

ISSN 0130-4321

8 1980

# МЕТРОСТРОЙ



Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

# МЕТРОСТРОЙ

8 1980

ИНФОРМАЦИОННЫЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

ИЗДАНИЕ МОСКОВСКОГО МЕТРОСТРОЯ И  
ИЗДАТЕЛЬСТВА «МОСКОВСКАЯ ПРАВДА»

ОСНОВАН В 1932 ГОДУ

## В НОМЕРЕ:

С. Власов. Метро- и тоннелестроение на современном этапе	1
В. Казурова. Открыта новая станция Московского метрополитена	7
Развитие отрасли в XI пятилетке	8
О. Тюрина, А. Шустер. Тепловой баланс салона вагона с принудительной вентиляцией	28
А. Головинн, В. Елсуков, П. Головинн. Гашение вибрации в тоннелях мелкого заложения	30
А. Могилевский. Как создавался подвижной состав	32

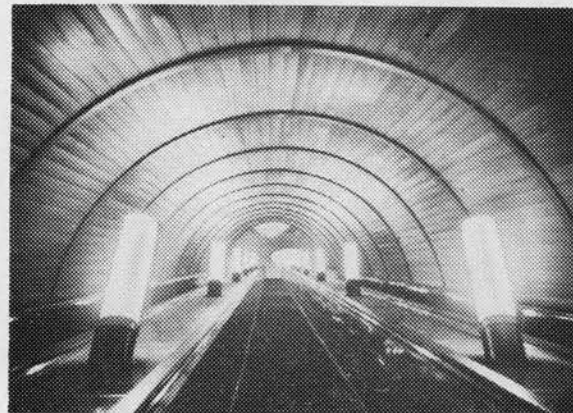
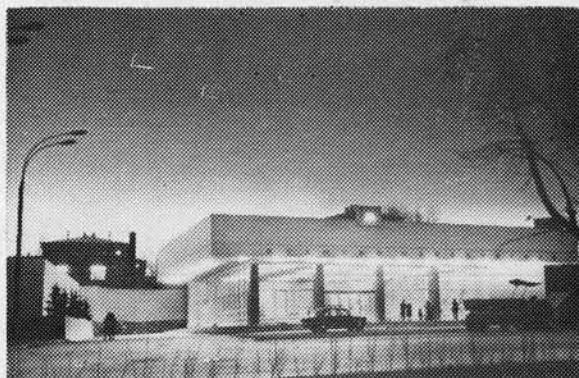
На 1-й и 4-й стр. обложки: Момент строительства станции «Южная» Московского метрополитена. Вестибюль станции «Кропоткинская».

Фото А. СПИРАНОВА.

### 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.

## В объективе 115-я станция столичного метро



# МЕТРО- И ТОННЕЛЕСТРОЕНИЕ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

С. ВЛАСОВ,  
главный инженер Главтоннельметростроя

**Д**ЛЯ ОРГАНИЗАЦИЙ Главтоннельметростроя истекшая пятилетка была характерна самым совершенствованием техники строительства, более широким внедрением прогрессивных конструкций и технологических процессов, оснащением и применением новых машин и механизмов.

Общий объем строительного-монтажных работ, выполняемых собственными силами в системе Главтоннельметростроя, возрос по сравнению с предыдущей пятилеткой на 46,5%. Объем работ по сооружению метрополитенов соответственно увеличился на 35%. Построено новых линий: в Москве — 20,6 км, в Ленинграде — 10,8, в Харькове — 7,6, в Тбилиси — 6,2, в Ташкенте — 16,2, в Киеве — 10,5, в Баку — 2,26.

В X пятилетке вошел в строй седьмой метрополитен нашей страны в Ташкенте. Началось строительство пяти новых метрополитенов: в Минске, Горьком, Новосибирске, Куйбышеве и Свердловске.

Значительно расширился фронт работ по сооружению горных транспортных тоннелей, и прежде всего на Байкало-Амурской магистрали и в Закавказье.

В текущей пятилетке в строительстве находилось более 45 км транспортных и гидротехнических тоннелей, из них введено в эксплуатацию 25,5 км. Завершено строительство Лысогорского тоннеля длиной 3 км, Нагорного — 1,35 км, автодорожного тоннеля — 0,56 км, Мцхетского в 1 км и др. Заканчивается строительство Иджеванского железнодорожного тоннеля длиной около 3 км. Досрочно введено в строй 7 км гидротехнических тоннелей Большого Ставропольского канала.

Состояние техники в отрасли может оцениваться в свете решений основных вопросов дальнейшей индустриализации строительства, предусматривающей:

повышение уровня сборности возводимых подземных сооружений;

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

комплексную механизацию горнопроходческих и строительного-монтажных процессов; специализацию отдельных видов работ.

Значительно расширилось создание и внедрение ряда новых тоннельных конструкций, машин и механизмов, а также технологических процессов, позволивших снизить трудоемкость и стоимость работ, уменьшить материалоемкость конструкций, повысить эффективность строительства. К этим решениям можно отнести следующие.

В области конструкций перегонных тоннелей и станций метрополитенов: железобетонные обделки, обжимаемые в породу; сейсмостойкие сборные железобетонные и цельносекционные обделки; плоский лоток; колонные станции из чугунных тюбингов с клинчатыми перемычками и из железобетонных тюбингов с металлическими колоннами; односводчатые станции глубокого и мелко-го заложения, колонные открытого способа работ из укрупненных элементов, зонты из новых материалов. В Москве на строительстве Калининского радиуса впервые применены экструзионные асбоцементные панели взамен кирпичных перегородок в служебных помещениях. В результате в строительстве метрополитенов достигнут коэффициент сборности для перегонных тоннелей 0,85—0,9, для станционных — 0,8—0,85. Имеются определенные успехи и в сокращении трудовых затрат, составившие более 200 тыс. чел./дней.

Шире стали внедряться такие технологические процессы, как проходка тоннелей с возведением монолитно-прессованной бетонной обделки; сооружение тоннелей с обделками, обжимаемыми в породу; безмастичный способ гидроизоляции с использованием гидростеклоизола. Началось применение способа «стена в грунте», метода продавливания, анкерного крепления котлованов. Объемы этих работ, выполненных в X пятилетке, приведены в табл. 1.

Продолжалась работа по оснащению наших строек созданными механизированными комплексами для разработки забоя. В результате значительно расширен парк механизированных щитов.

Таблица 1

Наименование прогрессивных конструкций и технологических процессов	Ед. изм.	Объемы внедрения		Рост за пятилетку
		1971—1975 гг.	1976—1980 гг.	
Железобетонные обделки, обжимаемые в поруду . . . . .	км	9,24	44	4,75 раза
Цельносекционные обделки . . .	"	7,6	14,5	1,9 раза
Монолитно-прессованные . . . .	"	2,8	4,5	61%
Односводчатые станции:				
глубокого заложения . . . .	шт.	2	4 (в строительстве)	2 раза
мелкого заложения . . . . .	"	—	12	
Колонные станции с клинчатыми перемычками . . . . .	"	2	4 (1 в строительстве)	2 раза
Безмастичная гидроизоляция с применением гидростеклоизола	тыс. м <sup>2</sup>	200	1100	5,5 раза
Метод «стена в грунте» . . . . .	объект	—	2	

В соответствии с этим увеличился и удельный вес проходки перегонных тоннелей метрополитенов механизированными щитами. В настоящее время он составляет 20,2% против 10—12% в предыдущей пятилетке.

Таблица 2

Типы механизированных комплексов	Наличие		Количество единиц по стройкам					
	на 1.1. 1976	на 1.VI. 1980	Мосметрострой	Ленметрострой	Минскметрострой	Горьметрострой	Киевметрострой	Харьковметрострой
Комбайн тоннельный КТ1-5,6 . . . . .	2	8	1	7	—	—	—	—
Комплекс щитовой проходческий ТЩБ-7м . . . .	—	7	1	—	2	4	—	—
Щиты механизированные:								
ЩМР-1 . . . . .	4	6	4	—	—	—	2	—
ЩМ-17 . . . . .	1	2	—	—	1	1	—	—
ШН-1м . . . . .	—	1	—	—	—	—	—	1
ЩН-1эк . . . . .	—	1	1	—	—	—	—	—
Итого:	7	25	7	7	3	5	2	1

Из 137,4 км тоннелей, сооружаемых закрытым способом, пройдено: механизированными щитами—27,8 км (20,2%), обычными—52,7 км (38,3%), эректорами — 56,9 км (41,5%).

Значительно повышены максимальные месячные скорости проходки. Так, с использованием комплекса КТ1-5,6 в твердых глинах в Ленинграде установлен мировой рекорд — 1070 м/месяц, щит ЩМР-1 показал скорость 264 м в мягких глинах в Киеве и 146 м в известняках в Москве. С применением комплекса ТЩБ-7 в Горьком достигнуты темпы проходки 134 м в месяц.

Пополнился парк строительных машин, и прежде всего для линий метро мелкого заложения, сооружаемых открытым способом: кранами ККТС-20, экскаваторами, стреловыми кранами, большегрузными автосамосвалами, сваебойным оборудованием и другими механизмами.

За текущее пятилетие значительно увеличился парк машин и механизмов отечественного и импортного производства, бурового оборудования, автотранспорта на строительстве горных транспортных тоннелей.

Началось широкое применение высокопроизводительных буровых установок, механизированных опалубок, пневмобетононагнетателей емкостью 3—4 м<sup>3</sup>, новых высокопроизводительных погружных и транспортных средств, а также широкое внедрение временной крепи — железобетонных анкеров и набрызг-бетона.

Использование новых высокопроизводительных механизмов, технологических процессов и научных разработок позволило практически повсеместно перейти на метод сплошного забоя и более чем в два раза увеличить средние темпы проходки: с 20—25 пог. м в 1975 г. до 83 в 1978 г. В частности, среднемесячная за весь период строительства Нагорного тоннеля скорость проходки на забой составила 31 м при наибольшей 77, Байкальского — 75,3 при максимальной 105 м.

При сооружении этих тоннелей внедрена новая технология возведения бетонных обделок с применением секционных механизированных опалубок portalного типа и пневмобетононагнетателей, позволившая полностью механизировать весь процесс бетонирования. Здесь также отработан состав бетона со специальными добавками, значительно повышающий качество обделок в суровых климатических условиях.

На проходке тоннелей в Армении успешно применяются пористые заполнители для тоннельных обделок, позволяющие удешевить стоимость строительства.

Проделана большая работа по оснащению строительных организаций конструкциями, устройствами и оборудованием для строительных площадок. Так, внедрены сборные металлические конструкции с трехслойными асбоцементными панелями для временных производственных зданий; передвижные компрессоры производительностью 50 м<sup>3</sup>/мин и стационарные с воздушным охлаждением 6ВКМ25/8 производительностью 25 м<sup>3</sup>/мин, не требующие устройства градирен; передвижные электростанции большой мощности от 500 до 4000 квт; сблокированные котельные установки производительностью 4—12 ГК/час и установки ПКН-1с производительностью 1,5 ГК/час; конструкции БСУ с теплыми складами для подогрева инертных в условиях сурового климата; станки горизонтального разведочного бурения для уточнения геологических условий и др.

По заданию Главтоннельметростроя ЦНИИСоМ, Ленметростроем и СКТБ Главка разработаны основные технологические схемы для строительства горных транспортных тоннелей. Они должны давать наиболее эффективные решения по способам проходки в различных породах.

В результате проведенных мероприятий механизированность строительства в 1979 г. возросла на 33%, а механизированность труда — на 39% по сравнению с 1975 г.

Широкое распространение на строительстве метрополитенов и тоннелей получил бригадный

подряд. В 1980 г. этим методом выполнено почти 40% всего объема строительно-монтажных работ.

В целях коренного улучшения проектирования комплексной механизации проходческих работ, сложных производственных обустройств, механизмов и оборудования для строительства транспортных тоннелей, метрополитенов и других подземных сооружений в Главтоннельметрострое организовано Специальное конструкторско-технологическое бюро (СКТБ). Им уже создана и передана на заводы-изготовители документация нескольких проходческих комплексов, машин и оборудования. Организованы филиалы СКТБ на стройках Главка.

Однако наряду с достигнутыми успехами имеется ряд недостатков. Так, отсутствие связей растяжения в получившей широкое распространение унифицированной железобетонной обделке — по проекту ТС—83 — резко ограничивает ее применение в тоннелях, сооружаемых закрытым способом на мелком заложении. Необходимо в кратчайшие сроки разработать новую конструкцию сборной железобетонной обделки со связями, что позволит расширить область ее применения.

Следует значительно улучшить качество изготовления сборных железобетонных блоков на основе применения высокоточных жестких металлических форм и усовершенствования технологии формования.

Еще не решена проблема повышения водонепроницаемости железобетонных тоннельных обделок. В связи с этим необходимо особое внимание уделить применению напрягающего цемента.

Продолжает оставаться высоким расход чугуна для обделок перегонных тоннелей. Работы в этом направлении ведутся медленно. Внедрение облегченных обделок из высокопрочного чугуна — пока еще в стадии эксперимента. Заводами промышленности не организован выпуск новой облегченной конструкции обделок из серого чугуна.

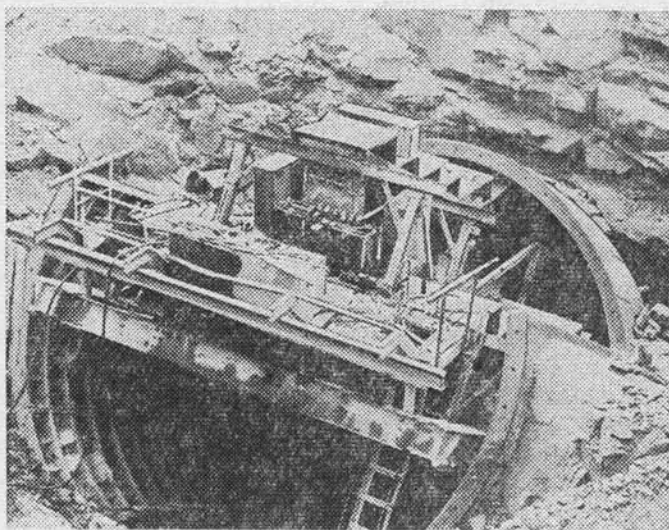
Несмотря на расширение применения монолитно-прессованной обделки, объем ее внедрения по сравнению с другими типами конструкций составляет только 3,3%. Здесь должны быть решены вопросы улучшения качества возведения, ликвидации трещинообразования, повышения скорости проходки.

Медленно внедряются на мелком заложении конструкции станций колонного типа из укрупненных элементов.

Несмотря на высокий уровень механизации основных проходческих работ, не решена проблема тяжелых и трудоемких вспомогательных процессов. Существующие и разрабатываемые машины и механизмы еще не охватывают комплексно всего многообразия работ. Трудоемкость сооружения притоннельных выработок и служебных помещений составляет 25—30% от трудовых затрат на строительство перегонных и станционных тоннелей.

Недостаточно эффективно используется горнопроходческое оборудование и строительные механизмы. Средние скорости проходки тоннелей отстают от максимальных.

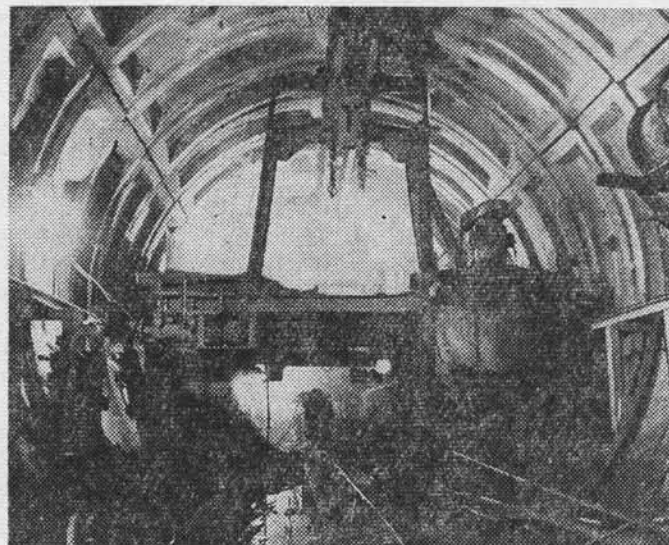
## Из фотохроники строительства Ереванского метрополитена



Сооружение наклонного хода на станции «Площадь Ленина».



Перегонные тоннели у станции «Вокзальная».



Момент строительства станции «Сараланджи».

Увеличение парка механизированных щитов требует коренной перестройки организации их применения на стройках и повышения темпов проходки тоннелей.

Недостаточно полно проводятся инженерно-геологические изыскания по трассам горных тоннелей.

Проекты выпускаются с различными типами тоннельных обделок, в то время как СНиП предусматривает однотипность их по всей длине тоннелей.

Практически отсутствует технология работ по химическому укреплению неустойчивых грунтов из забоя тоннеля.

Не разработана технология работ и отсутствует необходимое оборудование для проходки участков тоннелей в зонах разломов и тектонических нарушений.

Промышленная база Главка нуждается в значительном развитии, расширении и модернизации. Это, в первую очередь, относится к производству нестандартизированного горнопроходческого оборудования (щиты, укладчики, опалубки, буровые установки), изготовлению различных металлоконструкций и ремонту горнопроходческого оборудования.

Однако самым большим недостатком в деятельности организаций Главка является невыполнение заданий по росту производительности труда. За текущее пятилетие этот показатель составил 7%, что ниже установленного годовыми планами — 15,3%. Главтоннельметростроем совместно с ЦНИИСом тщательно проанализированы причины невыполнения и разработаны организационно-технические мероприятия.

Важнейшей задачей XI пятилетки остается резкое повышение темпов проходки тоннелей как основного условия сокращения сроков строительства.

Главтоннельметростроем, ЦНИИСом, Метрогипротрансом и другими проектными институтами определены основные направления и следующие узловые проблемы, решение которых обеспечит ускорение темпов строительства, повышение эффективности производства и технического уровня тоннеле- и метростроения.

#### ТОННЕЛЕСТРОЕНИЕ:

разработка и совершенствование прогрессивных методов оценки и прогнозирования состояния горных пород и оптимизации технологии строительства, прежде всего для тоннелей БАМа. Предусматривается значительно расширить бурение из забоя горизонтальных разведочных скважин и на этой основе в сочетании с геофизическими методами и космической съемкой разработать методики и обеспечивать комплексные исследования горного массива по намеченным трассам;

развитие и уточнение основных высокопроизводительных технологических схем сооружения горных транспортных тоннелей и штолен с целью обеспечения выбора рациональной технологии в зависимости от конкретных инженерно-геологических условий;

типизация сечений обделок горных железно-дорожных тоннелей и штолен. В результате будет сокращено количество типоразмеров и унифицированы сечения. Это позволит более эффективно использовать современную высокомеханизированную технологию проходческих и бетонных работ; широкое внедрение облегченных типов временной крепи (набрызг-бетонной и анкерной, в том числе опытное внедрение анкеров на полимерных составах). Это позволит получить экономию трудозатрат около 10 тыс. чел./дн. и металла — 2,5 тыс. т. Планируется применить специализированное оборудование, в том числе механизированные комплексы, созданные в Минуглепроме и проходящие в настоящее время проверку на Байкальском тоннеле (машины типа БМ-68У и ПБМ). Предполагается осуществить опытное внедрение конструкций, технологии и оборудования для механизированного возведения комбинированной анкер-набрызг-бетонной крепи для проходки в грунтах средней и слабой устойчивости. Намечается:

широкое применение механизированных тоннелепроходческих комплексов для проходки тоннелей буровзрывным способом, состоящих из порталных буровых агрегатов и высокопроизводительных погрузочно-транспортных средств;

использование впервые в практике отечественного тоннелестроения для проходки в нарушенных слабоустойчивых грунтах щитовых агрегатов шандорного типа (щит КТ-8,5Д2 диаметром 8,5 м со сменными экскаваторными и фрезерными рабочими органами, полуцип ППШ-1 для механизированного сооружения калоттной части железно-дорожных, а также автодорожных тоннелей);

возведение монолитных тоннельных обделок с помощью механизированных комплексов (передвижных пневмобетонукладчиков емкостью 2,5—3 м<sup>3</sup> на автомобильном и рельсовом ходу, бетононасосов, секционных механизированных опалубок), с использованием бетонов с комплексными химическими добавками;

завершение строительства Северо-Муйского тоннеля — ключа к Байкало-Амурской магистрали. В числе мер по решению сложных вопросов строительства этого тоннеля — создание технологии преодоления зон тектонических разломов, участков с нарушенными, в том числе водонасыщенными грунтами, опытное внедрение технологических комплексов оборудования для устройства опережающих защитных сводов из труб, внедрение специальных способов стабилизации грунтов;

применение для оборудования строительных площадок сборно-разборных временных зданий производственного назначения типа ВТЗ, а также централизованных бетоносмесительных узлов, компрессорных станций, передвижных котельных установок и др.;

разработка и опытное внедрение АСУ технологическими процессами строительства тоннелей БАМа. Система предусматривает автоматизацию установки перфораторов в соответствии с паспортом буровзрывных работ, работы систем вентиляции, водоотлива и др., а также содержит подсистему оперативно-диспетчерского управления.

## МЕТРОСТРОЕНИЕ:

возведение односводчатых станций глубокого заложения с размещением всех сооружений под единым сводом;

строительство колонных станций мелкого заложения преимущественно из укрупненных железобетонных элементов;

расширение объемов использования анкерного крепления стен котлованов станций, сооружаемых открытым способом;

внедрение индустриальных конструкций для внутренних помещений станций из асбоцементных экструзионных панелей. Экономия трудозатрат на 1 тыс. м<sup>2</sup> перегородок составит 260 чел./дней;

создание и опытное применение железобетонных обделок со связями при строительстве перегонных тоннелей в неустойчивых грунтах на мелком заложении;

дальнейшее совершенствование конструкций плоского железобетонного лотка с чугунной плитой при сооружении тоннелей в соответствующих инженерно-геологических условиях;

отработка технологии сооружения конструкций методом «стена в грунте» на участках мелкого заложения в Москве и Минске;

внедрение индустриальной технологии сооружения тоннелей открытого способа работ с применением проходческих механизированных комплексов с обделками из ЦСО;

увеличение более чем в два раза по сравнению с X пятилеткой объема механизированной проходки тоннелей с тем, чтобы к 1985 г. половина всех сооружаемых тоннелей проходила с механизированной разработкой грунта в забое или с машинным его обрушением.

С созданием и внедрением новых комплексов будут механизированы процессы проходки перегонных тоннелей практически во всех встречающихся в настоящее время грунтовых условиях (за исключением неустойчивых обводненных грунтов),

что можно считать большим достижением отечественного метростроения.

Предусматривается использование механизированных комплексов Ясиноватского машиностроительного завода: КТ1-5,6, ТЩБ-7, ТЩФ-1, КТ1-5,6Б2, КТ1-5,6Д2, КТ2-5,6; Московского механического завода: КМО 2×5, ШМР-1, ЩНЭ-1с, АБТ-5,5.

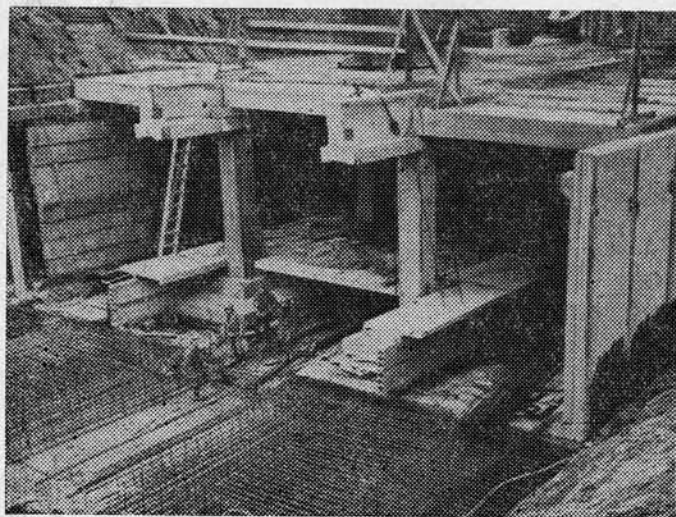
Намечается внедрение АСУ технологическими процессами при сооружении перегонных тоннелей метрополитенов с применением механизированного комплекса КТ1-5,6 в Ленинграде, а также I очереди АСУ метростроением в Москве и Ленинграде.

Для решения вопросов механизированной разработки забоев станционных тоннелей, сооружаемых закрытым способом, планируется применение оборудования для калоттной прорези при сооружении односводчатых станций в устойчивых грунтах.

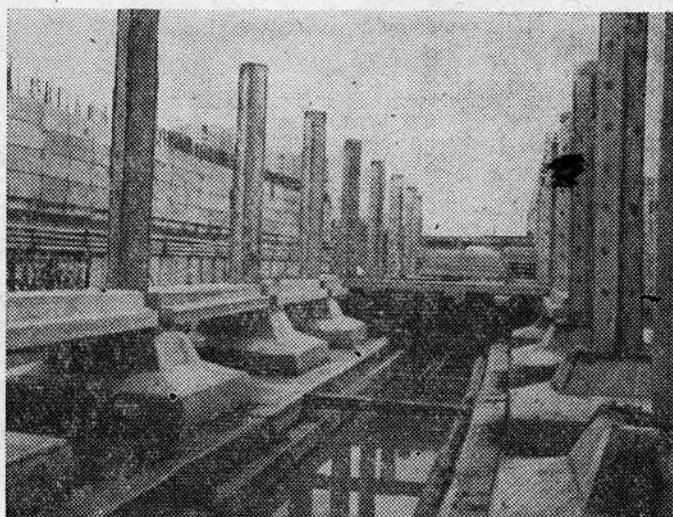
Особое внимание будет обращено на решение вопросов механизации путевых и гидроизоляционных работ, сооружения межтоннельных выработок, бетонирования мелких рассредоточенных объектов.

Будут созданы новые или модернизированы имеющиеся средства малой механизации: цементукладчик расширяющего цемента для чеканки швов тоннельной обделки; пневмосболчиватель на базе гайковерта, изготовленного промышленностью; растворонагнетатель РН-1; толкатели верхнего и нижнего действия усовершенствованной конструкции; пневмонагнетатель емкостью 0,8 м<sup>3</sup> и др.

Необходимо продолжить практику создания в стройуправлениях участков показательного скоростного строительства в целях внедрения и отработки новых комплексов и технологических процессов, повышения производительности труда, сокращения трудозатрат, показа опыта наилучшей организации работ. Намечается проведение ряда организационных мероприятий.

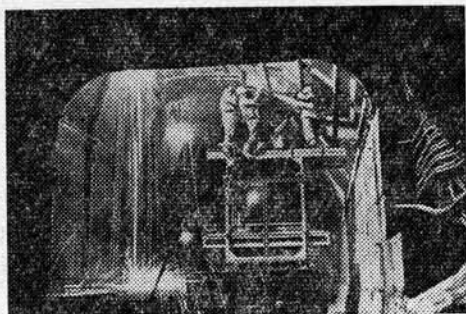


Строится станция «Нагорная» Серпуховского радиуса (СМУ № 11 Мосметростроя).



Сооружение платформенной части станции «Чертановская» (СМУ № 8 Мосметростроя).

## Из фотохроники строительства «Шаболовской»



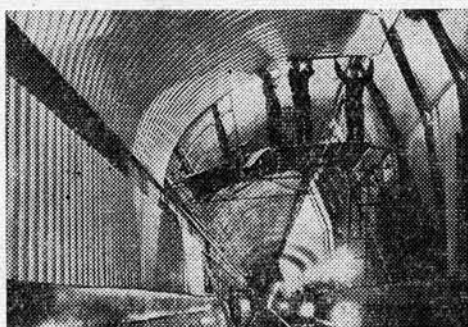
Установка водозащитного зонта в путевом тоннеле.



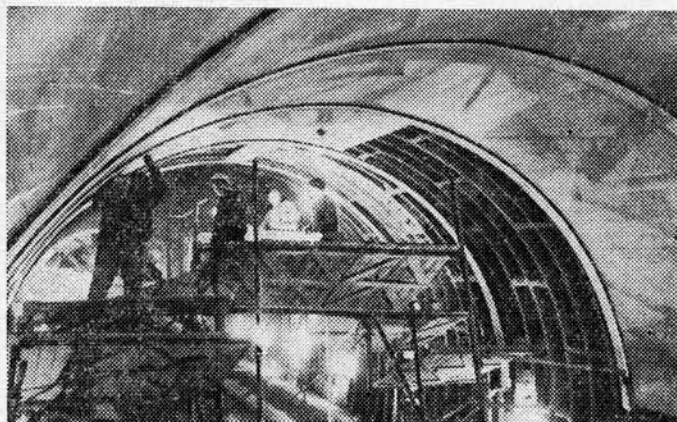
Монтаж эскалаторов.



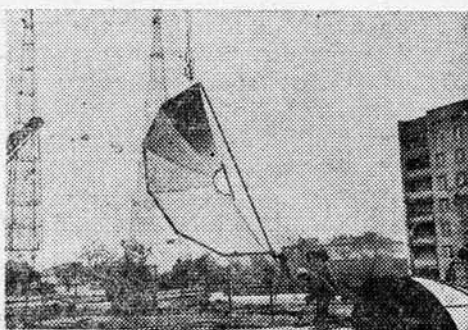
Конструкторы Ленинградского СКБЭ и строители СМУ-4 за обсуждением чертежей.



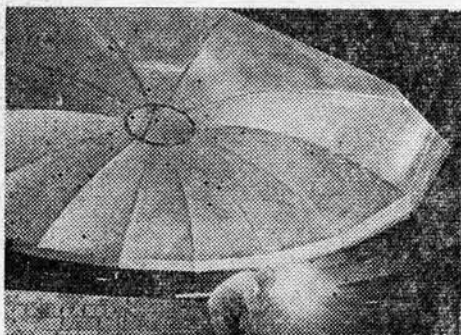
Облицовка путевых стен и свода алюминиевыми панелями.



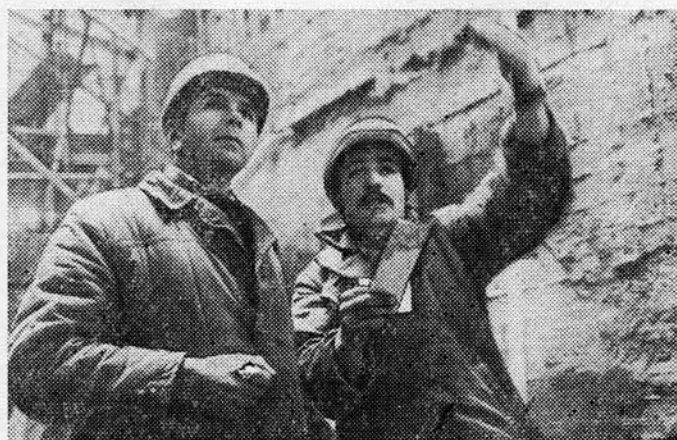
Устройство алюминиевого зонта в наклонном тоннеле.



Подача элементов свода в вестибюль.



Свод подземного вестибюля.



Начальник участка УСР В. Будаев (слева) и бригадир слесарей Н. Мухин.





## ОТКРЫТА НОВАЯ СТАНЦИЯ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

**В** КАНУН 63-й годовщины Октября на трехкилометровом перегоне «Октябрьская» — «Ленинский проспект» Калужско-Рижского диаметра вступила в строй станция «Шаболовская». В радиусе ее обслуживания — станкостроительный завод «Красный пролетарий», ГПЗ-2, фабрика «Ударница», здание президиума Академии наук СССР, учебные и научно-исследовательские институты, старый телецентр...

Незадолго до пуска можно было видеть выхваченные из тьмы тоннеля светом проезжающих мимо поездов контуры белых пилонов. Свет из щелыги свода делал их еще ярче — камень искрился. «Шаболовскую» завершили в условиях действующей трассы без перерыва движения поездов.

Около 20 лет назад, когда прокладывалась Калужская линия, станцию соорудили вчерне. Тогда были возведены станционные конструкции. Боковые тоннели пройдены щитами, а средний — горным способом с пилот-тоннелем.

Строительные работы на «Шаболовской» возобновились в 1976 г. с проходки эскалаторного тоннеля. Необходимо было также соорудить совмещенную тягово-понижительную подстанцию, блок служебных помещений, подходные выработки, наземный вестибюль, произвести архитектурную отделку, обеспечить энергоснабжение... Их поручили молодому, только что сформированному коллективу СМУ № 1.

Начальник СМУ № 1 А. Полосин когда-то проходил здесь «строительные университеты». После окончания Елецкого техникума железнодорожно-

го транспорта он был направлен сюда начальником смены. Кому-кому, а ему хорошо была известна гидрогеология «Шаболовской».

— Приток воды, — рассказывает А. Полосин, — достигал 500 м<sup>3</sup> в час, гидростатическое давление — до 2 атм. Работали в резиновых костюмах, но их хватало на несколько минут. Приходилось то и дело переодеваться. В гуле потока слова словно таяли — не слышно было ни команд, ни распоряжений. Требовалась большая организованность.

Осуществили дополнительные технические мероприятия. Пробурили систему скважин, через которые вода сбрасывалась в насосную камеру и выкачивалась на поверхность.

Практика подсказывала новые решения. За 4 года на «Шаболовской» внесено 6 рационализаторских предложений, которые дали экономический эффект 350 тыс. руб. Так, изменена схема сооружения околоствольных и подходных выработок шахты № 707 Калужского радиуса метрополитена. По проекту предусматривалось пройти околоствольные и подходные выработки общей длиной 202 м, используя вентиляционный ствол и старые забученные выработки. При этом необходимо было соорудить три переподъемника, дополнительную перекачку и центральную насосную. Инженеры СМУ № 1 предложили другую схему — произвести разворот горного комплекса, углубить ствол шахты и соорудить подходные выработки напрямую под действующими тоннелями. Это позволило значительно ускорить строительно-монтажные работы и сэкономить 150 тыс. руб.

— Мы стали изыскивать возможности для быстрее пуска «Шаболовской», — сказал секретарь партийного бюро СМУ № 1 Б. Мангушев. — По плану должны были сдать ее к 25 декабря 1980 г. Посоветовались с коллективом. На открытых партийных собраниях приняли обязательство — сдать станцию к празднику 63-й годовщины Октября.

Особенно сложным был завершающий предпусковой комплекс работ в станционном зале «Шаболовской». Их производили в непосредственном примыкании к действующей трассе, в основном ночью — с двух часов до половины пятого. Для ускорения отделки сводов над путями вместо штукатурки впервые применен разработанный Метрогипрогрансом проект облицовки гнутым алюминиевым профилем. Анодированный в естественный цвет этот материал хорошо гармонирует с белым мрамором облицовки. Тем же профилем отделаны и путевые стены, которые венчает литой алюминиевый фриз.

Художественный образ станции решен в стиле белокаменной архитектуры Москвы. Белые своды опираются на пилоны, облицованные мрамором «коелга». Пластика пилонов переходит на свод, что создает впечатление цельности и монументальности. Полы настланы полированным гранитом «возрождение». Две красные полосы вдоль станции, на которых стоят пилоны, выполнены из гранита «герман». Светильник оригинальной конструкции освещает как средний зал, так и платформенные нефы станции. Через год, когда средний зал будет раскрыт полностью, в торце его установят светящийся витраж из литого стекла на тему радио, телевидения и космоса.

Наземный трехэтажный вестибюль построен на пересечении улиц Шаболовская и академика Петровского с главным выходом на Шаболовскую. Стены вестибюля на всю высоту облицованы белой «коелгой», потолок — алюминиевыми профилями с купольными подсветками. Полы из гранита «возрождение».

Главный инженер проекта станции «Шаболовская» — Л. Алексеева. Архитекторы — И. Петухова, Н. Демчинский, Ю. Колесникова. Конструкторы — Э. Червякова, Е. Кобзева. Художник — А. Кузнецов.

В. КАЗУРОВА

# НА СЕКЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОВЕТА— АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ МЕТРО- И ТОННЕЛЕСТРОЕНИЯ

## РАЗВИТИЕ ОТРАСЛИ В XI ПЯТИЛЕТКЕ

В КОНЦЕ СЕНТЯБРЯ 1980 г. состоялось расширенное заседание секции строительства тоннелей и метрополитенов Научно-технического совета Минтрансстроя. Открывая заседание, первый заместитель министра транспортного строительства **Н. И. ЛИТВИН** подчеркнул важность обсуждаемого вопроса — научно-технического прогресса отрасли в XI пятилетке — и отметил ряд достижений в ней за последние пять лет. Повышению уровня индустриализации и качества строительства, — сказал он, — способствует, в частности, широкое применение прогрессивных конструкций: сборной железобетонной обделки, обжимаемой в породе, монолитно-пресованной бетонной и др. Больше стало строиться односводчатых станций и станций колонного типа с клинчатыми перемычками. В результате совершенствования технологии и организации проходческих работ получены высокие скорости. Наивысшая достигнута на Ленметрострое: здесь с использованием механизированного комплекса КТ1-5,6 установлен мировой рекорд проходки в твердых глинах — 1070 пог. м тоннеля в месяц.

В тоннелестроении успешно реализуется комплексная программа организационно-технических мероприятий, выработанная на основании решений коллегии Минтрансстроя 1976 г. Особо следует отметить успехи строителей Нагорного и Байкальского тоннелей и др.

Вместе с тем необходимо резко повысить ответственность строков за обеспечение выполнения заданий по росту производительности труда. Этот показатель, можно сказать, — зеркало качества проектных решений, уровня индустриализации и других факторов, влияющих на эффективность подземного строительства. К сожалению, рост производительности труда по Главтоннельметрострою за четыре года X пятилетки составил лишь 2,2%.

На повестке дня — изыскание имеющихся резервов, новых путей комплексной механизации горнопроходческих работ, улучшение охраны труда и техники безопасности.

В деятельности наших проектных подразделений представляется необходимым улучшить качество и полноту инженерно-геологических изысканий; проработку основных принципов организации строительства; предусмотреть расширенное применение местных материалов и инертных заполнителей. Важно укрепить филиалы проектных институтов, особенно вновь создаваемые.

Требуют углубления научные исследования с одновременной постановкой новых актуальных тем. В области механизации горнопроходческих работ важно устранить слабые звенья в технологических циклах, разработать и внедрить типовой ряд машин и механизмов для всей номенклатуры строительных процессов. Недостаточны еще научные обоснования в вопросах борьбы с шумом и вибрацией. Следует совершенствовать специальные способы, особенно химическое закрепление грунтов.

Ключевая задача — повышение строительных темпов — может быть решена при условии оптимальной организации работ, широкого применения автоматизированных систем управления, развития материально-технической базы.

Развертывая основы строительной программы коллектива в XI пятилетке, начальник Главтоннельметростроя **Ю. А. КОШЕЛЕВ** обратил внимание собравшихся на значительное увеличение объема предстоящих работ. Так, в Москве предусматривается соорудить 29,4 км линий метрополитена против 21 км в истекшей пятилетке. В больших масштабах, чем прежде, будет продолжено развитие скоростных подземных трасс в Ленинграде, Киеве, Тбилиси, Баку, Харькове, Ташкенте и Ереване. Войдут в строй метрополитены в Минске, Горьком и Новосибирске. Широкий разворот получают проходческие работы в Куйбышеве и Свердловске. Начнется строительство метро в Днепропетровске, намечается — в Алма-Ате и Ростове-на-Дону. Общий объем строительного-монтажных работ в метростроении возрастет по сравнению с X пятилеткой на 45%. Запланирован пуск около 100 км новых линий.

Более чем вдвое увеличится ввод в эксплуатацию горных транспортных тоннелей, а также тоннелей различного назначения. Общая протяженность их составит за этот период более 60 км.

В осуществлении этой обширной экономической и социальной программы основная роль должна быть отведена повышению эффективности и качества строительного производства.

На секции техсовета были заслушаны доклады и сообщения, в которых намечены пути дальнейшего совершенствования метро- и тоннелестроения.\*

\* Доклады публикуются в сокращении.

## ПЕРСПЕКТИВНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Основные технические направления проектирования метрополитенов на XI пятилетку осветил главный инженер Метрогипротранса В. Алишашкин:

— Около 25 городов нашей страны достигнут в XI пятилетке миллионного рубежа по численности населения. В связи с этим увеличится и число городов, где необходимо строительство метрополитена.

Основными принципами проектирования новых линий в XI пятилетке по-прежнему будут удовлетворение требований по созданию максимальных удобств для проезда пассажиров и наилучших условий эксплуатации, а также повышение технико-экономических показателей при строительстве.

Проектирование линий метрополитена начиная с 1981 года будет выполняться по новым СНиП, предусматривающим значительное повышение показателей качества линий. Расширится внедрение прогрессивных конструкций, разработанных в текущей пятилетке.

Намечается в два раза увеличить применение обделок, обжатых в породе, что обеспечит за пятилетие экономию цемента около 15 тыс. т; предусмотреть в проектах сооружение тоннелей с обделкой из монолитно-прессованного бетона, экономия металла при этом составит 3,3 тыс. т; около 9 км тоннелей будет проектироваться с цельносекционной обделкой, что позволит в 2—4 раза снизить трудозатраты при монтаже.

Используемые конструктивные решения будут совершенствоваться.

До настоящего времени метод строительства «стена в грунте» применялся в отечественном метростроении в основном для сооружения защитных стен и противодиффузионных завес. Сейчас институт работает над созданием несущих конструкций метрополитена, возводимых таким методом.

Разработка и внедрение конструкций из бетона высоких марок позволит сократить расход арматуры. Однако для их выпуска потребуется усиление оснастки и оборудования на заводах.

После окончания строительства цеха на Днепропетровском заводе металлургического оборудования обделки тоннелей метрополитена будут предусматриваться из высокопрочного чугуна. В результате его расход снизится на 15%.

Найдет применение односводчатая станция глубокого заложения из сборного железобетона для условий Киева, станет разнообразней архитектурное оформление односводчатых станций мелкого заложения из монолитного железобетона.

Дальнейшее распространение получит колонно-пилонная конструкция, аналогичная станции «Серпуховская», сооружаемой в Москве.

До сих пор не решена проблема снижения уровней шума и вибрации в жилых домах от движения поездов до допускаемых санитарными нормами. Разрабатываются проекты верхнего строения пути на амортизаторах и тоннеля с утяжеленной обделкой. После проверки на опытных участках эти решения будут включаться в проекты.

Продолжится работа по совершенствованию конструкций крепления котлованов, в том числе с применением наклонных свай.

Большое внимание уделяется институтом вопросам модернизации постоянных устройств.

Улучшены системы управления устройствами электропитания, внедрены более совершенные преобразовательные агрегаты, сухие трансформаторы, новые образцы коммуникационной аппаратуры.

Применяется комплексная система автоматического управления движением поездов.

Управление устройствами тоннельной вентиляции и вклю-

чение тепловых завес предусматриваются дистанционными из инженерного корпуса.

Предполагается широкое использование электроники в схемах защиты и сигнализации на СТП, новых схем освещения и автоматики в связи с переходом на напряжение 220 В, новых типов электро- и вентиляционного оборудования, развитие и совершенствование устройств автоматики и телемеханики движения поездов (АТДП).

## СОВЕРШЕНСТВОВАТЬ СПОСОБ ПРОДАВЛИВАНИЯ

Сооружение тоннелей способом продавливания — темой сообщения начальника Московского метрополитена П. Васюкова:

— В течение последних 10 лет Московский метрополитен успешно применяет способ продавливания для сооружения тоннелей различного назначения (пешеходных, перегонных, транспортных) при пересечении железных и автомобильных дорог и других наземных коммуникаций на небольшой глубине. Длина продавливания доходила до 47 м, поперечное сечение тоннеля до 30 м<sup>2</sup>. Применялись как сборные чугунные обделки Ø 6 м, так и сборные железобетонные цельные секции. Если обратиться к опыту сооружения только крупных объектов, то пройденные на строительстве Рижского радиуса способом продавливания три параллельных тоннеля длиной по 34 м с чугунной обделкой под Окружной железной дорогой без перекладки путей позволили сократить стоимость строительства на 719,5 тыс. руб.

На сооружаемом Серпуховском радиусе в соответствии с техническим проектом предстоит пройти способом продавливания примерно 500 пог. м перегонных тоннелей (в однопутном исчислении). Причем, отдельные «плечи» продавливания будут превышать 100 м.

Один из участков продавливания на перегоне «Тульская»

будут внедряться такие прогрессивные решения, как водозащитные зонты, способ осушения обводненных несвязных грунтов, конструкции герметических затворов и другие изобретения.

В XI пятилетке коллективу Метрогипротранса предстоит выполнить большой объем работ не только по перспективному проектированию линий метрополитенов, но и по обеспечению строящихся объектов рабочими чертежами. □

«Нагатинская» уже успешно завершена строительством. Под путями Окружной железной дороги пройдены два параллельных тоннеля длиной по 47 м с обделкой из чугунных тубингов Ø 6 м.

На объектах применен агрегат КМ-35, изготовленный на Московском механическом заводе Главтоннельметростроя, способный развить продольное усилие до 3000 тс.

В настоящее время в ПКБ ЦНИИС по заданию Мосметростроя завершены проектно-конструкторские работы по новому агрегату для продавливания перегонных тоннелей с чугунной обделкой Ø 6 м на более значительную длину. Благодаря включению в него промежуточной силовой установки (проект СКТБ Главтоннельметростроя) и усовершенствованию ножевой секции, новый агрегат способен продавить чугунную обделку на длину 100 и более метров.

Интересный опыт получен при строительстве двух параллельных транспортных тоннелей (длина по 45,6 м) на территории ЗИЛа, в результате которого мы пересматриваем сейчас некоторые уже сложившиеся концепции в области продавливания тоннелей большого поперечного сечения. На этом участке в качестве обделки использовались цельные крупногабаритные железобетонные секции (5,72 × 5,62 м) с внутренней теплоизоляцией, параметры попе-

речного сечения которых близки к элементам ЦСО перегонных тоннелей метрополитена.

На Серпуховском радиусе, в СМУ № 10, ведутся работы по продавливанию под насыпью путепровода двух перегонных тоннелей длиной по 70 м с обделкой из чугунных тубингов Ø 6 м. При проходке будет использован агрегат КМ-35 с усиленной ножевой секцией. С целью обеспечения точности продавливания принято решение предварительно пройти щитом в лотковой части сечения основного тоннеля пилот-тоннель Ø 2 м, в котором уложить направляющие для продавливаемой обделки основного тоннеля.

Ведутся также подготовительные работы к продавливанию пешеходного тоннеля под путями станции «Перово» Московско-Казанской железной дороги. Работы поручено вести СМУ № 7. СКТБ Главтоннельмостростроя проектирует силовую установку под тоннель прямоугольного сечения.

Несколько участков продавливания предусмотрено и на строительстве будущего Тимирязевского радиуса.

Начиная с 1976 г. на наиболее интересных участках работ ведутся экспериментальные исследования с привлечением ЦНИИСа. В частности, собран обширный фактический материал по росту продольного усилия по мере увеличения «плеча» продавливания, отклонению продавливаемых обделок от проектного положения в плане и профиле, изменению эллиптичности колец по мере проходки, состоянию железнодорожных путей над строящимися участками и некоторые другие данные.

Дальнейшее совершенствование способа продавливания требует как создания специального оборудования, так и оптимальной конструкции обделки. На первом этапе, этапе сегодняшнего дня, необходимо изготовить агрегат, запроектированный ПКБ ЦНИИС. На втором — разработать проекты агрегатов с учетом уни-

фикации поперечного сечения тоннелей с двумя типоразмерами секций —

I тип: для перегонных и транспортных тоннелей;

II тип: для пешеходных тоннелей, выходов из станционных вестибюлей.

С целью изыскания эффективных средств, которые бы снижали трение по внешней поверхности продавливаемых обделок, на участке СМУ № 1 Серпуховского радиуса проведены совместно с ЦНИИСом эксперименты по вдавлению стальных труб диаметром 600 и 1000 мм и длиной по 5,5 м. Работы велись щитовым домкратом, трубы задавливались в обводненные песчаные грунты. Первые две трубы вдавливали без специального покрытия поверхности, третью и четвертую предварительно покрыли каменно-угольной мастикой, пятую продвигали с одновременным нагнетанием раствора бентонитовой глины. Давление в гидросистеме, усилие вдавливания регистрировали через каждые 10 см. Средние удельные сопротивления, приходящиеся на 1 м<sup>2</sup> поверхности трубы, соответственно составили: 2,02; 1,8 и 0,92 тс/м<sup>2</sup>.

При нагнетании раствора бентонитовой глины в интервале от 1,8 до 3,8 м задавливание осуществлялось практически при постоянном усилии. Сдвиг в данном случае происходил в слое бентонитовой смазки.

Проведенные работы еще раз подтвердили высокую эффективность растворов бентонитовых глин для снижения сил трения и сокращения горизонтальных деформаций поверхности, что имеет важное значение при проходке тоннелей на небольшой глубине.

В настоящее время способ продавливания и соответствующее оборудование используют ряд строительно-монтажных управлений Метростроя в соответствии с отведенными им участками по строящейся трассе. Так, только за последние 5 лет способ продавливания применяли и применяют

СМУ № 3, СМУ № 11, СМУ № 1, СМУ № 7 и СМУ № 10. Это не способствует накоплению и закреплению положительного опыта в одной строительно-монтажной организации. Видимо, настало время организовать на Метрострое специализированный участок, входящий в какое-либо СМУ. От этого, помимо всего, выиграет и качество работы, и сохранность оборудования.

Накопленный опыт проектно-конструкторских и строи-

тельных работ должен лечь в основу специального нормативного документа — Руководства по проектированию и сооружению тоннелей способом продавливания в условиях крупного города. Помимо рассмотренных основных моментов в Руководстве должны найти отражение вопросы проектирования трассы на участках продавливания, разработки, погрузки и транспорта породы, устройства камер, опорных подушек и т. д. □

## ПОД ЕДИНЫМ СВОДОМ

О строительстве станционного узла глубокого заложения с размещением всех сооружений под единым сводом рассказал В. Горышин, главный инженер Ленметростроя:

— За годы X пятилетки на Ленинградском метрополитене практически завершена комплексная механизация сооружения перегонных тоннелей на основе внедрения проходческого комплекса КТ1-5,6 Ясиноватского машиностроительного завода в сочетании с эффективной блочной железобетонной обделкой, обжимаемой на породу. Начата разработка основ следующего этапа — автоматизации проходки, конечной целью которой является полная замена тяжелого труда подземного рабочего трудом оператора автоматизированной системы. Так как перегонные тоннели — это лишь часть строительного комплекса, то поиски новых технических решений ведутся и на сооружении станций глубокого заложения. В Ленинграде созданы принципиально новые типы односводчатой и колонной станций глубокого заложения.

Наибольшими достоинствами в перспективе обладает односводчатая станция, в основу конструкции которой заложен принцип обжатия на породу свода большого пролета.

В поперечном сечении она представляет собой однопролетный свод, опирающийся на массивные бетонные опоры.

Ширина станции по внешним точкам конструкции превышает 25 м, расстояние между внутренними гранями опор — около 19 м, высота — более 13 м.

Раскрытие большого пространства в подземных условиях при перекрытии всей ширины станции одним сводом создает благоприятные условия для замены ручного труда проходчиков механизированным. Становится возможным использовать для разработки породы ядра и лотка электрический экскаватор. Сейчас 60% объема породы разрабатывается экскаватором, оснащенным ковшом активного действия, в дальнейшем этот процесс предполагается механизировать полностью.

Заложенные в конструкции технологические возможности позволяют реализовать принцип потока с совмещением всех основных циклов по возведению станции. По такой схеме построены «Площадь Мужества» и «Политехническая» на Кировско-Выборгской линии.

В настоящее время сооружается третья станция — «Обухово» на Невско-Василеостровской линии. Вместо 36—40 месяцев первая односводчатая станция «Площадь Мужества» завершена за 25 месяцев, а «Политехническая» — за 17.

Вместе с тем общий срок строительства участка в целом сокращается весьма незначи-

тельно, так как размещенные рядом со станцией выработки — натяжная, СТП, санитарный узел, пересадочная камера, а на конечных станциях и камеры съездов имеют весьма отличающиеся друг от друга конструкции, несхожие технологии их сооружения и различные механизмы монтажа обделки. Необходимо несколько раз монтировать и демонтировать укладчики, делать прорезные кольца, а то и менять типы обделок. Механизировать разработку породы в этих выработках очень сложно. Поиски привели к идее их объединения в единый комплекс в типовом сечении односводчатой станции.

Идея была проверена в Ленметрогипротрансе, и сейчас возводится первый подобный узел станции «Обухово».

Возведение станционного узла глубокого заложения с размещением всех сооружений под единым сводом из одних и тех же типовых конструкций одним и тем же комплексом механизмов по единой технологии — это следующий после односводчатой станции этап в создании более прогрессивных типов станций Ленинградского метрополитена.

В комплекс узла станции «Удельная» строящегося в Ле-

нинграде участка Московско-Петроградской линии входят натяжная камера, пассажирский зал шестивагонной станции, станционный санузел с перспективной пересадочной камерой, СТП и камера съездов. Общая длина объединяющей выработки — 249 м. Эта станция конечная. Для промежуточной станции длина выработки в данном случае равна 190 м.

На линиях, где обращаются восьмивагонные составы, длина выработки соответственно увеличивается на 40 м.

Типовое сечение основных несущих конструкций всех станционных сооружений состоит из сборных железобетонных многослойных верхнего и нижнего сводов, обжатых в породу, опирающихся на сплошные монолитные бетонные опоры, которые сооружаются в боковых тоннелях диаметром 5,5 м, пройденных также в обделке, обжатой на породу.

Работы по сооружению узла производятся по схеме односводчатой станции. При значительном увеличении длины выработки масштабы использования средств механизации значительно возрастают. Для бетонирования опор использу-

ют передвижные металлические опалубки, для монтажа верхнего свода — блокукладывающую арку, для разработки грунта ядра и лотка — электрический экскаватор с ковшем активного действия, для возведения обратного свода и конструкций внутреннего обустройства (платформа, армоцементный зонт) — передвижные кран-балки.

При сооружении опорных тоннелей такой протяженности становится рентабельным применение механизированных щитов с последующей ручной переборкой узлов перехода на границе станции. Первый опыт такой проходки получен на станции «Удельная».

Возникла необходимость в агрегате, способном механизировать разработку породы при проходке калоттного профиля под верхний свод.

В СКТБ Главтоннельметростроя завершается работа над техническим проектом агрегата, в соответствии с которым разработка породы ведется двумя комбайнами, перемещающимися по нижнему поясу опорной фермы, а монтаж свода осуществляется блокукладывающим механизмом, размещенным внутри опорной фермы. □

мости укладки бетона «на себя» или технологических перерывов для набора прочности путевого бетона. Окончательная отделка пути и контактного рельса производилась накануне сдачи объекта после завершения всех электромонтажных и сантехнических работ на перегонах.

Применение поточного метода строительства, основанного на равномерности и непрерывности технологического цикла, требует: тщательной предварительной инженерной подготовки территории строительства; оперативности производственного аппарата, промышленной базы и служб материально-технического снабжения; четкой организации работ субподрядных организаций; выполнения опережающего монтажа внутристанционных конструкций; создания максимального фронта работ; своевременного получения комплектной и качественной проектно-сметной документации.

Внедрение поточного метода позволяет:

обеспечить полное завершение строительных работ на отдельных участках с досрочной передачей их субподрядным организациям под монтаж постоянных устройств и отделку;

максимально использовать при открытом способе работ крановое оборудование;

добиваться значительной экономии металлопроката от оборота металлических элементов крепления котлована — свай, расстрелов и прогонов;

снизить непроизводительные затраты на перевозку разрабатываемого грунта в отвал, используя его для обратной засыпки. При этом резко сокращается потребность в автотранспорте;

более эффективно применять организацию комплексных бригад, работающих по методу бригадного подряда.

Если в 1975 г. этим методом было выполнено 11,2% общего объема строительномонтажных работ, в 1976 г. — 37,8%, а в 1979 г. — 67%, то за 5 месяцев 1980 года по

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОТОЧНОГО МЕТОДА

Опытом строительства Харьковского метрополитена поточным методом поделился главный инженер Харьковметростроя В. Гацько:

— Тщательное изучение и анализ опыта строительства первого участка Харьковского метрополитена, сданного в эксплуатацию в августе 1975 г., позволили организовать сооружение второго участка I очереди и первого участка II очереди с применением прогрессивной технологии строительства — поточным методом. Сущность организации работ заключается в следующем.

При строительстве станции и перегонов открытым спосо-

бом на участке протяженностью 100–120 пог. м производятся работы в последовательности и объемах, охватывающих весь цикл — от забивки свай, выемки грунта и возведения конструкций до обратной засыпки сооружения с извлечением свай и устройств подводящих инженерных сетей. При этом перед монтажом междуэтажных и несущих перекрытий выполняются устройство перегородок служебных помещений, черновых полов из бетонной подготовки и другие трудоемкие процессы, связанные с возможностью использования кранового оборудования.

При сооружении перегонов закрытым способом одновре-

менно с проходкой при незначительном отставании от забоя производились нагнетание раствора и гидроизоляция обделки с установкой закладных деталей. Параллельно возводились дренажные перекачки, санузел, вентиляционные выработки с полным комплексом работ и сдачей их под монтаж оборудования.

Для устройства постоянного пути метрополитена на большинстве перегонов с некоторым смещением по их длине выполнялся одновременно весь комплекс путевых работ и монтаж контактного рельса. Однако следует отметить, что здесь нелегко обеспечить поточный метод из-за необходи-

## На секции технического совета — актуальные вопросы метро- и тоннелестроения

бригадному подряду выполнено 65% общего объема строительного-монтажных работ.

Применение поточного метода строительства наряду с сокращением общих сроков позволяет также добиться положительных технико-экономических результатов.

Обобщая опыт внедрения поточного метода строительства односводчатых станций первой очереди метрополитена, Харьковметрострой и Харьковская НИС ВПИТранстроя провели анализ эффективности его применения. Его результаты показали, что при строительстве ст. «Тракторный завод» в сравнении с сооружением ст. «Центральный рынок» обычным методом сокращение трудозатрат составило 3467 чел./дн. с общим экономическим эффектом около 79 тыс. руб. Одновременно достигнуто некоторое сокращение сроков возведения объекта.

Сооружение поточным методом колонных станций открытым способом из укрупненных железобетонных элементов значительно повысило индустриальность и снизило трудозатраты на 6,5 тыс. чел./дн. с общим экономическим эффектом в 146 тыс. руб.

Опыт возведения поточным методом станции «Дзержинская» на первом пусковом участке II очереди метрополитена показывает, что выработка на одного рабочего значительно превышает плановую и достигает в годовом исчислении 17820 руб. (при плане 17534

руб.). Снизились и сроки строительства: первые работы по устройству ограждения были начаты в мае 1978 г., и весь сложный станционный комплекс индивидуального проектирования с двухэтажной платформенной частью и пешеходными переходами под площадью практически закончен к маю 1980 г. Завершаются подключение инженерных сетей и строительство пешеходного выхода, связанного с поэтапным закрытием площади.

В целом внедрение поточного метода как для строителей, так и субподрядчиков исключает штурмовщину в предпусковой период, способствует более стабильной нагрузке рабочих всех профессий, позволяет более качественно выполнять все технологические операции, что в конечном итоге обеспечивает ввод объектов в эксплуатацию без недоделок с высоким качеством.

Несмотря на достигнутые успехи в применении поточного метода, есть еще отдельные проблемы, сдерживающие более широкое его внедрение: необходимость оперативной работы завода ЖБК, для чего в 1981—1983 гг. требуется провести его частичную реконструкцию, ликвидировать недостатки в материально-техническом обеспечении, совершенствовать принятые технические решения (среди них такие, как переход на сборные перегородки служебных помещений взамен кирпичной кладки) и др. □

но увлажненных просадочных лессовых породах.

Город расположен в районе с расчетной сейсмичностью 9 баллов. Поэтому конструкции станций и перегонных тоннелей, выполненные из сборного и монолитного железобетона, рассчитаны не только на восприятие постоянных и временных нагрузок, но и на действие инерционных сил движения породы в момент землетрясения.

За два года эксплуатации Ташкентский метрополитен выдержал 24 землетрясения интенсивностью до 6 баллов. При этом никаких повреждений и деформаций не обнаружено.

За период, прошедший с начала строительства линии, пройдено более 15 км перегонных тоннелей закрытым способом работ. Тоннели сооружали с разработкой забоя на полный профиль, монтаж сборной обделки механическим укладчиком, механизированной проходкой щитом и немеханизированной — под защитой металлической крепи.

Наименьшее распространение в условиях Ташкента получил механизированный способ, с помощью которого сооружено около 10% общей протяженности тоннелей. Этот способ оказался неприемлемым для увлажненных лессовых пород из-за явления тиксотропии, впервые встретившегося в отечественной практике метростроения.

В результате вибрации тяжелого щита грунт, доведенный до текучего состояния, выдавливался в пространство между оболочками механизма и породой. При развитии тиксотропного разжижения слабых лессовых грунтов неизбежно наблюдались изменения их прочностных характеристик. Определенные углы внутреннего трения сразу после динамических воздействий показало, что его значение уменьшается в 1,5—2 раза, а сцепление снижается в 8—10 раз. В результате щит погружался вниз, за проектную отметку, и лишь специаль-

ные дорогостоящие мероприятия позволяли продолжать проходку, скорость которой была в 4 раза ниже расчетной.

Немеханизированная проходка в данных условиях оказалась более эффективной.

Двенадцать станций и два из одиннадцати перегонов 1-й линии сооружали открытым способом в котлованах со свайным креплением или с откосами. Учитывая физико-механические свойства лессовых пород, а также потерю несущей способности лессовидных суглинков при увлажнении, крутизну откосов принимали равной 1:0,5. Это решение привело к увеличению объема разрабатываемого грунта на 25% (по сравнению с подобными условиями на других стройках метрополитенов), но обеспечило надежное проведение строительных работ. Однако практика показала, что в дополнение к этой мере следует обеспечивать должную организацию водоотвода.

При выборе расчетных схем в условиях возможного сейсмического воздействия и наличия просадочных грунтов приняты конструкции с жесткими узлами сопряжений элементов в уровнях перекрытия и лотка. При этом максимально используются сборные конструкции с непрерывными продольными сейсмопоясами в пределах участков, разделенных деформационными швами. Последние, совмещенные в продольном направлении по трассе с антисейсмическими, позволяют получить жестко-податливое протяженное подземное сооружение, способное воспринимать действие сейсмических сил и одновременно взаимодействовать с грунтовыми массивами при их сотрясении.

Из 12 станций 1-й линии 4 приняты односводчатыми, 7 — колонными из сборных элементов заводского изготовления и центральная станция — «Площадь Ленина» — колонной в сборно-монолитном исполнении.

Конструктивной особенностью станций колонного ти-

## В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОЙ СЕЙСМИЧНОСТИ

Особенности строительства Ташкентского метрополитена изложены в сообщении управляющего трестом Ташметрострой П. Семенова:

— Первый в Средней Азии — Ташкентский метрополитен

приковывает к себе внимание специалистов многих стран: здесь впервые на практике пришлось решать задачи сейсмостойкости конструкций станций и перегонных тоннелей метро, залегающих в силь-

па, обусловленной требованиями сейсмостойкости, является монолитный железобетонный лоток, сборные стены, колонны и перекрытия, соединенные на участке между деформационными швами продольными сейсмопооясами.

Односводчатые станции сооружают из монолитного железобетона с применением передвижной металлической опалубки. Конструкция каждой станции представляет собой свод переменной сечения с уширенной пятой и затяжкой, роль которой выполняет лотковая плита.

Перегонные тоннели закрытого способа работ возводятся со сборно-монолитной железобетонной обделкой из блоков сплошного сечения со скошенными углами, из которых выведены петли. Последние в процессе монтажа связываются и омоноличиваются. Стыки выполняют роль антисейсмической связи. В настоящее время стоит задача разработки конструкции, исключаяющей мокрый процесс, — омоноличивание сейсмоузлов.

Обделку перегонных тоннелей открытого способа работ первоначально выполняли из монолитного железобетона. Протяженность по трассе такой обделки составила 0,6 км. Однако большая трудоемкость и металлоемкость ограничили ее применение и явились предпосылкой для поиска более индустриальных решений. Основным из них явилась конструкция цельносекционной обделки — объемных железобетонных блоков полного заводского изготовления, применение которых на участках тоннелей общей протяженностью 5 км показало значительное снижение трудовых затрат и продолжительности строительства. Сборность на объектах Ташкентского метрополитена в целом составила 50—60%.

Опыт строительства метрополитенов за рубежом в высокосейсмических районах показывает, что решение вопросов обеспечения сейсмостойкости шло в основном по пути увеличения массивности соору-

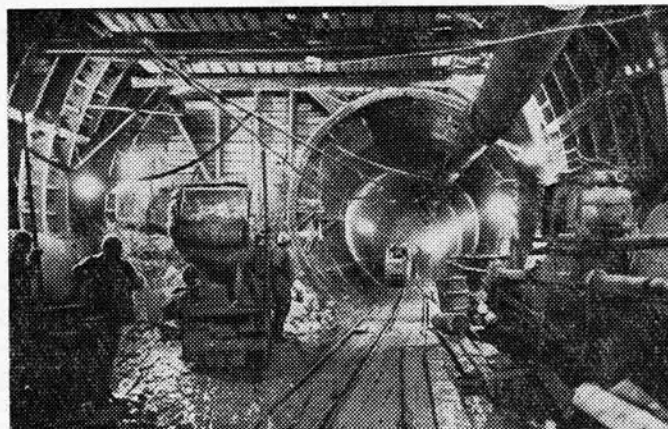
жений, выполняемых в монолитном железобетоне. Эта тенденция не соответствует современному отечественному подходу, так как не решает весьма актуальных задач индустриальности и снижения трудоемкости возводимых сооружений.

В результате сотрудничества метростроителей и проектировщиков была создана сейсмостойкая конструкция станции открытого способа работ нового типа, сооружаемая более индустриальными методами из крупноразмерных элементов, прочно соединяемых между собой специально армированными и омоноличиваемыми стыками. Станция — с островной платформой шириной 10 м, с двумя рядами колонн, расположенными в продольном направлении с шагом 6 м, в поперечном — 5,9. Внутренний размер среднего и боковых залов принят по типовому проекту.

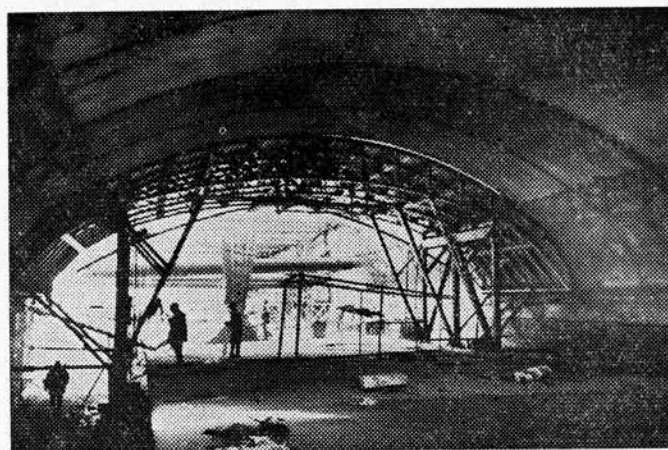
Уменьшению продольного сейсмического воздействия способствуют поперечные сейсмические деформационные швы, расположенные по границам средней трети платформенной части и на сопряжениях с вестибюлями. Для восприятия поперечного воздействия сейсмических волн предусмотрена рама жесткой конструкции, состоящая из элементов заводского изготовления, соединенных между собой узлами омоноличивания. Основная несущая конструкция станционной обделки, включая платформу, — полностью сборная из укрупненных железобетонных элементов семи типовых размеров полного заводского изготовления: С-образного для бокового тоннеля, Т-образного для колоннады, опорного подколошника, нижнего и верхнего элементов среднего зала и двух элементов, составляющих платформу.

В новом решении станции монолитный бетон предусмотрен только для омоноличивания стыков в местах сопряжения элементов. Объем бетона омоноличивания составляет всего 11% от общего объема конструкции. Размеры, масса

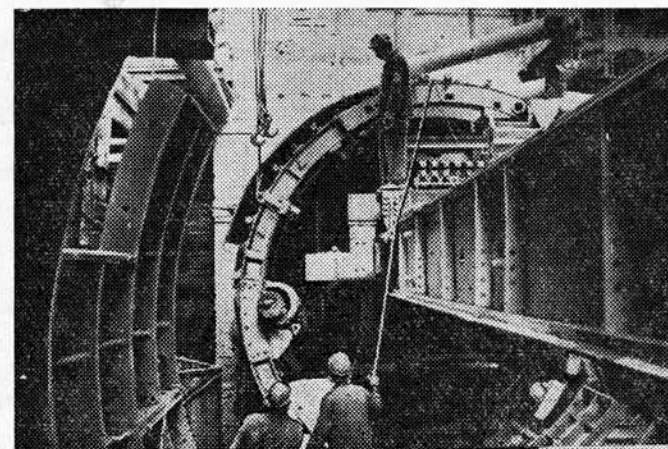
## Строится Серпуховский радиус Московского метрополитена



Сооружение оборотных тупиков за станцией «Серпуховская» (СМУ-6).



Возведение станции «Тульская» с помощью передвижной опалубочной тележки (СМУ-10).



Монтаж щита механизированного комплекса КТ1-5.6 на перегоне «Нагорная» — «Нахимовский проспект» (СМУ-11).

и формы элементов назначены, исходя из предельной возможности подъемно-транспортных средств на строительных площадках и заводах-изготовителях железобетонных конструкций. Масса элементов в пределах от 3 до 18,5 т определена, исходя из грузоподъемности козлового крана ККТС-20. Геометрические размеры от 3 до 10 м приняты по условиям удобства монтажа, изготовления и транспортировки.

Станционная обделка, собранная из крупноразмерных железобетонных блоков, омоноличенных в единую прочную пространственную конструкцию, за счет уменьшения количества стыкуемых элементов обладает большой сопротивляемостью сейсмическим воздействиям.

Ташкентские метростроители впервые решили задачу возведения обжатой в породу обделки в условиях эректорной проходки. Особо сложным оказалось создание навесного оборудования для обработки контура выработки и обеспечения возможности качественного монтажа сейсмостойкой железобетонной обделки, обжимаемой в породу. Помимо экономии материалов и трудозатрат, в условиях Ташкента важное значение имеет исключение нагнетания за обделку, приводящего к нарушению

устойчивости лессового грунта.

Впервые задача возведения обжатой обделки в породу при горном способе проходки на перегоне между станциями «Пахтакор» — «Площадь Ленина» была решена строительно-монтажным управлением № 1.

Эффект применения обжатой обделки на участке протяженностью 230 пог. м выразился в следующих цифрах: сэкономлено цемента — 69 т, песка — 183 т; трудозатраты сократились на 756 чел./дней.

Ташкентский метрострой еще молод, но уже имеет определенные достижения в области скоростной проходки перегонных тоннелей в условиях высокой сейсмичности. Так, в апреле 1973 г. при сооружении левого перегонного тоннеля закрытого способа работ с помощью блокоукладчика на перегоне «Чиланзар» — «Сабир Рахимова» установлен всесоюзный рекорд — 152 пог. м.

Первоочередной задачей увеличения скоростей проходки перегонных тоннелей является разработка и внедрение облегченного механизированного щита для условий Ташкента, в слабых водонасыщенных просадочных грунтах.

вышение марок бетонов, обжатие на породу.

Следует пересмотреть методики расчетов и основных положений при определении схем статической работы конструкций и дополнить расчетную часть действующей главы СНиП.

Ленметрогипротрансом по предложению СКТБ Главтоннельмостростроя разработана конструкция сборной подковообразного очертания обделки тоннеля, сооружаемого с помощью шандорного полущита.

Для особо сложных гидрогеологических условий с повышенным горным давлением предусмотрено создание шарнирных облегченных конструкций из модифицированного чугуна.

Большие объемы и сжатые сроки строительства транспортных сооружений обуславливают необходимость ведения работ высокими темпами и с минимальными трудозатратами. Прослеживается тенденция применения способов, основанных на разработке сечения выработки буровзрывным методом сплошным забоем с использованием высокоэффективного горнопроходческого оборудования. Созданы перспективные схемы организации работ, ориентированные на имеющееся и разрабатываемое в настоящее время высокопроизводительное оборудование (механизированный щитовой агрегат шандорного типа, секционная опалубка, пневмобетонукладчики емкостью 3 м<sup>3</sup> и др.). Их внедрение призвано способствовать общему 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 от забоя на 150—200 м. При этом в зависимости от горно-геологических условий принимаются три основных схемы производства работ:

в породах от высоко- до среднеустойчивых (с коэффициентом крепости 6 и более) — проходка сплошным забоем или при механизированном способе — проходческими комплексами;

в породах средней и слабой устойчивости (с коэффициентом 4—6) — уступным способом при сооружении однопутных и с разработкой забоя по частям — при проходке двухпутных тоннелей;

в неустойчивых породах основным способом остается щитовой с устройством сборной железобетонной или чугунной обделки. В двухпутном сечении — проходка по частям.

В качестве временной крепи в устойчивых породах предусматриваются железобетонные и сталеполимерные анкеры и набрызг-бетон, а в грунтах средней устойчивости — анкеры с металлическими дугами и металлические арки в сочетании с набрызг-бетоном в качестве затяжки.

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

Бетонирование обделки осуществляется пневмобетоннагнетателями емкостью 3 м<sup>3</sup> на рельсовом или автоходу, пневмобетонукладчиками или бетононасосами. Для доставки бетона целесообразно применять автобетоносмесители С-1036Б емкостью 4 м<sup>3</sup>. В качестве опалубки используются как существующие секционные с перестановщиками (при длине секции 1—1,5 м), так и более производительные односекционные на перестановщике длиной 12—15 м.

Для неустойчивых и слабоустойчивых пород перспективным является внедрение механизированных щитов, аналогичных разработанному СКТБ Главтоннельмостростроя агрега-

## НОВЫЕ ПРОЕКТНЫЕ РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ

Определяющие направления проектирования железнодорожных тоннелей рассмотрел И. Сахиниди, главный инженер Ленметрогипротранса.

Важное место отвел докладчик дальнейшему совершенствованию конструкций обделок и способов их сооружения. Это, в первую очередь, набрызг-бетонные конструкции и их разновидность — фибробетонные в сочетании с анкерной крепью.

В зависимости от гидрогеологических условий целесообразны и монолитные подково-

образные обделки различных типов, особенно при сооружении тоннелей в неустойчивых породах при разработке сечения по частям, наличии специальных требований к жесткости обделки, например, при сейсмической активности районов строительства.

Представляет интерес использование для монолитных обделок полимербетонов, обладающих чрезвычайно низкой водопроницаемостью. Наиболее эффективны сборные железобетонные обделки. Пути их совершенствования — по-



ту шандорного типа с экскаваторным рабочим органом.

При сооружении двухпутных тоннелей в сложных гидрогеологических условиях перспективен метод предварительной проходки опорных тоннелей (по типу ленинградской односводчатой станции метрополитена) с обделкой из железобетонных блоков диаметром 5,5 м, а также бетонирования в них монолитных бетонных опор и последующей проходки калоттного профиля с монтажом сборной блочной обделки, опирающейся на ранее возведенные опоры. С отставанием от калоттного забоя разрабатывается ядро и отдельными заходками бетонировается обратный свод. Такие конструкция и технология возведения позволяют максимально механизировать работы и увеличивать скорость сооружения двухпутного тоннеля в слабых породах.

Часто встречаются сложные гидрогеологические условия, при которых невозможна проходка тоннелей без применения специальных способов закрепления грунтов. Это — цементация, замораживание, смолизация, нагнетание глиноцементных растворов и др., создание свода из горизонтально пробуренных скважин с последующим их армированием и инъектированием. Проектные разработки по спецспособам предусматривают раскрытие сечения на полный профиль.

Названные способы сооружения тоннелей наиболее перспективны и позволяют обеспечить высокие темпы строительства — до 800—1000 м готового тоннеля в год на один забой.

Важное значение имеют разработка и внедрение в транспортных тоннелях устройства пути и систем управления постоянными технологическими устройствами. Для строящихся тоннелей БАМа Ленметрогипротранс считает целесообразным устройство пути в тоннелях только на жестком основании, резко сокращающем эксплуатационные расходы, при двух боковых дренажных лотках. Для сборных обделок

кольцевого сечения диаметром 8,5 м необходимо применять укороченные (до 2,3—2,2 м) железобетонные шпалы, которые позволят разместить в тоннеле два боковых дренажных лотка. При конструировании рельсовых креплений предпочтительны крепления пружинного типа; из железобетонных шпал предварительно нужно убрать закладные металлические детали, которые подвергаются коррозии, забиваются грязью, в результате чего крепление становится неизвлекаемым. В связи с этим предлагается конструкция крепления с упругой заделкой, с резиновыми втулками, разжимаемыми в цилиндрических полостях железобетонных шпал.

Ввиду значительного увеличения веса поездов и соответственно расхода топлива и газовыделений, а также с учетом невозможности подачи воздуха навстречу движущемуся поезду в тоннеле с открытыми порталами целесообразно проектировать транспорт только с электровозной тягой.

В условиях умеренно теплого климата (где нет оснований ожидать образования наледей) вентиляция следует выполнять согласно строительным нормам проектирования железнодорожных и автодорожных тоннелей (СНиП II-44-78).

В суровом климате тоннели целесообразно проектировать в режимах положительных температур. Круглогодичная вентиляция при этом рассчитывается с учетом теплопоглощения и тепловыделения грунтов и форшнеревого действия поездов. При наличии проложенной параллельно транспортно-эксплуатационной или дренажной штольни ее следует использовать для подачи в тоннель подогретого воздуха, одновременно догревая его за счет тепла от окружающего горного массива.

Существующие вентилаторы ВМД-24, используемые на метрополитенах, с успехом могут быть применены в транспортных тоннелях. Возможности вентилатора значительно

расширяются при увеличении числа его оборотов с 320 до 500 и частичной модернизации.

По новой системе ведется автоматизированный обогрев дренажных лотков (взамен электронагревателей ТЭНов). Он производится с использованием кабельных элементов ЭНГЛ-180. При этом обогревающие кабели устанавливаются в воздушной зоне под теплоизолированной крышкой лотка и могут надежно работать в конкретных условиях эксплуатации по температуре и влажности.

Противопожарные мероприятия для транспортных тоннелей предусматривают установку сигнализаторов по всей длине тоннеля для автоматического оповещения оператора о повышении температуры, пожарные краны, огнетушители в людских нишах и путевых камерах и кнопки для дистанционного пуска противопожарных насосов и телефонов; противопожарный водопровод по длине тоннеля (при наличии дренажной штольни-закопцованного) с резервуаром запаса воды; возможность эвакуации пассажиров и поездных бригад в случае пожара из тоннеля по дренажной штольне. Для этой цели между тоннелем и дренажной штольнею (в соединительных штольнях) устанавливаются воздухоплотные двери.

Дальнейшего совершенство-

вания требуют такие вопросы, как применение геофизических методов исследования для прогнозирования горных пород; определение 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 большом гидростатическом давлении; технология укрепления неустойчивых водонасыщенных пород; поиски новых эффективных материалов для гидроизоляции обделок, а также способов их нанесения; обеспечение качества обделки в условиях сурового климата, сейсмичности, большого водопритока термальных вод, вечномерзлых пород; борьба с наледями на припортовых участках тоннелей и в стволах шахт; создание нормативных положений применительно к тоннелям большой протяженности в условиях сурового климата; трассировка тоннелей, объем инженерно-геологических изысканий, вентиляция, электроснабжение и др.

Предстоит воплотить в жизнь ряд технически сложных решений, в которых заложены новые разработки, не имевшие до сих пор аналогов в отечественной и зарубежной практике строительства транспортных тоннелей. □

## СООРУЖЕНИЕ БАЙКАЛЬСКОГО ТОННЕЛЯ

Опытом строительства Байкальского тоннеля поделился начальник ТО № 12 А. Манюков:

— Байкальский железнодорожный тоннель проходит под самым низким — Даванским перевалом Байкальского хребта. Пересекаемый массив сложен из магматических, а в зонах геологических разломов из метаморфизированных пород. В тектоническом отношении участок строительства расположен в региональной зоне глубинного разлома или «Даванской» зоне смятия. Непосредственно на трассе выде-

ляется самое крупное тектоническое нарушение — Курнермский надвиг. Слой по зонам разломов сильно трещиноватый, часто раздробленный. Коэффициент крепости пород по шкале М. М. Протодяконова — в пределах 12—14. Тектонические движения проявляются и в настоящее время (сейсмичность 9 баллов).

В нарушенных зонах — подземные трещинно-жильные воды, гидростатическое давление которых 6—15 атм.

Тоннель, кроме основного, включает в себя и транспортно-дренажную штольню.

## На секции технического совета—

### актуальные вопросы метро- и тоннелестроения

Тоннель односкатный с уклоном в сторону западного портала 0,013‰.

Строительство ведется со стороны восточного, западного порталов и со ствола на перевале Даван. Опережающая проходка в интервале 150—200 м давала возможность иметь точную геологическую картину для раскрытия выработки основного тоннеля. Кроме того, в штольне постоянно велась опережающая разведка станком горизонтального разведочного бурения с отбором кернов.

Строительная площадка восточного портала расположена непосредственно в выемке Байкальского тоннеля и имеет все необходимое для обеспечения комплекса горных работ. Площадка оборудовалась с 1976 по 1980 гг. с большими отступлениями от первоначального проекта. Так, при бетонном заводе запроектированы открытые склады инертных, что в условиях сурового климата оказалось совершенно неприемлемым. Генпланом не предусматривалось припорտальное здание, не был решен вопрос с разгрузкой и складированием цемента и т. д., что создавало трудности при эксплуатации. Требуют доработки вопросы доставки цемента и раскладки его в склады и емкости бетонного завода. Их приходилось решать на месте силами ТО № 12, Бамтоннельпроекта и СКТБ Главтоннельмостростроя.

Проходка транспортно-дренажной штольни началась с сооружения подходов. После выхода на ось работы велась в двух направлениях: на восток и запад. Проходка основного тоннеля начата с врезки из припорտальной выемки на полный профиль.

Припорտальный участок длиной 45 м проходили с использованием буровой каретки с пятью перфораторами, с вре-

менным креплением металлическими арками с затяжкой. Монтаж их провели с выдвинутой площадки МШТС, с нее же производили монтаж временных коммуникаций. Затем смонтировали буровую самоходную раму и ею вели дальнейшую проходку. А проходку с транспортно-дренажной штольни осуществляли малой рамой того же типа.

После сбойки транспортно-дренажной штольни с участком проходки ТО № 12 решил открыть еще один забой тоннеля и начать проходку на запад. В отдельные месяцы скорость проходки основного тоннеля составляла 90—100 пог. м.

Проектом предусматривался рельсовый транспорт породы и в тоннеле, и в транспортно-дренажной штольне. Однако на практике выяснилось, что в тоннеле рациональнее использовать большегрузный автотранспорт. Здесь применялись МоАЗы-64011 с породопогрузочной машиной ПНБ-ЗД.

В транспортно-дренажной штольне был рельсовый транспорт, электровозы контактные, вагоны ВПК-10.

Вентиляция трубная, приточно-вытяжная предусматривалась проектом на 1120 пог. м. После прохождения определенного участка пришлось внести в схему серьезные коррективы, так как резко увеличилось время проветривания забоев и изменился состав воздуха. Специалисты ТО № 12 и Бамтоннельпроекта разработали новую беструбную схему вентиляции с забором чистого воздуха из транспортно-дренажной штольни и выбросом загрязненного из основного тоннеля.

Водоотлив намечался двумя насосами С-250, установленными на платформе с последующим наращиванием труб. Практика показала необходимость устройства перекачных

зумпфов  $Q=2 \text{ м}^3$  через 100 м и зумпфа центрального водоотлива  $Q=45 \text{ м}^3$  через 700 м.

Энергоснабжение до II квартала 1979 г. осуществлялось от передвижных электростанций, что не могло не влиять на скорости сооружения тоннеля и транспортно-дренажной штольни. После того, как энергию начали получать с Усть-Илимской ГЭС, перебои прекратились, и этот вопрос сняли с повестки дня.

Сооружение бетонной отделки основного тоннеля ведется двумя опалубками в автобетоносмесителях с подачей смеси от пневмобетонукладчика емкостью  $3 \text{ м}^3$ .

Среднемесячная скорость проходки в этом году — 109 пог. м.

Постоянная отделка штольни представляет собой конструкцию из набрызг-бетона толщиной 12 см с железобетонными анкерами. При ее проектировании не учтены многие вопросы, например, технология нанесения набрызг-бетона на обводненных участках, контроль качества отделки и т. д. В проект было заложено устаревшее оборудование, не разработали и технологическую цепочку подачи и приготовления сухой смеси, что создавало большие трудности.

Контроль за качеством работ в тоннеле и транспортно-дренажной штольне осуществлялся маркшейдерской службой, авторским надзором, службой главного геолога Бамтоннельстроя, представителем заказчика и постоянно действующими комиссиями, созданными в управлении ТО № 12 и на участках.

Контроль качества бетонных работ осуществлялся также центральной стройлабораторией при Бамтоннельстрое и ее филиалами.

Опыт строительства подка-

зал создание комплексных бригад по проходке и бетонированию постоянной отделки Байкальского тоннеля. Сейчас в ТО № 12 пять основных бригад, где собраны проходчики всех специальностей. Широко внедрен метод бригадного подряда. Так, бригады проходчиков (В. Толстоухов, В. Смирнов), слесарей-монтажников (А. Рындыч) заключают бригадный подряд на квартальный объем работ.

Горнопроходческие работы с западного портала начались летом 1977 г. Врезка штольни осуществлялась верхним уступом на полное сечение. До конца года прошли 84 пог. м транспортно-дренажной штольни и 31 пог. м тоннеля. Параллельно с этим возводились временные здания и сооружения производственного и бытового назначения.

За первое полугодие 1980 г. возведено 547,77 пог. м отделки со средней скоростью 91,29 пог. м. Относительно низкие темпы горнокапитальных работ в начальном периоде связаны в основном с перебоями электроснабжения, сжатого воздуха, снабжения цементом и заполнителями для бетона, маломощным бетонным заводом, не приспособленным для условий суровой зимы, плохой обеспеченностью горной техникой.

Проходка с западного портала Байкальского тоннеля идет на полное сечение в зависимости от типа отделки. Бурение шпуров забоя осуществляется трехъярусной самоходной буровой кареткой порտального типа. В каретке — шесть забойных перфораторов, смонтированных на гидравлических манипуляторах. Пять перфораторов предназначены для бурения шпуров  $\varnothing 42 \text{ мм}$  и один — для врубных скважин  $\varnothing 75\text{—}100 \text{ мм}$ . Перфораторы расположены: два — на первом ярусе, три — на вто-

ром (в том числе один — для бурения скважин) и один — на верхнем. Рационализаторами ТО № 19 на верхнем ярусе установлен седьмой перфоратор для бурения шпуров под анкеры. Число шпуров на забой колеблется от 173 до 140.

Сжатый воздух давлением 5—7 атм. подается от компрессорной производительностью 200 м<sup>3</sup>/мин.

Зачистку разброса после взрывания проводили бульдозером мощностью 130 л. с., что сокращает время уборки породы на 0,8—1 час.

Для временного крепления применяются железобетонные анкеры длиной 1,8 м из арматурной стали АП Ø 20 мм, на обводненных участках — клиновые анкеры той же длины. На них навешивается сетка с ячейкой 100×100 мм по сводовой части тоннеля. В зонах геологических разломов с ухудшенными инженерно-геологическими условиями устанавливаются металлические арки с деревянной затяжкой и забутовкой. Установка анкеров, арок, навеска сетки производилась с буровой каретки. Погрузка породы осуществлялась машиной ПНБ-ЗД в 20-т подземные автосамосвалы МоАЗ-64011, количество которых изменялось от 2 до 5 в зависимости от пройденной длины.

Забои тоннеля и штольни вентилировались так: струя чистого воздуха нагнетается по штольне до вентиляционной перемычки; чистый воздух нагнетается по трубам в забои, потоки отработанного выходят через тоннель.

Водоснабжение для технических нужд осуществляется напорными подземными водами из скважин разведочного бурения — тоже предложено нашими рационализаторами.

Горнокапитальные работы ведутся по скользящему гра-

фику с шестичасовыми сменами; звенья бурильщиков и взрывников — по вызовам.

Выработана следующая циклограмма с максимальным совмещением проходческих операций:

подготовка к бурению с обязательной разбивкой контура, проверкой и подготовкой буровой каретки; продолжительность 0,5—1 час., число рабочих—6, из них проходчиков—4;

бурение забоя с бурением под анкерную крепь и коммуникации, установкой анкеров, завозом материалов, монтажом путей каретки — 3—6 час. Количество рабочих: звено бурильщиков — 6 чел., слесарь по оперативному ремонту — 1, звено проходчиков — 4 чел., всего на смене с дежурными — электрослесарем и водителем МоАЗа — 13 чел.; зарядка забоя с подготовкой к отгону буровой каретки — 2,5—4 час. Число рабочих в смене — 9 чел., из них взрывников — 3, проходчиков — 4;

взрывание забоя с отгоном буровой каретки, взрыванием и проветриванием — 1—2 час. Количество рабочих в смене — 9 чел., из них взрывников — 3, проходчиков — 4;

уборка породы с навеской сетки крепления, монтажом коммуникаций, обorkой стен, свода, завозом материалов — 5—10 час. Количество рабочих в смене — 10 чел., из них проходчиков — 4, водителей МоАЗов — 5;

настилка рельсового пути и обorkа забоя с отгрузкой породы — 2,5—6 час. Количество рабочих в смене — 6 чел., из них 4 проходчика.

Совмещение операций в цикле, дифференцированное число рабочих в каждой из них, специализация членов бригад по звеньям дали возможность сократить продолжительность цикла в среднем до 24 час.

(минимальная — 15 час., максимальная — 36 час). Для стабилизации его продолжительности в 18—20 час. необходимо иметь в резерве породопогрузочные машины ПНБ-ЗД, подземные автопоезда МоАЗ и перфораторы.

Благодаря этим мероприятиям достигнуты максимальные среднемесячные скорости проходки в 1978 г. — 90 пог. м., 1979 г. — 94,1, в 1980 — 102,5 пог. м.

Рекомендации по повышению темпов проходки:

1. Для выбора способа проходки, номенклатуры горной техники и типа временного крепления следует производить тщательные и полные гидрогеологические изыскания района строительства и по трассе тоннеля.

2. Подробно разрабатывать проекты организации работ с применением современной техники, с их необходимой последующей корректировкой в зависимости от инженерно-геологических условий.

3. Осуществлять проходку тоннелей на полное сечение.

4. Для бурения шпуров под анкерную крепь устанавливать на верхнем ярусе перфоратор с соответствующей конструкцией гидравлического манипулятора;

для установки анкеров и навески сетки крепления установить на верхнем ярусе в задней части буровой каретки дополнительную площадку длиной, равной длине заходки в 3 м.

5. Повысить качество и износоустойчивость отечественных коронок Ø 42 мм.

6. Для того, чтобы увеличить эффективность ПНБ-ЗД следует повысить износоустойчивость бара, загребающих лап, конвейера.

7. Повышать квалификацию и специализацию рабочих, обучать их для взаимозаменя-

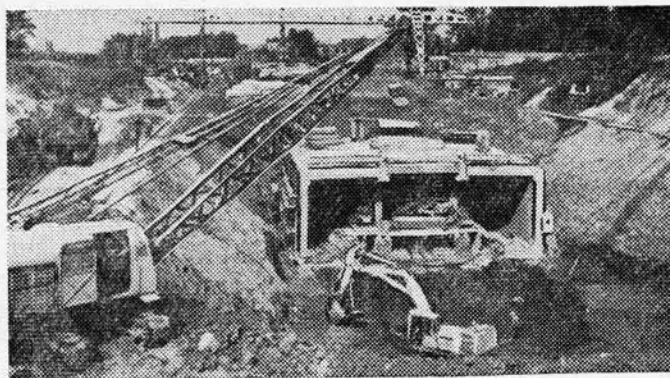
мости смежным профессиям. Дифференцировать количество рабочих на смене при выполнении тех или иных операций цикла.

Бетонирование обделки организовано так: свод и стены, возводимые параллельно с проходкой, бетонируются на двух участках с разрывом на 600 м двумя металлическими передвижными опалубками порталного типа. Длина одной заходки — 12 м. Все работы по установке опалубки в проектное положение, подготовке к приему и укладке бетона, отрыву от него, перестановке и бетонированию механизированы гидравлическим и пневматическим оборудованием и выполняются звеном из трех человек за 12—18 час.

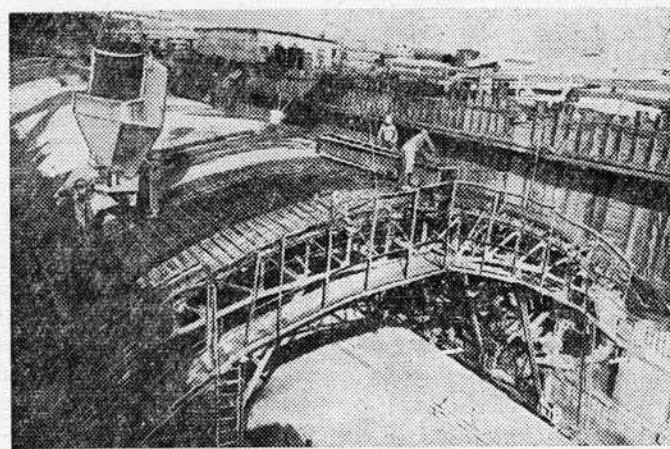
Внутренние размеры портала опалубки позволяют пропускать автотранспорт. Бетон с завода доставляется в миксерах, пневмобетонукладчика емкостью 3 м<sup>3</sup>. Подсоединение пневмоукладчика к бетоноводу, установленному на опалубке, осуществляется гибким шлангом диаметром 150 мм из износоустойчивой резины. Производительность пневмобетонукладчика 0,75—1,2 м<sup>3</sup> в мин. Бетон принимает в блок звено из 2—3 чел. Бетонирование двумя опалубками представляет собой непрерывный процесс. Во время укладки бетона в одну опалубку, в другой производится его выдержка, работы по отрыву опалубки, перестановке, установке в проектное положение и подготовка к приему бетона. По окончании укладки бетона в первую опалубку сразу начинается его укладка во вторую, уже готовую к приему.

Достигнутая ТО № 19 скорость бетонирования 120 пог. м в месяц не является предельной. Скорость бетонирования

## Строится Серпуховский радиус



На стройплощадке станции «Нагорная» (СМУ-11).



Бетонирование свода «Южной» (СМУ-3).

ограничивается производительностью завода СБ-70 с малым объемом складов инертных (заполнители не успевают прогреться), отсутствием тамбуров, неэффективным утеплением. Эти недостатки приходится устранять в процессе эксплуатации.

Целесообразно перейти на двухстадийное проектирование обделки тоннеля (полная геотехническая характеристика массива ясна лишь по окончании проходки того или иного участка). Необходимо отметить высокую степень механизации и частичную автоматизацию операций по бетонированию.

Применяемая опалубка имеет существенный недостаток — большой объем перемонтажных работ при переходе на другой тип обделки. Целесообразно создать такую ее конструкцию, при которой переход на другой тип обделки был бы облегчен.

В ТО № 19 с 1978 г. работает комиссия по качеству, в которую входят главные специалисты, производители работ и бригадиры. Создано положение о качестве с соответствующей шкалой оценок. Оцен-

ка выполненных работ включается в договор о бригадном подряде. Вначале был введен квартальный подряд, а в 1980 г. перешли на полугодовой. С 1978—1980 гг. чис-

ленность работающих по бригадному подряду возросла с 31 человека до 110. Объем строительно-монтажных работ, выполненных этим методом, вырос в полтора раза. □

## НА ПЯТНАДЦАТИКИЛОМЕТРОВОМ СЕВЕРО-МУЙСКОМ

О проблемах строительства Северо-Муйского тоннеля рассказал и. о. начальника Бамтоннельстроя Р. Касапов:

— Северо-Муйский железнодорожный тоннель — самый протяженный из строящихся и ранее построенных в СССР. По сложности сейсмо-геологических условий он не имеет аналогов в мировой практике.

С целью уточнения инженерной геологии по трассе в районе западного портала бурятся вертикальные разведочные, а также наблюдательные и водопонизительные скважины. Предварительные выводы о генезисе и гидрогеологических данных Ангараканского размыва позволяют предполагать, что он является частью узкой, вытянутой в северо-восточном направлении отрицательно тектонической зоны, заложение которой произошло несколько десятков миллионов лет назад в результате катастрофического погружения блока земной коры шириной 300—500 м и длиной в несколько километров. Амплитуда смещения кристаллического фундамента — 150—160 м. Между реками Итыкит и Ангаракан зона заполнена осадочными отложениями, среди которых выделяются речные, озерные или водноледниковые и ледниковые образования.

Гидрогеология западного участка очень сложна и не до конца исследована.

Степень водоносности отложений неравномерна: нижние слои (валунно-галечные песчаные отложения) обводнены значительно больше, чем средняя часть разреза. А цементированные до состояния песча-

ников и конгломератов осадочные образования заметно меньше обводнены, чем такие же по составу породы, но нецементированные. Поэтому можно говорить об отдельных более водообильных линзах и слоях в едином водоносном комплексе.

Длительное поступление воды из забоя и через пробочные отверстия в обделке на участке штольни снизило уровень грунтовых вод. По оси проходки в зоне Ангараканского размыва сконцентрировались термальные подземные воды, подпитка которых в основном осуществляется за счет трещинно-жильных вод, поступающих снизу.

В результате дренирующего воздействия штольни образовалась депрессионная воронка.

Медленное ее формирование заставило использовать дополнительное искусственное водопонижение. В зоне размыва наиболее эффективен комплексный метод водопонижения, т. е. глубинное водопонижение с помощью вертикальной скважины с поверхности — проходки вспомогательной дренажной штольни ниже скального ложа размыва.

Со стороны восточного портала встречены зоны тектонических нарушений, заполненные термальными водами. Максимальная температура воды на пройденном участке тоннеля достигала +42°C. Это создало технически сложные проблемы по водоотливу и вентиляции горных выработок. Значительно увеличилось (до 1000 м<sup>3</sup>/час) водоприотки.

Основной железнодорожный тоннель сооружается буро-

взрывным способом. Здесь столкнулись с зоной разлома мощностью 3,5 м, и работа была приостановлена. Совместно с ЦНИИСом проводятся эксперименты по химическому закреплению грунтов на этом участке.

Прохождение стволов также не явилось исключением по сложности инженерно-геологических условий. Водоприитоки составили 200—300 м<sup>3</sup>/час против проектных — 40 м<sup>3</sup>/час. Встречен тектонический разлом мощностью 5,5 м, грунты в котором представлены щебнем, дресвой и песком, по стенкам разлома отмечена тектоническая глина. Тогда решили изменить компоновку околоствольных выработок, минуя эту зону.

Сооружение стволов № 1 и № 2 ведется крайне медленно из-за особо сложных инженерно-геологических условий и наличия больших водоприитоков. При проходке применяется цементация пород.

На западном портале в настоящее время сооружается наклонная водопонижающая штольня. Проходка же основного тоннеля и штольни приостановлена. Изучается околоствольная геологическая ситуация, бурятся разведочные и

куст водопонизительных скважин.

Для успешного строительства вспомогательной наклонной дренажной штольни разработан ряд мероприятий. Чтобы своевременно окончить участок западный портал — ствол № 1, принято решение о сооружении дополнительного ствола № 4.

В зонах сложных гидрогеологических условий предусмотрено выполнение тампонажных работ, связанных с проходкой горизонтальных выработок.

Из-за отдаленности стройки порой возникают и другие сложности. Так, следует отметить, что ряд организаций недостаточно серьезно относятся к сооружению уникального Северо-Муйского тоннеля: не решен вопрос с обеспечением Бамтоннельстроя паспортными заполнителями для приготовления бетона — песком и щебнем, а также другими материалами. В крайне неудовлетворительном состоянии находится автодорога к тоннелю. До сих пор нет эффективных рекомендаций по проходке сложных участков, в частности, зон размыва и тектонических разломов. Проектные филиалы решают возникающие технические вопросы недостаточно оперативно. □

## НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ — В ПРАКТИКУ СТРОИТЕЛЬСТВА

О результатах научно-исследовательских работ на строительстве тоннелей БАМа доложил зав. лабораторией сооружения горных тоннелей и метрополитенов ЦНИИСа В. Меркин:

— Сложность проблемы определяется чрезвычайно тяжелыми горно-геологическими условиями и малым опытом сооружения транспортных тоннелей большой протяженности, отсутствием проверенных технических решений по проходке в неустойчивых грунтах при значительных водоприитоках и в вечной мерзлоте, недостаточно полным инженерно-гео-

логическим прогнозом. Отсутствие налаженных транспортных связей и постоянной электроэнергии, отдаленность объектов от баз снабжения и ремонта с самого начала определили сооружение тоннелей в качестве барьерных пунктов строительства магистрали.

В период, предшествующий строительству, институтом были проведены исследования, нашедшие отражение в технической документации. Это рекомендации по учету сейсмических воздействий при расчете конструкций тоннельных обделок; прогнозированию влияния сурового климата

на работу дренажа и состояние обделки; применению временной крепи из анкеров и набрызг-бетона; по устройству проходческой вентиляции.

Предложения института и производственных организаций, составленные по результатам опытной проверки современной техники, послужили основой для оснащения стройки оборудованием и составлении проектов производства работ.

ЦНИИСом проведены работы по созданию средств и технологии для проходки с повышенными скоростями; обеспечению требуемого качества обделки и условий безопасной эксплуатации тоннелей; созданию нормальных санитарно-гигиенических условий для рабочих; по успешному преодолению участков неустойчивых водонасыщенных пород специальными способами.

К исследованиям привлечены также ведущие научные и проектные организации, подразделения Главтоннельметростроя, в том числе и Бамтоннельстрой.

В результате апробации впервые для отечественного тоннельного строительства разработан ряд руководящих документов, внедрение которых на БАМе уже осуществляется:

инструкция по применению анкеров и набрызг-бетона в качестве временной крепи (ВСН-126-78);

рекомендации по составам и методам укладки бетона для обделки тоннелей, строящихся в условиях сурового климата и вечной мерзлоты, позволяющих за счет введения в бетонную смесь химических добавок и определенных режимов ее приготовления и транспортировки вести бетонирование при низких температурах с использованием местных материалов;

высокопроизводительные технологические схемы сооружения горных транспортных тоннелей, определяющие составы проходческих комплексов, рациональные схемы разработки, составы бригад, темпы сооружения тоннелей и т. п. Это ориентирует на при-

менение нового оборудования, способствующего повышению в 1,5—2 раза скоростей проходки и на 20—25% производительности труда;

инструкция по учету сейсмических воздействий при расчете обделок тоннелей БАМа; методические указания по расчету временных крепей.

Составлены новые редакции глав СНиП по проектированию и строительству тоннелей (СНиП II-44-78 и СНиП III-44-77), учитывающие специфику условий БАМа.

Совместно с СКБ Главка разработаны технические задания на горнопроходческое оборудование: буровой агрегат портального типа ПБА-2; амортизирующее устройство для спуска бетона по стволам; пневмобетонагнетатель типа «Миксер» емк. 3 м<sup>3</sup>; секционная передвижная опалубка с длиной секции 12 м; щитовой агрегат шандорного типа с экскаваторными рабочими органами, применение которого на участках неустойчивых пород должно не менее чем в 3 раза повысить скорость проходки.

На опытных участках хорошо зарекомендовали себя эффективные закрепляющие составы, конструкции и технология установки прогрессивных сталеполлимерных анкеров, учитывающие низкую температуру пород массива и применяемое на БАМе бурильное оборудование.

Исследованы химический состав, степень агрессивности подземных вод Байкальского и Северо-Муйского тоннелей. Установлен предельно допустимый коэффициент фильтрации бетона, испытаны на фильтрацию и выщелачиваемость применяемые для обделки составы бетонов, даны рекомендации по приготовлению и технологии укладки, обеспечивающие необходимую их плотность. Рекомендации реализуются.

Для решения проблемы замены дорогостоящего бурового инструмента отечественным ВНИИ твердых сплавов с участием института разработаны буровые коронки для проход-

ческих агрегатов, которые имеют высокую износостойкость.

Создан алмазный инструмент для разведочного бурения скважин, не уступающий лучшим зарубежным образцам и обеспечивающий в 5—7 раз выше скорости бурения. Применены в проектах и реализуются дренажные устройства, вынесенные за пределы зоны сезонного промерзания; дренажи с нисходящими каптажными скважинами; тепловая защита водоотводных лотков, запроектированная по методике СибЦНИИС.

Деятельность института и его филиалов в 1979—80 гг. велась в направлении внедрения на строительстве полученных ранее результатов исследований и, в первую очередь, разработки вопросов успешного преодоления участков неустойчивых обводненных пород применительно к зонам Ангараканского размыва и тектонических разломов на Северо-Муйском тоннеле. В проекте координационного плана на XI пятилетку этим вопросам уделено основное внимание. □

## ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ

На техсовет был представлен доклад руководителя лаборатории разработки горных пород ЦНИИСа **К. Шляпина** об основных направлениях механизации сооружения транспортных тоннелей и совершенствовании породоразрушающего инструмента:

— Отечественный и зарубежный опыт проходки горных тоннелей в скальных грунтах показывает, что в большинстве случаев она ведется буровзрывным способом. Технологический прогноз дает основания предположить, что этот способ будет преобладать еще минимум одно-два десятилетия. Поскольку все большее признание приобретает новоявский метод, когда забой раскрывается на полный профиль, появляется возможность применять мощное, чаще самоходное, высокопроизводительное оборудование: порталные буровые агрегаты и установки с 2—7 буровыми стрелами (в зависимости от сечения тоннеля); машины типа ПНБ с нагребными лапами, позволяющими производить погрузку породы любой крепости и абразивности; автосамосвалы, автопоезда и вагоны большой емкости.

При проходке тоннелей на

полный профиль применяется главным образом импортное буровое оборудование: порталные агрегаты и прицепные тележки.

На Московском механическом заводе создается новый буровой агрегат ПБА-2. СКБ СГО Минтяжмаша разработан ряд самоходных буровых кареток шести типоразмеров. Последние две в этом ряду вполне подходят для тоннелестроения, однако промышленностью пока не выпускаются.

В зарубежной практике широкое применение находят полностью гидрофицированные буровые установки. Переход с пневматических на гидравлические перфораторы (хотя последние дороже и требуют более квалифицированного обслуживания) позволяет повысить техническую скорость бурения в 1,5—2 раза, снизить уровень шума, а также энергозатраты, устранить образование водо-масляного тумана в рабочей зоне. В СССР в научно-исследовательских, проектно-конструкторских и производственных организациях ведутся работы по созданию отечественных гидравлических перфораторов.

ВНИИТСом при участии ЦНИИСа разработаны новые

буровые коронки (БКР-45, БКПМ-42КА и БКПМ-40Ф) для использования их на рамах и прицепных тележках. Однако с переходом в перспективе на гидроперфораторы с энергией удара в два-три раза большей, чем у пневматических, эти коронки и особенно буровые штанги могут оказаться малоэффективными.

Так как горно-геологические условия по длине тоннеля меняются, нередко случаи, когда одни участки можно проходить на полный профиль, а другие приходится сооружать уступным способом. В этой ситуации обычно предпочитают всю проходку вести последним, хотя он более трудоемкий и менее производительный по сравнению с разработкой тоннеля на полное сечение. Обусловлено это тем, что при существующих буровых рамах и агрегатах переход со сплошной разработки на уступную и обратно требует больших затрат времени и труда. Пример — строительство Меградзорского тоннеля, выявившее целесообразность создания бурового агрегата, который бы позволял быстро переходить с одной схемы разработки забоя на другую и обратно, с подвижной верхней частью конструкции (относительно нижней), имеющей портал по своей продольной оси и самостоятельно выполняющей функции бурового агрегата, как и нижняя его часть. В этом случае последняя дополняется пандусом специальной

конструкции для доставки на уступ породопогрузочных и транспортных средств.

Широкое внедрение механизации при проходке горных транспортных тоннелей в мировой практике сдерживается большой площадью и формой поперечного сечения или относительно частыми изменениями горно-геологических условий по трассе. Однако тоннели малой длины либо отдельные участки тоннелей большой протяженности, опережающие разведочные штольни и другого назначения, а также наклонные и вентиляционные стволы успешно сооружаются методом механизированной проходки. На строительстве транспортно-дренажной штольни Северо-Муйского тоннеля он применен в крепких горных породах впервые в нашей стране. Проходка ведется механизированным щитовым комплексом «Роббинс». В настоящее время пока не представляется возможным сравнить оба способа для данных конкретных условий, так как комплекс находится на стадии доводки и освоения.

В зарубежной практике тоннели больших сечений круглого очертания в породах с  $\sigma_{сж} \leq 600 \text{ кг/см}^2$  сооружают щитами, оборудованными мощными экскаваторными органами, которые на участках нарушенных пород оснащаются выдвигаемыми шандорами в верхней части. При щитовой проходке применяется сборная железобетонная обделка.

## СОВРЕМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ — НА УРОВЕНЬ МИРОВЫХ СТАНДАРТОВ

Пути совершенствования подземных конструкций метрополитена наметил зав. лабораторией тоннельных конструкций ЦНИИСа **О. Антонов**:

— Стоимость конструкций станций и перегонных тоннелей метрополитенов в общей стоимости строительства достигает 50—60%; приближают-

ся к этой цифре трудозатраты на их изготовление и возведение. Они поглощают подавляющую часть расходуемых строительных материалов и металла, поэтому задача снижения материалоемкости (и особенно металлоемкости) конструкций является весьма актуальной.

Обделки перегонных тоннелей и станций отечественных метрополитенов отличаются большим разнообразием как по применяемым материалам, так и по формам. Это, с одной стороны, позволяет менять конструктивные решения в соответствии с инженерно-геологической обстановкой и разнообразить архитектурный облик станций, а с другой — значительно увеличивает количество типоразмеров конструкций, затрудняя решение вопросов индустриализации и механизации строительства.

Современные конструкции в целом отвечают предъявляемым требованиям и находятся на уровне мирового метрополитенов: многие превышают по качественным показателям (материалоемкости, индустриальности) зарубежные аналоги.

Перспективны работы по совершенствованию тоннельных обделок метрополитенов в направлении уменьшения материалоемкости элементов конструкций, увеличения степени их сборности и унификации; создания железобетонных обделок взамен чугунных при проходке в устойчивых обводненных грунтах, повышения качества изготовления элементов; разработки типов высокоэффективных монолитных и комбинированных обделок.

Проектно-конструкторские работы должны быть направлены на совершенствование существующих и создание новых конструкций односводчатых станций глубокого и мелкого заложения со сборной и сборно-монолитной железобетонной обделками; колонных из сборного железобетона (включая конструкции для обводненных грунтов на глубоком заложении); облегченных обделок из высокопрочного

чугуна; цельных секций перегонных и станционных тоннелей и пристанционных сооружений; обжатых в породу обделок уменьшенной материалоемкости, сооружаемых прищитовой (механизированной и немеханизированной) и эректорной проходке; мног шарнирных конструкций чугунных обделок; эффективных монолитных бетонных, железобетонных и комбинированных обделок (набрызг-бетон — анкерные болты).

Наиболее эффективна односводчатая станция глубокого заложения со сборной железобетонной мног шарнирной, обжатой в грунт обделкой сводов как в техническом, так и экономическом отношении, что блестяще подтвердил опыт возведения первых двух ленинградских станций. Выполненные ЦНИИСом исследования и детальный анализ этого строительства выявили дополнительные резервы снижения его материалоемкости, стоимости и трудозатрат. Снижение расхода бетона опор на 600—650 м<sup>3</sup> может быть получено при устройстве внутри них кабельных ходков: 1,7—2 тыс. м<sup>3</sup> бетона дает замена круговых опор трапециевидными; значительное сокращение расхода арматуры и стоимости обратного свода обеспечивается выполнением его из монолитного бетона; в 2—2,5 раза уменьшаются объемы железобетона торцевых стен при купольной или сводчатой их конфигурации; полностью устраняются винилпластовые прокладки (более 20 т) при выпукло-вогнутых цилиндрических радиальных торцах блоков несущего свода, усилены поперечными сетками или дисперсным армированием; на 20% облегчается свод и на 1/3 меньше требуется элементов при повышении марки бетона блоков до 600. Уменьшением общего пролета выработки можно достигнуть сокращения объемов работ на 15—20%. Практически полностью будут механизированы проходческие работы по возведению станции.

Примером развития много-

шарнирных подземных конструкций является разрабатываемая ЦНИИСом однопролетная станция с обделкой коробового очертания. Она не имеет опор в их традиционном понимании и к категории односводчатых может быть отнесена лишь по формальному признаку — одинаковому с последними интерьеру. В ней устранен конструктивный монолитный бетон, а общий (суммарный) объем бетона и железобетона снижен вдвое.

Односводчатые станции открытого способа работ возводятся в основном из монолитного бетона. Перспективны также сборные конструкции и сборно-монолитный вариант, выполняемый с трехшарнирным сводом, опирающимся на свайные опоры типа «стена в грунте». Инженерами Киевского автодорожного института, Киевметропроект и ЦНИИСа предложена станция такого типа, имеющая практически один типоразмер сборных элементов несущей конструкции. Метод ее возведения полностью исключает временное крепление котлована.

Колонные станции глубокого заложения за последнее десятилетие изменились и заметно потеснили пилонные. Сейчас отработаны две существенно отличные от предыдущих колонные конструкции: беспрогонная с клинчатыми перемычками, заимствованными из пилонной схемы, и несколько усовершенствованная традиционная — со стальными прогонами. Первая применяется в Москве, Киеве и Харькове; вторая — в Ленинграде.

Необходимо устранить чугун и прокатную сталь из несущих конструкций станции для обводненных грунтов (оставив на нынешней стадии только металлический гидроизоляционный экран) и для необводненных горных пород. Решение этого вопроса осуществлено в отделении тоннелей и метрополитенов ЦНИИСа, и есть надежда на его реализацию.

Цельноносекционные обделки находят все большее применение на строительстве отечественных метрополитенов. Их

совершенствование требует большей заводской готовности, а также разработки сопряженной конструкции, конструкций пристанционных обделок (входы на станцию) и секций боковых тоннелей колонной станции. Первые станционные С-образные секции проектировал Ташметропроект, подготовивший по техническому заданию ЦНИИСа рабочие чертежи. Институт разрабатывает более индустриальный тип колонной станции, секции боковых тоннелей которой включают колонны и элементы прогонов.

Быстрое распространение в СССР обжатых в грунт обделок свидетельствует о высокой эффективности найденных решений. При этом безусловно требование точного очертания выработки, являющейся кондуктором при сборке и обжатии колец. При проходке щитами (способными подрезать разработанный с недобором по контуру выработки грунт) оно соблюдается, а при эректорной — нет. Первый опыт приспособления эректора для оконтуривания выработки в Ташкенте показал принципиальную возможность решения такой задачи, однако выявил ряд существенных недостатков изготовленного оконтуривающего устройства, которое в настоящее время Ташметростроем не используется и не может быть применено в других грунтах. В ЦНИИСе работают над новыми схемами оконтуривателя.

Следует изучить вопрос унификации обжатых обделок либо создания унифицированного ряда различной несущей способности с целью сокращения материалоемкости конструкции.

Основное направление совершенствования чугунных обделок — экономия металла благодаря применению для тюбингов высокопрочного чугуна взамен серого. Однако путь использования его более высоких прочностных свойств требует решения мало зависящих от нас, тоннельщиков, задач — организации массового производства таких чугунов.

## На секции технического совета— актуальные вопросы метро- и тоннелестроения

А пока целесообразно создание обделки уменьшенной металлоемкости из серого чугуна. Расчеты показывают, что при сохранении принципиальной упругой схемы существующей обделки решение задачи без снижения расчетной несущей способности кольца не реально.

Создать конструкцию кольца вдвое меньшего веса позволяет переход к шарнирной системе, причем необходимо учитывать, что шарнирная конструкция не может полностью заменить упругую (ее, например, не укладывают в плывунах), но в большинстве случаев (обводненные, достаточно устойчивые грунты) это возможно. Есть особенности и в монтаже — конструкция в этом аспекте подобна шарнирным железобетонным обделкам.

Очевидные преимущества малой материалоемкости, положительные результаты первых разработок и испытаний образцов в ЦНИИСе свидетельствуют о необходимости интенсификации работы над шарнирной чугунной обделкой. Освоение технологии отливки опытных колец (например, на Лентрублите), их проверку и установку в тоннель целесообразно осуществить в ближайшие годы.

Монолитные железобетонные односводчатые станции успешно сооружаются в Тбилиси. В дальнейшем, по-видимому, здесь окажется возможным применение обделки из набрызг-бетона в сочетании с анкерными болтами.

Трудозатраты на возведение станции пилонного типа в 1,3—1,5 раза выше, чем односвод-

чатой. Ошибочно мнение некоторых проектировщиков о том, что пилонная станция более надежна в неблагоприятных условиях, чем, например, колонная. Один из передовых отрядов метростроителей — Ленметрострой давно исключил пилонную схему из арсенала используемых конструкций. В других городах стараются заложить эти станции в возможно большем количестве. Примером такой ошибки проектировщиков является, по нашему мнению, проект станций метро в Днепропетровске.

Препятствиями для разработки водонепроницаемой железобетонной обделки являются низкая точность изготовления блоков и неудовлетворительное качество сборки их в тоннеле. Некоторую надежду вселяет успешный опыт применения в водоносных грунтах при строительстве будапештского метро нашей унифицированной обделки (с наружной асфальтовой гидроизоляции), изготовленной с весьма высокой точностью и собранной практически без зазо-

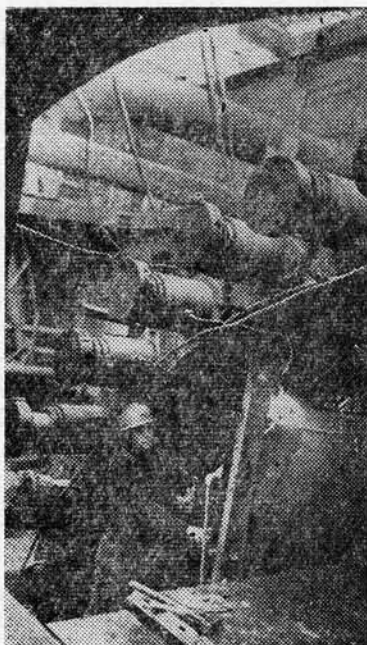
ров в продольных и кольцевых стыках.

При установке сборной железобетонной унифицированной обделки в песках на мелком заложении отмечены случаи выноса грунта с водой из лотковой части тоннеля, что является, по-видимому, следствием расстройств стыков блоков, вызванных воздействием подвижного состава метро.

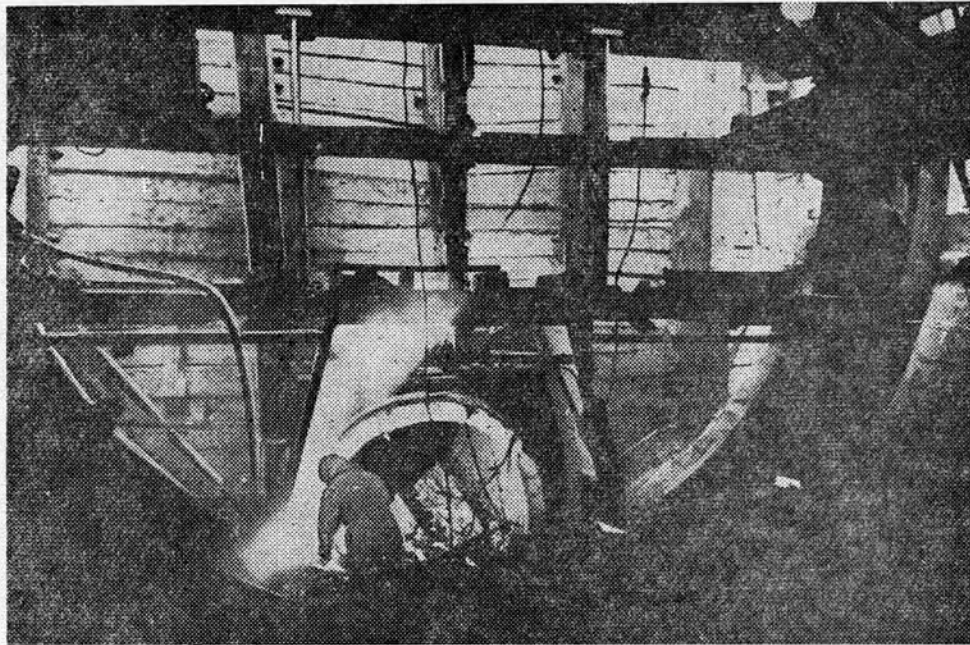
Следует создавать эффективные конструкции для пересечения размывов и подобных им тяжелых инженерно-геологических условий. В настоящее время эти конструкции далеки от совершенства.

Наметившаяся в последние годы четкая прогрессивная тенденция к строительству новых метрополитенов в основном мелкого заложения требует постановки исследовательских и проектно-конструкторских работ по созданию проходческого оборудования и конструкций обделок для мелкого заложения закрытого способа, обеспечивающих проходку с минимальными осадками. □

## Строится Серпуховский радиус



Монтаж силовой установки агрегата КМ-35 для продавливания (СМУ-10).



Работы в камере продавливания перегонных тоннелей под насытью Автозаводского путепровода (СМУ-10).



## РОСТ ОБЪЕМОВ ВОДОПОНИЖЕНИЯ И ЗАМОРАЖИВАНИЯ

На применении специальных методов работ при строительстве метрополитенов и тоннелей остановился начальник Управления Ю. Прокунин:

— За прошедшее пятилетие коллективом выполнены работы по водопонижению при проходке пяти стволов, более 25 км перегонных тоннелей и

строительстве пяти станций метрополитенов.

Замораживание грунтов производилось при сооружении ствола, семи наклонных эскалаторных тоннелей и более 1,5 км перегонных тоннелей. Начаты работы по замораживанию грунтов на строительстве Серпуховской и Замоскворецкой линий Московского метрополитена.

Таблица 1

Наименование строительства	Общая длина линии, км	Сооружено с применением специальных методов работ			
		водопонижение, км	замораживание, км	Всего	
				км	%
Мосметрострой					
Краснопресненская (2-я очередь) . . . . .	7,5	4,5	—	4,5	60
Рижская . . . . .	8,5	3,4/1 ствол	0,35/1 ствол	3,75	44
Калининская . . . . .	12	1,3/2 ствола	0,45/4 накл. хода	1,75	15
Серпуховская . . . . .	13,6	1,5	0,5	2	15
Замоскворецкая . . . . .	9,5	2,4	0,8	3,2	34
Киевметрострой					
сооружение линии на „Оболонь-1“ . . . . .	6,8	5,2	0,5	5,7	84
Бактоннельстрой					
2-я очередь строительства . . . . .	6,8	1,8/2 ствола	1 накл. ход	1,8	26
Армтоннельстрой . . . . .	5,8	3,1	—	3,1	53
Минскметрострой					
строительство линии в Кривом Роге . . . . .	1,5	—	0,7/1 ствол	0,7	46
Тблтоннельстрой					
линия „Вокзальная“ — „Делиси“ . . . . .	5,8	2,2	1 накл. ход 1 вестиб.	2,2	42,3
Харьковметрострой . . . . .	7,3	3,2	—	3,2	44
Бамтоннельстрой					
Северо-Муйский тоннель . . . . .	15,4	0,9	—	—	5,8

Из приведенных в табл. 1 данных видно, что участки трасс, проходимых с применением специальных методов, составляют от 20 до 80% общей длины строящихся линий метрополитенов.

Наиболее сложным по технологии производства буровых работ, монтажу и эксплуатации погружных насосов оказалось

водопонижение, производимое при строительстве Северо-Муйского тоннеля. В 1977—79 гг. эти работы были выполнены при проходке со стороны восточного портала на участке длиной 400 м.

В 1980 г. коллектив приступил к созданию опытного куста по водопонижению на западном портале в зоне Ан-

гараканского размыва. Опытный куст состоит из шести водопонижительных и десяти гидронаблюдательных скважин, которые предусматривается оборудовать погружными насосами типа ЭЦВ10—63×180. Проектом, разработанным институтом Ленметрогипротранс, планируется на участке длиной 0,5 км пробурить около 100 водопонижительных и гидронаблюдатель-

ных скважин. Эту систему водопонижения необходимо создать в течение 1981—82 гг.

В общей сложности работы по водопонижению составляют от 40 до 60%, а по замораживанию грунтов от 20 до 40% от годового объема специальных методов работ.

В табл. 2 приведены данные объемов специальных методов работ в процентном отношении к годовому объему.

Таблица 2

Наименование Управлений строительства метрополитенов	Годы (процент)				
	1976	1977	1978	1979	1980 (6 месяцев)
Мосметрострой . . . . .	28	35,5	30,2	19,2	15,4
Киевметрострой . . . . .	21,2	22,8	19,5	18,9	14
Армтоннельстрой . . . . .	11,8	12,3	14,8	15,5	19,7
Бамтоннельстрой . . . . .	—	1	5	5,4	5,7
Бактоннельстрой . . . . .	9,9	4,2	11,9	16,4	10,5
Минскметрострой . . . . .	—	—	—	7,8	9,2
Тблтоннельстрой . . . . .	9,8	4,8	0,7	—	0,3
Харьковметрострой . . . . .	—	1	1,2	2,5	4,5
Итого:	80,7	82,9	89,2	85,7	79,3

Наибольший объем буровых работ выполняется при замораживании грунтов, однако по технологии более сложным является бурение водопонижительных скважин.

Особое внимание уделяется совершенствованию технологии производства специальных методов, внедрению новой техники. Так, освоена технология бурения водопонижительных скважин с обратной промывкой на базе отечественных станков типа УРБ-ЗАМ и зарубежных К-2/S-100 (ГДР) и ФА-12 (Румыния). Внедрены легкие иглофильтровые установки типа УЗВМ, разработанные совместно с Харьковским инженерно-строительным институтом.

В области замораживания грунтов широко применяются мобильные холодильные агрегаты типа АМ-220, а также передвижные холодильные станции ПХС-100.

Производственным объединением «Геомаш» разработана и изготавливается установка для горизонтального бурения скважин. Совместно с СКТБ Главтоннельметростроя создается устройство для вибропогружения и виброизвлечения замораживающих колонок и обсадных труб.

В одиннадцатой пятилетке объемы специальных методов будут постоянно возрастать. В 1981 г. начнутся работы по водопонижению в Горьком, Свердловске, по замораживанию грунтов в Днепропетровске.

Для успешного и качественного выполнения предстоящих работ необходимо:

разработать, изготовить и провести испытания опытного образца установки для бурения водопонижительных скважин с обратной промывкой с учетом производства работ в городских условиях;

## На секции технического совета— актуальные вопросы метро- и тоннелестроения

модернизировать установку наклонного бурения ТУНБ-150 и наладить их серийный выпуск;

продолжить проектирование и изготовление опытных образцов устройств по вибропогружению и виброизвлечению замораживающих колонок и обсадных труб, а также для бурения и сооружения буронабивных свай при креплении котлованов;

провести опытное бурение горизонтальных скважин под замораживающие колонки;

создать приборы контроля за сплошностью ледограунтового ограждения, замеров искривления скважин, температуры в скважинах;

подготавливать проекты на участки трасс, сооружаемых с применением специальных методов, за 1-1,5 года до начала их строительства. □

### ПРОИЗВОДСТВО ОСНАСТКИ ДЛЯ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

О повышении качества сборных железобетонных изделий и совершенствовании оснастки для их изготовления сообщил инженер СКТБ Главтоннельметростроя **В. Голубов:**

— В предстоящей пятилетке около 75% перегонных и 90% станционных тоннелей предполагается соорудить из сборных железобетонных конструкций, качество которых в значительной степени определит качество будущих сооружений. Оно зависит от следующих основных факторов:

уровня типизации и технологичности конструкций на стадии проектирования;

влияния технологических факторов изготовления;

условий транспортирования, монтажа и эксплуатации.

Метрогипротрансом разработана основная номенклатура типовых сборных железобетонных конструкций для станционных и перегонных тоннелей (ТС-96; ТС-107÷111; ТС-114).

Увеличение количества организаций, проектирующих метрополитены (Метрогипротранс, Ленметрогипротранс, филиалы Кавгипротранс и Армгипротранс), ухудшило координацию конструктивных решений сборных железобетонных конструк-

ций и привело к увеличению их номенклатуры.

Опыт внедрения крупногабаритных конструкций для открытого способа работ показывает, что недостаточная технологичность отдельных элементов при изготовлении сдерживает их внедрение.

Технологические факторы заводского производства: конструкция и качество форм, подготовка оснастки к формованию, смазка форм, изготовление арматуры, укладка арматурных элементов в формы, состав бетонной смеси, приготовление бетонной смеси, формование изделий, тепловая обработка — непосредственно связаны с такими параметрами качества изделий, как геометрические размеры, прямолинейность, качество поверхностей, объемная масса бетона, масса изделий, прочность бетона, несущая способность конструкций, защитный слой бетона, соответствие монтажных петель проекту, наличие трещин.

Разрабатываемое СКТБ оборудование направлено на создание оптимальных условий формирования качества железобетонных конструкций на всех технологических операциях по их изготовлению. К чи-

слу наиболее крупных из выполненных разработок можно отнести:

виброплощадки ударные вертикальные УВ-10 и УВ-20 грузоподъемностью 10 и 20 т;

бетоноукладчики с дозирующими устройствами для двухместных форм с низкими бортами;

автоматические захваты — распалубчики для обделки закрытого и открытого способа работ.

В 1981 г. будут изготовлены станки и кондукторы для гнутья арматурных сеток и сборки каркасов, кантователи, пакетировщики.

Большой объем работ выполняется по созданию форм, отсутствие которых до последнего времени сдерживало внедрение новых типовых крупногабаритных элементов. При этом впервые в практике разработаны формы с упруго работающими элементами — с упругими и отжимными бортами, с пружинящими стенками, с гибким поддоном. Такие формы имеют более высокую жесткость, исключают утечки цементного теста в результате неплотного примыкания бортов к поддону, улучшают внешний вид изделий.

Разрабатывается оснастка и оборудование, которые позволят повысить точность геометрических размеров блоков

обделок тоннелей, сооружаемых закрытым способом.

В XI пятилетке в организациях Главка будет работать 13 заводов сборных железобетонных конструкций с общей годовой производительностью около 400 тыс. м<sup>3</sup>. При таких объемах организация специального производства оснастки для выпуска сборного железобетона представляется безусловно необходимой.

Одним из важнейших направлений улучшения качества железобетонных конструкций является повышение уровня заводской готовности сборных элементов. В этой связи при открытом способе работ предпочтение должно отдаваться объемным конструкциям. Положительный опыт внедрения цельносекционной обделки с заводской гидроизоляцией показывает большие возможности этого направления. СКТБ разработан «Комплект оборудования для гидроизоляции цельносекционной обделки в заводских условиях с использованием утяжеленных рулонных материалов», который позволит механизировать этот процесс.

Строгое соблюдение технологических приемов при транспортировании, складировании и монтаже сборных железобетонных конструкций позволяет сохранить их качество. □

### ПРОГРАММА ТЕХНИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ СТРОЕК

Новое горнопроходческое оборудование для строительства тоннелей и метрополитенов в нашей стране — тема выступления главного инженера СКТБ Главтоннельметростроя **В. Ходоша:**

— В X пятилетке, — сказал он, — были созданы и применены высокопроизводительные горнопроходческие комплексы. На строительстве метрополитенов успешно использовались механизированные комплексы Ясиноватского машиностроительного завода — КТ1-5,6 (в Ленинграде при

проходке перегонного тоннеля с обделкой, обжатой в породе, им достигнута скорость 1070 пог. м в месяц) и ТЩБ-7 (в Горьком при проходке перегонного тоннеля с монолитно-прессованной бетонной обделкой пройдено 134 пог. м в месяц); Московского механического завода — КМ-24.0 (в Киеве развита скорость сооружения перегонного тоннеля со сборной железобетонной обделкой 200 пог. м в месяц) и КМ-19 (в Минске и Горьком — на строительстве перегонных тоннелей с обдел-

кой, обжатой в породу, получен результат 164 пог. м в месяц. Кроме того, применялись немеханизированные проходческие комплексы КМ-34, КМ-14ГП, КМ-35М (агрегат для продавливания).

На сооружении горных тоннелей работали КМ-15ГП, щит  $\varnothing$  8,5 м (Северо-Муйский и Лысогорский тоннели), щит  $\varnothing$  9,5 м (Севанский автодорожный тоннель), буровые агрегаты ПБА-1 (Меградорский тоннель), пневмобетоноподатчик ПБУ-5А емкостью 0,5 м<sup>3</sup>, секционные переставные опалубки МО-18 и МО-21 и др.

Шесть опытных образцов основного горнопроходческого оборудования (КМ-35М, КМ-24.0 со щитом ЦМР-1, КТ1-5,6, КМО 2x5, ПБА-1 и ПБН-3) приняты к серийному производству. Ведутся приемо-испытания агрегата для сооружения перегонных тоннелей буровзрывным способом с машинным обуриванием забоя (АБТ-5,5).

Впервые по намеченной программе оснащения строительных управлений Главка новой горнопроходческой техникой до начала следующей пятилетки разработана конструкторская документация и ведется подготовка производства на заводах-изготовителях. По некоторым темам, намеченным к серийному выпуску в XI пятилетке, уже испытаны опытные или экспериментальные образцы. Намечается тенденция к увеличению доли Ясиноватского машиностроительного завода Минтяжмаша в изготовлении образцов новой техники для метростроения. В соответствии с конструкторской документацией, разрабатываемой СКТБ Главтоннельметростроя и СКБ Ясиноватского машиностроительного завода, в 1981—1985 гг. планируется внедрить на строительстве перегонных тоннелей щит КТ-5,6Д2 со сменным исполнительным рабочим органом (экскаваторным для проходки в песчаных и глинистых породах и фрезерным стреловым для устойчивых пород прочностью 80—500 кгс/см<sup>2</sup>); ТЩФ-1 с формующей опалуб-

кой и челюстными машинами; КТ-5,6Б2 с телескопическим экскаваторным органом (для пород с включениями гравийно-галечных отложений и валунов); КТ1-5,6М с роторным модернизированным органом (скорость сооружения тоннелей — 500 м/мес.). Предусмотрено создание комбайна КТ2-5,6 на базе 4ПП-2 с удлиненной стрелой, подвижным укладчиком и резервной установкой для машинного обуривания, а также внедрение буровой автономной установки БУР-2Б; комплекса для продавливания тоннелей промежуточными домкратными установками и др.

Для возведения станций предполагается изготовление самоходного комбайна со шнековым исполнительным органом для разработки калоттной прорези при сооружении односводчатых конструкций в устойчивых породах. Сооружение стен односводчатых станций открытого способа будет вестись при помощи самоходных металлоконструкций с навесными внутренними опалубочными устройствами. На мелком заложении предусмотрен шахтный комплекс с наклонными подъемниками и погрузкой материалов в нерасцепленные составы (производительность — до 90 подъемов в час).

Среди нового проходческого оборудования на трассах горных тоннелей следует выделить щиты со сменными исполнительными органами для проходки в скальных породах прочностью до 500 кг/см<sup>2</sup>; полущит шандорный с экскаваторными исполнительными органами, дуговой укладчик сборной обделки свода и др.

В предстоящей пятилетке намечается провести испытания не менее 14 образцов новой техники, что в два раза больше, чем в предыдущей.

Внедрение новых машин будет способствовать увеличению максимальных и средних темпов строительства тоннелей и уменьшению трудоемкости основных проходческих работ.

## НАРАЩИВАТЬ МОЩНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БАЗЫ

Перспективы развития производственной базы Главка в XI пятилетке осветил зам. начальника Главтоннельметростроя В. Полозов:

— В оргтехмероприятиях, направленных на развитие собственной производственной базы, предусматривается увеличение выпуска продукции на действующих предприятиях за счет их реконструкции, технического перевооружения, внедрения передовой технологии, а также строительство новых заводов.

На сегодняшний день темпы роста выпуска промышленной продукции значительно отстают от темпов роста строительномонтажных работ. Так, в 1976—1979 гг. рост программы строительномонтажных работ увеличился на 2,5%, а выпуск продукции промышленными предприятиями по Главку составил 32% за тот же период.

Заводами ЖБК в целом изготавливается 230 тыс. м<sup>3</sup> сборного железобетона и 400 тыс. м<sup>3</sup> товарного бетона ежегодно. Сейчас этих объемов уже недостаточно, чтобы обеспечить потребности метро- и тоннелестроения.

Дефицит в железобетонных изделиях возник из-за того, что во вновь созданных строительных подразделениях (Новосибирск, Горький, Куйбышев, Свердловск) заводов ЖБК пока нет и темпы их строительства явно недостаточны.

Возросшую потребность в сборном железобетоне вынуждены покрывать за счет получения ж.-б. конструкций от предприятий городов и республик и от действующих заводов других метростроев, которые не всегда имеют возможность выполнить заказы новых строек.

В связи со спецификой строительства метрополитенов, их уникальностью, номенклатура железобетонных изделий отдельных заводов достигает 300 и более наименований. Это не позволяет наладить массовое серийное производство из-за частой перестройки технологии

производства, требующей большого количества форм и оснастки.

Другая сдерживающая причина в том, что проектирование новых линий ведется без увязки с возможностями нашей промышленности. В проектах закладываются конструкции, выпускаемые одним из действующих заводов (горьковские станции из московских и харьковских конструкций, перегоны в Куйбышеве — из ЦСО) без учета возможности их поставки.

Предприятия Мосметростроя в связи с загрузкой на собственные нужды не смогли обеспечить в текущем году поставку железобетонных изделий на строительство Горьковского метрополитена. ЦСО не транспортабельна по железной дороге, а заводы в Куйбышеве не имеют форм для их изготовления.

Проводимая сейчас работа по перестройке наших заводов на выпуск новых прогрессивных конструкций из укрупненных элементов по новым ТС позволит значительно уменьшить номенклатуру изделий и соответственно увеличить их выпуск, осуществлять единую техническую политику в развитии завода ЖБК, а также проводить кооперированные поставки внутри отрасли.

В настоящее время для изготовления одних и тех же изделий каждый завод имеет принципиально различные технологии, что затрудняет проведение единой технической политики.

Созданным в Главке СКТБ разрабатывается единое направление в развитии заводов ЖБК. Организован отдел, занимающийся проектированием форм и оснастки для железобетонного производства. Издан альбом ж.-б. конструкций, используемых в метростроении, и оснастки для их изготовления, разрабатываются типовые технологические линии: закончено проектирование оснастки для выпуска укрупненных элементов станций открытого спо-

соба работ по типовому проекту ТС-109.

Действующими заводами ЖБК (Черкизовский Мосметростроя, Харьковметростроя) составлены планы технического перевооружения, реконструкции и расширения. Предусмотрено в XI пятилетке строительство новых заводов ЖБК в Минске, Горьком, Куйбышеве, Свердловске, Новосибирске и Ташкенте.

Важная задача — организовать изготовление форм и оснастки для оснащения новых заводов и замены устаревших, не отвечающих современным требованиям, на действующих предприятиях. Качество применяемых в настоящее время форм и оснастки крайне неудовлетворительно. Например, отклонения по длине форм кольцевой обделки на некоторых заводах достигает  $\pm 10$  мм.

Централизованное изготовление форм и оснастки, намечаемое на одном из предприятий Главка, позволит значительно улучшить их качество.

Что касается выпуска горнопроходческого и нестандартизированного оборудования, механические, ремонтно-механические предприятия, КЭПРО изготавливают его в единичных экземплярах, по различным технологиям и соответственно с различным качеством. А производственная мощность существующих предприятий не позволяет обеспечить потребности строительных организаций в полной мере.

Планом развития промышленных баз строительных организаций в XI пятилетке преду-

сматривается ввод ремонтно-механических заводов в Новосибирске, Минске, Свердловске, Куйбышеве.

Необходимо в кратчайшие сроки разработать научно обоснованную программу использования производственных мощностей вводимых предприятий, оптимально решить вопрос оснащения оборудованием с учетом специализации. Так, оснащенность их дорогостоящими универсальными металлорежущими станками не соответствует налаживанию поточного производства.

В связи с увеличением ввода в эксплуатацию новых линий метрополитенов резко возросла потребность строительных организаций Главка в отделочных материалах. Единственный завод по обработке плит из естественного камня (Черкизовский завод ЖБК Мосметростроя) производит в год 18 тыс. м<sup>2</sup> гранита и 46 тыс. м<sup>2</sup> мрамора. В настоящее время институт «Союзгипронеруд» выполняет технико-экономическое обоснование строительства камнеобрабатывающего цеха в Новосибирске по производству 60 тыс. м<sup>2</sup> мраморных и 30 тыс. м<sup>2</sup> гранитных плит в год, а также разработке карьера по добыче мрамора в Новосибирской области производительностью 5 тыс. м<sup>3</sup> блоков в год на базе Петеневского месторождения.

Необходимыми пиломатериалами будет обеспечиваться стройбаза Малашуйского лестранхоза в Архангельской области производительностью до 100 тыс. м<sup>3</sup> древесины. □

увеличилась на 33%, а механизированность труда — на 39%.

Невыполнение заданий по росту производительности труда объясняется совокупностью различных причин как непосредственно зависящих от производственно-хозяйственной деятельности строительных организаций, так и не зависящих от них. Значительное влияние на рассматриваемый показатель оказывают сметные и плановые вопросы, трудовая дисциплина, организация снабжения и т. д. Остановлюсь только на вопросах комплексной механизации, внедрении новых машин, конструкций и прогрессивной технологии.

Увеличение количества механизированных щитов, способствующее повышению скоростей проходки перегонных тоннелей метрополитенов, не дает большого эффекта в вопросах сокращения строительных сроков и значительного снижения затрат, так как критический путь, определяющий наибольшие величины этих показателей, проходит через стационарные комплексы, время строительства которых зачастую практически совпадает со временем сооружения всей линии метрополитена. (Здесь работы начинаются с выселения жильцов и освоения стройплощадок и заканчиваются благоустройством территории. Именно на станциях наблюдается наибольшее сосредоточение ручного труда).

Несмотря на высокий уровень механизации основных проходческих операций, не решена еще проблема тяжелых и трудоемких вспомогательных процессов. Существующие и разрабатываемые машины и механизмы еще не охватывают комплексно всего разнообразия работ. Так, трудоемкость сооружения притоннельных выработок составляет 20—30% от трудозатрат на строительство перегонных и станционных тоннелей, а ручной труд — до 80%. Даже при механизации проходки перегонных тоннелей удельный вес ручного труда здесь еще равен 45—50% при закрытом способе и до 65% при открытом (30—35% всех трудо-

вых затрат составляют гидроизоляционные работы). При укладке пути в тоннеле ручной труд составляет 98%. Совершенно не механизированы архитектурно-отделочные процессы.

Велики еще затраты ручного труда при возведении прямоугольных обделок из монолитного бетона, а также служебных помещений, сооружений большого количества мелких межтоннельных выработок, на погрузочно-разгрузочных работах, прокладке и перекладке инженерных коммуникаций.

Хочется еще раз напомнить, что производительность труда у нас определяется не как производство каких-либо натуральных показателей в единицу времени, а как отношение стоимостной выработки в рублях к такой же выработке за предыдущий период. Однако большую часть этого показателя составляет стоимость материалов, участвующих в строительном производстве (образно говоря, строители прошлый, ранее овеществленный труд привязывают к земле). Последнее сглаживало недостатки в организации строительства.

В XI пятилетке предусмотрен переход к планированию производительности труда в строительстве по нормативной условно-чистой продукции, более точно отражающей изменения в трудозатратах.

По подсчетам ЦНИИСа, удельный вес нормативно-чистой продукции в составе сметной стоимости строительства равен 45%, остальное — прошлый труд, в основном стоимостью материалов, которая теперь не будет влиять на производительность труда и нормативный фонд зарплаты. Недостатки в организации производства будут еще более обнажаться. Их станет невозможно компенсировать материалоемкими работами.

Более половины сметной стоимости строительства, падающей на нормативную условно-чистую продукцию, приходится на такой элемент затрат, как эксплуатация машин и механизмов. Причем, учитываются не только зарплата по этому эле-

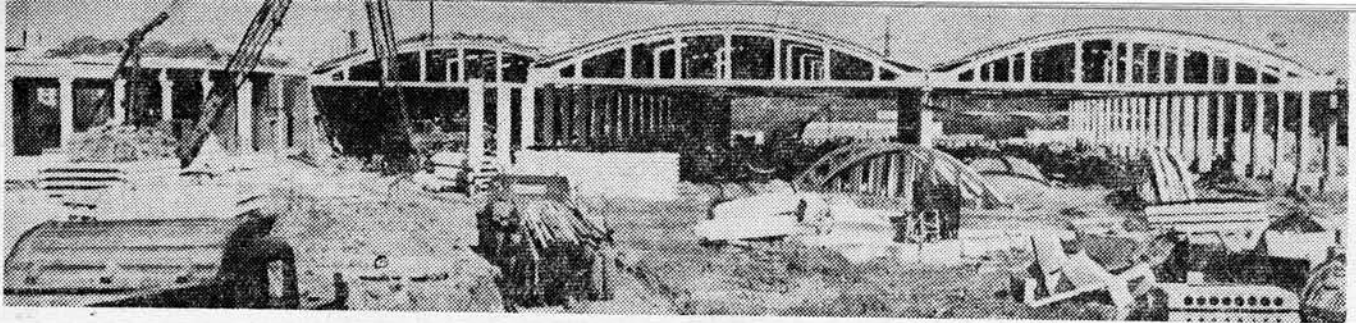
## ПЛАНИРОВАТЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА ПО ЧИСТОЙ ПРОДУКЦИИ

Пути повышения производительности труда в метро- и тоннелестроении в XI пятилетке рассмотрел начальник технического отдела Главтоннельметростроя Ю. Абрамов:

— Фактический рост производительности труда в метро- и тоннелестроении за 1976—1979 гг. составил всего 2,3%.

Стоимостная годовая выработка выросла за это время лишь на 103 руб. Выполнение годового плана по ценностной выработке в 1980 г. будет способствовать росту производительности труда в X пятилетке на 7%.

При этом следует отметить, что за пятилетие механизированность строительства у нас



СТРОИТСЯ СЕРПУХОВСКИЙ РАДИУС. Строительство электродепо «Варшавское» (СМУ-13).

менту, но и расходуемые материалы и амортизация машин и механизмов. Таким образом, стимулируется выполнение всех работ, осуществляемых при помощи машин и механизмов. Иначе говоря, не вся трудоемкая работа будет выгодна для выполнения плана, а в основном та, которая производится машинами и механизмами (но не фактическая, а предусмотренная проектно-сметной документацией).

Исходя из сказанного, вырисовываются два направления, способные обеспечить заданный рост производительности труда по рассматриваемому фактору:

разработка и внедрение машин и механизмов для всей но-

менклатуры работ метро- и тоннелестроения, а не только для основных горнопроходческих работ;

включение в расценки и сметы разработанных высокопроизводительных машин и механизмов.

Это позволит решить вопросы роста производительности труда при условии эффективного использования всего комплекса машин и механизмов. На повестке дня — разработка ведомственного типажа всех строительных и горнопроходческих машин и механизмов, охватывающих производственный процесс сооружения метрополитенов и тоннелей в целом.

□

## АСУ ТП

Программу автоматизации технологических процессов и управления в тоннелестроении на 1981—1985 гг. наметил инженер СКТБ Главтоннельметростроя М. Зиновьев:

— Базой для создания и внедрения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП), автоматизированных систем организационно-технического управления строительством тоннелей, а также совершенствования управления в метростроительных трестах должны стать разработки, выполненные Главтоннельметростроем совместно с ЦНИИСом с 1973 по 1980 г.

В XI пятилетке будет закончена разработка и внедрение первой в отечественном тоннелестроении АСУ ТП сооружения перегонных тоннелей метрополитена. Система разрабатывается применительно к условиям строительства метро в Ленинграде с примене-

нием высокомеханизированного комплекса на базе тоннельного комбайна КТ1-5,6. Первая ее очередь включает автоматизацию следующих элементов технологического процесса: разработка, погрузка и электровозная откатка породы, а также сборка обделки и ведение щита по трассе. После завершения в 1981 г. рабочей документации начнутся работы по комплектации и монтажу системы, а также по подготовке к ее внедрению. В дальнейшем планируется развить ее до объема второй очереди с включением функций автоматизированного управления вертикальным транспортом и поверхностным комплексом. Результатом явится создание АСУ ТП, охватывающей важнейшие элементы процесса сооружения перегонного тоннеля и координирующей работу всех агрегатов комплекса.

Будут продолжены совме-

стные работы СКТБ Главтоннельметростроя и Ясиноватского филиала института «Гипромашобогатение» по модернизации тоннельного комбайна КТ1-5,6, направленные на повышение надежности, уровня механизации и готовности комбайна к автоматизации. Участие специалистов по АСУ ТП позволит внедрить экспериментальный образец системы на комплексе КТ1-5,6 и приступить к разработке промышленного образца для комплекса на базе комбайна КТ1-5,6 М.

Важным направлением работ по развитию АСУ явится решение вопросов взаимодействия управления технологическими процессами с системой более высокого уровня — автоматизированной системой организационного управления строительством. Планируется также внедрение автоматизированной системы оперативно-диспетчерского управления (ОДУ) строительством горного тоннеля. Основные задачи, связанные с развитием ОДУ БАМ, — освоение комплекса диспетчерских средств, совершенствование организационной структуры управления строительством в условиях функционирования системы. Будут внедряться и автономное решение на ЭВМ, установленной в Нижнеангарске, ряд организационно-экономических задач и разрабатываться системы связи вычислительного комплекса диспетчерских средств. При полном освоении осуществится развитие диспетчерское управление, своевременный учет работы и состояния оборудования, а также решение задач, связанных с оперативным распределением ресурсов. Достаточно мощная ЭВМ на Бамтоннельстрое позволит поставить вопрос о разработке там АСУ строительством тон-

нелей, информационным центром которой станет система ОДУ.

Дальнейшая автоматизация технологических процессов в тоннелестроении не только обеспечит повышение производительности и удешевление строительства, но и приведет к положительным изменениям социального характера, позволяя сократить число людей, занятых на подземных работах, повысить долю квалифицированного труда, способствуя решению проблемы кадров.

Особенности производственной деятельности общестроительных и специализированных трестов и управлений строительством, влияющие на состав АСУ, показывают, что специфика условий функционирования метростроев позволит отнести их к группе однородных организаций в смысле подготовки и внедрения АСУ. Признано целесообразным выполнить соответствующие проектные работы по созданию унифицированного автоматизированного блока управления в метростроении. Это позволит, с одной стороны, снизить трудоемкость проектных работ, а с другой — обеспечить общность технических решений, необходимую для агрегирования отдельных АСУ в единую отраслевую систему. Кроме того, переход к типизации проектных решений резко сократит сроки освоения новых методов управления, а следовательно и окупаемость связанных с этим затрат.

Унифицированный автоматизированный блок управления после привязки к конкретным условиям того или иного метростроя, выполненной на стадии рабочего проекта, может служить основой создания первой очереди АСУ на каждом метрострое. □

# Поздравляем юбиляров



Известному строителю подземных сооружений **Николаю Михайловичу Эсакия** исполнилось **75 лет**.

За длительный период трудовой деятельности Н. М. Эсакия поручались самые различные по характеру и масштабности объекты.

Большая семья московских метростроителей, которая готовится отметить свое пятидесятилетие, по праву называет Н. М. Эсакия в числе первопроходцев Московского метро. На этой стройке, участвуя в сооружении станций «Лермонтовская», «Маяковская», «Новокузнецкая», других подземных объектов, Николай Михайлович Эсакия прошел путь от сменного инженера до начальника управления, вырос в крупного специалиста и организатора строительства подземных сооружений.

Учитывая знания, опыт и организаторский талант инженера Н. М. Эсакия, Совет Народных Комиссаров поставил его с первых дней Великой Отечественной войны во главе

строительства ряда крупных объектов.

В 1945 г. Н. М. Эсакия назначается заместителем начальника Главного управления Министерства путей сообщения, а позже заместителем начальника Главного управления Министерства транспортного строительства.

С 1964 г. начинается новый этап в трудовой биографии Н. М. Эсакия — работа на строительстве первой очереди Тбилисского метрополитена.

В 1969 г. ЦК КП Грузии предложил Н. М. Эсакия возглавить строительство Ингурской ГЭС. С присущей ему энергией он решал производственно-технические проблемы для своевременного пуска в эксплуатацию гидроэлектростанции.

С 1974 г. Н. М. Эсакия работает главным технологом Тблтоннельстроя.

Министр транспортного строительства тов. И. Д. Соснов направил инженеру Эсакия Николаю Михайловичу приветствие:

«В связи с Вашим семидесятипятилетием поздравляю Вас, как видного специалиста в Советском Союзе по строительству подземных сооружений.

За успешное выполнение ряда первостепенных государственных заданий в намеченные сроки Вы награждены высокими правительственными наградами: тремя орденами Ленина, орденами «Отечественной войны» первой степени, Трудового Красного Знамени, «Знак Почета», медалями «За оборону Москвы», «За доблестный труд в Великой Отечественной войне» и другими наградами. Вам присвоено звание Героя Социалистического Труда.

За большие заслуги перед государством Вы удостоены звания лауреата Государственной премии СССР первой степени. Вам присвоено звание лауреата Ленинской премии.

Вы носите также звание заслуженного инженера Грузинской ССР. Дважды награждены Почетной грамотой Верховного Совета Грузинской ССР.

За период трудовой деятельности Вы принимали активное участие в общественной жизни, избирались в партийные и государственные органы, являлись делегатом XXIV съезда КП Грузии и XXIV съезда КПСС.

Дорогой Николай Михайлович! Отмечая огромную Вашу заслугу перед Родиной, партией, государством, желаю Вам доброго здоровья и долгих лет жизни».

\* \* \*



Видному деятелю советской науки и техники **Автандилу Парменовичу Даушвили** исполнилось **60 лет**.

Человек пытливого ума, с отличием окончивший в 1947 г. факультет «Мосты и тоннели» ТБИИЖТа, он с первых шагов трудовой деятельности на строительстве Черноморских железнодорожных тоннелей сочетает практическую работу с научными исследованиями.

Проходя в 1950—1953 гг. аспирантуру в АН Грузинской ССР, а затем в ЦНИИСе, защитил в 1954 г. кандидатскую диссертацию, а в 1972 г. — докторскую.

На протяжении многих лет доцент, а затем профессор А. П. Даушвили заведует кафедрой «Тоннели и метрополитены» Государственного политехнического института имени В. И. Ленина в Тбилиси.

Под его руководством разработан и внедрен в производство метод гидроизоляции тоннелей, сооружаемых закрытым способом с применением эпоксидных компаундов.

А. П. Даушвили является автором более 60 научных трудов и учебников. Наиболее значительная его работа — матричная форма расчета тоннельных обделок, которая получила широкое распространение не только в нашей стране, но и в странах социалистического содружества.

Много творческой энергии и активности вкладывает Автандил Парменович в дело подготовки высококвалифицированных инженерных кадров. Под его руководством защитили кандидатские диссертации многие молодые специалисты.

Научные и общественные организации желают А. П. Даушвили крепкого здоровья и новых творческих успехов.

## ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС САЛОНА ВАГОНА С ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ

**О. ТЮРИНА, А. ШУСТЕР,**  
инженеры

ОДНА из важнейших составляющих комфорта для пассажиров метрополитена — температурный режим в вагонах. При анкетировании, проведенном ВНИИЖТ МПС зимой и весной, свои теплоощущения в вагоне 24,3% пассажиров оценили «жарко» и всего 1,1% «холодно». Следовательно, даже в холодный период значительная часть пассажиров считает температуру воздуха в вагоне слишком высокой.

Таким образом, превышение температуры воздуха в вагоне над температурой в тоннелях и на станциях, вызванное теплопоступлениями от пассажиров и работы оборудования, следует рассматривать как фактор, отрицательно влияющий на комфорт. В связи с этим представляет интерес количественная оценка ожидаемого превышения температуры, которая может быть получена из уравнения теплового баланса, и влияние на него количества воздуха, подаваемого вентиляцией. Расчеты выполнены для современного вагона метро с принудительной вентиляцией и люминесцентным освещением.

Уравнение теплового баланса имеет следующий вид:

$$Q_{\text{обор.}} + Q_{\text{пасс.}} - Q_{\text{огр.}} - Q_{\text{инф.}} - Q_{\text{вент.}} = 0,$$

где  $Q_{\text{обор.}}$  — теплопритоки от подвагонных источников и работающего в салоне электрооборудования;

$Q_{\text{пасс.}}$  — то же от пассажиров;

$Q_{\text{огр.}}$  — теплопотери через ограждения кузова;

$Q_{\text{инф.}}$  — то же от инфильтрации воздуха через двери;

$Q_{\text{вент.}}$  — тепло, уносимое вентиляционным воздухом.

В данном уравнении все члены, кроме  $Q_{\text{обор.}}$ , зависят от перепада между температурами воздуха внутри салона

и окружающей среды. Решено уравнение методом последовательных приближений. Для определенных условий, изложенных ниже, установлено, что тепловой баланс имеет место при температурном перепаде  $\Delta t = 4,3^\circ$ .

Рассмотрим составляющие, основные исходные данные и допущения, принятые при решении уравнения теплового баланса.

**Теплопритоки**  $Q_{обор.}$  равны сумме мощностей постоянно работающих в салоне электроотребителей (вентиляторов и электроламп системы люминесцентного освещения) и того количества тепла, которое поступает через конструкцию пола от работы подвагонного оборудования. Теплопритоки от работы двигателей вентиляторов равны суммарной потребляемой ими мощности, т. е.  $Q_{вент.} = \Sigma N_{вент.}$ , где  $\Sigma N_{вент.}$  — суммарная мощность, потребляемая вентиляторами.

$$\Sigma N_{вент.} = 8 \cdot 0,29 = 2,32 \text{ кВт.}$$

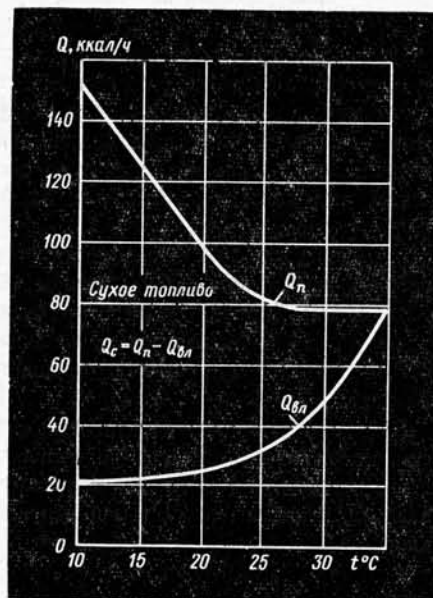
Величина теплопритоков от работы подвагонного электрооборудования и системы люминесцентного освещения (определена экспериментально) составляет 3600 Вт.

Таким образом,  $Q_{обор.} = 5900$  Вт.

**Теплоприток от пассажиров**  $Q_{пасс.}$  — одна из наиболее трудно определяемых составляющих теплового баланса вагона. Их величина зависит от двух переменных — количества пассажиров в салоне и количества тепла, выделяемого одним человеком. Последнее, в свою очередь, зависит от таких факторов, как температура окружающего воздуха и условия пребывания. Будем считать, что количество пассажиров в вагоне не меняется и номинальное наполнение составляет 187 человек. Это соответствует числу сидящих плюс стоящие пассажиры из расчета 5 человек на  $1 \text{ м}^2$  свободной площади пола.

При большой скученности теплоотдача лученспусканием, составляющая в обычных условиях  $\sim 45\%$  от общего тепла, выделяемого человеком, почти прекращается, и он выделяет меньше тепла и больше влаги. При этом вентилируемый воздух не проникает между людьми, а только частично соприкасается с наружной поверхностью тела человека. Выделяемая влага в значительной части впитывается в одежду и покрывает влажной пленкой тело. Испарение ее происходит, когда человек попадает в более благоприятные условия. Поэтому для помещений с большой скученностью людей расчет тепловыделений рекомен-

дуется производить только по сухому теплу в соответствии с графиком, приведенным на рисунке.



Если принять для Мосметрополитена температуру воздуха в тоннелях и на станциях  $25^\circ$ , то при определенном перепаде —  $4,3^\circ$  соответствующая величина внутри вагона будет равна  $29,3^\circ$ .

В этих условиях количество сухого тепла, выделяемого одним пассажиром, составляет 36 Вт и теплопритоки (при принятой населенности вагона 187 человек) будут равны  $Q_{пасс.} = 6700$  Вт.

**Теплопотери через ограждения кузова**  $Q_{огр.}$  определяются по формуле:

$$Q_{огр.} = K \cdot F \cdot \Delta t = 4300 \text{ Вт,}$$

где  $K$  — коэффициент теплопередачи ограждений кузова в условиях движения,  $K = 1,45 \text{ Кст.}$ ;

$K_{ст.}$  — то же для стационарных условий,  $K_{ст.} = 3,89 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$ ;

$F$  — среднегеометрическая поверхность ограждений кузова для рассчитываемого вагона,  $F = 176,56 \text{ м}^2$ ;

$\Delta t$  — перепад температур воздуха внутри и снаружи вагона,  $\Delta t = 4,3^\circ \text{С}$ .

**Теплопотери от инфильтрации воздуха**  $Q_{инф.}$  находятся в прямой зависимости от перепада между температурами воздуха внутри и снаружи вагона и от частоты и продолжительности открывания дверей. Инфильтрация через небольшие неплотности ограждений в данном случае не учитывается, так как при работающей системе принудительной вентиляции и образующем при этом подпоре воздуха наружный воздух че-

рез эти неплотности внутри вагона практически не поступает. Теплопотери  $Q_{инф.}$  рассчитываются по формуле:

$$Q_{инф.} = m \cdot M \cdot \Delta t \cdot C_v \cdot \tau,$$

где  $m$  — количество открытых дверей;  
 $M$  — масса воздуха, участвующего в теплообмене в течение секунды, кг/с;  
 $C_v$  — его удельная теплоемкость, Дж/кг К;  
 $\tau$  — время в секундах, в течение которого открыты двери вагона; принимается равным 500 с в час.

Масса воздуха, участвующая в воздухообмене, равна  $M = 0,168$  кг/с, следовательно,  $Q_{инф.} = 400$  Вт.

**Теплопотери за счет тепла, уносимого вентиляционным воздухом**,  $Q_{вент.}$  зависят от количества воздуха и разности температур наружного воздуха и внутри вагона. Величина  $Q_{вент.}$  рассчитывается по формуле:

$$Q_{вент.} = L \cdot \gamma_v \cdot C_v \cdot (t_v - t_n),$$

где  $L$  — количество подаваемого в вагон воздуха,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$\gamma_v$  — плотность воздуха,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$C_v$  — удельная теплоемкость воздуха, Дж/кг К;

$t_v$  — температура воздуха внутри вагона,  $^\circ\text{С}$ ;

$t_n$  — температура наружного воздуха,  $^\circ\text{С}$ .

Величина теплопотерь  $Q_{вент.}$ , рассчитанная по этой формуле, равна 7900 Вт.

В целях проверки полученных данных в апреле-мае 1979 года на Кольцевой линии Московского метрополитена при обычной эксплуатации в час «пик» были проведены теплотехнические испытания вагонов метро, оборудованных системой принудительной вентиляции.

В процессе двух дней испытаний определялись: температура воздуха в салоне, тоннеле, а также выходящего из вентагрегатов, количество пассажиров в вагоне и влажность воздуха в салоне.

В первый день среднечасовое число пассажиров колебалось от 36 до 64 и в среднем составляло 39 человек. При этом в установившемся режиме перепад температур воздуха внутри и снаружи вагона изменялся от  $1,6^\circ\text{С}$  до  $3,1^\circ\text{С}$  и среднее значение достигало  $2,3^\circ\text{С}$ . На второй день испытаний среднечасовое количество пассажиров колебалось от 64 до 110 и среднее значение равнялось 80 чел. Соответственно перепад температур изменялся от  $1,8^\circ\text{С}$  до  $3,4^\circ\text{С}$ , среднее значение составило  $2,7^\circ\text{С}$ . Но даже значительное изменение среднечасового числа пассажиров в вагоне не приводит к заметному увеличению температурного

перепада. Последний зависит от среднего числа пассажиров за весь период испытаний, то есть за четыре часа. Это является следствием большой теплоемкости кузова вагона и высокой кратности воздухообмена, создаваемого приточной вентиляцией и открыванием дверей.

Отсюда вытекает, что тепловой режим в вагоне определяется средним числом пассажиров за длительный период — 3—4 часа, поэтому влияние кратковременного переполнения вагонов в часы «пик» будет значительно сглаживаться. Следовательно, принятое для тепловых расчетов номинальное число пассажиров, равное 187 человек, будет обеспечивать даже некоторый запас при определении температурных перепадов.

На основании данных эксперимента методом наименьших квадратов получена функциональная зависимость температурного перепада от среднего числа пассажиров в вагоне. Она является линейной и имеет вид

$$T = 2,2 + 0,01N,$$

где  $T$  — величина перепада между температурами внутри и снаружи вагона, °С;

$N$  — среднее количество пассажиров в салоне.

Нулевой коэффициент этой функции, т. е. величина 2,2°, соответствует перепаду температур воздуха внутри и снаружи вагона, эксплуатирующегося без пассажиров. Нагрев происходит за счет тепла, выделяемого работающим электрооборудованием.

На основании этой зависимости при среднем заполнении вагона, равном 187 пассажирам, перепад температур будет равен 4°, что приближается к величине 4,3°, полученной при расчете теплового баланса.

В настоящее время единственный способ, позволяющий влиять на величину этого перепада, — изменение количества воздуха, подаваемого системой вентиляции.

Увеличение производительности системы может дать снижение температуры воздуха лишь в определенных пределах. Так, изменение с 1000 м³/ч до 5500 м³/ч снижает перепад температур воздуха почти на 3°. Дальнейшее повышение до 12 000 м³/ч уменьшает этот перепад немногим более, чем на 1°. В то же время такое увеличение производительности вентиляции вызовет и ускорение движения воздушных потоков, что может ухудшить комфортные условия для пассажиров. При этом снижение температуры воздуха в вагоне крайне незначительно.

Следовательно, принятая в вагонах метро производительность вентиляции, равная 5500 м³/ч, обеспечивает значительное снижение температуры воздуха в салоне. В случае необходимости дальнейшего ее понижения должны использоваться другие конструктивные решения, в частности, установки кондиционирования воздуха. □

## ГАШЕНИЕ ВИБРАЦИИ В ТОННЕЛЯХ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ

А. ГОЛОВНИН, д-р техн. наук;

В. ЕЛСУКОВ, канд. техн. наук;

П. ГСЛОВНИН, инженер

МЕТРОПОЛИТЕНЫ мелкого заложения по своим технико-экономическим показателям имеют ряд преимуществ по сравнению с глубокими. Однако при движении поездов в тоннелях мелкого заложения в близлежащих жилых зданиях возникает вибрация, значительно превышающая допустимые нормы. Существует довольно много различных способов ее снижения. Их можно разделить на три группы. Первая — уменьшение вибрации в источнике возникновения («колесо-рельс») с помощью прокладок из резиноподобных материалов между рельсом и шпалой, основанием пути и нижним сводом тоннеля, утяжелением конструкции обделки или изменением ее конфигурации; вторая группа устройств — уменьшение вибрации на пути распространения от боковой поверхности тоннеля до фундамента защищае-

мого здания свайными экранами, траншеями, виброизолирующими стенами в грунте; третья — уменьшение вибрации в защищаемом здании за счет установки фундамента на резиновые амортизаторы, навешивания виброгасителей на стены подвалов, установка ударных гасителей под фундамент и т. д.

Как показали исследования, наиболее эффективный метод — установка резиновых прокладок между основанием пути и нижним сводом тоннеля в совокупности с новыми способами крепления рельсов. Несмотря на очевидные преимущества, строительство подземных линий с резиновыми прокладками обладает рядом недостатков: увеличивается диаметр тоннеля, повышается в 1,8 раза стоимость одного погонного метра, возможен резонанс пути в диапазоне частот от 7—12 гц, сложность проведения ремонта.

На линиях мелкого заложения с обычным бетонным основанием пути на расстоянии между боковой поверхностью тоннеля и фундаментами близлежащих домов в 8—12 м вибрации особенно высоки на частотах 31,5 гц и 63 гц и значительно превышают допустимые нормы. Устройства, предназначенные для снижения вибрации как на пути распространения по грунту, так и в самом защищаемом здании, не дали ожидаемого эффекта. На наш взгляд, это объясняется малым расстоянием от фундамента здания до боковой поверхности тоннеля по сравнению с длиной волны звукового колебания низкой частоты, распространяющейся по грунту. В данном случае процесс не может считаться акустическим, а пассивные устройства рассчитаны именно на волновой характер.

Одна из причин возникновения вибрации — динамическая нагрузка состава на бетонное основание пути. При этом образуются различные по форме изгибные волны, в том числе и такая, длина которой равна длине базы вагона, т. е.  $\lambda = l = 12,6$  м, где:  $\lambda$  — длина волны изгибного колебания бетонного основания пути,  $l = 12,6$  м — длина базы вагона. Основная изгибная волна при движении поезда, распространяясь через грунт с частотой  $f = \frac{C}{\lambda} = \frac{400}{12,6} = 31$  гц, вызывает вибрацию фундаментов близлежащих к линии мелкого заложения зданий, где:  $C = 400$  м/сек — скорость распространения механических колебаний.

В Ленметрополитене совместно с



ВНИИОТ ВЦСПС разрабатывается устройство активного гашения вибрации. В отличие от других оно использует энергию постороннего источника колебаний: с помощью компенсаторов создаются вибрации бетонного основания пути, противоположные по фазе вибрации, возникающей при движении поезда. В результате сложения двух виброколебаний, противоположных по фазе, общий уровень вибрации бетонного основания пути снизится, что приведет в свою очередь к уменьшению его и на фундаментах близлежащих зданий.

Практическое гашение вибрации активным методом осуществляется компактным компенсационным устройством (АКУ). Оно состоит из: задающего и управляющего вибродатчика для приема механических колебаний и преобразования в электрический сигнал, входного усилителя, частотного анализатора, кругового фотовращателя (для поворота фазы сигнала на противоположный) и усилителя мощности (для создания колебаний в электромагнитных компенсаторах в случае гашения вибраций, возникающих на бетонном основании пути).

Новое устройство работает так: при движении поезда в тоннеле появляются колебания бетонного основания пути. Они преобразуются в электрический сигнал задающим вибродатчиком. Последний установлен на бетонном основании пути на расстоянии  $l = v \cdot t$  от первого виброкомпенсатора, где:  $v$  — скорость движения поезда,  $t$  — время, необходимое для приведения в готовность устройства. На выходе вибродатчика при движении поезда возникает переменное напряжение, пропорциональное амплитуде колебаний бетонного основания пути и поступающее на предварительный усилитель. Собранный на полевых транзисторах, он преобразует высокое сопротивление вибродатчика в низкое выходное для согласования с усилителем заряда, позволяющего применять кабели длиной  $l$  без больших потерь полезного сигнала. Анализатор выделяет частоту, на которой максимальный уровень вибрации (в нашем случае на  $f = C/\lambda = 31,5$  гц) и полезный сигнал поступают на вход фазовращателя. Здесь происходит сдвиг фазы на  $180^\circ$  по сравнению с сигналом, поступившим на вход вибродатчика. В многоканальном усилителе мощности происходит усиление сигнала, поступающего далее в виброкомпенсаторы. Они расположены в канаве тоннеля на рас-

стоянии  $\lambda = 12,6$  м, равном длине фазы вагона, и начинают действовать в противофазе по мере подхода поезда. Оптимальный режим работы виброкомпенсаторов наступает только в момент прохода над ними состава. Линии задержки предназначены для переключения групп виброкомпенсаторов по мере прохода всех вагонов и для пропуска полезного сигнала только в момент прохода поезда. Количество виброкомпенсаторов, фазовращателей, линий задержки зависит от длины жилой застройки. Вибродатчик является не только задающим, но и управляющим системой гашения. При удалении поезда от его местоположения амплитуда изгибной волны бетонного основания снизится, что приведет к уменьшению сигнала на входе предварительного усилителя и вызовет закрытие линии задержки. Таким образом последовательно отключатся все группы компенсаторов по мере удаления поезда и начнут работать снова с приближением нового состава.

В Ленметрополитене совместно с ВНИИОТ ВЦСПС разрабатывается также и активное компенсационное устройство для гашения магнитного шума двигателей в моторных вагонах. Непременным условием компенсации или подавления вибрации и шума должна быть антифазность компенсационных и возмущающих сил, что достигается поворотом фазы компенсационного сигнала круговым вращателем. Снижение вибраций корпуса вызовет уменьшение входного сигнала, снимаемого датчиком. В этом физический смысл настройки активного компенсационного устройства (АКУ) на подавление вибрации и шума.

Думается, что изложенный метод активного гашения вибрации и шума является наиболее эффективным для тоннелей мелкого заложения и может быть реализован на линиях с обычным бетонным основанием пути. Вибродатчик, предварительный усилитель и компенсаторы располагаются в тоннеле на бетонном основании пути, а частотный анализатор, фазовращатели, линии задержки, многоканальный усилитель мощности целесообразно смонтировать как небольшой с автоматическим режимом пульт в любом станционном помещении. В настоящее время разрабатывается опытный образец. При лабораторной проверке достигнуто уменьшение вибрации на 15—18 дБ по сравнению с прежними уровнями. □

## Поздравляем юбиляра



**Вениамину Львовичу Маковскому исполнилось 75 лет.** Уже полвека он служит науке метро- и тоннелестроения.

После окончания Ленинградского института путей сообщения в 1928 г. В. Л. Маковский работал на стройках прорабом, старшим инженером, а с 1931 г. его деятельность тесно связана с историей отечественного метростроения. Молодой инженер управления Метростроя и Метростройа внес весомый вклад в проектирование первых линий столичного метро.

С 1954 по 1979 г. В. Л. Маковский заведует лабораторией отделения тоннелей и метрополитенов ЦНИИСа. Под научным руководством профессора, доктора технических наук В. Л. Маковского проведен комплекс научно-исследовательских работ в области метро- и тоннелестроения, и результаты их внедрены в производство. За участие в совершенствовании щитового метода проходки тоннелей, обеспечивающего значительное повышение производительности труда на подземных работах, В. Л. Маковскому присвоено звание лауреата Государственной премии СССР. Он награжден орденами Трудового Красного Знамени, Красной Звезды, «Знак Почета».

В. Л. Маковский ведет большую общественную работу. Он член Ученого совета ЦНИИСа, МАДИ, научно-технического совета Гостроя СССР, секции технического совета НТО ЦНИИС, редакционной коллегии научно-технического сборника «Метрострой».

Ученый совет ЦНИИСа, сотрудники отделения тоннелей и метрополитенов института направили Вениамину Львовичу Маковскому приветствие, в котором, в частности, говорится: «Для специалистов тоннельного профиля Ваше имя стало синонимом этой сложной инженерной области, в становлении, развитии и совершенствовании которой Вам принадлежит почетное место. Вы воспитали достойную смену инженеров и научных работников. Удивительные личные качества благожелательного и чуткого человека, всегда готового поделиться с каждым своими знаниями и богатым жизненным опытом, находят благодарные ответные чувства.

Сердечно поздравляя Вас с юбилеем, от всей души желаем Вам, глубокоуважаемый Вениамин Львович, крепкого здоровья, долгих лет жизни, больших успехов на научном поприще».

Редколлегия «Метростроя» присоединяется к этим теплым поздравлениям в адрес юбиляра.

## КАК СОЗДАВАЛСЯ ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ

А. МОГИЛЕВСКИЙ,  
инженер

**П**ЕРЕД организованным в 1931 г. коллективом Метростроя стояла ответственная задача — запроектировать и построить первую в СССР линию Московского метрополитена. Ее нужно было оснастить всеми необходимыми устройствами, в том числе и подвижным составом, которые бы обеспечили работу метрополитена как транспортного средства с высокой пропускной и провозной способностью при полной безопасности движения.

Однако ни один из видов подвижного состава, существовавших тогда в Советском Союзе, не отвечал основным требованиям метрополитена как по своим характеристикам, так и по габаритам. Появилась необходимость создания новых вагонов.

В Метрострое организовали электротяговый отдел. Его специалисты отчетливо представляли себе всю сложность поставленной задачи не только в части решения технических проблем, но и в организационном плане. Требовалась четкая совместная работа со многими организациями. Перечислю их: завод «Динамо» — генеральный поставщик электрического оборудования, Мытищинский машиностроительный завод — изготовитель механической части подвижного состава, Трансмаш, выпускающий пневматическое оборудование, и др. Кроме того, для разработки и создания отдельных узлов привлекли специализированные предприятия.

Нужно было составить подробное техническое задание. Оно включало в себя не только требования к подвижному составу, но и технические решения по основным принципиальным узлам. Работу передали коллективу электротягового отдела, в состав которого входили инженеры Я. Фишман, Г. Васильев, А. Федотов, И. Новиков, А. Ежов, автор статьи и дру-

гие. Начали с изучения опыта строительства зарубежных метрополитенов. Критические оценки помогли правильно подойти к решению поставленных задач.

Разработка основных характеристик и параметров проводилась комплексно по всем взаимно связанным вопросам: общим принципиальным, определяющим тип подвижного состава и его основные характеристики; планировке и архитектурному оформлению; конструкции механической части; электрическому оборудованию; системе торможения и пневматике.

Результаты нашего труда легли в основу технического задания, по которому создали рабочие чертежи и изготовили вагоны, получившие в дальнейшем название «тип А». Напомню лишь о некоторых общих принципиальных решениях, отраженных в техническом задании. В качестве элементарной тяговой единицы приняли секцию из двух вагонов — моторного и прицепного, что предполагало уменьшение общего количества оборудования (особенно электротехнического), облегчение эксплуатации и увеличение надежности. Составы предусматривались из отдельных секций с управлением из головной кабины по системе многих единиц.

Исходя из перспективных пассажирских потоков, установили, что при максимальном развитии движения потребуются составы из четырех секций, то есть из 8 вагонов. Это легло в основу определения длин платформ станций и размеров вагонного депо.

Питание электроэнергией подвижного состава предусматривалось постоянным током, напряжением в контактной сети 750 вольт. Такую величину с точки зрения электроснабжения при больших нагрузках можно было рассматривать как несколько

заниженную. Но ее приняли как оптимальную из условий целесообразных габаритов подвижного состава, контактной сети, а следовательно, и тоннелей.

Особое внимание уделялось динамическим характеристикам вагонов, поскольку они определяют важную качественную сторону метрополитена — скорости сообщения и эксплуатационную. Они должны были значительно превышать скорости городского наземного транспорта. Требование больших скоростей определило конструкцию и планировку кузова вагона, позволяющую быстро производить высадку и посадку пассажиров, а также конструкцию оборотных тупиков.

Чтобы обеспечить безопасность движения, на вагонах впервые применили автостопное торможение.

Замечу, что работа по созданию подвижного состава шла далеко не гладко. Были периоды сомнения: сумеет ли промышленность изготовить необходимое количество вагонов к окончанию строительства метрополитена. Так, во второй половине 1933 г. не решились еще ряд технических вопросов. По требованию заводов пересматривались и вносились изменения в техническое задание. Имели место ссылки на производственные трудности по изготовлению нового сложного оборудования и отдельных узлов, о необходимости их индивидуального изготовления. Создавшееся положение нужно было менять.

По инициативе комсомольцев Метростроя, электротягового отдела и газеты «Комсомольская правда» созвали Всесоюзную объединенную конференцию заводов — поставщиков вагонов. На конференции отмечалось, что для пуска первой линии необходимо изготовить их не менее 80, с дальнейшим увеличением количества до 160. Было предложено немедленно решить все несогласованные вопросы, обратив особое внимание на сложные и новые элементы вагонов, такие, как конструкция сплошного металлического сварного кузова, автосцепка, автостоп, тормоза системы Матросова, дверные механизмы, специальное электрооборудование и т. п.

Участники конференции приняли развернутое постановление и документ, названный «Социалистический счет». В нем четко определялись объемы работ и сроки выполнения для каждой организации.

Завод «Динамо» в 1934 г. получил возможность широко начать

МФ

монтаж вагонов. Нас, молодых специалистов электротягового отдела, направили туда для оказания помощи, оперативного согласования и для приемки готовой продукции, включающей стационарные и обкаточные испытания. К тому времени готовых тоннельных участков не существовало. Завод тоже не имел обкаточных путей. Поэтому для испытания вагонов неподалеку от завода метростроевцы срочно построили специальную ветку протяженностью 900 м. Она сыграла немалую роль в подготовке кадров будущих эксплуатационников.

На Пленуме Моссовета летом 1934 г. рассматривалась подготовка линии к эксплуатации. Метрострою предложили организовать при электротяговом отделе первичные ячейки по всем отраслям работы будущего эксплуатационного Управления. Вскоре при Моссовете также была создана ячейка будущего Управления метрополитена, куда вошли и переведенные с пригородных электрифицированных железных дорог машинисты-инструкторы И. Иванов, Н. Тимофеев и А. Трофимов. Организованные в Метрострое и Моссовете первичные ячейки трудились совместно.

К 15 октября 1934 г. закончились основные строительные работы: по тоннельному участку между «Комсомольской» и «Сокольниками», Северному вагонному депо и соединительной ветке к «Комсомольской». Прошла испытание и первая секция подвижного состава. В тот день на контактную сеть участка подали напряжение, и первый поезд, ведомый инженером завода «Динамо» М. Шполянским, совершил пробную поездку.

Перед будущими эксплуатационниками серьезно встал вопрос о подборе и подготовке кадров. Требовался большой контингент машинистов и их помощников, досконально изучивших совершенно новый для них подвижной состав. В IV квартале 1934 г. кадры были укомплектованы из лучших машинистов пригородных дорог и инженеров, окончивших институт железнодорожного транспорта в Москве. Организовали специальные курсы, где мне довелось вести теоретические и совместно с машинистами-инструкторами практические занятия.

К началу февраля 1935 г. все основные строительные-монтажные работы были закончены. На контактный рельс подали напряжение от тяговых подстанций, и началась обкатка всей линии. Необходимое количество вагонов находилось в Северном депо. К

этому времени оформилось и Управление метрополитена со всеми специализированными службами. На период обкатки и подготовки линии к пуску меня назначили начальником эксплуатации подвижного состава Северного депо. В это время на линии ходили четырехвагонные составы. Графики движения составлялись в зависимости от наличия вагонов в депо и их подготовки. Длительный период обкатки — почти 3,5 месяца — объяснялся тем, что все сложное оборудование и эксплуатационный персонал надо было подготовить так, чтобы никакие неожиданности не смогли нарушить планомерную работу метрополитена.

Обкатка линии зачастую проходила с пассажирами. Ими были строители метрополитена, будущие эксплуатационники, делегаты VII съезда Советов, а также москвичи, получавшие гостевые билеты.

В марте 1935 г. на первой линии побывали руководители партии и правительства. Осматривали метрополитен и высокие иностранные гости. Так, его посетили премьер-министр Франции Эррио, лорд-хранитель печати Великобритании Иден. Отзывы были весьма положительные.

В те дни работала Правительственная комиссия по приемке первой линии московского метрополитена. Особое внимание обращалось на безопасность движения. Проверялись в натуральных условиях достаточность тормозных путей при экстренном и автостопном торможениях.

В конце апреля ЦК ВКП(б) и

СНК СССР по докладу Правительственной комиссии, давшей высокую оценку, приняли решение, по которому пуск метрополитена в нормальную эксплуатацию был назначен на 15 мая 1935 г.

Долгожданный день настал. В 7 часов утра стало действительностью то, над чем трудился многотысячный коллектив Метростроя, рабочие и специалисты других организаций. Все звенья сложного механизма работали четко и бесперебойно. После пуска линии в эксплуатацию обеспечение подвижным составом перешло из Метростроя в Управление Московского метрополитена.

Все вагоны последующих типов предусматривались только моторными. Это позволило ввести эффективное рабочее электрическое торможение и увеличить маневренность. Постепенно росли величины, определяющие динамические характеристики вагонов. Уменьшался их вес за счет применения легких материалов и улучшения отдельных конструкций. Проводились мероприятия по снижению шума. Менялся внешний и внутренний вид вагонов. В конструкцию последних типов введены принципиально новые разработки: автоматизация управления поездами — автомашинист с системой автоматической локомотивной сигнализацией и тиристорный пуск поездов с применением управляемых полупроводниковых вентилялей.

Сегодня подвижной состав метрополитена отвечает высоким эксплуатационным требованиям. □

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

Сдано в набор 29.10.80. Подписано в печать 25.12.80. Л-117210. Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага типографская № 1. Гарнитура новогазетная и журнально-рубленая. Печать высокая 4,0 печ. л. 5,2 уч.-изд. л. Тираж 4800 экз. Заказ 3484. 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.

253

**МЕТРОСТРОИ**

ИНДЕКС 70572

ЦЕНА 30 коп.

