 для комплексного выполнения работ при проходке однопутного железнодорожного тоннеля буровзрывным способом. Опытные образцы аналогичных агрегатов будут изготовлены в конце пятилетки. Комбинированные, пневмогидравлического действия бурильные машины позволят повысить скорость бурения шпуров в забое и сократить время выполнения одной из самых трудоемких операций проходческого цикла.

В 1982 г. по проекту СКТБ Минтяжмашем будет создан механизированный комплекс КТ-8,5Д2 для сооружения железнодорожных тоннелей диаметром 8,5 м. Проходческий щит этого комплекса оснащен выдвижными шандорами и сменными рабочими органами в виде экскаватора или фрезерного механизма. Комплекс предназначен для механизированного сооружения тоннелей в слабо устойчивых и нарушенных грунтах крепостью до $f=5$. Применительно к условиям проходки нарушенных, неустойчивых зон разрабатывается установка для сооружения опережающего трубчатого экрана в своде выработки на величину до 50 м.

Закончено проектирование шандорного арочного полущита ППШ-1 для сооружения сводовой части двухпутных железнодорожных и автодорожных тоннелей. Конструкция полущита позволяет использовать его с любым типом обделки, так как при его передвижении не обязателен упор в уложенную сборную обделку тоннеля (как у обычных щитов). Полущит будет оснащен экскаваторными рабочими органами и предназначен для проходки тоннелей в нарушенных, слабоустойчивых грунтах.

Создаваемое оборудование в сочетании с высокопроизводительной серийно выпускаемой промышленностью горнопроходческой техникой (породопогрузочные машины ПНБ-3Д и ПНБ-4, автосамосвалы МоАЗ и вагоны с донной разгрузкой ВПК-7 и ВПК-10) обеспечит высокие темпы сооружения тоннелей.

Для разработки и внедрения эффективных средств малой механизации и ручного механизированного инструмента в конструкторском бюро создан отдел, в составе которого — секторы нормокомплектов, общих вопросов по



Буровой агрегат АБТ-5,5

малой механизации, конструкторская бригада СММ и другие. Уже ведется разработка ряда нормокомплектов, выпущено техническое задание на универсальный камнерезный станок для облицовочных работ, производится сбор заявок от строительных организаций для формирования плана на последующие годы.

Для выявления, обобщения и широкого распространения передовых методов труда по метро- и тоннелестроению при отделе внедрения СКТБ создана специальная группа.

В области внедрения автоматизированных систем управления строительством (АСУС) и технологическими процессами (АСУ ТП) осуществлены разработки по АСУС метрополитенов в Москве и Ленинграде, по строительству тоннелей БАМа; выполнен экспериментальный образец АСУ ТП сооружения перегонных тоннелей метрополитенов для условий Ленинграда. Предстоит продолжить работу по повышению эффективности систем и их практической отдачи управлениям строительств.

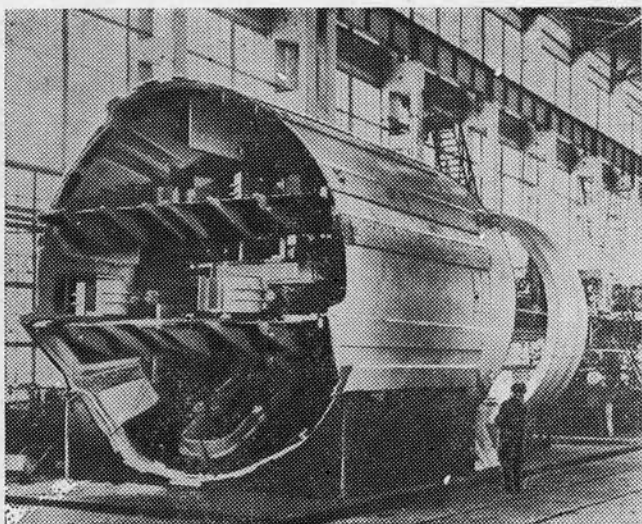
СКТБ проводит большую работу по созданию различного вида промышленного оборудования и высокотехнологичной оснастки. В частности, проектируются формы для изготовления элементов железобетонной обделки (в том числе создан проект форм и оборудования для изготовления блоков повышенной точности на Очаковском заводе ЖБК).

Разрабатывается ряд комплектов оснастки и приспособлений: распалубщики, виброплощадки, кондукторы, растворонагнетатель для тоннелей, оборудование поста защиты гидроизоляции ЦСО в заводских условиях и др.

СКТБ планирует работу так, чтобы полностью обеспечить проектной документацией промышленную базу Главка с учетом расширения и реконструкции действующих предприятий и строительства новых.

В лаборатории НИР СКТБ проводится работа по изысканию новых прогрессивных материалов и организации индустриального изготовления из них отдельных тоннельных конструкций, таких, как:

- защитные короба контактных рельсов метрополитена на основе полимерных материалов для замены деревянных;
- прокладки из полимерных материалов под рельсы пути метрополитена на бетонном основании;
- гидроизоляция тоннельных обделок гидростеклоизолом;
- конструкция крепления контактного рельса метрополитена на основе полимерного материала.



Проходческий комплекс ТЩБ-7М.

В настоящее время завершается формирование тем перспективных разработок на предстоящие годы. Важно заблаговременно создавать техническую документацию на технологические процессы и горнопроходческое оборудование. Однако по вопросам прогнозирования и создания перспективного оборудования нам необходима действенная помощь ЦНИИСа. Считаем нужным пересмотреть и дополнить перечень намечаемых ЦНИИСом научных исследований, направленных на решение перспективных проблем тоннелестроения.

Значительный тормоз на пути создания высокоэффективных образцов новой техники — отсутствие необходимых материалов, комплектующего оборудования, мощной промышленной базы для изготовления горнопроходческой техники. Так, для облегчения и снижения металлоемкости нестандартного тоннельного оборудования целесообразно

широко использовать при его изготовлении полимерные материалы, низколегированные стали, экономичные виды прокатных профилей. Таких материалов заводам Главка выделяется недостаточно.

Специфика изготовления механизированного тоннелепроходческого оборудования заключается в том, что оно выпускается малыми сериями, обладает повышенной трудоемкостью в изготовлении, требует, как правило, проведения значительного объема доводочных работ для его приспособления к конкретным инженерно-геологическим условиям строительства. Эти факторы, при существующем порядке выпуска новой техники, делают невыгодным для заводов его изготовление, что приводит к высокой себестоимости оборудования, задержке плановых сроков изготовления и т. д. С целью ликвидации этих недостатков в Минтрансстрое проводится работа по пересмотру положения о создании новой техники, которую необходимо максимально ускорить.

Для производства надежного высокопроизводительного горнопроходческого оборудования необходимо оснащение его специальными комплектами: высокомоментными и низкооборотными гидродвигателями, компактными электродвигателями и планетарными редукторами, электро- и гидроаппаратурой, специально приспособленными для работы в тяжелых подземных условиях. Однако все это поставляется для изготовления горнопроходческих механизмов в явно недостаточном количестве или вообще не выпускается промышленностью. Вследствие этого значительная часть тоннельных машин комплектуется редукторами и гидроаппаратурой общепромышленного назначения, что снижает их надежность в эксплуатации. Отсутствие породоразрушающего инструмента для оснащения рабочих органов щитов при проходке в крепких породах не позволяет до сих пор создать тоннелепроходческий комплекс для работы в породах крепостью 1500—1800 кгс/см² на одноосное сжатие, хотя в нем имеется настоятельная потребность. □

15 КИЛОМЕТРОВ В ГЛУБЬ ЗЕМЛИ

ПРОХОДЧИКИ Саатлинской сверхглубокой скважины достигли глубины 7,5 тыс. метров. Пройдена половина намеченного пути в земные недра. Работы продолжаются.

Проходка сверхглубокой скважины — часть так называемого «Проекта верхней мантии», разработанного несколько лет назад по инициативе Международного геофизического союза. Саатлинская скважина — одна из нескольких аналогичных, которые решено пробурить в разных частях планеты. В частности, в СССР две такие скважины: вторая бурится в Мурманской области. Проникновение в земные недра на такую большую глубину — пятнадцать километров — поможет получить ответ на многие вопросы: определить характеристики осадочных пластов, выяснить масштабы и характер их нефтегазоносности, получить новые данные об истории возникновения Кавказских гор и т. д. Одновременно здесь проходят испытания буровое оборудование и инструмент новых типов, рассчитанные для работы на большой глубине.

Уникальные работы потребовали фактически создания целого предприятия. Оно включает в себя крупный энергоцех, научно-исследовательские лаборатории, хранилище кернов, культурно-бытовые объекты. Сердце комплекса — слегка усеченная вышка почти шестидесятиметровой высоты. Она осна-

щена оборудованием, рассчитанным на подъем грузов весом до четырехсот тонн. Здесь применяются и другие мощные агрегаты, специальные трубы. Созданное «Уралмашем» оборудование блестяще выдерживает трудный экзамен на проходке скважины. Агрегат «Уралмаш-15000» впервые в отечественной практике позволил спустить в недра земли обсадную колонну, состоящую из труб большого диаметра общим весом 365 тонн.

В Саатлах впервые применены оригинальные высокоэффективные компоновки бурового инструмента. Впервые испытаны приборы, измеряющие число оборотов турбобура, работающего на большой глубине.

Всего в работе по программе «Саатлинская сверхглубокая скважина» участвует более двадцати союзных и республиканских научных коллективов. Координирует их деятельность Азербайджанский научно-исследовательский и проектный институт нефтяной промышленности.

Впереди — еще 7,5 тыс. метров проходки. И это будут самые трудные метры. Не случайно, если первая половина пути была пройдена за четыре года и три месяца, то на вторую потребуются около пяти лет. Отметки 15 километров скважина по плану должна достичь в начале двенадцатой пятилетки.

ТЭО МЕТРОПОЛИТЕНА В РИГЕ

В. РЫЖОВ,
главный инженер проекта

УТВЕРЖДЕНО технико-экономическое обоснование (ТЭО) проектирования и строительства первой очереди метрополитена в Риге. Столица Латвийской ССР — один из крупнейших промышленных, культурных и студенческих центров Советской Прибалтики. Численность населения города, по данным Всесоюзной переписи 1979 г., — 835 тыс. че-

По данным ТЭО, для столицы Латвии характерно радиальное направление основных магистралей в совокупности со слабым развитием периферийных направлений. Это обусловило создание в центре города мощного транспортного узла. Через него осуществляются все транзитные и межрайонные связи.

По улице Ленина при ширине про-

Центр Риги характеризуется высокой плотностью капитальной застройки, концентрацией памятников архитектуры и культуры, сложной конфигурацией планировки, узкими улицами, а также сосредоточением мест приложения труда, объектов культурно-бытового назначения и жилой застройки.

В комплексной схеме всех видов городского транспорта в столице Латвии в качестве скоростного рекомендован метрополитен, и линия Запад—Восток признана экономически оправданной.

Схема линий метрополитена представлена в ТЭО в виде трех взаимопересекающихся линий:

Запад—Восток — из района Иманта, через реку Даугаву, главный железнодорожный вокзал в промзону ВЭФ;

Северо-запад — Юго-восток — из жилого района Ильгуциемс в левобережье города, через Даугаву, центр в жил. район Пурвциеме;

Север—Юг — из района правобережной северной промзоны, через центр, главный железнодорожный вокзал, с возможным выходом через Даугаву в южный левобережный район новостройки, с организацией трех пересадочных узлов в центре, что наиболее целесообразно с учетом развития города и роста численности его населения.

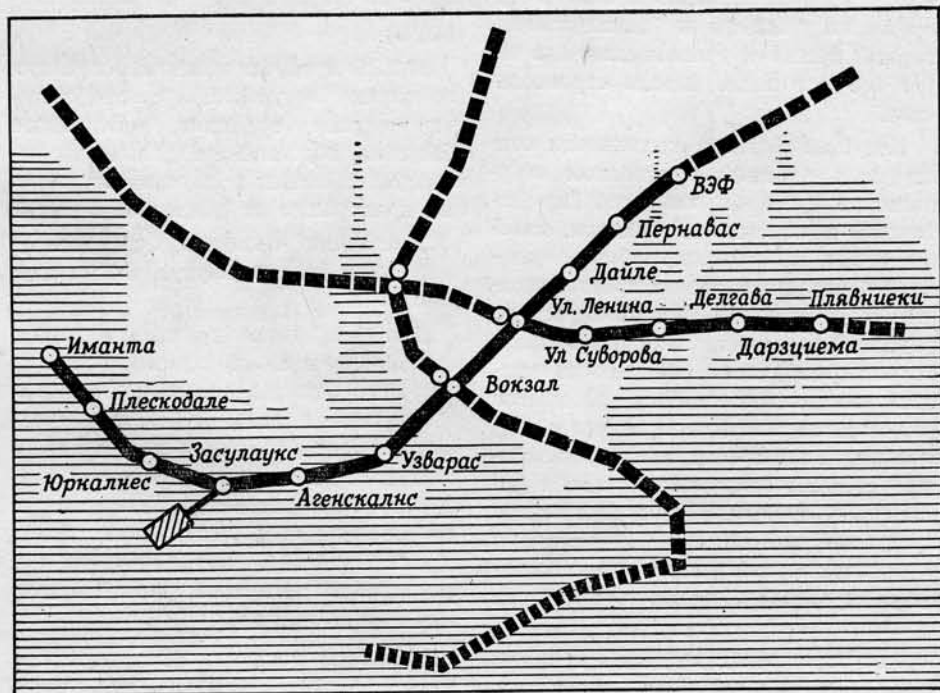
В первую очередь предложена линия, связывающая районы Иманта и Плескодале с железнодорожным и автобусным вокзалами, центром города и заводом ВЭФ. Общая протяженность — 14 км, с одиннадцатью станциями.

Пусковым участком первой линии избран Засулаукс — завод ВЭФ длиной 9 км с 8-ю станциями.

Для сооружения тоннелей рассмотрены три варианта трассы метрополитена Запад—Восток; участок с тоннельным переходом реки Даугава с четырьмя станциями глубокого и семью — мелкого заложения; участок с тоннельным переходом (опускные секции) с тремя станциями глубокого и восемью мелкого заложения; участок с мостовым переходом Даугавы и одиннадцатью станциями мелкого заложения.

Для дальнейшего проектирования и строительства первой очереди метрополитена сочли целесообразным 1-й вариант.

Положение трассы в плане и профиле определяется инженерно-геоло-



ловек. К 2000 г. эта цифра, по данным Института «Латгипрогорстрой», возрастет до 1 млн. человек.

Приток отдыхающих на курорты Рижского взморья (единовременно находящихся в городе) составит предположительно к 1990 г. — 100 тыс. чел. в сутки, в 2000 г. — 200 тыс. чел.

езжей части 14 м проходят 18 маршрутов городского пассажирского транспорта (автобус, троллейбус).

Наиболее загруженный транспортный узел — привокзальная площадь. К ней, помимо главного железнодорожного вокзала, тяготеют: центральный колхозный рынок, гостиницы, автовокзал и Центральный универмаг.

гической и градостроительной обстановкой, условиями развязки в разных уровнях с крупными подземными коммуникациями, а также минимальным сносом жилой застройки.

Участки трассы «Иманта» — «Агенскалнс», от станции «Пернавас» до «ВЭФ» предусмотрены в тоннелях мелкого заложения. Участки от «Агенскалнс» до «Пернавас» решены в тоннелях глубокого заложения по условиям проходки в зоне плотной многоэтажной застройки и под Даугавой с возможно меньшим нарушением жизни города и его центральной части.

«Засулаукс» и «Вокзал» будут пересадочными на железную дорогу, «Улица Ленина» и «Вокзал» — пересадочными на одноименные станции линий Северо-запад — Юго-восток и Север — Юг.

Среднее расстояние между станциями — 1,33 км. Все они мелкого заложения, планируются с двумя подземными вестибюлями, входы в которые совмещены с пешеходными подвличными переходами. Исключение составляют «Засулаукс» (один из вестибюлей соединен с пересадочным коридором на одноименную железнодорожную платформу) и «Пернавас» (один из вестибюлей — наземный).

Из четырех станций глубокого заложения на трех — «Узварас», «Дайле» и «Улица Ленина» — предусмотрено по одному подземному вестибюлю со входами, совмещенными с подвличными пешеходными переходами. На станции «Вокзал» — два подземных вестибюля, один из которых примыкает к существующему подземному пешеходному переходу, а другой — к строящемуся.

Ожидаемый объем пассажироперевозок по первой очереди метрополитена на 2000 год составит 160,2 млн. пассажиров, а пассажиропоток на максимально загруженном перегоне («Узварас» — «Вокзал») в час пик в одном направлении — 25,2 тыс. Для обеспечения ожидаемой интенсивности пассажироперевозок максимальные размеры движения составят 34 пары четырехвагонных поездов. Длина посадочных платформ принята из рас-

чета обращения по линии в перспективе 5-вагонных (типа «И») составов.

Инженерно-геологические условия строительства первой очереди метрополитена Риги весьма сложны. Перегонные тоннели и станции мелкого заложения будут возводиться в песчано-глинистых грунтах четвертичного возраста, обводненных на всем протяжении, при гидростатическом давлении на обделку до 1 ати; тоннели глубокого — в толще скальных и полускальных грунтов верхнего девона при гидростатическом давлении на обделку до 3 ати.

На всем протяжении участков мелкого заложения потребуются применение искусственного водопонижения. Отрезки трассы выхода с глубокого заложения будут сооружаться в неустойчивых песчано-глинистых водонесных грунтах, что потребует применения специальных способов — сплошного и контурного замораживания и водопонижения.

Организация строительства первой очереди метрополитена предусматривает создание 14 базовых площадок с комплексом временных зданий и сооружений. Ввести в эксплуатацию первый пусковой участок намечено через 6,5 лет после начала строительства.

Несущие обделки тоннельных конструкций приняты в основном сборными из чугунных тубингов (эскалаторные и перегонные тоннели, стволы, пилонные станции глубокого заложения, притоннельные и пристанционные сооружения на участке глубокого заложения, тоннели закрытого способа работ на участке мелкого заложения) и железобетонных элементов (перегонные тоннели, притоннельные, пристанционные сооружения и колонные станции открытого способа работ). В монолитном железобетоне предусмотрены одноводчатая станция «Засулаукс», а также частично вестибюли на «Улице Ленина» и обратные тупики.

Для перегонных тоннелей приняты типы обделок: чугунная диаметром 5,5 и 6 м, сборная железобетонная из плоских элементов и из цельнозамкнутых прямоугольных железобетонных секций (ЦСО).

Перегонные тоннели закрытого способа будут проходиться обычными (не механизированными) щитами и блокоукладчиками.

Архитектурная отделка метровокзалов, вестибюлей и переходов планируется в материалах, отвечающих современным требованиям.

Линию метрополитена намечается оборудовать всеми необходимыми санитарно-техническими устройствами, устройствами связи, сигнализации, системой автоматизированного управления движением поездов с применением управляющего вычислительного комплекса (УВК), состоящей из подсистем автоматического регулирования скорости (АРС) и автоматического управления поездами (АУП).

Верхнее строение пути в тоннелях принято из рельсов Р65 с пружинными клеммами и упругими резиновыми прокладками, укладываемыми на железобетонные подрельсовые опоры.

Питание тяговой сети будет осуществляться по децентрализованной системе от 14 подземных совмещенных тяговопонизительных подстанций (СТП).

В ТЭО предусмотрены мероприятия по охране окружающей среды, включая охрану водоемов, воздушного бассейна, подземных вод, зеленых насаждений, а также по снижению шума и вибрации от движения поездов.

У станции «Вокзал» будет сооружен инженерный корпус метрополитена.

Для технического обслуживания, отстойного и межпоездного осмотра, текущего периодического и случайного ремонта подвижного состава, среднего ремонта колесных пар, тяговых двигателей и мотор-компрессоров планируется строительство вагонного депо, размещаемого в промзоне Засулаукс. С линией метрополитена оно соединится двухпутной веткой протяженностью 0,82 км.

Основные решения ТЭО отражают современный уровень отечественного метростроения. Техническая оснащенность метрополитена учитывает все новейшие достижения в области его эксплуатации. □

КОМПЛЕКСНАЯ ПРОГРАММА ТОННЕЛЕСТРОЕНИЯ

С. ВЛАСОВ,
главный инженер Главтоннельметростроя

В СООТВЕТСТВИИ с долговременной программой развития транспорта значительно расширяется сеть железных и автомобильных дорог — в первую очередь в районах Сибири, Дальнего Востока, Урала, Закавказья и Средней Азии. Строительство этих дорог связано в ряде случаев с пересечением горных хребтов, что вызывает необходимость резкого увеличения объемов работ по сооружению горных транспортных тоннелей.

Так, на трассе Байкало-Амурской железнодорожной магистрали в настоящее время развернуто строительство семи тоннелей общей протяженностью почти 30 км: Северо-Муйский (15,3 км), Байкальский (6,7 км), четыре Мысовых на побережье Байкала (5,6 км). Если учесть, что параллельно основным тоннелям проходят разведочно-транспортные штольни, эта цифра превысит 50 км.

Ряд крупных железнодорожных тоннелей прокладывают на Северном Кавказе и в Закавказье. Так, на линии Иджеван — Раздан в стадии строительства находятся Меградзорский (8,3 км) и Иджеванский (3,2 км) тоннели; приступили к проходке еще трех. Общая длина тоннелей на этой магистрали составит 16,5 км.

В 1978 г. начаты работы по строительству самого крупного в нашей стране автодорожного тоннеля под Рокским перевалом Главного Кавказского хребта на трассе, соединяющей Северную и Южную Осетию. Длина сооружения — 3,6 км.

Несколько тоннелей сооружают на горных автомагистралях страны — Севанский (2,2 км) под Семеновским перевалом в Армении, Рикотский (1,8 км) в Грузии, два тоннеля (по 0,6 км) на реконструируемом участке дороги Сочи — Кудепста в Краснодарском крае.

Особенности тоннелей, которые предстоит построить в ближайшие годы, — их большая протяженность и большие размеры поперечного сечения, исключительно сложные климатические, топографические и инженерно-геологические условия, отсутствие чаще всего подъездов к тоннелям, а также производственных баз и баз снабжения, расположенных вблизи строительства.

Выполнение целевой комплексной программы, направленной на повышение качества строительства тоннелей и темпов проходки на основе улучшения технологических процессов, совершенствования организации работ и их механизации, оснащения строительных подразделений передовой высокопроизводительной техникой, материалами и укрепления квалифицированными кадрами, предусматривает:

комплексный проект организации строительства тоннеля, учитывающий все особенности данного объекта;

достаточно хорошо изученные геологические условия, уточняемые в процессе проходки;

набор ряда основных технологических схем сооружения тоннеля, разработанных для различных геологических условий и предусматривающих наиболее перспективные решения по методам работ;

оснащение строительных площадок в полном соответствии с принятой технологической схемой работ оборудованием, конструкциями и материалами;

четкую организацию строительства и проведение проходческих работ в соответствии с технологической схемой в конкретных условиях.

Одной из важных задач строительства тоннелей является качественное проведение инженерно-геологических изысканий, достаточно точное знание геологии для более эффективной организации проходческих работ. При производстве инженерно-геологических изысканий следует в полном объеме обеспечивать требования действующих инструкций, использовать самые совершенные геофизические методы, наряду с вертикальными разведочными скважинами широко применять наклонные и горизонтальные, пробуренные на большую длину: специальные станки разведочного бурения позволяют бурить скважины с отбором керна на длину до 350 м.

Очевидно, что наиболее полные геологические данные могут быть получены при предварительной проходке специальных разведочных штолен. Признано целесообразным сооружать их при строительстве наиболее протяженных тоннелей в сложных инженерно-геологических условиях. Помимо геологической разведки, штольни служат для организации дополнительных забоев и транспорта, осушения горного массива (путем приема воды в штольню), а также для обхода мест тектонических разломов и для проведения работ по их укреплению. Это технологическое решение оказалось особенно эффективным на сооружении Северо-Муйского тоннеля. Здесь проходка штольни осуществляется с применением механизированного проходческого комплекса типа «Роббинс» \varnothing 4,5 м в трещиноватых скальных породах средней и слабой устойчивости и в зонах разломов, где скальные породы перемешаны до состояния дресвы. Приток воды в забой достигал 500—700 м³/час. В таких условиях добились устойчивых месячных скоростей продвижения забоя — 160—220 м. Опережение забоя штольни по отношению к забою основного тоннеля составило почти 850 м. Это позволило дренировать воду из горного массива и сооружать основной тоннель при малых (30—45 м³/час) притоках воды. Значительное опережение штольни позволило организовать дополнительные забои для проходки основного тоннеля и повысить темпы работ.

Большое внимание уделено разработке и последующему применению при строительстве основных технологических схем, которые дают наиболее эффективные принципиальные решения по способам проходки в различных породах от

* Ереван, 1981 г.

скальных до неустойчивых для железно- и автодорожных тоннелей под габариты Г-6 и Г-8. В зависимости от геологических условий для каждого из типов тоннелей составлено четыре — шесть схем. В них определены порядок разработки породы, крепления забоя и возведения обделки, варианты конструкций временного крепления, типы применяемого оборудования и его расстановка в тоннеле, ориентировочные расходы сжатого воздуха, воды, электроэнергии, примерный состав бригад и возможные темпы работ.

На основе технологических схем разрабатываются проект производства работ и технологические карты для конкретных условий строительства.

Отработка технологических схем вначале на сооружении тоннелей в Армении, а затем Нагорного и Байкальского тоннелей на БАМе позволила определить эффективные механизированные комплексы из высокопроизводительных машин для проходческих и бетоноукладочных работ, позволяющих добиться более высоких темпов строительства. Механизированный комплекс для проходки тоннелей состоит из следующих машин:

бурового порталного агрегата (типа ПБН-1) для комплексного обуривания забоя и проведения всех работ по зарядке забоя и установке временного крепления;

породопогрузочных типа ПНБ или двух машин 1ППН-5Э для уборки и погрузки породы;

для вывозки разработанного грунта — автосамосвальных поездов МоАЗ-64011, при рельсовой откатке вагонов ВПК-7(10) и электровозов 14КР.

При работах по возведению постоянных бетонных тоннельных обделок хорошо зарекомендовал себя комплекс машин, состоящий из: механизированных многосекционных порталных опалубок для бетонирования обделок; пневмобетоноукладчиков на автомобильном или рельсовом ходу (в зависимости от транспорта) для транспортирования и укладки бетона за опалубку; бетоносмесительных установок типа СБ-70 или С-780 для приготовления бетона в комплексе с теплыми механизированными складами инертных материалов.

Одним из важнейших элементов повышения качества тоннелей является возведение монолитных обделок, состав бетонов которых удовлетворял бы предъявляемым требованиям по прочности, водонепроницаемости и морозостойкости. Необходимо обеспечить комплексную механизацию работ по их возведению. В связи с этим ЦНИИСом, НИИЖБом и МИИТОм в 1976—78 гг. проведен ряд исследовательских работ, позволивших создать эффективные составы бетонных смесей на основе комплексных химических добавок (нитрит натрия СНВ и СДБ). В отличие от бетонов, ранее применявшихся в аналогичных условиях, они не требуют электропрогрева для твердения при низких температурах, повышают удобоукладываемость бетонной смеси.

Опробование этих бетонов на Нагорном, а затем на Байкальском тоннелях показало, что, обладая высокой удобоукладываемостью (осадки конуса 10—12 см), они обеспечивают эффективное использование нового производительного оборудования (автобетоновозы, пневмобетоноукладчики, механизированные опалубки) и удовлетворяют проектным требованиям к конструкции обделок (прочность М-300, морозостойкость МРЗ-300 и В-6). Для введения добавок на бетоносмесительных установках СБ-70 и С-780 устанавливаются специальные приставки.

Следует остановиться на новых бетононагнетателях. Они представляют собой герметический цилиндр емкостью 4—5 м³, установленный на раму с колесами. Внутри цилиндра имеются лопасти для перемешивания бетона. Бетононагнетатели загружают бетоном через скважины, пробуренные с

поверхности в тоннель или непосредственно у порталов. Загруженные бетононагнетатели подвозят электровозами к месту укладки, где под воздействием сжатого воздуха бетон нагнетают в течение 3—5 мин. по трубопроводу за опалубку. Аналогичные бетононагнетательные установки применяются и на автоходу. Благодаря внедрению указанных машин на проходке тоннелей и возведении обделок практически устранены работы, выполняемые вручную, на основных операциях цикла. В XI пятилетке с их использованием будет построено 20 км тоннелей и уложено свыше 130000 м³ бетона.

Успех строительства тоннелей и темпы работ в большой степени зависят от своевременного и полного выполнения всего комплекса подготовительных работ: подведения подъездных дорог, устройства выемок с водоотводными сооружениями, возведения жилых поселков, организации карьеров песка, щебня и др. Их должны выполнять генподрядчики, а оборудование строительных площадок у порталов и шахт — тоннельные организации.

Для ускорения этих работ намечен и проводится ряд мер. Прежде всего типизированы конструкции временных производственных зданий (ВТЗ): компрессорных станций, механических мастерских, складов различного назначения, душевых (бытовых) комбинатов, которые представляют собой сборно-разборную рамную металлическую конструкцию, обшиваемую трехслойными асбоцементными панелями с утеплителем. По своему функциональному назначению типизирована также и технологическая часть сооружений. Для этого применяются портативные компрессорные установки с воздушным охлаждением 6ВКМ-25/8, передвижные компрессоры высокой производительности (49 м³/мин.), передвижные электростанции мощностью 200, 500 и 1000 кВт, транспортабельные автоматизированные котельные установки теплопроизводительностью 4, 8 и 12 Гкал/час перегретой воды с параметрами 150—170°C, блочные котельные установки ПКН-2С производительностью по пару 1 тн/час.

В суровых климатических условиях особое значение приобретает бесперебойное обеспечение строительства тоннелей товарным бетоном. С этой целью разработаны и внедрены решения по утеплению типовых бетоносмесительных узлов СБ-70 производительностью 15 м³/час и С-780 — 25 м³/час, выпускаемых промышленностью с теплыми складами инертных, сооружаемыми в инвентарных конструкциях типа ВТЗ и складами цемента из сборных железобетонных блоков.

Наличие зон тектонических разломов по трассе строительства нередко приводит к остановке работ, к необходимости перестройки принятой технологии и, как правило, раскрытию тоннельного профиля по частям в течение длительного времени.

Наиболее эффективным способом преодоления таких участков является сооружение опережающего защитного свода (экрана) из труб. При этом не доходя до разлома в сводовой части тоннеля, разрабатывается прорезь, из которой бурильным станком бурится ряд горизонтальных скважин с обсадными трубами \varnothing 165 и 130 мм. Скважины бурятся через зону разлома вплотную или на некотором расстоянии друг от друга в зависимости от геологических условий. Затем в скважины вводятся перфорированные трубы, а обсадные извлекаются для последующего использования. В разломе образуется защитный свод из труб, через которые при необходимости можно провести цементацию грунтов и обеспечить проходку тоннеля на полное сечение. Такой прием был успешно применен на ряде участков Северо-Муйского тоннеля.

На строительстве Мысовых тоннелей на побережье Байкала, сооружаемых в трещиноватых скальных породах средней

и слабой устойчивости, нашел применение способ использования комбинированной временной арочно-бетонной крепи. Она состоит из металлических двутавровых балок и пластичного монолитного бетона, укладываемого за арочную крепь сразу после разработки очередной заходки и установки арки. При этом бетонное заполнение располагается между породой и аркой путем укладки бетона за инвентарные съемные опалубочные листы, опирающиеся на арки. В зависимости от состояния пород арки могут сниматься и использоваться повторно.

Такая система повышает несущую способность конструкции по отношению к металлическим аркам или временному бетону в 3—4 раза. Устройство временного арочного бетонного крепления в призабойной зоне обеспечивает безопасное ведение работ по проходке тоннелей большого сечения, а использование инвентарной опалубки и высокопроизводительного оборудования по доставке и укладке бетона позволяет вести работы высокими темпами.

Применение новых высокопроизводительных механизмов, технологических процессов и научных разработок позволило практически повсеместно перейти на метод сплошного забоя

и более чем вдвое увеличить средние темпы проходки тоннелей: с 20—25 пог. м в 1975 г. до 75—80 пог. м в 1980 г. В частности, среднемесячная скорость проходки на забой за весь период строительства Нагорного тоннеля составила 31 м, наибольшая — 77 м; Байкальского соответственно — 75,3 м и максимальная — 105 м.

Безусловно, не все вопросы, влияющие на темпы и качество строительства транспортных тоннелей, еще решены. Остается ряд проблем, требующих разрешения. В их числе: необходимость вариантных проработок тоннельного перехода с целью выбора наиболее благоприятных геологических условий строительства; более тщательная оценка гидрогеологии на стадии изысканий и прогнозирования их в ходе строительства; типизация тоннельных обделок; устройство безбалластного пути в тоннелях; комплексный проект организации строительства, учитывающий все условия и особенности ведения работ, и др.

Проделанная работа и полученные результаты позволяют выразить уверенность, что транспортные тоннелестроители успешно справятся с задачами, поставленными XXVI съездом нашей партии. □

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

И. САХИНИДИ,
главный инженер Ленметрогипротранса:

— Главные задачи нынешнего этапа проектирования — внедрение новых технических решений, направленных на повышение уровня индустриализации и качества строительства, снижение материалоемкости конструкций и их стоимости, дальнейшее совершенствование технологии горнопроходческих работ, получение максимальных скоростей, сокращение сроков строительства, защита окружающей среды, а также улучшение охраны труда и техники безопасности при строительстве. Решение их осуществляется Ленметрогипротрансом по двум основным направлениям:

максимальное использование и совершенствование применяемых строительных конструкций, оборудования и механизмов, а также способов производства работ;

изыскание новых путей комплексной организации и механизации горнопроходческих работ, создание высокопроизводительных механизмов, рациональных конструкций, по-

стоянных сантехнических и электротехнических устройств на базе новой техники и осуществление автоматизации и механизации всех процессов при эксплуатации транспортных тоннелей.

Наиболее эффективный тип конструкций тоннельных обделок — сборные железобетонные. Пути их совершенствования — применение высокомарочных бетонов и высокопрочных арматурных сталей, улучшение технологии изготовления, обжигание на породу.

Ленметрогипротрансом по предложению СКТБ Главтоннельметростроя разработана конструкция сборной подковообразного очертания обделки двухпутного тоннеля, сооружаемого с помощью шандронного полущита. На очереди — разработка конструкции сборной однопутной обделки подковообразного очертания. Для успешного применения этого типа обделки широкое распространение должно получить гладкое контурное взрывание при производстве работ.

Пути совершенствования сборных обделок из чугунных тюбингов, которые будут применяться в особо сложных гидрогеологических условиях и при проявлении повышенного горного давления — создание шарнирных облегченных обделок из модифицированного чугуна.

К прогрессивным конструкциям обделок тоннелей можно отнести набрызгбетонные и их разновидность — фибробетонные в сочетании с анкерной крепью. Применение этого вида обделки позволяет на 90% механизировать операцию нанесения набрызгбетона, а используя набрызгбетон с анкерами, — на 80%. При этом повышается несущая способность свода выработки и создаются благоприятные условия для восприятия горного давления самим скальным массивом; к тому же существенно сокращается стоимость работ (до 30%) и снижается трудоемкость производственного процесса. По способу подачи смеси наиболее эффективным является мокрый способ набрызгбетонирования, так как он значительно сокращает отскок при нанесении бетона на поверхность и исключает пыление.

Не потеряют в дальнейшем значения и монолитные подковообразные тоннельные обдел-

ки различных типов, зависящих от гидрогеологических условий сооружения. Например, монолитные подковообразные обделки оправданы в тоннелях с неустойчивыми породами при разработке сечения по частям, при наличии специальных требований к жесткости обделки, в частности, в случае сейсмической активности районов строительства.

Представляет интерес применение для монолитных обделок акриламидных смол, повышающих водонепроницаемость бетона.

Большие объемы строительства и сжатые сроки пуска в эксплуатацию обуславливают необходимость ведения работ высокими темпами и с минимальными затратами. Прослеживается тенденция применения методов, основанных на разработке сечения выработки буровзрывным способом сплошным забоем с использованием высокопроизводительного горнопроходческого оборудования. В технологических схемах сооружения однопутных железнодорожных тоннелей отражены организация и технология проходческих работ, а также работ с возведением постоянной обделки вслед за продвижением забоя, применение новых и перспективных высокопроизводительных машин и оборудова-

ния, в частности, механизированный щитовой агрегат шандорного типа, секционная опалубка, пневмобетонукладчики емкостью 3 м³, породопогрузочные машины ПНБ-3Д и др. Внедрение их должно способствовать повышению скоростей строительства и производительности труда.

Основной принцип при проектировании организации проходки — максимально возможное раскрытие сечения выработки с исключением временного деревянного крепления и удалением фронта бетонирования на 150—200 м от забоя в породах: от весьма до среднеустойчивых (с коэффициентом крепости 6 и более) — сплошным забоем или механизированным способом — проходческими комплексами;

средне- и слабоустойчивых (с коэффициентом крепости 4—6) уступным способом при сооружении однопутных тоннелей и с разработкой забоя по частям — двухпутных;

неустойчивых — в основном щитовым способом с установкой сборной железобетонной или чугунной обделки. В двухпутном сечении в породах неустойчивых и слабой устойчивости — проходка по частям.

В устойчивых породах в качестве временной крепи предусматривается применение железобетонных и сталеполномерных анкеров и набрызгбетона, а в породах средней устойчивости — анкеров с металлическими дугами и металлическими арок в сочетании с набрызгбетоном в качестве затяжки.

Транспортные средства выбирают в зависимости от производительности проходческого комплекса, габаритов и уклона выработки, длины откатки и принятой технологии работ. Используется как электровозный, так и автомобильный транспорт все возрастающей грузоподъемности и емкости кузовов.

Бетонирование обделки осуществляется пневмобетоннагнетателями емкостью 3 м³ на рельсовом или автоходу, пневмобетонукладчиками или бетононасосами. Целесообразно

применять для доставки бетона автобетоносмесители С-1036Б емкостью 4 м³; опалубки секционные с перестановщиками (при длине секции 1—1,5 м) и более производительные односекционные на перестановщике длиной 12—15 м.

Для неустойчивых и слабоустойчивых пород перспективно использовать обычные и механизированные щиты по типу разработанного СКТБ Главтоннельмостростроя агрегата шандорного типа с экскаваторным рабочим органом.

Для сооружения двухпутных тоннелей в сложных гидрогеологических условиях эффективен метод предварительной проходки опорных тоннелей (по типу ленинградской односводчатой станции метрополитена) в обделке из железобетонных блоков диаметром 5,5 м; бетонирования в них монолитных бетонных опор с последующей проходкой калоттного профиля и монтажом сборной блочной обделки, опирающейся на ранее возведенные опоры.

Ядро разрабатывается с оставлением от калоттного забоя и отдельными заходками бетонировается обратный свод. Такие конструкция и технология возведения позволяют максимально механизировать работы и увеличить скорость сооружения двухпутного тоннеля в слабых породах.

Все ведущиеся проектные разработки по специальным способам закрепления грунтов направлены в основном на обеспечение проходки с раскрытием сечения на полный профиль.

Использование наиболее перспективных способов позволит обеспечить высокие средние темпы строительства с доведением их до 800—1000 м готового тоннеля в год на один забой.

Важное значение имеют разработка и внедрение в транспортных тоннелях устройств пути и систем управления постоянных технологических устройств, которые значительно улучшают условия эксплуата-

ции и повышают надежность и безопасность работ.

Для строящихся тоннелей БАМа и на перспективу институт считает целесообразным укладку пути в конструкциях подковообразного и круглого очертаний только на жестком основании. Оценивая эту конструкцию пути, следует отметить высокую стабильность рельсовой колеи в плане и продольном профиле и снижение расходов на содержание пути. Сборная обделка кругового очертания наружным диаметром 8,5 м позволяет наиболее экономным образом разместить в сечении стандартный габарит «С» приближения строений железных дорог колеи 1520 мм и расположить лоток по оси пути, а обделка диаметром 9,5 м — габарит «С», а также два боковых дренажных лотка. При этом основанием для пути может служить как щебеночный балласт, так и монолитный бетон.

Осложнения, возникающие с размещением боковых дренажных лотков в 8,5 м-обделке, приводят к единственному возможному решению дренажа — системе с центральным водоотводным лотком, проходящим внутри рельсовой колеи по оси пути. Такая система требует устройства пути на монолитном бетонном основании с применением полушпал-коротышей с обеих сторон дренажного лотка.

В связи со значительным увеличением веса поездов и соответственно расхода топлива и газовыделений, а также учитывая невозможность подачи воздуха навстречу движущемуся поезду в тоннеле с открытыми порталами, целесообразно проектировать тоннели только с электровозной тягой.

В умеренно теплом климате тоннели необходимо вентилировать согласно Строительным нормам проектирования тоннелей железнодорожных и автодорожных (СНиП II-44-78) с учетом всех естественных факторов.

В условиях сурового климата нормальный режим эксплуатации железнодорожных тоннелей большой протяженности

зависит от создания в них теплового режима, исключая образование наледей. Положительный тепловой режим может быть получен как при нагнетательной схеме проветривания (от ствола к порталам тоннеля), так и при всасывающей (от порталов к стволу или от портала к порталу).

Чтобы поддерживать в тоннеле положительную температуру, также можно использовать электрокалориферные установки для подогрева воздуха до +5°C. Круглогодичная вентиляция при этом рассчитывается с учетом теплопоглощения и тепловыделения грунтов и поршневого действия поездов. При наличии проложенной параллельно тоннелю транспортно-эксплуатационной или разведочно-дренажной штольни следует использовать ее для подачи в тоннель подогретого воздуха, одновременно подогревая его за счет тепла, выделяемого с окружающего горного массива.

Вентагрегаты Артемовского машиностроительного завода ВМД-24, используемые для вентиляции метрополитенов, с успехом могут применяться и в транспортных тоннелях. Однако возможности вентагрегата значительно расширятся при увеличении числа его оборотов с 320 до 500 об/мин.

При новой системе автоматизированного обогрева дренажных лотков взамен ТЭНов, в основу которой положен принцип обогрева лотка кабельными элементами ЭНГЛ-180, обогревающие кабели устанавливаются в воздушной зоне под теплоизолированной крышкой лотка.

Проверка системы, в частности, отработка ее автоматизации с выбором основного параметра для регулирования включения и выключения обогрева и возможности обогрева при погружении на дно дренажного лотка специальных кабелей предполагается на опытном участке Байкальского тоннеля.

С целью повышения эффективности осушения обводненных участков, приуроченных

главным образом к тектоническим зонам, будут широко использованы новые конструктивные решения дренажных устройств с восходящими и нисходящими каптажными скважинами, пробуренными из специальных камер или из транспортно-дренажной штольни в направлении осушаемого тоннеля.

Противопожарные мероприятия для транспортных тоннелей должны предусматривать:

установку сигнализаторов по всей длине сооружения для автоматического оповещения оператора о повышении температуры; в людских нишах и путевых камерах — пожарных кранов, огнетушителей, телефонов, пульта для дистанционного пуска противопожарных насосов;

обеспечение возможности реверсирования вентиляции для активной борьбы с задымлением при аварийных ситуациях;

устройство противопожарного водопровода по всей длине тоннеля (при наличии транспортно-дренажной штольни — закольцованного) с резервуаром запаса воды;

эвакуацию пассажиров и поездных бригад в случае пожара по транспортно-дренажной штольне. Для этой цели в соединительных штольнях устанавливаются воздухоплотные двери.

Учитывая важность проблемы, предусмотрено задание на «Разработку рекомендаций по проектированию противопожар-

ных мероприятий и устройств железнодорожных тоннелей большой протяженности в суровых климатических условиях».

Дальнейшей научно-исследовательской и проектной разработки требуют следующие вопросы: применение геофизических методов исследования для прогнозирования состояния горных пород; прогнозирование фактического горного давления на тоннели путем натуральных замеров; исследование статической работы временной крепи в процессе строительства с учетом местных условий; технология горизонтального разведочного бурения из штольни при наличии большого гидростатического давления; укрепление неустойчивых водонасыщенных пород; поиски новых эффективных материалов для гидронизации обделок и способов их нанесения; обеспечение качества обделки в условиях сурового климата, сейсмике, большого водопритока термальных вод, вечномёрзлых пород; борьба с наледями на припортальных участках тоннелей и в стволах шахт; уточнение ряда нормативных положений применительно к тоннелям большой протяженности в условиях сурового климата: трассировка, объем инженерно-геологических изысканий, вентиляция, электроснабжение и др.; проверка эффективности расчетных и нормативных требований к проектированию и строительству тоннелей в сейсмических районах. □

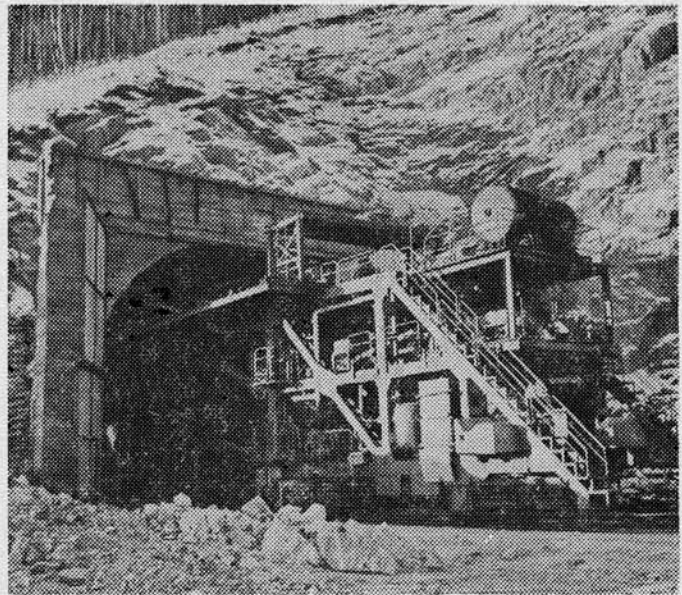
НА ТОННЕЛЯХ БАМа

Р. КАСАПОВ,
главный инженер Бамтоннельстроя:

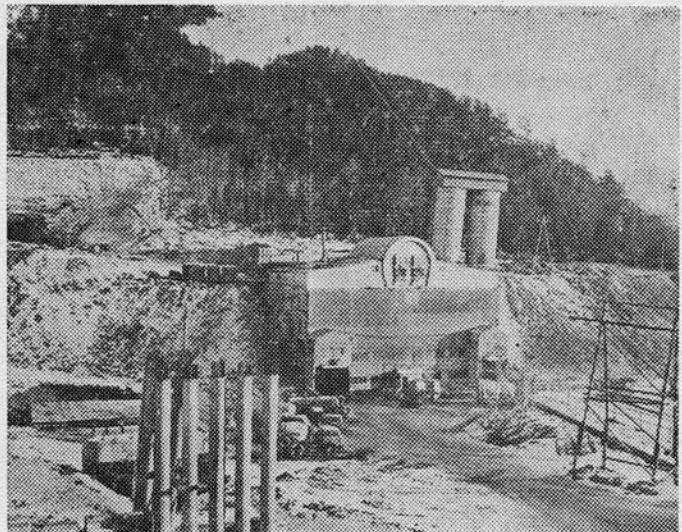
— Окончание и сдача в постоянную эксплуатацию Байкало-Амурской железнодорожной магистрали во многом зависит от своевременного сооружения тоннелей. Общая протяженность подземных выработок строящихся тоннелей БАМа — 53 км.

Байкальский тоннель. В результате оптимальной органи-

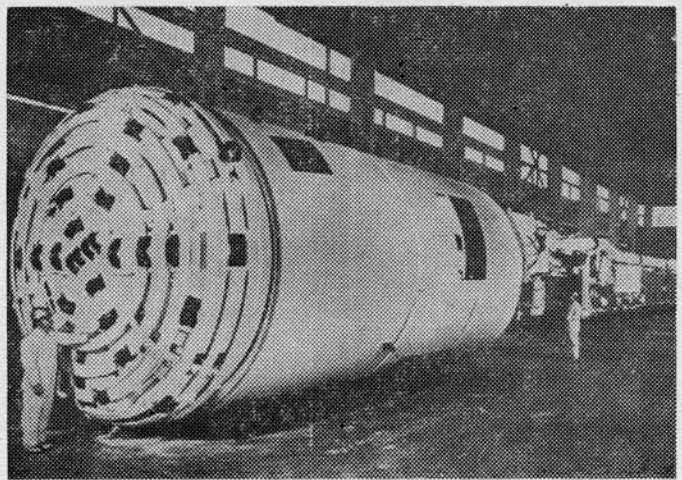
зации работ и соцсоревнования в честь XXVI съезда КПСС в феврале 1981 г., на год раньше срока, успешно завершены горнопроходческие работы по сооружению основного и транспортно-дренажного тоннеля протяженностью около 7 км. В последние годы средние устойчивые скорости проходки основного тоннеля составляют



На 4-м Мысовом тоннеле



Бетонный завод Бамтоннельстроя



Щит фирмы «Роббинс», используемый для проходки транспортно-дренажной штольни Северо-Муйского тоннеля

80 пог. м/мес., транспортно-дренажной штольни — 86. Наибольшая скорость проходки основного туннеля — 138 пог. м в месяц.

Досрочное окончание проходческих работ на Байкальском туннеле обусловлено техническим решением Бамтоннельстроя об открытии дополнительных забоев основного железнодорожного туннеля через транспортно-дренажную штольню.

Следует также остановиться и на проектных решениях по организации проходческих работ. Для того чтобы добиться высоких скоростей, нужна техника, а о ней, к сожалению, иногда забывают. Например, в проекте заложена одна породопогрузочная машина ПНБ-3Д на забой, а необходимо три — одна работает, одна в резерве, одна в ремонте. Или упущен бульдозер для окуливания взорванной породы с тем, чтобы быстрее и удобнее ее отгружать. Такая «забывчивость» проектировщиков отражается на себестоимости строительных организаций. Следует в проекты обязательно включать все необходимые машины и механизмы, как работающие, так и резервные.

Сейчас в туннеле заканчивается возведение постоянной обделки. Достигнутые темпы сооружения позволяют с уверенностью сказать, что все строительные работы и сдача

его под укладку пути для открытия рабочего движения будут выполнены в IV квартале 1982 г.

Мысовые туннели на побережье озера Байкал. На строительстве четырех Мысовых туннелей на 1 октября 1981 г. в общей сложности пройдено 1685 м.

Проходка всех туннелей осуществляется на полный профиль сечением от 110 до 120 м². Проектом была предусмотрена разработка сечения по частям, т. е. старым испытанным методом. Нам удалось убедить проектировщиков в целесообразности сооружения туннелей на полный профиль, хотя геологическая обстановка здесь оставляет желать лучшего. Породы скальные, но выветрелые, перемятые и слабоустойчивые.

Во избежание вывалов и обрушений в качестве временной крепи мы применяем так называемый «черновой» бетон в совокупности с металлическими арками. В наиболее сложной обстановке — сводчатый защитный экран из труб, заполненных цементным раствором. Такой экран используется и на врезках в горный массив.

Сейчас на строительстве Мысовых туннелей работают

С. Всесоюзного совещания по совершенствованию проектирования, строительства и эксплуатации железнодорожных туннелей

8 забоев. Здесь будет внедрена совершенно новая технология, предложенная СКТБ Главтоннельметростроя и доработанная Бамтоннельстроем и Бамтоннельпроектком.

Северо-Муйский туннель. На 1 октября 1981 г. пройдено основного туннеля — 2245 пог. м, транспортно-дренажного — 3485 пог. м.

Из четырех вертикальных шахтных стволов общей протяженностью 1050 пог. м, через которые должна осуществляться проходка более 60% туннеля, трестом «Шахтспецстрой» Минмонтажспецстроя сооружено 603 пог. м.

По сложности гидрогеологических условий Северо-Муйскому туннелю нет равных в отечественной практике туннельного строительства.

Низкий уровень инженерно-геологических изысканий и слабое изучение горно-геологических условий строительства туннеля сказались на качестве проектно-сметной документации. Это, в свою очередь, привело к длительным остановкам при сооружении туннеля, включающих в себя изменение технологических схем, замены оборудования и способов проходки.

Совместными усилиями строителей, проектировщиков и науки разработан комплекс тех-

нологических решений по эффективной проходке туннеля, штольни, стволов и намечены основные предложения по дальнейшему совершенствованию строительства Северо-Муйского туннеля.

Технические решения предусматривают:

опережающую проходку разведочной транспортно-дренажной штольни механизированным комплексом «Роббинс» и открытие из нее дополнительных забоев для сооружения основного туннеля;

применение комплексов высокопроизводительного бурового, погрузочного и бетоноукладочного оборудования по технологии, успешно осуществленной на Байкальском туннеле; водоподавление с применением тампонажных глино-цементных растворов в зонах тектонических разломов с водонасыщенными породами;

устройство опережающего свода из труб и химического закрепления грунтов в зонах тектонических нарушений с раздробленными породами; использование механизированного горнопроходческого комбайна для проходки основного туннеля в скальных породах;

сооружение основного туннеля и транспортно-дренажной штольни в зоне Ангараканского



Строители БАМа

размыва по существующей трассе с применением комплексного метода водопонижения, включающего: глубинное водопонижение с помощью вертикальных скважин с поверхностями, при бурении которых уточнялись геологические и гидрогеологические характеристики размыва; проходку нижней дренажной штольни ниже скального ложа размыва, бурение горизонтальных дренажных скважин из забоев и специальных камер; устройство сквозных фильтров с приемом воды в нижние дренажные выработки;

проходку дополнительного шахтного ствола за Ангараканским размывом для открытия двух дополнительных забоев.

Эти мероприятия успешно выполняются.

Предусматриваем после двухлетнего перерыва продолжить строительство транспортно-дренажного тоннеля с применением химического закрепления грунтов.

На восточном участке через транспортно-дренажную штольню раскрыто два дополнитель-

ных забоя на основной тоннель. С помощью механизированного комплекса «Роббинс» осуществлена сбойка вспомогательного тоннеля между восточным порталом и стволом № 3. Длина этого участка 3,4 км.

Однако «Шахтспецстрой» отстает с завершением стволов №№ 1 и 2. Закончен только ствол № 3.

Детально изучив геологические условия рудничного двора и обнаружив большое количество разломов, заполненных песком и водой, пришлось изменить компоновку околоствольных выработок. В настоящее время мы вышли на трассу и разворачиваем работу по сооружению основного и вспомогательного тоннелей.

С учетом принятых и осуществляемых технических решений откорректирован новый проект организации строительства Северо-Муйского тоннеля, разработанный институтом Ленметрог.протранс, который предусматривает завершение работ в 1986 г. □

на с дополнительными (не предусмотренными проектами) расходами, которые тем выше, чем дороже оборудование. На строительстве тоннелей БАМа, где, как известно, большое количество высокопроизводительного, в том числе импортного, оборудования — это соответствие фактического состояния дел проектным положениям привело к тому, что при сравнительно высоких технических показателях и выполнении целевых задач на отдельных объектах их экономические показатели оказались ниже запланированных.

Устранить создавшееся противоречие путем учета в проектах дополнительных (резервных и вспомогательных) механизмов и поставок запчастей возможно лишь на основе анализа фактических данных о надежности работы оборудования. Необходимо также для конкретных условий строительства определить такие составы горнопроходческих комплексов (с учетом резерва), которые бы с высокой степенью вероятности обеспечивали заданные скорости проходки.

Решение этой новой для транспортно-тоннелестроения научно-практической задачи связано с организацией в широком масштабе сбора данных о работе горнопроходческого оборудования и их статистической обработке, на основе которой должны быть выявлены показатели надежности отдельных машин и технологических схем в целом.

Методикой исследования предусмотрено базироваться также на положениях, разработанных Главтоннельмостростроем, ЦНИИСом и Ленметрогипротрансом в 1977—1979 гг. «Высокопроизводительных технологических схем сооружения горных транспортных тоннелей». В них даются: расчетные выражения для определения эксплуатационной производительности оборудования и скоростей проходки; составы современных технологических комплексов и организация работ в тоннеле; основные технические показатели каждой

схемы (в том числе скорости и затраты труда).

Отсутствие достаточного количества информации не позволило на данном этапе всесторонне изучить и сравнить эффективность работы всех имеющихся на строительстве горнопроходческих машин и сделать окончательные выводы. Поэтому предлагаемые результаты следует рассматривать как предварительные.

Анализом данных об организации работ и загрузке основного горнопроходческого оборудования (бурового и погрузочно-транспортного) установлено следующее:

1. Среднее время цикла T_{Σ} при проходке однопутного железнодорожного тоннеля в крепких устойчивых грунтах заходками длиной $l=3$ м (с применением буровых кареток, погрузочных машин ПНБ-3Д и ПНБ-3К, автосамосвалов МоАЗ-64011 или вагонов типа ВПК) составляет 31 ч. при минимальном (определенном по графику скоростной проходки Байкальского тоннеля ТО № 19 в октябре—декабре 1980 г.) 18 ч. При этом средняя (минимальная) продолжительность бурения T_6 и уборки рунта T_{Σ} равна соответственно 4 ч. 38 мин. (3 ч. 40 мин.) и 13 ч. 20 мин. (6 ч.). Время выполнения несоммещаемых вспомогательных операций составляет 12 ч. (7,2 ч.).

Большая, почти в 2 раза, разница между минимальным и средним временем цикла обусловлена: на 20% влиянием горно-геологических факторов (необходимость усиленного крепления и других защитных мероприятий в зонах повышенной трещиноватости при ликвидации вывалов и т. п.), различными режимами работы и ремонта техники (по причине отказов которой происходит до 80% простоев в работе забоев), а также рядом организационно-технических факторов.

2. В общем времени цикла продолжительность погрузочных операций составляет 35—45%. Это, учитывая отсутствие из-за стесненности забойного пространства дублирующих

К ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ

В. МЕРКИН,

заведующий лабораторией сооружения горных тоннелей и метрополитенов ЦНИИСа*:

— В существующих нормативных документах и пособиях по определению основных технико-экономических показателей сооружения тоннелей не учитывается возможный выход из строя того или иного механизма при работе его в забое и, как следствие, время на устранение неисправностей или замену отказавшего работоспособным.

Опыт, однако, показывает, что даже при хорошо организованной ремонтной службе неизбежны неожиданные поломки проходческих машин.

* Сообщение сделано по результатам проведенных совместно с Бамтоннельстроем исследований по учету надежности горнопроходческого оборудования.

Дело часто усугубляется отсутствием на участке работ необходимых запасных частей. Поэтому в ряде подразделений для достижения требуемых проходческих скоростей вынуждены идти на установку вблизи забоя резервных механизмов, имея в виду немедленный ввод их взамен отказавших. В определенных условиях заданный темп проходки позволяют поддерживать такие меры, как введение в состав технологического комплекса вспомогательного оборудования или организация вблизи забоя расходного склада запасных частей.

Естественно, реализация этих вынужденных мер связа-

механизмов и прямую зависимость от погрузки эффективности работы подземного транспорта, определяет центральное положение данной операции при оценке надежности технологической схемы проходки.

Из 80% от общего количества простоев, приходящихся на долю горнопроходческой техники, незапланированные перерывы в работе из-за отказов погрузочно-транспортных средств составляют до 70—80%, из них на долю погрузочных машин типа ПНБ-ЗД (ЗК) приходится до 65%.

Отсутствие специализированной ремонтной базы, резко изменяющиеся геологические и гидрогеологические условия по трассе тоннеля обусловили повышенный расход запасных частей на единицу оборудования по сравнению с планируемым снабжением.

В частности, отдельные узлы, испытывающие абразивный износ и действие воды (футеровочные листы, конвейер, подшипники), требуют замены в 2—3 раза быстрее, чем предусмотрено нормами.

При отсутствии запасных частей на месте производства работ доля времени на их доставку при ремонте в забое составляет до 30% в общей сумме простоев погрузочной машины.

3. Коэффициенты надежности бурового и погрузочного оборудования с учетом всех имеющихся данных и выборочного хронометража в среднем оказались равными

$$K_n^b = 0,85; K_n^p = 0,65.$$

При этом выявлена необходимость совершенствования форм и методов учета и контроля работы оборудования, так как фиксируемая службой главного механика информация о причинах, вызвавших простой забоя более 1 ч., охватывает, по нашим данным, лишь около 40% всех простоев и может привести к завышенной оценке надежности оборудования. Так, вычисленные только с учетом простоев более 1 ч. коэффициенты надежности в среднем составили

$$K_n^b = 0,92; K_n^p = 0,845.$$

4. Производительность погрузочно-транспортных операций существенно зависит от организации работы и ремонтной службы соответствующей техники, а также вида подземного транспорта.

Можно констатировать общее увеличение производительности уборки грунта по сравнению с предусмотренной проектами безрезервной схемой (одна погрузочная машина в забое, ее ремонт и профилактика — в планируемые технологические перерывы) для случаев резервирования:

частичного, когда расходный склад запасных частей находится вблизи забоя и время на замену отказавшей детали меньше времени ее ремонта, — на 28%;

двойного, когда вблизи забоя располагается работоспособная резервная машина и ремонт в забое исключается, — на 58%.

Введение в технологическую схему бульдозера как вспомогательного механизма для уборки грунта сокращает время операции в среднем на 20—25%. Одновременно его можно рассматривать как определенный резерв надежности основной машины, которая в этом случае работает с наибольшей производительностью, не будучи занятой на подборке разлетевшихся кусков, окучивании грунта и т. п. Применение бульдозера улучшает также работу транспорта: во время бурения он задействован на планировке дороги тоннеля.

Максимальная производительность уборки грунта, в 2,45 раза превышающая среднюю для безрезервной схемы, была достигнута на скоростной проходке, когда действовала схема с двойным резервированием и бульдозером.

Уборка грунта из забоя при использовании большегрузных автосамосвалов МоАЗ-64011 производится почти на 20% быстрее, чем при рельсовом транспорте. Погрузка в автосамосвалы на 40% сокращает время непроизводительного маневрирования погрузочной машины, так как быстрее происходит обмен транспортных

сосудов и выше надежность технологической «связки» погрузочная машина — транспортный сосуд.

С учетом выявленных значений коэффициентов надежности K_n^b и K_n^p и резерва K_p работы оборудования и на основе разработанной методики определены вероятные среднемесячные скорости проходки и сделана попытка оценить надежность технологических схем для рассматриваемых условий. Последняя при различных уровнях резервирования оборудования оказалась равной:

при безрезервной схеме 0,53 без применения бульдозера и 0,67 с его использованием, ско-

рости проходки были равны 57—66 м;

с применением двух погрузочных машин (1 работает, другая в резерве) — 0,70—0,81 при темпах проходки 69—77 м;

по схеме скоростной проходки с использованием трех погрузочных машин (1 работает, 1 в резерве и 1 в ремонте) — 0,83—0,93, скорости сооружения достигали 79—85 м.

Коэффициенту надежности технологической схемы, равной единице, соответствует схема с показателем надежности оборудования, определенным по его технической характеристике при скорости проходки 90 м в месяц. □

БЕТОНЫ НА ПРИРОДНЫХ ПОРИСТЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ

Д. ДЖИНЧАРАДЗЕ,

доцент Грузинского политехнического института:

— Традиционным материалом обделок транспортных горных тоннелей является монолитный тяжелый бетон.

Между тем в последнее время в строительстве сложных инженерных сооружений все большее распространение получает легкий бетон.

В Армянской ССР имеется более 100 месторождений природных пористых пород, пригодных для изготовления конструктивных бетонов. Здесь ежегодно производится более 1,5 млн. м³ туфового камня. При этом образуется около 4 млн. м³ отходов, пригодных для бетонов.

В Грузии разведанные запасы вулканических шлаков, из которых можно получать бетоны марок 350—400, составляют более 200 млн. м³.

Армтоннельстроем накоплен опыт применения бетона на основе литоидной пемзы Джраберского месторождения. Только при строительстве Севанского автодорожного тоннеля такого материала было уложено 38832 м³, в конструкции Меградзорского железнодорожного тоннеля 24259 м³, при воз-

ведении станций «Сараланджи» и «Барекамутян» — около 40 тыс. м³.

Еще в 1957 г. состоялась первая успешная попытка применения бетона на природных пористых заполнителях (вулканические шлаки Аванского месторождения) при строительстве Аванского соледрудника. Вместо кирпичной кладки, предусмотренной проектом для обделки вертикальных стволов, по предложению строителей здесь применили легкий бетон, что позволило сэкономить 5 руб. 10 коп. на каждом кубометре кладки.

Многолетняя эксплуатация соледрудника свидетельствует о хорошем качестве. На поверхности бетона совершенно отсутствуют какие-либо выцветы или признаки снижения его прочности.

Успешным оказался и опыт внедрения бетонов на основе Агавнатунского туфа при строительстве Иджеванского тоннеля.

Однако несмотря на положительные результаты в строительстве транспортных тоннелей

лей до сегодняшнего дня легкий бетон получил ограниченное применение. Объясняется это существованием ошибочных представлений о некоторых его важных качествах и, в первую очередь, о водонепроницаемости.

Между тем широкие исследования (НИИЖБ, ГрузНИЭГС, АрмНИИСА, ИСМиС АН ГССР и др.), в которых принимали участие такие видные ученые, как И. Н. Ахвердов, А. А. Аракелян, А. И. Ваганов, Г. И. Горчаков, М. З. Симонов, Г. Д. Цискрели, П. П. Цулукидзе, доказывают, что легкие бетоны не уступают тяжелым.

Исследования показали, что водонепроницаемость легкого бетона определяется проницаемостью цементного камня, а не заполнителя. Вокруг зерен последнего образуется уплотненная оболочка цементного камня, вследствие чего через пористый заполнитель фильтрация воды не происходит. По мере проникания воды повышается противодавление заземленного в порах воздуха. Вместе с тем экспериментальные исследования обнаружили, что микротвердость цементного камня у легких бетонов выше, чем у тяжелых. Объясняется это отсосом части воды из цементного теста пористым заполнителем, что обуславливает мелкопористое строение цементного камня и вследствие этого его большую плотность.

В тяжелых бетонах слабым местом обычно является зона контакта. Вследствие процесса расслоения (седиментации) при транспортировании и виброуплотнении бетонной смеси под частицами тяжелого заполнителя скапливается вода. Это приводит к тому, что раствор в зоне контакта с заполнителем имеет меньшую прочность.

Пористые заполнители значительно лучше сцепляются с цементным камнем. В контактном слое происходит физико-химическое взаимодействие между продуктами гидратации вяжущего и материалом заполнителя, способствующее повышению адгезионного сцепле-

ния. Контактный слой заполнитель — цементный камень распространяется на некоторую глубину в каждый из компонентов.

Аккумулированная в пористом заполнителе влага не только обеспечивает благоприятные условия для нормального твердения цементного камня в контактной зоне, но благодаря ее присутствию процесс набухания легкого бетона протекает длительное время. Усадочные явления возникают позже, когда бетон приобретает определенную прочность и обладает некоторой сопротивляемостью растягивающим напряжениям, за счет чего уменьшается вредное воздействие усадочных деформаций. Пористость заполнителя тормозит их развитие, способность пористого заполнителя к значительным деформациям обуславливает уменьшение растягивающих напряжений от усадки. Именно это обстоятельство предопределяет повышение предельной растяжимости бетона, которая у легких бетонов примерно в 2 раза больше. В результате возрастает трещиностойкость, за счет чего повышается эффективность использования арматуры в железобетоне. В легких бетонах первые трещины появляются, когда в арматуре напряжения достигают 100—150 МПа, а в тяжелом всего лишь 20—30 МПа.

Тоннельные сооружения вводятся в эксплуатацию по истечении достаточно большого промежутка времени после их строительства. За этот период существенно меняется структура и свойства бетона. Эти изменения обусловлены непрерывающимся процессом гидратации цемента, в результате которой увеличивается объем твердой фазы, а количество свободной воды постепенно уменьшается. С увеличением объема твердой фазы происходит постепенное заполнение пор и пустот, вследствие чего пористость бетона постепенно снижается, а его плотность повышается. При этом процессе в большей степени уменьшаются размеры мелких пор и ка-

пилляров. Между тем, чем тоньше капилляры, тем дольше может находиться содержащаяся в них вода в переохлажденном состоянии, что приводит к понижению ее температуры замерзания.

Очевидно, чем больше в бетоне относительный объем обезвоженных в результате отсоса воды капиллярами пор, тем выше морозостойкость бетона.

Легкие бетоны обладают повышенным термическим сопротивлением и поэтому дольше протекает процесс промораживания.

При большом количестве циклов замораживания—оттаивания происходит расшатывание структуры бетона (поперечное увеличение и уменьшение объема) и его разрушение от накопления необратимых деформаций. Вследствие того, что легкие бетоны обладают хорошей растяжимостью, в них без разрушения структуры могут проявляться значительные необратимые деформации, что и обуславливает их более высокую морозостойкость.

Легкие бетоны имеют более низкий модуль упругости. Это их важная особенность, оказывающая существенное влияние на условия статической работы конструкций, сооружений. Она может играть как отрицательную, так и положительную роль.

Проведенные в Грузинском политехническом институте и ЦНИИСе исследования показали, что при применении низко-модульных бетонов в обделках тоннелей улучшаются условия их статической работы. Уменьшаются изгибающие моменты, нормальные силы несколько увеличиваются. Следовательно, снижаются эксцентриситеты нормальных сил, происходит приближение кривой давления к оси тоннельной обделки. Таким образом, тоннельная обделка, работающая в условиях внецентренного сжатия, оказывается в более благоприятных условиях. Вместе с тем интенсивнее включается в работу окружающая среда, что улучшает условия совместной

работы системы обделка—порода и способствует передаче большей доли воздействия активных нагрузок на породу. Повышению активности окружающей среды способствует снижение напряженного состояния в самой обделке, т. е. достигается более рациональное распределение воздействующих на нее нагрузок между породой и собственно конструкцией с увеличением долевого участия в этой совместной работе собственно тоннельной обделки.

Анализ результатов исследований показал, что

изменения условий статической работы системы обделка—порода более ощутимы для обделок, сооружаемых в слабых породах. Если в скальных грунтах изгибающие моменты в обделках из легких бетонов уменьшаются на 7—10%, то в слабых — на 20%;

размеры поперечного сечения оказывают существенное влияние на конкурентоспособность бетонов на пористых заполнителях и с увеличением размеров возрастает эффективность их применения. Так, если для обделки однопутного железнодорожного тоннеля снижение изгибающего момента составило 12%, для обделки автодорожного — 18%;

применение бетонов на природных пористых заполнителях целесообразно в более массивных конструкциях: при толщине обделки однопутного железнодорожного тоннеля 20 см несущая способность увеличилась на 22—28%, при толщине 50 см — на 36—46%;

повышение несущей способности за счет применения бетонов на пористых заполнителях в ряде случаев позволяет снизить марку бетона;

изменение жесткости тоннельной обделки за счет ее толщины оказывает существенное влияние на ее напряженное состояние: с уменьшением толщины последнее изменяется в благоприятную сторону, возрастает роль окружающей среды, увеличиваются зона и величина упругого отпора; нарастание несущей способности конструкции с утол-

шенем отделки снижается и с некоторого момента столь незначительно, что увеличивать несущую способность за счет ее толщины не целесообразно. Этот эффект в большей степени проявляется в обделках из тяжелых бетонов; изменение стоимостных показателей по затратам на строительные материалы для сооружения одного погонного метра тоннеля в зависимости от вида и марки бетона свидетельствует об эффективности использования в тоннельных железобетонных обделках бетонов на природных пористых заполнителях пониженных марок (150).

Результаты теоретических исследований хорошо согласуются с результатами испытаний на моделях, которые были выполнены в лаборатории кафедры Тоннели и метрополитены ЛИИЖТа с применением метода эквивалентных материалов.

В комплекс экспериментальных исследований физико-механических свойств бетонов в ЦНИИСе* входило изучение прочностных и деформативных характеристик, трещиностойкости, водонепроницаемости и морозостойкости легких бетонов (К. М. Кац, Н. Г. Хубова, В. М. Смолянский) на Агавнунском туфе марок 200 и 300.

Результаты показали следующее:

по прочностным показателям испытанные составы (было исследовано четыре состава) удовлетворяют требованиям, предъявляемым к бетонам тоннельных обделок даже в случае смесей большой подвижности (с осадкой конуса 10 см);

более высокое по сравнению с тяжелыми бетонами тех же марок отношение призменной прочности к кубиковой (0,805; 0,882; 0,968; 0,850);

значения модулей упругости оказались значительно ниже (16,7÷20 ГПа вместо 24÷÷29 ГПа) для тяжелых при-

мерно на 30%, а показатели трещиностойкости выше; все испытанные образцы имеют морозостойкость 100, МРз 150 была у первых 3 составов. Прочность образцов состава № 4 снизилась на 20%;

исследование водонепроницаемости показало, что в процессе ступенчатого повышения давления до 5 атм на всех образцах фильтрации воды не наблюдалось, что соответствует марке В4. При повышении давления до 8 на одном из образцов появилось постепенно увеличивающееся по площади влажное пятно, свидетельствующее об образовавшемся фильтрационном канале сквозь всю толщу образца. На образцах других серий при давлении около 9 атм появились только отдельные незначительные пятна, которые при доведении давления до 12 атм несколько увеличились по площади, однако фильтрации воды и при этом давлении не наблюдалось. После этого образцы были извлечены из обойм и расколоты. Сечение их, даже тех, на поверхности которых не наблюдалось влажных пятен, почти полностью было увлажнено. При снятии внешнего давления заземленный в порах крупного заполнителя воздух стал активно вытеснять из пор воду и на расколотой поверхности появилась капельная жидкость.

Полученные данные хорошо согласуются с результатами обширных исследований бетонов на местных природных пористых заполнителях, проведенных АрмНИИСА (М. З. Симонов, С. Н. Евсева, В. С. Асатурян).

При производстве бетонных работ на всех объектах Армтоннельстроя изготавливали контрольные бетонные кубы в количествах, предусмотренных ГОСТ 10180-74 и ГОСТ 18105-72. Испытание их осуществлялось на 28-й день в Центральной строительной лаборатории Армтоннельстроя.

Обработка результатов показала, что по Иджеванскому тоннелю за период с 1976 по 1980 гг. средняя фактическая прочность испытанных 74 серий составила $R_{ср}^{\Phi} = 20,2$ МПа, а коэффициент вариации — 12,1%, что значительно меньше допустимой его величины — 20%. При таком коэффициенте вариации нормированная средняя прочность $R_{ср}^{\eta} = 0,96 \times 20 = 19,2$ МПа. Из приведенных выше данных следует, что фактическая средняя прочность выше нормированной и требование по прочности также удовлетворено;

по Меградзорскому тоннелю коэффициент вариации составил $14,7\% < 20\%$, $R_{ср}^{\eta} = 20,8$ МПа, а $R_{ср}^{\Phi} = 20,3$ МПа, что несколько меньше нормированной величины;

по Сванскому автодорожному тоннелю коэффициент вариации — 9,8%, $R_{ср}^{\eta} = 18,2$ МПа, $R_{ср}^{\Phi} = 18,3$ МПа $> 18,2$ МПа;

по станции «Сараланджи» Ереванского метрополитена коэффициент вариации по результатам испытаний 114 серий составил $13,6\% < 20\%$, $R_{ср}^{\eta} = 20,1$ МПа, $R_{ср}^{\Phi} = 20,1$ МПа.

Контроль неразрушающими методами в натуральных условиях с применением градуированных кривых показал удовлетворительные результаты. Однако эти методы в условиях подземного строительства весьма трудоемки. Поэтому в ближайшее время лаборатории необходимо оснастить современной испытательной аппаратурой — ультразвуковыми и электронно-механическими приборами.

В Меградзорском тоннеле был сооружен экспериментальный участок легкобетонной обделки. Работа выполнена ТО № 23 в 1979 г.

Конструкция типа II в грунтах IV группы. Породы харак-

теризуются слабой устойчивостью. Коэффициент крепости $i = 4 \div 5$. В гидрогеологическом отношении на участке имеет место фильтрация вод в виде слабого капезжа.

Для проведения натуральных исследований обделка оснащалась измерительными устройствами.

Контроль качества бетона выполняли молотком ПМ, который зафиксировал рост прочности бетона в сравнении с прочностью по контрольным кубам. Это подтвердили и выбуренные из обделки керны. В возрасте 120—150 сут. она составила 19,8—20,7 МПа; 180—210 — 24,9—25,9; 360—23,3—32,5, 420—32 и в возрасте 450 сут. — 35,3 МПа.

Данные о росте прочности бетона на природных пористых заполнителях во времени свидетельствуют об их высокой надежности и предопределяют их долговечность. Это подтверждается опытом многолетней эксплуатации ряда промышленных, гражданских и гидротехнических сооружений, построенных из бетонов на природных пористых заполнителях.

Влияние блуждающих токов на легкие бетоны, очевидно, будет таким же, как и на тяжелые. Более чем двадцатилетний срок эксплуатации метрополитана в Москве, в котором поперечные балки с опиранием на них проезжей части выполнены из легкого бетона, тридцатилетний срок эксплуатации на электрифицированном участке Закавказской железной дороги балочного строения пролетом 10,7 м и арочного — в 30 м, выполненных из пемзобетона, не выявили каких-либо существенных изменений, обусловленных воздействием блуждающих токов.

На основании выполненных исследований ЦНИИСа, АрмНИИСА, Грузинского политехнического института, НИИЖБа, МИИТа, ЛИИЖТа разработаны рекомендации по

* Подробное описание методики исследования приведено в Сборнике научных трудов ЦНИИСа «Исследования по технологии сооружения горных транспортных тоннелей», М., 1980 г.

применению бетонов на природных пористых заполнителях для строительства транспортных тоннелей.

В настоящее время завершается создание «Инструкции по применению бетонов на природных пористых заполнителях для строительства транспортных тоннелей».

О ПРИМЕНЕНИИ НАБРЫЗГБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Д. ГОЛИЦЫНСКИЙ,
доцент ЛИИЖТа:

— Один из наиболее ответственных и решающих процессов при строительстве подземных сооружений, в том числе и тоннелей, — возведение обделок из монолитного, сборного бетона, а также железобетона. Такие конструкции сложны, трудоемки и материалоемки. Затраты труда в зависимости от инженерно-геологических условий составляют от 20 до 50% общей трудоемкости проходческого цикла, а стоимость — 50—60% от стоимости всего сооружения.

Изыскание новых видов прочных, надежных, долговечных и экономичных обделок, позволяющих полностью механизировать процесс возведения, — важная задача сегодняшнего дня.

Практика мирового тоннелестроения показывает, что перспективным направлением в области крепления, позволяющим получить значительный экономический эффект и обеспечить полную механизацию работ, является беспалубочное бетонирование, к которому относится набрызгбетон. Но его применение в транспортном тоннелестроении не получило еще достаточного распространения и ограничено областью крепких скальных грунтов (коэффициент крепости $f \geq 6$), где этот материал используется преимущественно как временная крепь.

Однако практика показывает, что набрызгбетон может

Выполненные работы свидетельствуют о том, что бетоны на природных пористых заполнителях обладают таким комплексом физико-механических свойств, которые допускают их применение в обделках транспортных тоннелей без каких-либо ограничений. □

успешно применяться для закрепления горных выработок и тоннелей в более широком диапазоне грунтов: от крепких скальных до слабых связных. Так, в Тбилиси (1968 г.) на опытном участке перегонного тоннеля метрополитена между станциями «300 арагвинцев» — «Исани» и вспомогательной штольни возвели в аргиллитах и песчаниках ($f=2-7$) обделку из набрызгбетона толщиной 10—15 см и железобетонных анкеров длиной 1,5 м. Обделка находится в хорошем состоянии.

При строительстве Миатлинской ГЭС в Дагестане (1976 г.) в слабых песчаниках и известняках ($f=3-7$) сооружен автомобильный тоннель (под габарит Г-8) протяженностью 640 м с обделкой из набрызгбетона толщиной 10—15 см в сочетании с металлической сеткой и анкерами длиной 2,5 м. При осмотре обделки в 1981 г. дефектов не обнаружено.

С 1980 г. находятся в эксплуатации четыре автомобильных тоннеля общей длиной около 800 м, проложенных в алевралитах и песчаниках ($f=4-6$) на Курпсайской ГЭС в Киргизии. Обделка тоннелей из набрызгбетона толщиной 10—15 см по металлической сетке и анкеров длиной 2,5 м.

Работы, проведенные на опытных участках Меградзорского и Иджеванского железнодорожных тоннелей Сиб-

казали целесообразность применения рассматриваемых конструкций.

Натурные исследования кафедры Тоннели и метрополитены ЛИИЖТа (1975—1978 гг.) совместно с лабораторией ЦНИИСа на опытных участках Ленметростроя позволили изучить статическую работу тоннельных обделок из набрызгбетона в протерзольских глинах ($f=1,5$) и дать рекомендации по их применению.

В содружестве с Киевским автомобильным институтом в 1979—1980 гг. изучалась статическая работа набрызгбетонных обделок на моделях методом эквивалентных материалов и натурные исследования в спондиловых глинах (коэффициент крепости $f=0,8-1,0$). Результаты показали возможность применения таких конструкций и при строительстве метрополитена в Киеве.

Успешно осуществлено внедрение набрызгбетона для крепления подземных емкостей на объектах ГНИИПРОМГАЗа, сооружаемых в пластичных глинах.

В результате комплексных исследований разработаны практические рекомендации по применению набрызгбетонных обделок в широком диапазоне инженерно-геологических условий. Определяющими критериями установлены устойчи-

вость незакрепленной выработки S и величина сцепления набрызгбетона с грунтом $S_{сц}$. Для выработок, сооружаемых в слабоустойчивых и глинистых грунтах, значение коэффициента устойчивости должно составлять порядка $S \geq 0,05$ (согласно методики ЦНИИС). Допускаемое время устойчивости таких грунтов — не более 6 час.

Другой критерий возможности применения набрызгбетонных обделок — значение величины сцепления набрызгбетона с грунтом $S_{сц} \geq 0,01 R_{сж}$, где $R_{сж}$ — предел прочности грунта на сжатие. При нарушении сцепления набрызгбетонная обделка резко снижает свою несущую способность (на 22—25%) и начинает работать как обычная монолитная конструкция.

Результаты выполненных натурных, экспериментальных и теоретических исследований дают основание рекомендовать применение набрызгбетонных конструкций как самостоятельно, так и в сочетании с другими видами крепи (анкеры, арки, металлическая сетка) в грунтах с коэффициентом крепости $f \geq 1$ (по шкале проф. М. М. Протодяконова). Использование набрызгбетона обеспечивает экономический эффект около 25—30% при снижении трудоемкости работ в 2—2,5 раза. □

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗА РУБЕЖОМ

В. ГОЛУБОВ,
зам. начальника СКБ Главтоннельметростроя:

— Увеличение объемов строительства скоростных транспортных магистралей и неуклонное совершенствование и развитие техники и технологии тоннелестроения стимулировали невиданный размах сооружения горных транспортных тоннелей во всем мире.

Так, в системе японских скоростных железных дорог

Синкансен на линии Токайдо пройдено 60,5 км тоннелей (13% протяженности линии), на линии Саньё — 275 км (47% протяженности линии). На разных стадиях строительства находятся линии Дзёэцу, Тохоку и Нарита общей протяженностью 835 км, из которых 250 км приходится на долю тоннелей. В ФРГ на-

чата прокладка железнодорожных линий Маннгейм-Штутгарт и Ганновер-Вюрцбург, трассы которых включают около 60 горных тоннелей (не считая сооружаемых открытым способом) преимущественно двухпутных, общей протяженностью около 120 км.

Возрастает количество тоннелей длиной около 10—20 км. Так, за последние годы сооружены железнодорожные тоннели: в Японии — Дай-Симидзу длиной 22,2 км, Харуна (15,4 км), Накаяма (14,7 км); в Швейцарии — Фурка (15,4 км); автодорожные: в Австрии — Арлберг (10,5+3,4 км), в Швейцарии — Сен-Готард (16,3 км) и Зеелисберг (9,3 км), во Франции и Италии — Фрежюс (12,8 км) и Гран-Сассо (10,2 км), в Японии — Каньёцу (11 км).

Намечается тенденция к увеличению числа тоннелей протяженностью порядка 40—50 км и более, первым из которых станет находящийся на завершающей стадии проходки подводный тоннель Сэйкан (Япония) длиной 53,8 км. Активизировались переговоры о строительстве Ла-Маншского длиной 49,6 км, план которого поддержан руководством ЕЭС. Наиболее перспективным считают вариант однопутного тоннеля диаметром 6 м со служебной штольной диаметром 3,5 м, сооружение которого механизированными щитами рассчитано на 7 лет.

В Швейцарии на рассмотрение правительству подан проект базисного двухпутного Сен-Готардского железнодорожного тоннеля длиной 46 км, предназначенного для спрямления трассы международного сообщения, которое осуществляется в настоящее время через одноименный перевальный тоннель длиной 17 км. Запроектировано круглое сечение конструкции диаметром в свету 10 м, допускающее проходку как буровзрывным, так и щитовым или комбайновым способом. В тоннеле предусмотрены два обходных участка длиной по 700 м, в которых он разветвляется на два двухпутных тоннеля. При максимальном

уклоне трассы в профиле 7‰ базисный тоннель обеспечит пропускную способность 350 поездов в сутки при максимально допустимой скорости движения 200 км/час. Строительство предусмотрено 5 лет.

Проект уникального трансальпийского железнодорожного тоннеля разработан в ЧССР. Здесь предполагается соорудить тоннель длиной 350 км под территорией Австрии и Югославии, соединяющий город Ческе-Будеёвицы с югославским портом Копер на адриатическом побережье. В настоящее время достигнута межправительственная договоренность и рассматриваются предложения на производство строительных работ. При условии, что проектные работы начнутся в 1986 г., тоннель рассчитывают сдать в эксплуатацию к 2020 г.

Решающим фактором для реализации указанных объемов работ является всемерное сокращение сроков строительства и, в первую очередь, повышение скоростей проходки. Вместе с тем ряд зарубежных специалистов высказали парадоксальное утверждение, что перекрыть показатели, достигнутые в тоннелестроении прошлого века (когда при общем преобладании немеханизированных способов производства работ сокращения сроков строительства добивались путем максимального увеличения числа забоев, раскрываемых из опережающей штольной), не представляется возможным ввиду нерентабельности использования для одного объекта большого числа современных дорогостоящих механизированных комплексов.

Для решения указанной проблемы необходима унификация сечений транспортных тоннелей в черне и конструкций обделок. Это дало бы возможность многократно использовать комплексы с раскрытием на каждом из объектов оптимального количества дополнительных забоев. Последнее применяется при строительстве тоннелей большой протяженности: так, для раскрытия дополнительных забоев при со-

оружении тоннеля Дай-Симидзу, трасса которого была разбита на 6 участков, прошли в общей сложности 3 км наклонных штолен и горизонтальную длиной 67 м. Для раскрытия дополнительных забоев тоннеля Фурка прошли поперечную штольню Чедретто длиной 5,2 км. При строительстве автодорожных тоннелей для раскрытия дополнительных забоев используют предусмотренные проектом вентиляционные штольни (Зеелисберг) и стволы (Арлберг), а также естественные каньоны (Арлберг).

Вторым существенным фактором, влияющим на сроки работ и их стоимость, является неизбежное разнообразие встречающихся на трассе тоннеля большой протяженности инженерно-геологических условий. Например, автодорожный Сен-Готардский тоннель по указанной причине сдали в эксплуатацию на 2 года позже намеченного срока с перерасходом средств более чем в пять раз по сравнению со сметной суммой. Завершение строительства тоннеля Сэйкан перенесено на 4 года по сравнению с первоначальным сроком, а сметная стоимость возросла в 3 раза. Тоннель Фурка, хотя и пройден в удовлетворительные сроки (средние скорости строительства 7 км/мес), но ввиду увеличения материалоемкости тоннельных конструкций в слабоустойчивых породах его стоимость превысила сметную (без учета инфляции) втрое. Поэтому в зарубежной практике тоннелестроения наметилась тенденция к более тщательному и всестороннему изучению конкретных инженерно-геологических условий на стадии подготовительных работ, а также уточнению их в процессе проходки вплоть до возведения постоянной обделки.

Разнообразие инженерно-геологических условий вызывает и необходимость более или менее частого изменения способов производства работ и проходческого оборудования. В связи с этим все большее распространение получает следующий подход к проектированию. Сначала по данным предвари-

тельных геологических изысканий классифицируются инженерно-геологические условия. Для каждого класса условий назначают способ производства работ и конструкцию временного крепления. Благодаря этому в процессе проходки можно оперативно менять строительные способы в соответствии с фактически встретившимся классом. Большое значение имеет рациональный подбор механизмов. Поэтому важным направлением считают разработку универсальных комплексов с комплектами сменного забойного оборудования. Это дает возможность вести проходку в широком диапазоне горно-геологических условий.

Наиболее экономичным и надежным является так называемый новоавстрийский способ, широко внедренный в практику тоннелестроения Западной Европы и Японии (крупнейшим из пройденных данным способом тоннелей является тоннель Арлберг). При этом способе по мере разработки породы сооружают податливую комбинированную (набрызгбетон, анкеры, податливые арки) временную крепь, параметры которой на стадии проектирования назначают минимальными. С помощью контрольно-измерительной аппаратуры (месдозы, тензодатчики, экстензометры) ведется постоянное наблюдение за развитием деформаций окружающей породы и крепи вплоть до их стабилизации и возведения постоянной обделки. В случае превышения допустимых деформаций в какой-либо зоне крепь здесь немедленно усиливают.

При проходке этим методом в относительно устойчивых крепких породах обычно применяют буровзрывной способ с разработкой забоя в нескольких уступах. Однако при сооружении в неустойчивых грунтах необходимо максимально приблизить способ производства работ к проходке на полное сечение в целях скорейшего замыкания кольца временной крепи, которое необходимо для начала совместной работы конструкции крепи и

породы. В последние годы разрабатан и внедрен метод минимальных уступов, предполагающий разработку и немедленное крепление породы в несколько уступов с опережением 1—5 м, что позволяет замкнуть кольцо крепи с оставанием до 10 м и через 3—4 суток после начала разработки породы в сводовой части данного сечения.

Для механизации этого процесса на уступах малой длины в ФРГ используют работающие с лотка самоходные машины с большим вылетом стрелы, как правило, гидравлические экскаваторы с шарнирной или телескопической стрелой и универсальным комплектом быстросменного рабочего оборудования (ковец — зубцовый рыхлитель — фреза — гидроударник). В Японии с этой же целью созданы самоходные технологические платформы с консольной верхней площадкой, предназначенные для разработки забоя немеханизированным или буровзрывным способом или комбайнами избирательного действия.

Большие трудности при строительстве тоннелей большой протяженности представляют непредвиденные нарушенные участки сбросов, разломов и т. п., где требуется применение специальных способов производства работ. Преодоление таких участков нередко вызывает значительные срывы темпов работ. Так, при строительстве автодорожного тоннеля Гран-Сассо (Италия) преодоление обводненного сбросового участка длиной 88 м с химическим креплением пород заняла в общей сложности 2,5 года. На строительство участка автодорожного тоннеля Сен-Готард в неустойчивых и обводненных тектонических породах протяженностью 300 м с немеханизированной разработкой забоя по частям ушло 4 года, в том числе только на проходку разведочной штольни — 18 месяцев. За этот период из обходной штольни было пройдено 2 км тоннеля.

В Японии преодоление участка обводненно вулканического песка в 124 м (железно-

дорожный тоннель Синвада) с вакуумным водопонижением заняло 18 месяцев; проходку железнодорожного тоннеля Харуна на участке вулканических обломочных пород длиной 1,45 км под сжатым воздухом с применением водопонижения вели 4 года 9 месяцев. В ЮАР сооружение участка выветрелого обводненного гранита длиной 50 м пилот-тоннеля сечением 10 м² для автодорожного тоннеля Дю-Тойс-клооф с применением рассольного замораживания осуществлялось 11 месяцев.

В качестве специальных способов в зарубежном тоннелестроении освоены водопонижение (вакуумное, через глубокие скважины и дренажные штольни), химическое закрепление грунтов (цементация, силикатизация), криогенное и рассольное замораживание. Широко внедрены в практику разнообразные опережающие крепи, в том числе забивные крепи, немеханизированные шандорные с переставными задавливающими домкратами наклонные крепи, секционная бетонная в предварительно нарезанной по контуру забоя щели (Франция), экраны из забуренных над контуром забоя труб диаметром 210—270 мм длиной до 60 м или секционные (Япония). Среди новых разработок особый интерес представляет внедрение однокомпонентного химического раствора фирмы «Такенака» (Япония), затвердевающего при взаимодействии с грунтовыми водами, и метода комбинированного криогенно-рассольного замораживания, при котором дорогостоящий жидкий азот расходуется только в режиме активного замораживания, а для поддерживающего режима используют рассол.

Современное тоннелестроительское оборудование находится на высоком уровне развития. Достигнута комплексная механизация всех операций технологического цикла и взят курс на автоматизацию отдельных операций, а в ряде случаев и целых технологических процессов.

В области создания бурово-

го оборудования в отдельных странах применяются высокопроизводительные и экономичные полностью гидрофицированные молотки. Широко используются многостреловые буровые рамы. Намечается переход от оснащения бурильных установок устройствами локальной автоматики и точными приборами управления к внедрению систем полностью автоматического обурирования забоя с программным управлением на базе бортовых микропроцессоров. Первыми такие бурильные установки разработали фирмы «Тоё» (Япония) и «Фурухольмен» (Норвегия).

Создание дисковых шарошек диаметром 230—350 мм, допускающих нагрузку до 160 кН, позволило применить роторные проходческие комбайны и шиты в породах крепостью $f=12\div 15$. Средние темпы механизированной проходки транспортных тоннелей составляют в настоящее время 8—12 м/сутки. С целью повышения универсальности комбайнов ведущие фирмы по их выпуску создали модели двухсекционных шитов с роторным исполнительным органом. Каждая из секций оснащена как распорными башмаками, так и шитовыми домкратами, что позволяет вести скоростную проходку в широком диапазоне горно-геологических условий оптимально выбирая конструкцию временной крепи или сборной обделки.

Фактором, сдерживающим внедрение роторных комбайнов в строительстве горных транспортных тоннелей, является необходимость перебора пород в лотке из-за круглого сечения выработок.

Наряду с совершенствованием роторных комбайнов традиционной конструкции за рубежом продолжается разработка и внедрение в практику новых форм исполнительных органов. Представляют интерес качающиеся исполнительные органы комбайнов «Минифулфэйсер» фирмы «Атлас Копко» (Швеция), вращающиеся барабаны с подачей по траверсе японской фирмы «Сан-

ва Кидзай», ротор с поворотными стрелами, оснащенными шарошками, фирмы «Буиг» (Франция), роторные исполнительные органы с шарошками и высоконапорными соплами.

Совершенствование проходческих комбайнов идет по пути создания увеличенных типоразмеров или многостреловых агрегатов для проходки транспортных тоннелей на полное сечение, оснащения комбайнов навесным оборудованием для крепления выработок (крепеукладчики, стрелы анкерного бурения, станки для забивки марчеванов), повышения эффективности оборудования пылеподавления и вентиляции.

Для погрузки разработанной породы наиболее широко внедрены механизмы ковшового типа. Вместе с тем значительный интерес представляет развитие породопогрузочных машин непрерывного действия с нагребающими лапами. Недавно создан новый типоразмер такой машины 10 НР шириной фронта погрузки 3,4 м и производительностью 3 м³/мин. Развивающимся видом оборудования являются высокоманевренные самоходные ковшовые погрузочно-доставочные машины на пневмоколесном ходу. Наиболее перспективный вид транспорта для обслуживания скоростной комбайновой проходки — системы гидро- и пневмотранспорта, применяемые пока в экспериментальном порядке.

Интенсивно развиваются станки-турели для сооружения анкерной крепи и робот-манипуляторы для набрызга бетона. Лучшие модели таких машин имеют автоматизированное или полностью автоматическое управление.

Актуальным направлением является внедрение фиброармированного набрызгбетона, обеспечивающее снижение металлоемкости крепей на 17% и трудоемкости работ на 46%. Специальные установки со стальной фиброарматурой для набрызга бетона сухим и мокрым способами производительностью 10 м³/час. выпускают фирма «Бесай» (Швеция),

только сухим производительностью 12 м³/час. — фирма «Интрадим» (Швейцария). Представляет интерес разработанная в Японии технология изготовления набрызгбетонной смеси путем приготовления песчано-цементного раствора и последующего замешивания его с сухой смесью остального заполнителя и фиброарматуры на начальной стадии гелеобразования в растворе. Тем самым достигается повышение пластичности смеси и прочности бетона, снижение отскока при набрызге. Создана тоннельная робот-установка для

автоматизированного приготовления и нанесения бетона данным способом производительностью 7,6 м³/час.

Большие трудности при строительстве протяженных тоннелей доставляет перевозка готовой бетонной смеси на значительные расстояния, что приводит к расслоению и преждевременному ее схватыванию. Избежать этого позволяет использование передвижных забойных комплексов для приготовления бетонной смеси. Так, в тоннеле Сэйкан применили автоматизированный на базе системы про-

мышленного телевидения передвижной комплекс для дозировки и замешивания смеси. При сооружении тоннеля Дай-Симидзу дозировочное оборудование установили за его пределами и доставляли к фронту работ готовую сухую бетонную смесь. Замешивание ее с водой производил автоматизированный смеситель — одну партию бетона в 18 м³ за 22 мин. Японской фирмой «Кадзима» создано усовершенствованное оборудование для гравитационного сбрасывания бетона в стволы, обеспечивающее полную безопасность дан-

ной операции при производительности в стволах глубиной до 375 м 40—60 м³/час.

Рельсовый путь в железнодорожных тоннелях в большинстве случаев устраивают на безбалластном плитном основании в монолитном или сборном варианте. Предварительно в тоннель доставляют рельсовые плети и укладывают на временных шпалах с широкой колеи, а затем используют их для перемещения порталных укладчиков плит или ширококолейных бетоноукладчиков, аналогичных дорожным. □

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ БЕТОННЫХ ОБДЕЛОК ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ

В. ХОДОШ,
канд. техн. наук,
М. ШЕНКМАН, В. ИВАНОВ,
инженеры

В КАЧЕСТВЕ постоянных обделок транспортных тоннелей в основном применяют монолитные бетонные или железобетонные. Для повышения технического уровня строительства таких объектов необходимы комплексы машин, важными составными частями которых являются передвижные опалубки и оборудование для доставки бетона.

Большая протяженность многих строящихся тоннелей требует создания оборудования, конструкция которого дает возможность возводить постоянные бетонные обделки параллельно с проходкой тоннелей.

Различные горно-геологические условия на трассе часто не позволяют вести проходку на полное сечение, поэтому необходимо иметь опалубки для бетонирования как на полное сечение тоннеля, так и по частям.

Применительно к условиям сооружения постоянных бетонных обделок транспортных тоннелей различного назначения СКТБ Главтоннельмостроя разработаны и внедрены на строительствах несколько типов современных секционных передвижных опалубок и пневмобетонагнетатель ПБН-3.

Для возведения монолитно-бетонной обделки транспортно-разведочной штольни Рокского автодорожного тоннеля Московским механическим заводом по проекту СКТБ изготовлено два комплекта самоходной механизированной опалубки ОПП-1 (рис. 1). Она состоит из трехметровых секций, связанных между собой опорными балками и гидроцилиндрами. Секции оснащены эксцентриковыми механизмами для отрыва опалубки от возведенной бетонной

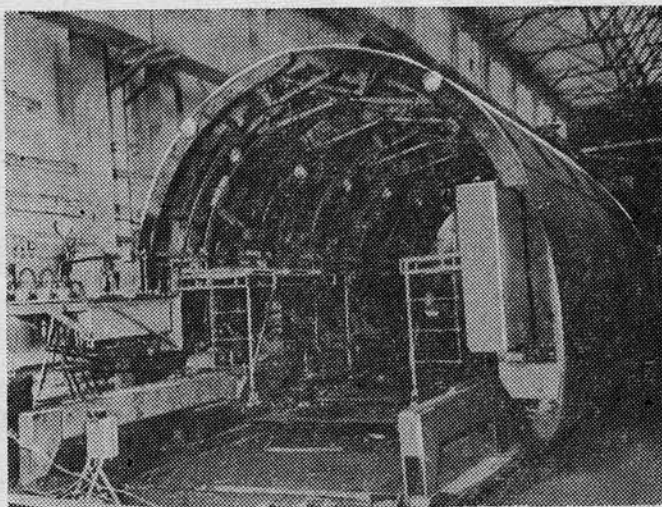


Рис. 1. Опалубка ОПП-1

обделки. Опалубка гидрофицирована, оснащена автономным гидроприводом и электрооборудованием, для удобства бетонирования снабжена подвижными подмостями.

Бетонная обделка возводится следующим образом: собранная, отрегулированная и полностью состыкованная опалубка устанавливается по маркшейдерским замерам в

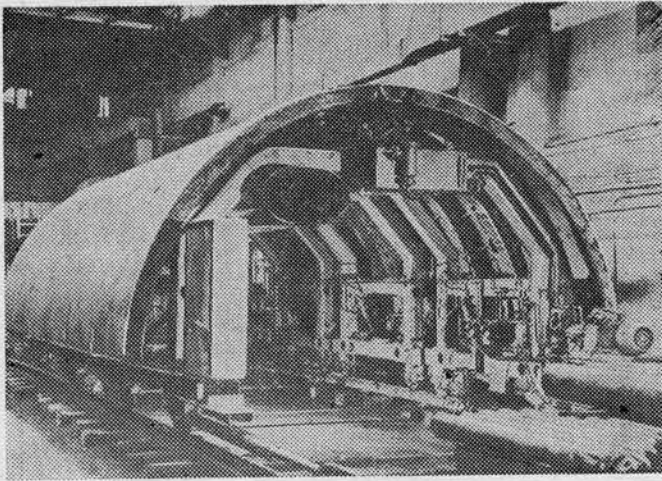


Рис. 2. Опалубка ОПС-16

выработке, через люки и патрубок бетонруется заопалубочное пространство на длину опалубки по всему контуру. Когда бетон наберет необходимую прочность, опалубку отрываю от обделки: первую секцию — эксцентриковыми механизмами (при этом сводят боковые сегменты, образуется зазор между обечайкой секции и бетонной обделкой по всему периметру, основание секции поднимается и секция опирается колесами на направляющие опорных балок). Последовательным передвижением второй и третьей секций переставляют опалубку вперед на 1,5 м, далее цикл повторяется и опалубка передвигается на 8,5—9 м. После состыковки секций и установки опалубки в проектное положение по маркшейдерским замерам процесс бетонирования возобновляется.

Средний темп бетонирования Рокского автодорожного тоннеля с применением такой опалубки составил: 1 м в шестичасовую смену, максимальный — 2 м; значительно уменьшились затраты ручного труда, улучшилось качество обделки.

Эксплуатация выявила необходимость увеличения отрыва обечайки конструкции от бетонной поверхности до 60—100 мм, а также разработки инвентарных средств для смазки поверхности опалубки.

На основе опыта, полученного при проектировании и эксплуатации опалубки ОПР-1, внедрена опалубка для бетонирования штольни научной станции «Нейтрино» — ОПС-16 (рис. 2). Опалубка состоит из трех соединенных секций и тележки с бетоноводом, каждая секция — из металлоконструкции порталного типа, на которой с помощью рычагов и гидроцилиндров установлены две створки опалубки. В верхней части они соединены между собой с помощью трехплечих рычагов и вставки, предназначенных для принудительного отрыва от бетонной обделки с помощью гидроцилиндров, в нижней — с металлоконструкцией портала при помощи рычагов. Отрыв створок осуществляется складывающимся рычагом с приводом от гидроцилиндра. Для пропуска воздуховода через опалубку в ее конструкции предусмотрен короб, который подсоединяется к магистральному воздуховоду эластичными рукавами. В комплект опалубки входит тележка бетоновода; для его поддержания на ней установлены стойки. Опалубка перемещается с помощью устройства, представляющего собой два гидроцилиндра, штоки которых оснащены захватами за рельсы.

В настоящее время опалубка проходит испытания в Бактоннельстрое на бетонировании штольни.

Харьковметростроем успешно применена самоходная механизированная опалубка ОПК-28 для бетонирования свода однопутного железнодорожного тоннеля (рис. 3). Каждая из двух секций (по 4,5 м) опалубки состоит из створок, которые отрывают одним верхним и двумя нижними механизмами с приводом от гидроцилиндров. Минимальная величина отрыва 100 мм. Передвигают опалубку с помощью двух гидроцилиндров — на шаг 1140 мм. Конструкция позволяет пропускать самосвальные автопоезда типа МоАЗ-64011. При бетонировании верхнего свода достигнута средняя скорость сооружения тоннеля 1 м в шестичасовую смену, максимальная — 2 м.

Для возведения монолитной бетонной или железобетонной обделки однопутных железнодорожных тоннелей, строящихся в породах, допускающих проходку с раскрытием забоя на полное сечение, по очертаниям, принятым для тоннелей БАМа, СКТБ спроектирована и находится в стадии изготовления самоходная секционная опалубка порталного типа ОПС-62 (рис. 4).

В ее комплект входят три основные секции 1, каждая из которых состоит из двух створок 5 требуемого контура, соединенных в верхней части механизмом отрыва 2 и опирающихся через боковые механизмы 3 на портал 4, установленный на рельсовых путях 6. Для уплотнения заднего и переднего торцов бетонруемого пространства на створках закреплены специальные торцовые опалубки 7 и 8. При бетонировании криволинейных участков тоннеля между основными секциями опалубки ставятся клиновидные прокладки 9. Для удобства бетонирования в комплект введена специальная самоходная технологическая тележка 10 с установленными на ней двумя боковыми и одним верхним бетоноводами 11. Отрыв опалубки производится двумя боковыми 3 и одним верхним механизмами отрыва 2, которые установлены на каждой секции. Передвижение конструкции производится двумя парами гидроцилиндров, соединяющими между собой секции опалубки.

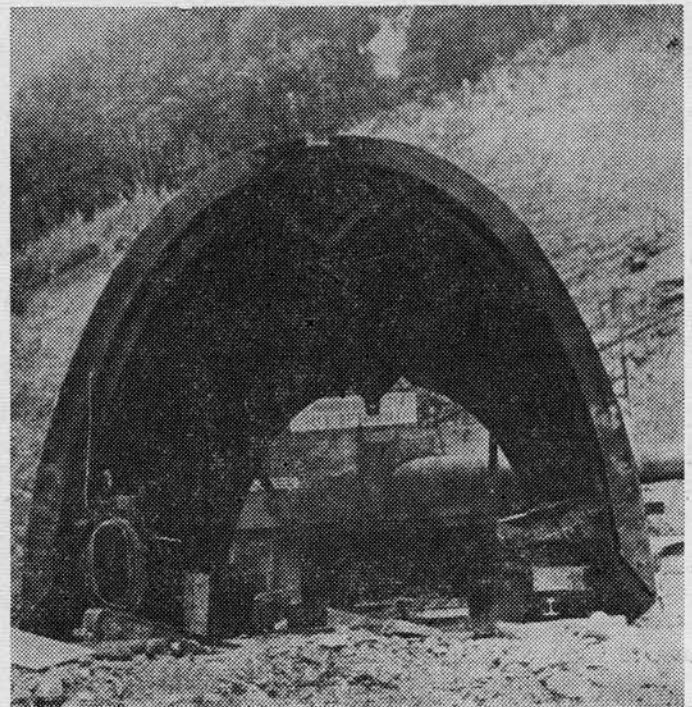


Рис. 3. Опалубка ОПК-28

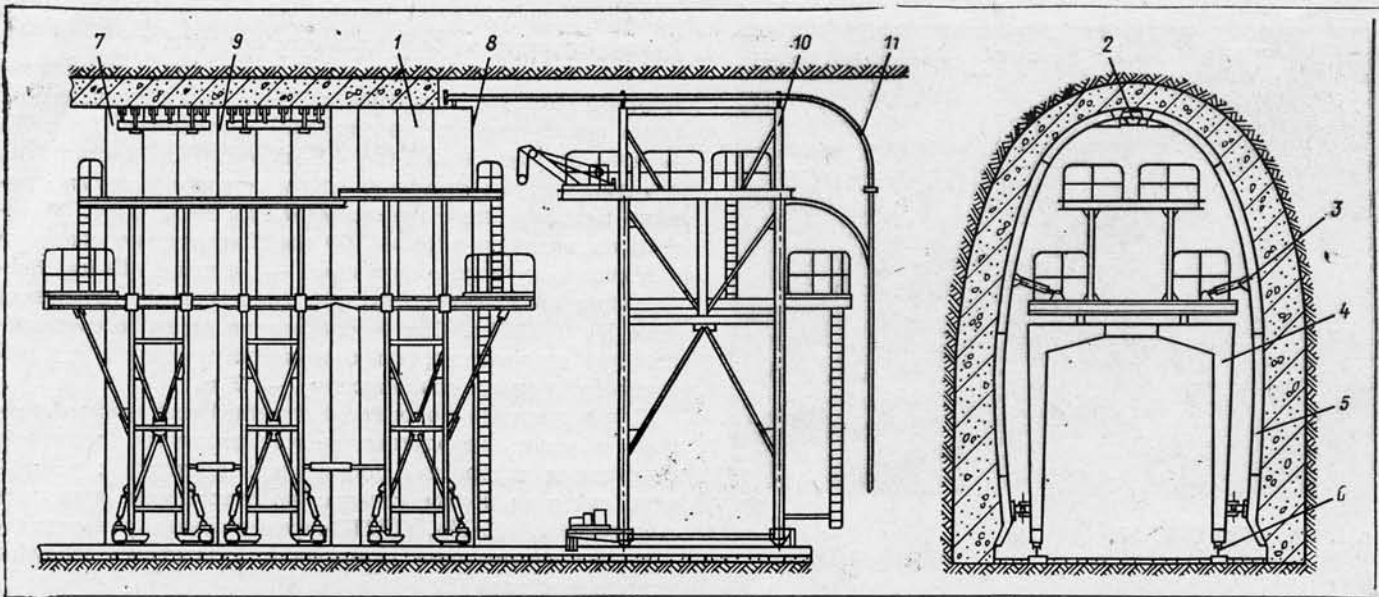


Рис. 4. Опалубка ОПС-62

Комплект опалубки содержит сменные элементы, позволяющие бетонировать тоннели трех различных сечений.

При бетонировании протяженных тоннелей наиболее целесообразны самоходные опалубки с общей длиной секций 10—15 м. Величина отрыва створок от поверхности бетона должна быть не менее 80—100 мм. Конструкция должна предусматривать возможность пропускания через нее транспортных средств, систем вентиляции, электросетей, трубопроводов сжатого воздуха.

Основные технические характеристики спалубок приведены в таблице.

Таблица

Показатели	ОПР-1	ОПС-16	ОПК-28	ОПС-62
Габариты, м				
длина	11,5	15,34	11,5	28
высота	4,07	3,41	4,75	9,15÷9,65
ширина	4,74	5,3	5,6	5,6÷6,3
Длина бетонирования, м	9	9	9	13,5
Количество секций	3	3	3	3
Ход гидроцилиндров передвижения, м	1,5	1,5	1,14	1,5
Минимальная величина отрыва, м	0,02	0,13	0,1	0,13
Установленная мощность, кВт	15	25	15	52
Масса, т	40	23	46	160

Для повышения темпов бетонирования постоянных бетонных и железобетонных обделок на строительстве транспортных тоннелей применяется большегрузный пневмобетонагнетатель ПБН-3 (рис. 5) с объемом загружаемого материала 3 м³.

ПБН-3 состоит из емкости с тремя загрузочными люками и разгрузочным патрубком. Внутри нее расположен лопастный вал, приводимый во вращение электроприводом через цепную передачу. Емкость установлена на несущей раме с ходовой частью, состоящей из четырех колес.

Пневмобетонагнетатель перемещается по рельсовым путям электровозом. При выгрузке бетона, а также при длительных остановках его подсоединяют к электросети и

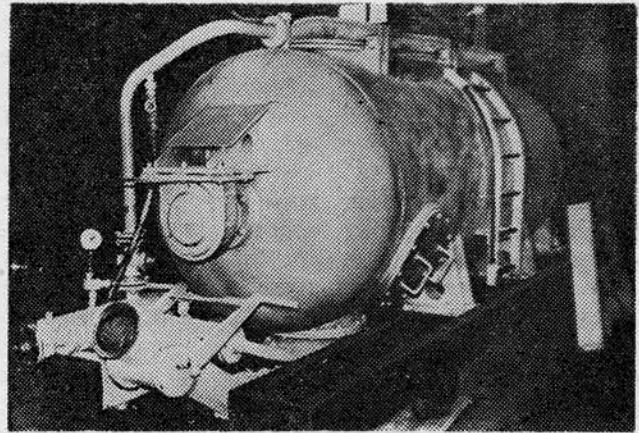


Рис. 5. Пневмобетонагнетатель ПБН-3

перемешивают бетон лопастным валом. Во время нагнетания и выгрузки конструкцию подсоединяют к бетоноводу и магистрали сжатого воздуха.

Техническая характеристика пневмобетонагнетателя

Объем бетонной смеси, м ³	3
Диаметр бетоновода, мм	150
Расстояние нагнетания бетона по горизонтали, м	160
То же по вертикали, м	15
Рабочее давление сжатого воздуха (до), кгс/см ²	6
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин.	0,8—1,5
Время выгрузки бетона (до), мин.	4
Ширина колеи, мм	900
Мощность привода, кВт	11
Масса, кг	5390
Наибольшая крупность гравия, мм	50
То же щебня, —«—	40
Осадка конуса, см	8—20
Расход цемента, кг/м ³	220—250

Пневмобетонагнетатели испытывались на различных режимах и отмечено их полное соответствие технической характеристике и назначению. □

ПЕРИОД СТАНОВЛЕНИЯ И ПОДЪЕМА

В. РАЗМЕРОВ,
канд. техн. наук

ДО СОЗДАНИЯ отрасли тоннелестроения в стране горные тоннели сооружались артелями проходчиков, а единственным методом строительства был «бельгийский» горный способ (по частям: верхняя штольня, калотта, нижняя штольня, штросы). Если техника метростроения в связи с ростом объемов работ неуклонно развивалась, то сооружение железнодорожных, автодорожных и гидротехнических тоннелей долгое время оставалось на низком уровне.

Горным способом с разработкой сечения по частям построены 11 Черноморских тоннелей общей протяженностью 9830 м (1940—1950 гг.), 21 тоннель в Чиатурах — 3752 м (1949—1956 гг.), тоннель Култук (из Кругобайкальских) — 470 м (1945—1948 гг.) и др.

Там, где был применен щитовой способ проходки и работа велась опытными метростроевцами, достигнуты высокие скорости проходки.

При сооружении Ново-Афонского тоннеля — 1746 м Черноморской же-

лезной дороги в плотных глинах использовали щит Д-8,2 м и крепление крупными (весом по 6 т) железобетонными блоками. Их изготавливали на полигоне у портала, а собирали в забое блокоукладчиком, специально сконструированным и укрепленным на щите. Ежедневно монтировали 4 кольца (3 м тоннеля). Скорость проходки достигала 75 м/мес.

Для Донской оросительной системы сооружались два гидротехнических тоннеля по 6100 м Д-6 м в неустойчивых сухих песках. Применяли проходческие щиты и чугунные тубинги. Средняя скорость сооружения — 75, максимальная — 120 м/мес.

На первом этапе руководство строительством горных тоннелей осуществлял Отдел иногородних строек Управления «Метрострой». С 1954 г., когда было создано Министерство транспортного строительства, включающее Главтоннельметрострой, проведена большая работа по коренному усовершенствованию организации и механизации строительства горных тоннелей.

1957—1965 годы характеризовались большим объемом строительства: более 50 км железнодорожных, автодорожных и гидротехнических тоннелей. Сооружены 9 тоннелей на железной дороге Абакан — Тайшет общим протяжением более 10 км, 7000-м железнодорожный тоннель на рудниках комбината «Апатит», такой же длины тоннель Д-5,1 м на реке Вахш в Таджикистане, большой гидротехнический Чиркейский — длиной 720 м в Дагестане.

Были приняты следующие основные положения: проходка, как правило, с разработкой забоя на полный профиль; комплектное обустройство забоя; сооружение обделки из монолитного бетона с применением металлических инвентарных передвижных опалубок и современных средств транспортировки и укладки бетона; повышение производительности внутритоннельного транспорта и погрузки породы; постепенный переход на машинное бурение, а также безрельсовый транспорт.

С 1957 г. отечественная промышленность стала выпускать быстроударные перфораторы в комплекте с пневматическими поддержками, обеспечивающие в 2—2,5 раза большую скорость по сравнению с ранее применявшимися. Одновременно создали буровые рамы металлические, самоходные, двух- и трехъярусные. Они позволили вести комплектное обустройство забоя на полный профиль. Скорость обустройства увеличилась в 3,5—4 раза.

В 1960 г. освоено производство буровых машин. Первыми были БУ-1 (одномашинная на рельсовом ходу) и СБУ-2 (двухмашинная, самоходная, на гусеничном ходу). Затем на

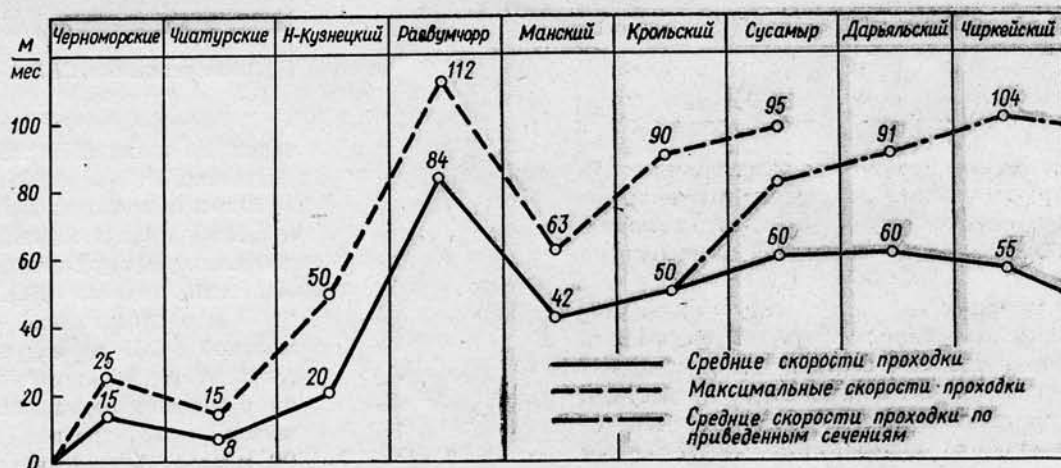


График средних и максимальных скоростей проходки, м/мес на забой.

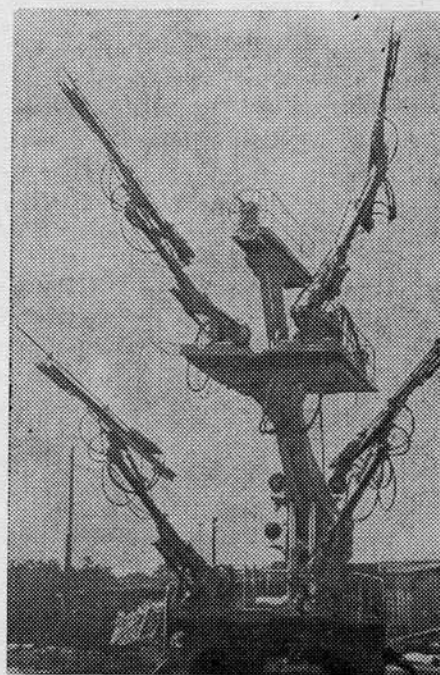
Показатели	Железнодорожные тоннели						Автомобильные		Гидротехнический
	Черноморские	Чиагурские	Н.-Кузнецкий	Расвумчорр	Манский	Крольский	Сусамыр	Дарьяльский	Чиркейский
Время строительства	1940—1950	1943—1950	1952—1957	1958—1962	1960—1962	1961—1964	1958—1960	1962—1963	1965—1966
Количество тоннелей	11	21	1	1	1	1	1	1	1
Общая длина, м	10411	3850	2400	7000	2487	2282	2562	320	720
Способ производства работ	горный по частям		уступом		полным профилем				уступом
Разработка забоя	ручной перфоратор БМ-17		ручной перфоратор ОМ-506	перфоратор с пневмоподдер., буровая рама	ПР-24л	буровой агрегат БА-1, буровая установка СБУ-2	перфоратор ПР-24л, буровая рама	буровая установка СБУ-4	буровая рама, бурильные машины СБУ-2, СБУ-4
Погрузка породы	ручная		породопогрузочная машина ОМ-510	погруз. машины МПР-6, „Конвейер“-100	погрузоч. машина ППМ-4, МПР-6	погрузочная машина МПР-6	погрузочная машина МПР-6, экскаватор 7515	экскаватор 7515	погрузочная машина ПНБ-3к, экскаватор
Внутритоннельный транспорт	ручная откатка, вагонетки 0,35 м³		электровоз 6,5 т, вагонетки 0,75 м³	электровоз 7 т, вагонетки 1,5 м³	электровоз 7 т, вагонетки 1,5 м³	электровоз 14 т, вагонетки 3,5 м³	электровоз 8 т, вагонетки 2,1 м³, экскаватор	автосамосвалы	
Бетонирование обделки	ручное, опалубка деревянная		укладка бетона ручная, опалубка по мет. круж.	без бетонной обделки	металлическая опалубка, пневмобетонагнетателем ПН-0,5		набрызгбетон		металлическая опалубка, укладка бетона ПБУ-5

базе ВУ-1 был создан буровой агрегат БА-1 с шестью машинами для обурирования забоев железнодорожных тоннелей. Это позволило полностью перейти на машинное бурение.

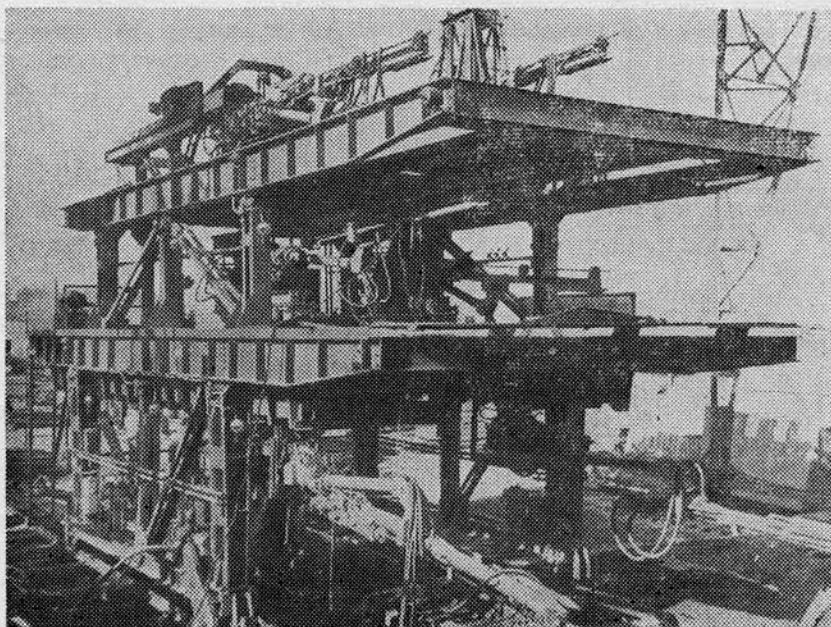
С переходом на строительство тоннелей полным сечением ручная погрузка и транспортировка породы изменялись с учетом освоения отечественной промышленностью соответствующего оборудования. Погрузочные машины эволюционировали от ПМЛ-3 до ПНБ-3к, гусеничной, мощностью 128 л. с., производительностью 180 м³/час; появились элек-

тровозы с цепным весом 4, 7, 10 и 14 т. В тоннелях больших сечений для погрузки породы уже применяются экскаваторы и безрельсовый транспорт — автомашины и специальные 20-тонные автосамосвалы МоАЗ-64011.

Нашими конструкторами и производственниками созданы опалубки различных конструкций для различных типов и размеров тоннелей, пневмобетонукладчики емкостью 0,5 и 3 м³, пневмобетонукладочные установки. Уникальными по размерам являются опалубочные комплекты для



Буровая установка СБУ-4.



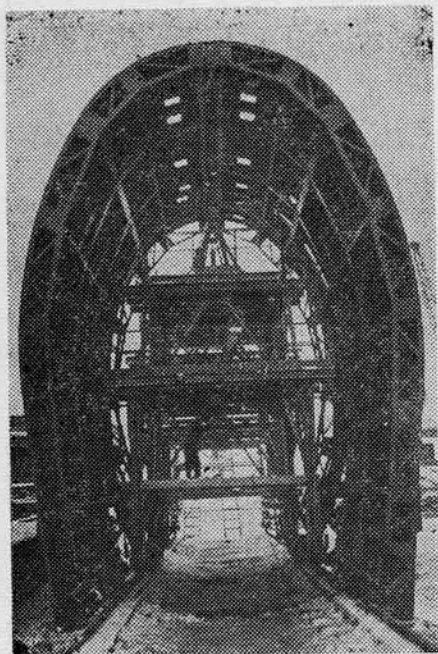
Буровой агрегат БА-1.

сбросного тоннеля Чиркейской ГЭС в Дагестане.

Щитовая проходка принята на строительстве горных тоннелей в слабоустойчивых и неустойчивых породах. Яванский тоннель Д-5,1 м, длиной 7000 м в оросительной системе Таджикской ССР, сооружавшийся в сложных гидрогеологических условиях, с большим водопритоком, пройден щитом со средней скоростью 90 м/мес.; Ангренские водосбросные тоннели Д-8,5 м — щитами, со сред-

ТОННЕЛИ МЕТРО МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ ПОД ВОДОЕМАМИ

А. АБРОСОВ, И. ВАСИЛЕНКО,
инженеры



Металлическая шарнирно-складывающаяся опалубка с гидравлическим перестановщиком для железнодорожных тоннелей.

ней скоростью 50—55 м/мес. Щитами пройдены припортальные участки Манского и Кордонского тоннелей в нарушенных неустойчивых породах и др.

При сооружении некоторых тоннелей использовали механизированные щиты; например, Оби-Киикский Д-3,6 м, длиной 5125 м пройден двумя механизированными щитами со средней скоростью 125 м/мес.

Особенно успешно строился Киевский коллектор протяженностью 8000 м, Д-3,6 м во влажных, вязких спондиловых глинах. Средняя скорость составила более 260 м/мес, максимальная — 448 м/мес.

Большая организационная и техническая работа, проделанная строителями-тоннельщиками, конструкторами и работниками Московского механического завода Главтоннельметростроя за период 1957—1965 гг., дала свои результаты: горное тоннелестроение превратилось в отрасль, оснащенную современной проходческой техникой. Резко возросли скорости проходки тоннелей, уровень механизации, производительности труда проходчиков, их опыт и квалификация. Средняя скорость сооружения железнодорожных и гидротехнических тоннелей достигла 56 м/мес., автодорожных — 60 м/мес. Рекордные скорости по железнодорожным тоннелям составили 90 м/мес. □

ТОННЕЛИ метрополитенов мелкого заложения нередко приходится строить в неблагоприятных инженерно-геологических условиях. Наиболее сложным является сооружение тоннелей под руслами рек или водоемами, когда незначительная кровля над шельгой свода не может обезопасить тоннель от прорыва вод. Проходку в таких случаях часто ведут с одновременным замораживанием грунтов, водопонижением, глинизацией или другими специальными способами.

При продлении Замоскворецкого радиуса на перегоне между станциями «Каширская» — «Варшавская» ручей Коломенский был отведен в новое русло и взят в водопропускные трубы, над которыми после засыпки и уплотнения старого русла возводились тоннели. Это была одна из первых встреч московских метростроителей с водной преградой. По мере развития сети Московского метрополитена преодоление водных преград требовало поиска и других технических решений. При строительстве 2-й очереди Ждановско-Краснопресненского диаметра тоннели трижды пересекали водоемы: на перегоне «Щукинская» — «Тушинская» (под рекой Химкой и каналом им. Москвы) и между станциями «Тушинская» и «Сходненская» (под деривационным каналом).

Под рекой Химкой трасса метро пересекала раздвоенное русло (условно каждое А и Б) в водонасыщенных песках. До подхода тоннелей к руслу А произвели его засышку с предварительной укладкой двух металлических труб $\varnothing 1,2$ м длиной по 40 м. Одновременно сооружался отводной канал. Для совмещения земляных работ и бурения замораживающих скважин в русле Б предусмотрели временные подмости из четырех дву-

тавров № 55, перекрытых настилом из бревен и досок. Подмости переставляли краном.

Проходка тоннелей под руслом А велась с предварительным понижением уровня грунтовых вод через скважины, оборудованные погружными насосами ЭЦВ-8. За руслом А по трассе тоннелей начинался участок с контурным замораживанием грунтов (перед проходкой каждый контур замораживали и откачивали внутриконтурную воду). После ввода щитов в первый контур русло Б было засыпано, водоток реки направлен через трубы и отводной канал. Таким образом, при проходке второго контура под руслом Б водоток реки Химки осуществлялся через русло А и водоотводный канал. После входа щитов в третий контур русло Б было восстановлено, металлические трубы извлечены, а водоотводный канал засыпан. Работы выполнил коллектив СМУ № 8 Метростроя.

При сооружении тоннелей под каналом им. Москвы впервые в практике мирового тоннелестроения коллектив СМУ № 5 Метростроя осуществил проходку в непосредственной близости от дна водотока реки под защитой ледогрунтовой плиты, созданной способом горизонтального замораживания*.

Для образования ледогрунтовой плиты вначале произвели грейфером подводную выемку грунта и выполнили с помощью гидромонитора планировку дна выемки канала. В созданную выемку плавучим краном опустили 16 горизонтальных замораживающих секций с вертикальным выводом рассольной сети у берегов канала над поверхностью воды. Затем произвели обратную засыпку секций грунтом.

* «Метрострой» № 6, 1974.

Дополнительно с правого и левого берегов канала были созданы сплошные ледогрунтовые массивы, которые замыкались горизонтальной ледогрунтовой плитой длиной 54, шириной 34 и толщиной 3,5 м. Новое техническое решение обеспечило безопасное ведение горнопроходческих работ и непрерывность судоходства по каналу в период строительства.

Трасса перегонных тоннелей под деривационным каналом проходила в мелкозернистых водонасыщенных песках*.

В связи с конструктивными особенностями канала (расположение в искусственном русле, поднятом над окружающей местностью, а также наличие в нем водонепроницаемого противодиффузионного экрана, целостность которого надо было сохранить) и необходимостью пропуска воды с расходом 81 м³/сек устройство ледогрунтовой плиты для обеспечения безопасной проходки и целостности экрана оказалось неприемлемым.

Метрогипротрансом и Мосметростроем разработано новое техническое решение (авторское свидетельство № 546673), которое осуществлено коллективом СМУ № 3.

Над участком проходки тоннелей, на дне канала были уложены две трубы из чугунных тубингов диаметром 5,5 м и длиной по 88 м. Русло канала в пределах труб засыпали грунтом. В образованной перемычке над тоннелями (включая возможную зону просадок экрана) нагнетанием бентонито-цементного раствора создали две противодиффузионные завесы. Грунты перемычки осушали перед проходкой (между завесами) насосами ЛИУ-5 через горизонтальные и вертикальные фильтры. Для осушения мелкозернистых водонасыщенных песков по берегам канала пробурили 29 скважин с шагом 10 м и оборудовали их насосами ЭЦВ-6. Кроме того, для контроля за режимом грунтовых вод создали сеть гидронаблюдательных скважин, а за деформациями дна канала над тоннелями установили по пять маркерперевов.

Тоннели сооружали поочередно, непрерывно вдавливая щит в грунт. Для предотвращения осадок дна канала одновременно с передвижкой щита нагнетали цементно-песчаный раствор 1:2 в первое кольцо и вели контрольное нагнетание цементно-бентонитового раствора 1:1 в третье кольцо обделки. Работали по скользя-

щему графику. Максимальная скорость проходки составила 5 м в сутки. После сооружения тоннелей и наблюдений, проведенных в течение длительного времени (по специальной программе), русло канала освободили от перемычки и водопропускных труб.

При продлении Рижского радиуса метростроители дважды пересекали Язу, русло которой имеет обширную пойму с заболоченными берегами. На перегоне между «Бабушкинской» и «Медведково» коллективом СМУ № 6 Метростроя выполнены необычные работы. По первоначальному проекту перегонные тоннели должны были быть пройдены под Язуйой в неблагоприятных геологических условиях. Однако после дополнительных изысканий решили соорудить тоннели над поймой и руслом реки. Для этого (на первом этапе работ) под новое постоянное русло был вскрыт котлован с откосами, в котором из монолитного железобетона построен двухочковый водопропускной тоннель (рис. 1). Для уплотнения лежащих в основании тоннеля грунтов забили короткие сваи.

После сборки тоннелей над водопропускным тоннелем (рис. 2) начался второй этап работ. Старое русло засыпали, направив воду реки через водоотводный тоннель. Затем на обо-

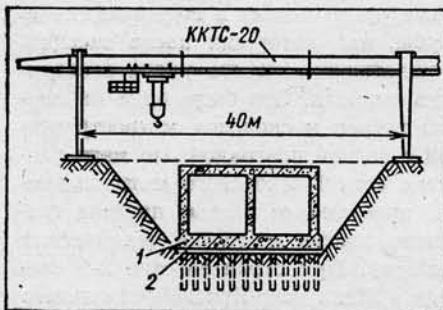


Рис. 1. Поперечное сечение водопропускного тоннеля:

1 — водопропускной тоннель; 2 — сваи.

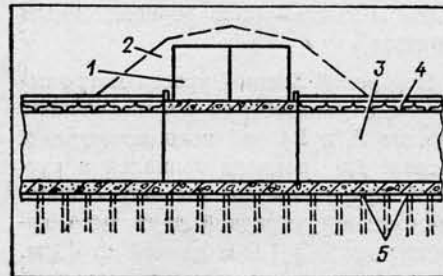


Рис. 2. Продольный разрез водопропускного тоннеля:

1 — перегонные тоннели; 2 — контур обсыпки; 3 — водопропускной тоннель; 4 — перекрытие из сборного железобетона; 5 — сваи.

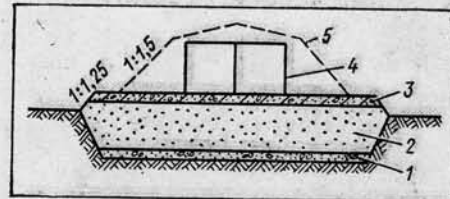


Рис. 3. Конструкция основания на участках выторфовки:

1 — подготовка из щебня $\delta=0,5$ м; 2 — песчаная подсыпка $\delta=2,5$ м; 3 — железобетонная плита $\delta=0,7$ м; 4 — перегонные тоннели; 5 — контур обсыпки тоннелей.

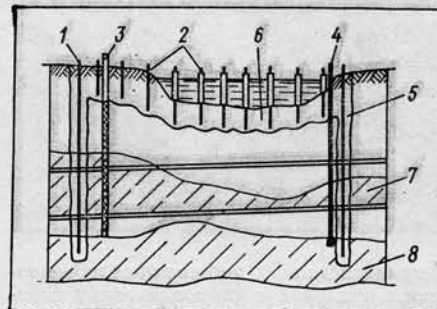


Рис. 4. Схема выполнения способа:

1 — замораживающие скважины контура; 2 — замораживающие скважины плиты; 3 — воздухоподающие скважины; 4 — водоотливные; 5 — ледогрунтовая плита; 6 — поперечные тоннели; 7 — водоупор.

их берегах старого русла вдоль трассы перегонных тоннелей (после водопонижения с помощью установок ЛИУ) произвели выторфовку и расчистку русла, устроили подсыпку из известкового щебня и песка толщиной соответственно 0,5 и 2,5 м, а также установили железобетонную плиту толщиной 0,7 м, на которой собраны перегонные тоннели (рис. 3). Ширина плиты — 30 м принята из условия размещения на ней грунтовой обсыпки тоннелей с откосами 1:1,5.

Тоннельное пересечение Язуы осуществлено и на перегоне между станциями «ВДНХ» и «Ботанический сад» коллективом ТО № 6 Метростроя. Начальный проект предусматривал сплошное замораживание грунтов. Но в связи с появлением нового способа сооружения тоннелей в обводненных неустойчивых грунтах, разработанного Метрогипротрансом совместно с Мосметростроем (авторское свидетельство № 559006), проект был изменен.

По трассе тоннелей создали герметизированный отсек путем контурного замораживания грунтов (рис. 4). Для герметизации нижней части контура использовался естественный во-

* «Метрострой» № 8, 1975.

доупор, а для верхней части искусственный — ледогрунтовая плита. Замораживание грунтов в русле реки выполнено с помощью колонок новой конструкции, которые позволили осуществить зональное замораживание без промерзания воды в реке. Готовые колонки погружали в грунт ударным способом. Для этого над рекой смонтировали мост с промежуточной плавучей опорой, который перемещался вдоль русла с помощью гидравлических домкратов. Чтобы осушить отсек, внутри него пробурили две воздухоподающие и две водоотливные скважины. После проверки отсека на герметичность начали его осушение путем непрерывного нагнетания сжатого воздуха через воздухоподающие скважины и откачки воды насосами ЭЦВ-6 через водоотливные скважины.

Поддержание давления в отсеке до 2 атм позволило осушить его практически без остаточного уровня воды на водоупоре. Проходку осуществили в сухих песках и супесях щитами, оборудованными горизонтальными рассекающими площадками. После завершения работ замораживающие колонки были извлечены, мост демонтирован.

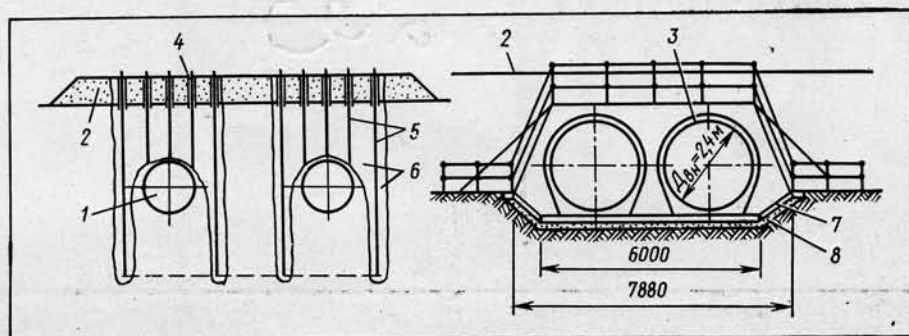


Рис. 5.

1 — перегонные тоннели; 2 — насыпная дамба; 3 — водопропускные трубы; 4 — кондуктор; 5 — замораживающие скважины; 6 — ледогрунтовое ограждение; 7 — подготовка; 8 — дорожные плиты.

На Замоскворецком радиусе коллективу СМУ № 3 Метростроя на перегоне между станциями «Ленино» и «Орехово» предстоит соорудить тоннели под Царицынскими прудами и ручьем (рис. 5). Проект Метрогипротранса предусматривает отсыпку в пруде искусственной дамбы длиной 240 м, бурение с этой дамбы замораживающих скважин и прокладку в ней нового русла для ручья. В конструкции последнего предусмотрены устройство подготовки из щебня, ук-

ладка двух водопропускных труб $\varnothing 2,4$ м из отдельных железобетонных секций и подходного канала. Откосы и дно его укрепляются дорожными плитами. Проходка тоннелей под прудом и ручьем будет осуществлена под защитой ледогрунтовых стен и сплошь замороженных над тоннелями грунтов; водоток ручья пущен через новое русло, а старое засыпано. После сооружения тоннелей извлекут замораживающие колонки, водоем пруда расчистят. □

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

Сдано в набор 17.12.81. Подписано в печать 25.01.82. Л-91808. Формат 60×90¹/₈. Бумага типографская № 1. Гарнитура новогазетная и литературная. Печать высокая. 4,0 печ. л. 5,59 уч.-изд. л. Тираж 4060 экз. Заказ 3979. Цена 30 коп.

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

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

МЕТРОСТРОЙ

253

ИНДЕКС 70572

ЦЕНА 30 коп.

