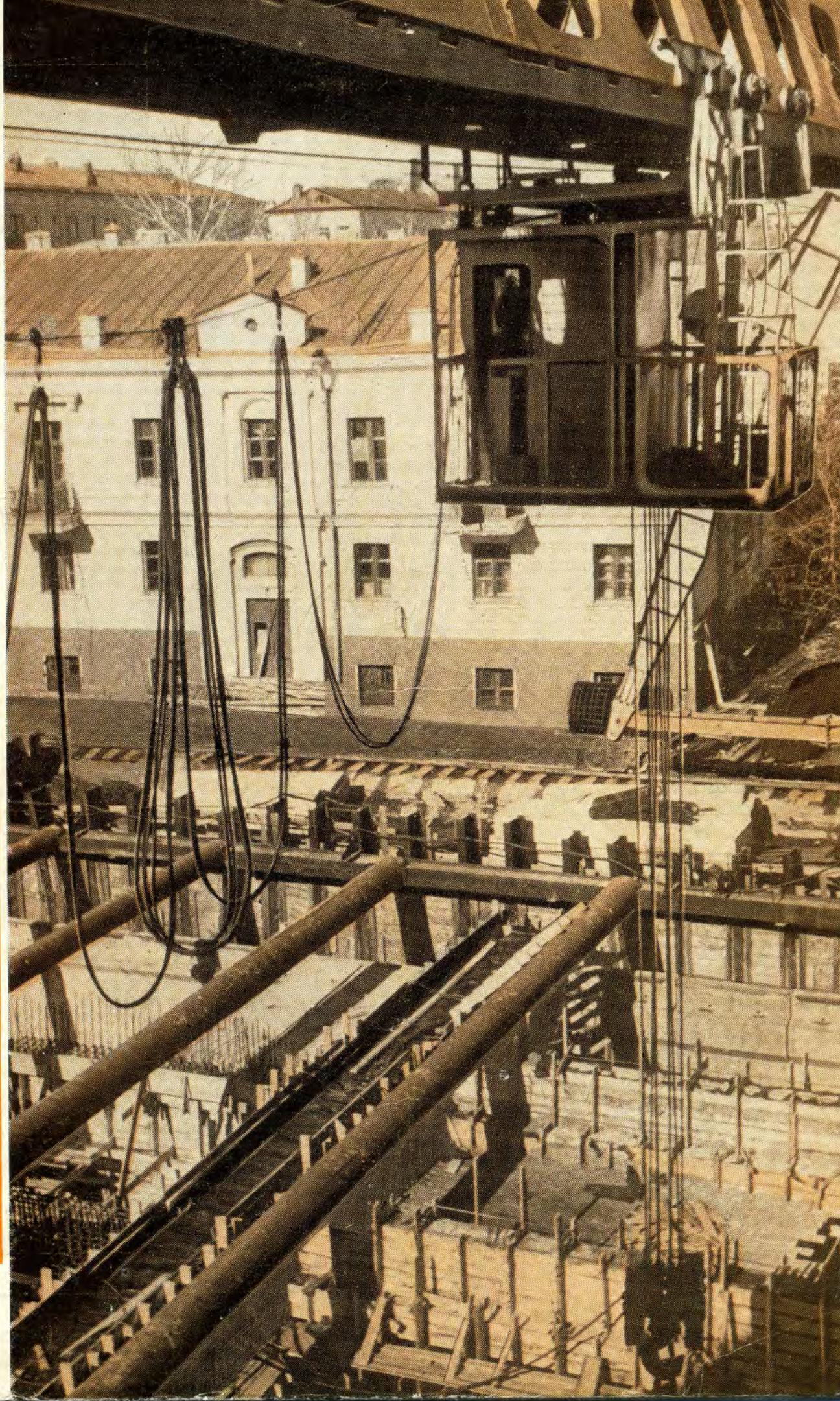


# ЗОДТОН

ВЫПУСК

3 · 1972



# В НОМЕРЕ:

Пусковая линия второго года пятилетки

<b>Н. КАРАСЕВ, В. КАЗАНЦЕВ.</b> Строительство Краснопресненского радиуса Московского метрополитена . . . . .	1
<b>Ю. КОШЕЛЕВ.</b> О создании и внедрении механизированных щитов . . . . .	3
<b>И. ФИШМАН.</b> Дисковые шарошки тоннелепроходческих комбайнов . . . . .	6
<b>В. САМОЙЛОВ, Ю. ЛЕВИТИН, Л. ЧЕРНОМОРДИЦ, Г. ШТОЛЯКОВ, А. МИШИЦ, К. КАЦОВ, Л. ТЕРЕНЦКИЙ.</b> Механизированная щитовая проходка в песках . . . . .	7
<b>А. ГЕДЕВАНОВ, С. МАРШАК.</b> О целесообразной схеме проходки криволинейных участков . . . . .	9
<b>А. СЕМЕНОВ, Е. БАРСКИЙ.</b> Конструктивное решение колонных станций на втором участке Ждановско-Краснопресненского диаметра . . . . .	11
<b>Г. ОГАНЕСОВ.</b> Седьмой метрополитен в стране . . . . .	12
<b>В. ХОДОШ.</b> Монолитно-прессованная бетонная обделка в песчаных грунтах . . . . .	15
<b>С. ЕРЕМЕЕВ.</b> Библиотека имени Ленина — Савеловский вокзал . . . . .	19
<b>А. АБРОСОВ.</b> ВДНХ — Медведково . . . . .	22
<b>Х. АБРАМСОН, Э. САНДУКОВСКИЙ.</b> Трудоемкость сооружения ствола методом погружения крепи в тиксотропной рубашке . . . . .	23
<b>Л. АФЕНДИКОВ, Ю. ВИНОГРАДОВ, В. ЯКОБС.</b> Облегчение веса и снижение стоимости чугунных обделок . . . . .	26
<b>И. ТРОНЗА.</b> Технология нагнетания раствора за первое кольцо обделки . . . . .	27
<b>М. БРУССЕР, М. КАГАН.</b> Контроль прочности и однородности бетона . . . . .	27
<b>А. ДАУШВИЛИ, В. СТЕПАНИН.</b> Эффективность закрепления массива эпоксидно-фурановой мастикой . . . . .	28
<b>Л. МАКОВСКИЙ.</b> Сен-Готардский тоннель . . . . .	29
<b>Я. БОРИСОВА.</b> Метро и тоннели . . . . .	31

ИНФОРМАЦИОННЫЙ  
НАУЧНО-  
ТЕХНИЧЕСКИЙ  
СБОРНИК

## МЕТРОСТРОЙ

Выпуск

3

1972

Издание  
Московского  
Метростроя  
и издательства  
«Московская  
правда»

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Е. Д. РЕЗНИЧЕНКО (редактор), А. С. БАКУЛИН, А. И. БАРЫШНИКОВ, П. А. ВАСЮКОВ, С. Н. ВЛАСОВ, Б. П. ВОРОНОВ, А. Ф. ДЕНИЩЕНКО, В. М. КАПУСТИН, Ю. А. КОШЕЛЕВ, А. С. ЛУГОВЦОВ, В. Л. МАКОВСКИЙ, В. Д. ПОЛЕЖАЕВ, Б. П. ПАЧУЛИЯ, П. А. РУСАКОВ, А. И. СЕМЕНОВ, В. В. ЯКОБС.

Издательство «Московская правда»

Адрес редакции сборника «Метрострой»: ул. Куйбышева, д. 3 комн. 11, тел. 228-16-71.

Фото В. Савранского.

Технический редактор А. Мнлиевский.

Л-41971 Сдано в набор 24/III—72 г.  
Объем 4 п. л.

Подписано к печати 5/V—72 г.  
Бумага типографская Зак. 1113

Тир. 3900.  
Цена 30 коп.

Типография изд-ва «Московская правда»

# ПУСКОВАЯ ЛИНИЯ ВТОРОГО ГОДА ПЯТИЛЕТКИ

## СТРОИТЕЛЬСТВО КРАСНОПРЕСНЕНСКОГО РАДИУСА МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

**Н**ОВЫЙ радиус от станции «Баррикадная» до станции «Планерная» длиной 17,6 км будет введен в эксплуатацию в два этапа. Первый участок от станции «Баррикадная» до станции «Октябрьское поле» длиной 8,1 км войдет в эксплуатацию в конце 1972 г., а от станции «Октябрьское поле» до станции «Планерная» — в 1975 г. Здесь осваиваются новые строительные участки. На новой линии строятся пять станций: «Баррикадная», с пересадочным узлом на станции «Краснопresненская»-кольцевая, «Площадь 1905 года», «Беговая», «Хорошевская», «Октябрьское поле».

Станция «Баррикадная», глубокого заложения, сооружалась закрытым способом. Конструкция станции трехсводчатая, пилонная. Сделка состоит из чугунных колец наружным диаметром 8,5 м. Она соединяется эскалаторным тоннелем с наземным вестибюлем, который сооружался в котловане с анкерным креплением, впервые примененным на строительстве Московского метрополитена. Анкеры заменяют расстрелы, раскрепляющие металлические сван, обеспечивают свободную работу механизмов и увеличивают темп строительства вестибюля.

Конструкции станции и эскалаторного тоннеля закончены, и в настоящее время идут отделочные работы.

Проходку участка перегонных тоннелей от станции «Баррикадная» до станции «Площадь 1905 года» выполняли щитовым способом с дополнительными площадками и с временным креплением, а при проходке под проезжей частью улицы верхние площадки щитов дооборудовали перегородками из полосовой стали толщиной 1,5—2 см, что исключило временное крепление забоя и деформацию поверхности. На этом участке трассы продолжается сооруже-

ние тоннелей с обделкой из чугунных колец наружным диаметром 6 м.

Станция «Площадь 1905 года», мелког заложения, сооружена открытым способом. Грунт разрабатывался землеройными машинами. Возведение конструкции из сборных железобетонных элементов выполнялось при помощи козловых кранов. В поперечном сечении станция представляет трехпролетную раму с двумя рядами колонн с шагом 6 м. По ее торцам расположены два вестибюля со служебными помещениями. В настоящее время ведутся отделочные работы.

Перегонные тоннели до станции «Беговая» пересекают железнодорожные пути. Проходка ведется щитами. Станция «Беговая» мелког заложения. Производится разработка грунта в котловане со свайным креплением. Водопонижение осуществляется иглофильтровыми установками ЛИУ-5 и глубинными



Рис. 1. Вестибюль станции «Краснопresненская»-кольцевая; здесь сооружен пересадочный узел на станцию «Баррикадная»

насосами типа В ЭЦВ. Возведение конструкции выполняется козловыми кранами. В торцах станции строятся два подземных вестибюля с лестницами, эскалаторами и пешеходными переходами. При этом переход у восточного вестибюля соединяется лестницами с же-

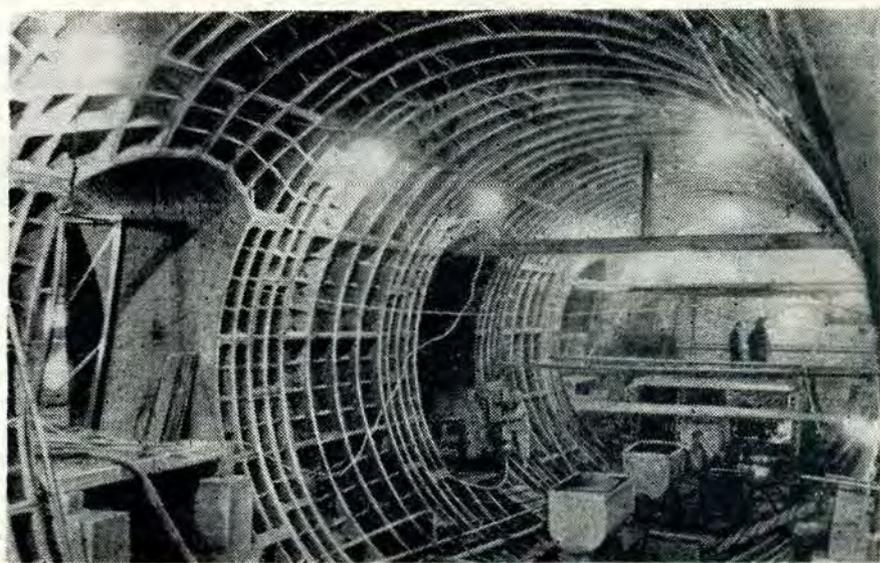


Рис. 2. Конструкция ст. «Баррикадная»



Рис. 3. Замораживание грунта на одном из участков перегона между станциями «Барриадная» — «Площадь 1905 г.»

лезнодорожными платформами станции «Беговая».

Перегонные тоннели между станциями «Хорошевская» и «Беговая» сооружаются закрытым способом щитами в

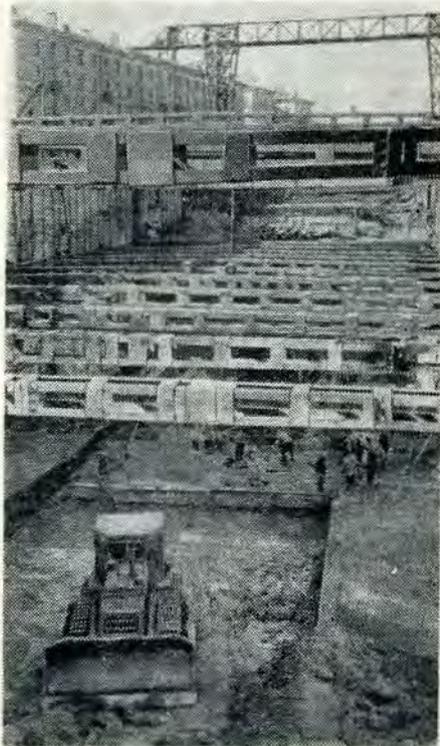


Рис. 4. Сооружается ст. «Беговая»

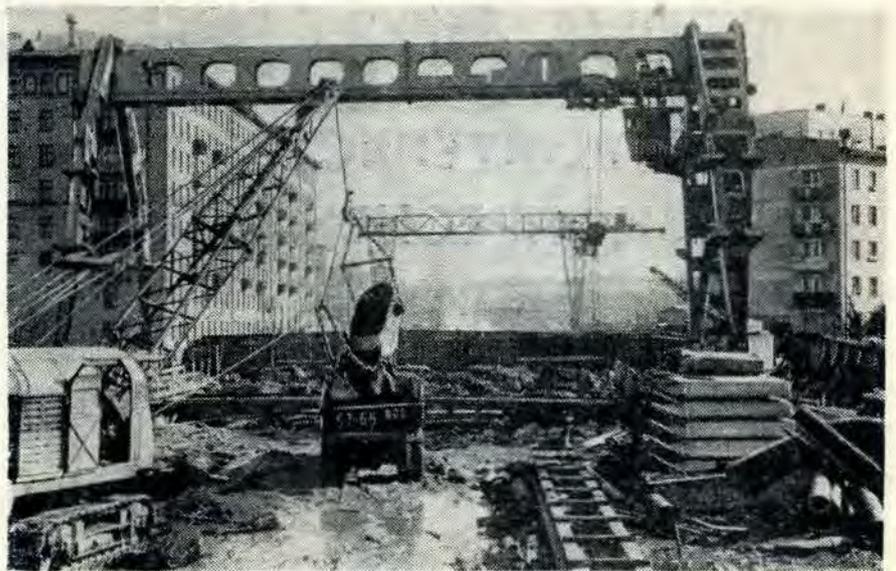


Рис. 5. Здесь сооружена ст. «Площадь 1905 г.»

обводненных песчаных грунтах. Откачка подземных вод производится глубинными насосами типа 6 и 8 ЭЦВ.

Станция «Хорошевская» мелкого заложения. Сооружается открытым способом в котловане со свайным креплением. Конструкция станции двухплатформенная, островного типа с тремя путями. В поперечном сечении — трехпролетная рама с двумя рядами колонн с шагом 6 м. К станции примыкают два подземных вестибюля. Особенностью сооружения является крепление котлована трубами  $D-630$  мм при ширине — 30 м и организация монтажных работ на участке с плотной городской застройкой. Конструкция станции возводится из сборных железобетонных элементов козловым краном ККТС грузоподъемностью 20 т.

Перегонные тоннели к станции «Октябрьское поле» сооружаются открытым способом в котловане с откосами, со свайным креплением, водопонижением глубинными насосами типа 6 и 8 ЭЦВ и с возведением обделок из сборных железобетонных элементов прямоугольного сечения. В средней части участка вели проходку щитами, а на одном тоннеле осуществили вывозку грунта из забоя автомобилями, что сократило число рабочих в смене на 13 чел. и дало экономию 200 тыс. руб.

На участке в направлении к станции «Октябрьское поле» проходка ведется щитовым способом с ограничением скорости под Московской Окружной железной дорогой.

Последняя станция — «Октябрьское поле» сооружалась открытым способом со свайным креплением и возведением обделки из сборных железобетон-

ных элементов козловым краном грузоподъемностью 12 т. В конструктивном отношении станция имеет законченный вид. Ведутся отделочные работы.

Поскольку станция является конечной, за ней возводятся оборотные тупики с линейным пунктом, конструкция которых выполнена из сборного и монолитного железобетона.

**Н. КАРАСЕВ, В. КАЗАНЦЕВ,**  
инженеры.



Рис. 6. Здесь сооружается вестибюль ст. «Октябрьское поле»

# О СОЗДАНИИ И ВНЕДРЕНИИ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ЩИТОВ

Ю. КОШЕЛЕВ,  
гл. инженер Главтоннельметростроя

СООРУЖЕНИЕ перегонных тоннелей метрополитенов механизированными щитами составляет в настоящее время 16—18% от общего объема работ.

Проходка перегонных тоннелей в семи городах нашей страны осуществляется в различных грунтах, применительно к которым разрабатывают новые конструкции щитов. Многообразие геологических условий строительства метрополитена может быть сведено к следующей классификации:

однородные устойчивые некрепкие (типа кембрийских глин) породы крепостью до 80—100 кг/см<sup>2</sup>. Чаще всего они встречаются в Ленинграде. К ним примыкают некрепкие (до 25 кг/см<sup>2</sup>) однородные вязкие породы (типа спондиловых глин), характерные для Киева. Эти породы менее устойчивы и требуют установки крепей одновременно с разработкой забоя;

однородные неустойчивые, сыпучие породы (песчаные), часто имеющие глинистые включения. Такие забои встречаются на линиях мелкого заложения в Москве и других городах;

устойчивые средней крепости породы, представленные, как правило, в одном забое слоями известняков, мергелей, карбонных глин, имеют крепость пород от 80 до 350—400 кг/см<sup>2</sup>, достигающую до 700—800 кг/см<sup>2</sup>. Эта группа пород чаще всего встречается в Москве на линиях глубокого заложения;

устойчивые крепкие породы с крепостью до 800 кг/см<sup>2</sup> обычно встречаются на Кавказе и довольно редко в Москве;

смешанные неустойчивые породы, представленные сыпучими песками, часто обводненными, и моренными глинами, довольно широко встречаются в Москве на линиях мелкого заложения;

неустойчивые обводненные пески (пльвуны) встречаются сравнительно редко. Они характерны для переходных участков тоннелей (от глубокого к мелкому заложению).

В 1950—1952 гг. были созданы механизированные щиты ленинградского типа с рабочим органом из шести фрез. Такими щитами сооружено 60 км тоннелей в Ленинграде. Они обеспечивают скорость проходки тоннелей 300—350 м в месяц.

По заказу Главтоннельметростроя Ясиноватский машиностроительный завод разработал рабочий проект модернизации такого щита (КТ-1-5,6) и принял заказ на изготовление этих щитов. Мощность приводного электродвигателя модернизированного щита увеличена от 100 до 200 квт; для него изготовлен сменный рабочий орган в виде планшайбы с ножами и резцами. Эти меры позволяют расширить диапазон его применения, обеспечивая разработку забоев в однородных грунтах с крепостью от 25 до 200 кг/см<sup>2</sup>. Десять таких щитов полностью обеспечат механизированную проходку тоннелей в Ленинграде, Киеве, Ташкенте.

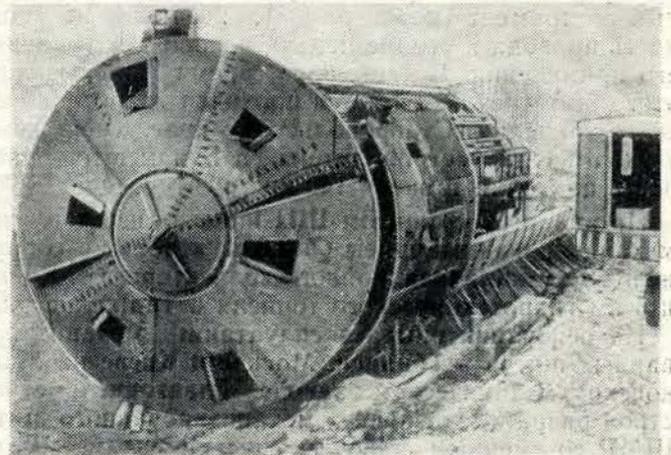


Рис. 1. Механизированный щит ЩН-1 с гидроприводом

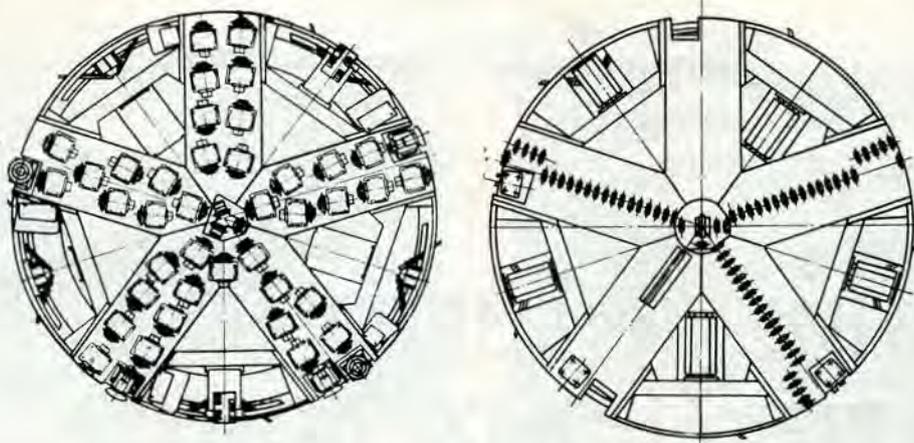


Рис. 2, а, б. Механизированный щит ММЩ-1 для крепких пород  
а — с шарошками, б — с резцами

Техническая характеристика:

Диаметр выработки	— 5750 мм
Наружный диаметр щита с накладками	— 5681 мм
Внутренний диаметр щита по оболочке	— 5560 мм
Длина металлоконструкции щита	— 4510 мм
Количество щитовых домкратов	— 19 шт.
Ход щитового домкрата	— 1200 мм
Усилие прямого хода щитового домкрата при $P = 200 \text{ кг/см}^2$	— 100 т
Ход выдвижного козырька	— 650 мм
Диаметр рабочего органа	— 5320 мм
Породоразрушающий инструмент на роторе (сменный):	
плоские ножи,	
армированные стержневые резцы,	
дисковые шарошки,	
комбинированный породоразрушающий инструмент	
Шаг расположения дисковых шарошек	— 65 мм
Максимальная подача ротора на забой	— 350 мм
Количество домкратов напора	— 8 шт.
Максимальное усилие напора	— 600 т
Щитовой транспортер:	
ширина ленты	— 650 мм
производительность	— 100 м <sup>3</sup> /час.
Техническая производительность механизированного щита для пород крепостью до 400 кг/см <sup>2</sup> — 1,5-2 пог. м/час., для пород крепостью свыше 400 кг/см <sup>2</sup> — 1,2 пог. м/час.	

В 1960 году изготовлены механизированные щиты для более крепких пород (105-Т), примененные на строительстве 800 пог. м тоннеля в Москве и 2000 пог. м в Тбилиси. Щит устойчиво работал в породах крепостью от 125 до 350—400 кг/см<sup>2</sup>.

В 1967—1968 гг. Московский механический завод выпустил механизированные щиты ЩН-1 (рис. 1) с гидравлическим приводом рабочего органа. Сменный инструмент (ножи, резцы), увеличенные мощность привода и усилие подачи расширяют границы его применения. В настоящее время при помощи этого щита осуществляется проходка гидротехнического тоннеля в Ставропольском крае, сооружено 7 км тоннелей метрополитена в Будапеште. Скорость проходки тоннеля 140 пог. м в месяц.

По аналогии со щитом ЩН-1 были изготовлены механизированные щиты Ø 3,6 м, которыми сооружены 9 км канализационного коллектора в г. Киеве и 5 км гидротехнического тоннеля в Таджикистане.

На основании опыта эксплуатации механизированных щитов в Тбилиси, Москве и Киеве на Московском механическом заводе Главтоннельметростроя разработан проект механизированного щита ЩМР со сменным рабочим инструментом. Изготовление щита будет завершено в I-м полугодии 1972 г. Мощность электропривода 320 квт, вели-

чина крутящего момента позволяет проворачивать планшайбу при ее завалах. Щит предназначен для работы в породах крепостью от 20 до 350—400 кг/см<sup>2</sup>.

При оснащении Московского метростроя щитами такого типа задача механизации проходки в устойчивых и слабоустойчивых породах будет решена.

Для проходки механизированными щитами тоннелей в устойчивых породах крепостью до 800 кг/см<sup>2</sup> Главтоннельметростроем, Метрогипротрансом, ЦНИИСом было разработано техническое задание на механизированный щит. Технический проект этого щита разработан на Московском механическом заводе при участии работников Ясиноватского завода и института Гипроуглемаш. Рабочий проект щита ММЩ-1 (рис. 2, а, б) выполнен Ясиноватским заводом.

Для разработки пород крепостью от 80 до 800 кг/см<sup>2</sup> щит оснащен сменным инструментом: ножами, резцами, шарошками. Рабочий инструмент для щита испытан на различного рода комбайнах. Установленная мощность привода щита 560 квт. Изготовленные опытного образца щита намечено на 1972 г. Оснащение строительных объектов такими машинами полностью решит проблему механизированной проходки в крепких устойчивых породах.

Проходка тоннелей в неустойчивых (естественной влажности) песках осуществляется щитами с рассекающими площадками. Эти щиты позволили устранить самую опасную и трудоемкую операцию при проходке тоннелей в таких условиях — крепление забоя. Средняя скорость проходки тоннелей такими щитами в 1967—1969 гг. достигла 260 пог. м, максимальная — 430 пог. м в месяц. Недостаток этих щитов в том, что они не полностью механизировали разработку породы в забое. С целью устранения ручного труда рассекающие площадки были оборудованы разработавшие-погрузочными челюстными органами. Количество работающих в забое удалось сократить от восьми до трех человек. В 1971 г. щиты испытаны на строительстве Красноврсненского радиуса Московского метрополитена. Испытания комплекса щита монолитно-прессованной обделки закончены и полностью подтвердили работоспособность щита и комплекса для монолитно-прессованного бетона. Испытания щита ЩМ-17 (рис. 3) со сборной обделкой будут завершены до конца года.

Для значительного повышения процента механизированной проходки перегонных тоннелей и доведения его до 65—70% необходимо изготовить:

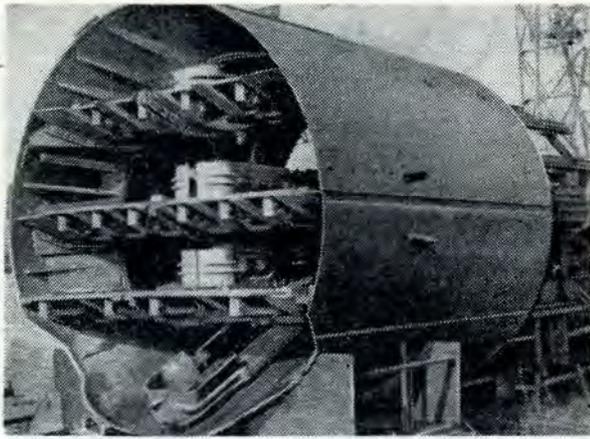


Рис. 3. Щит ЩМ-17 для песков естественной влажности

на Ясиноватском заводе модернизированные щиты Ленинградского типа КТ-1-5,6;

на том же заводе щиты ММЩ-1 для пород с крепостью от 80 до 800 кг/см<sup>2</sup>;

на Московском механическом заводе Главтоннельмостростроя щиты ЩМР для пород с крепостью от 20 до 350 кг/см<sup>2</sup>;

на Московском механическом заводе Главтоннельмостростроя механизированные щиты для неустойчивых пород естественной влажности с комплексами для возведения монолитно-прессованной и сборной обделки.

Приведенный перечень механизированных щитов не исчерпывает всех работ в этой области. В 1972 г. на Московском механическом заводе Главтоннельмостростроя будет изготовлен механизированный щит КС-ЩН-1 (рис. 4), работающий по принципу крупного скота. Предполагается испытать этот щит в Тбилиси. Разработан технический проект щита с призабойной камерой с гидропригрузом, изготовлен экспериментальный образец щита с решеткой для проходки в неустойчивых песчаных и смешанных породах.

В 1972—1973 гг. намечено закончить строительство цеха механизированных проходческих щитов на Ясиноватском машиностроительном заводе и цеха сборки и доводки щитов на Московском механическом.

Основные технические данные механизированных щитов

Марки щитов	ЩМ-17	ЩН-1	ЩМР	ММЩ-1	ТЩБ-5,9	Ленинградский усовершенствованный КТ-1-5,6	КС-ЩН-1 крупный скот
Наименование показателей							
Геологические границы применения	Пески естественной влажности, возможны глинистые прослойки	Крепость пород от 20 до 400 кг/см <sup>2</sup> , водоприток до 30 м <sup>3</sup> /час, возможна работа при вывалах	Крепость пород от 20 до 400 кг/см <sup>2</sup> , устойчивые, водоприток до 30 м <sup>3</sup> /час	Крепость пород от 80 до 800 кг/см <sup>2</sup> , водоприток до 30 м <sup>3</sup> /час	Пески естественной влажности, возможны глинистые прослойки	Сухие устойчивые глины К-60-200 кг/см <sup>2</sup> с незначительными включениями песчанника	Устойчивые породы крепостью от 150 до 500 кг/см <sup>2</sup>
Диаметр щита, мм	5624	5624	5640	5624	5916	5624	5624
Длина щита, мм	6000	4620	4965	4510	6305	—	3345
Мощность привода, квт	80	320	320	560	60	200	240
Мощность обшая, квт	170	400	400	670	125	270	380
Число оборотов рабочего органа, об/мин.	—	0,7	регулируем. от 0,5 до 5	регулируем. от 0,5 до 3	—	—	5 об/мин фреза 14 об/мин фрезы флангового резания
Тип рабочего органа	рассекающие площадки с механизмами рыхления	ротор прямого вращения со сменным инструментом	планшайба, инструмент сменны, резцы, ножи	планшайба прямого вращения, инструмент-шарошки	рассекающие площадки с механизмами рыхления	фрезерный, планетарное вращение	фрезы флангового резания
Техническая производительность, м/час	4—5 м/час.	0,8—1	1,2—2	К-400 К-800 1,5—2   1,2	суточн.—7,2	1,5—1,8	1
Эксплуатационная скорость проходки, м/мес.	300	250	200—300	300	180	350	250
Тип тоннельных обделок	сборная, обжатая сборная	сборная, монолитно-прессованная	сборная, обжатая сборная, монолитно-прессованная	сборная, монолитно-прессованная	монолитно-прессованная бетонная	сборная, обжатая сборная	монолитно-прессованная бетонная
Комплекс оборудования	КМ-19 сборная КМ-33 обжатая	КМ-10 сборная ТЩБ-2 прессов.	КМ-24-0	КМ-32 сборная ТЩБ-4 прессов.	ТЩБ-5,9 к	—	ТЩБ-3



# ДИСКОВЫЕ ШАРОШКИ ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ

И. ФИШМАН,  
начальник отдела проходческих цитов СКБ  
Ясиноватского машзавода

В ПОСЛЕДНЕЕ десятилетие широкое распространение в качестве породоразрушающего инструмента проходческих комбайнов получили дисковые шарошки, что позволило механизировать проходку тоннелей в породах средней крепости. Скорость проходки комбайнов с дисковыми шарошками свыше 2000 м в месяц.

Согласно терминологии ИГД им. Скопинского, дисковой шарошкой называется породоразрушающий инструмент, выполненный в виде свободно вращающегося диска (или нескольких дисков) с непрерывным клиновидным ободом. В зависимости от расположения опор диска шарошки могут быть «двуопорными» (рис. 1, а) и «консольными» (рис. 1, б). Конструктивные

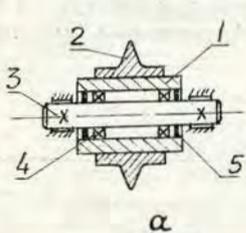


Рис. 1, а  
1 — корпус, 2 — диск, 3 — ось, 4 — опоры, 5 — уплотнения

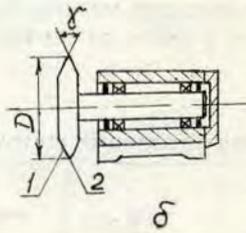


Рис. 1, б  
1 — щечки, 2 — радиус закругления

элементы диска представлены (рис. 1, б). Схема разрушения забоя определяется положением режущего инструмента по отношению к оси выработки. Для машин типа «Роббинс» и «Ясиноватск» характерна фронтальная подача инструмента вдоль оси выработки («в лоб забоя») с повторной схемой разрушения (рис. 2, а). Повторная схема характеризуется двумя основными параметрами, подачей  $h$  и шагом  $t$  (расстояние между соседними дисками). В комбайне ТОР-69 применена подрезная схема разрушения (рис. 2, б).

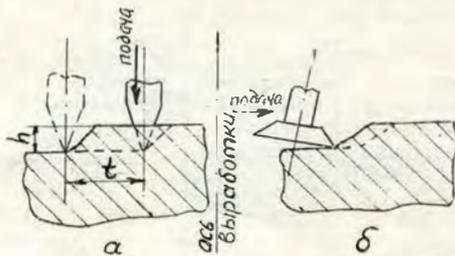


Рис. 2

При движении свободно-вращающегося диска по прямой траектории, каждая точка его верхней кромки описывает относительно породы плоские циклоиды. При этом путь трения скольжения в контакте с породой составляет менее 2% от общего пути качения (во много раз меньше, чем у резцов). Точка верхней кромки диска после кратковременного контакта с породой охлаждается в воздухе в течение времени оборота диска. Чем больше масса шарошки, тем эффективнее идет отвод тепла от рабочих кромок диска. Указанные обстоятельства и определяют высокую, по сравнению с резцами, износостойкость дисковых шарошек. К достоинствам дисковых шарошек следует отнести также и такие качества, как высокая прочность клиновидного обода диска и простота изготовления

(при относительно низкой стоимости) по сравнению с другими типами шарошек.

В исполнительных органах комбайнов роторного типа, работающих «в лоб забоя» по повторной схеме, шарошка совершает движение по круговой траектории. При этом каждая точка вершины диска описывает пространственную циклоиду. В процессе внедрения в породу на глубину  $h$  эта точка одновременно перемещается к оси ротора на величину  $L$ , радиального пути скольжения диска. Расчеты показывают, что величина  $L$  незначительна и убывает от центра к периферии. Соответственно этому влияние кривизны траектории на усилия разрушения также невелико и обычно не учитывается.

Рассмотрим физическую картину разрушения горной породы дисковой шарошкой в повторной схеме. Под воздействием диска в породе возникает сначала деформация смятия, а затем сдвига щечками диска. Внедряясь в породу, диск действует как клин, выдавливая продукты разрушения в обе стороны, причем в сторону соседнего прохода, создавшего обнажение, происходит скол целика, а в противоположную сторону — развал борозды (см. рис. 2, а). Угол развала является для данного диска и породы величиной постоянной и не зависит от глубины. Результирующая боковых усилий направлена в сторону скалываемого целика. Если расстояние до соседней борозды (шаг) больше определенной величины, скола целика не происходит — диск работает в шель. Наблюдения показывают, что для каждой породы существует определенное, постоянное соотношение шага к глубине (подаче)

$\frac{t}{h} = \tau_{np}$ , превышение которого приводит к шелевой схеме. Для

песчаников  $\tau_{np} = 5$ . Таким образом, например, при подаче 6 мм на инструмент и шаге 60 мм основной скол целика произойдет после двух-трех оборотов ротора, когда суммарное углубление диска в породу превысит 12 мм.

Теоретически можно работать с любым большим шагом, однако при этом увеличивается высота целика и нагрузка на инструмент.

В процессе разрушения на шарошку действует сила сопротивления породы. Составляющие силы сопротивления — нормальное усилие  $P_y$ , действующее по направлению подачи, тангенциальное усилие  $P_z$  (усилие перекачивания), боковое усилие  $P_x$ , действующее вдоль оси шарошки.

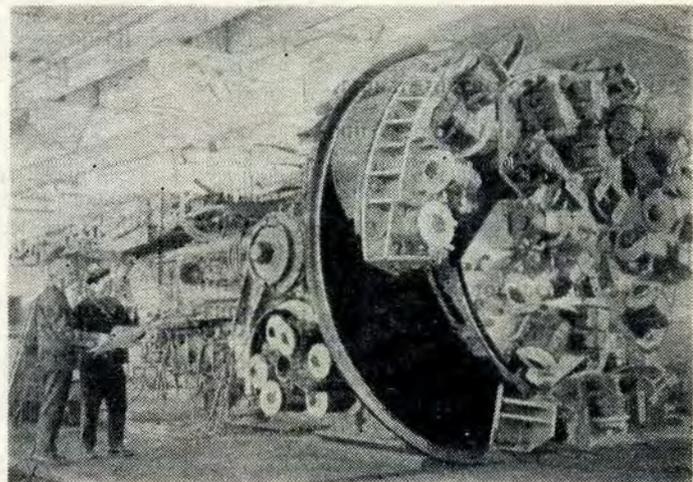


Рис. 3. Роторный комбайн, оснащенный дисковым инструментом

# МЕХАНИЗИРОВАННАЯ ЩИТОВАЯ ПРОХОДКА В ПЕСКАХ

**П**ЕРВАЯ попытка механизировать операции по разработке и погрузке песчаного грунта была сделана в 1964 г. на щите диаметром 6,75 м при проходке в мелких песках двух тоннелей метро в Берлине. Несколько горизонтальных полок этого щита были выполнены выдвижными, а за полками установлен ковшовый элеватор, который должен был подавать грунт вверх и затем по наклонной течке на продольный конвейер-перегрузатель. Ковшовый элеватор в процессе работы часто заклинивался, что вынуждало грузить грунт на конвейер вручную.

В 1965 г. для строительства перегонного тоннеля Ждановского радиуса Московского метрополитена был подготовлен щит с выдвижными полками, поперечными транспортерами-питателями и погрузочной машиной, оснащенной поворотной штангой с фрезерной головкой. Впоследствии эта машина была заменена на обычную ППМ-4 прерывистого действия.

С целью механизации разработки и погрузки грунта в забое Институтом оснований и подземных сооружений Госстроя СССР создана новая головная часть агрегата применительно к работающим щитовым комплексам  $\varnothing$  3,7 м конструкции ЦНИИподземмаш. Головная часть включает корпус с жесткими и конвейерными горизонтальными полками и следующий за ними роторный ковшовый погрузчик непрерывного действия. В 1969 г. она была изготовлена на ЭМЗ ЦНИИСК Госстроя СССР. Чертежи корпуса головной части и полок разработаны институтом, а погрузчика — ПКБ Главстроймеханизации по техническому заданию института.

Промышленные испытания щита проводились в 1970 г. коллективом Киевского Спецуправления треста «Союзшахтоспецпромстрой» при участии института и Бюро внедрения НИИОСП на строительстве Ново-Дарницкого канализационного коллектора в г. Киеве. На этом же щите проходила испытание система автоматического контроля за положением щита в профиле ПУЛ-3Щ (на базе однокоординатного прибора светового модулированного луча) и аппаратура автоматического контроля за положением грунтовой осипи в забое. В левой средней ячейке головной части щита для кратковременных испытаний монтировалось поворотное виброустройство, снабженное заостренными штырями и вибратором С-693 ( $N=0,8$  квт,  $n=2800$  об/мин.,  $f=50$  гц,  $V=36$  в).

Трасса тоннеля общей длиной 448 пог. м располагалась между двумя многоэтажными домами по Харьковскому шоссе, пересекала Привокзальную улицу с двумя трамвайными путями и 21 железнодорожный путь станции Дарница, из которых 4 пути магистрального значения. Заключительный участок трассы длиной 123 пог. м включал криволинейный отрезок с радиусом 200 м. Тоннель имел подъем в направлении проходки, равный 0,055‰.

Проходка осуществлялась в мелких плотных песчаных грунтах, предварительно осушенных с помощью насосов глубинного водопонижения.

В. САМОЙЛОВ, Ю. ЛЕВИТИН, Л. ЧЕРНОМОРДИН,  
Г. ШТОЛЯКОВ, А. МИШИН, К. КАЦОВ, Л. ТЕРЕНЕЦКИЙ,  
инженеры

В забое, как правило, находились прослойки толщиной 15—30 см, включающие песок влажностью до 25% с повышенным содержанием глинистых частиц. Сцепление песка в забое изменялось в пределах от 3,019 до 0,088 кг/см<sup>2</sup>. Сцепление в заглинизированных прослойках достигало 0,14—0,23 кг/см<sup>2</sup>.

Монтаж новых элементов был произведен на глубине 16 м после выхода щита ПЩ-3,7 в монтажную камеру. Аванбек щита срезан; вместо него приварили фланец с отверстиями для крепления корпуса головной части. Корпус головной части щита представляет собой обечайку диаметром 3694, длиной нoверху 1500 и толщиной 48 мм. К заднему торцу последней приварен крепежный фланец. В передней части корпуса слева

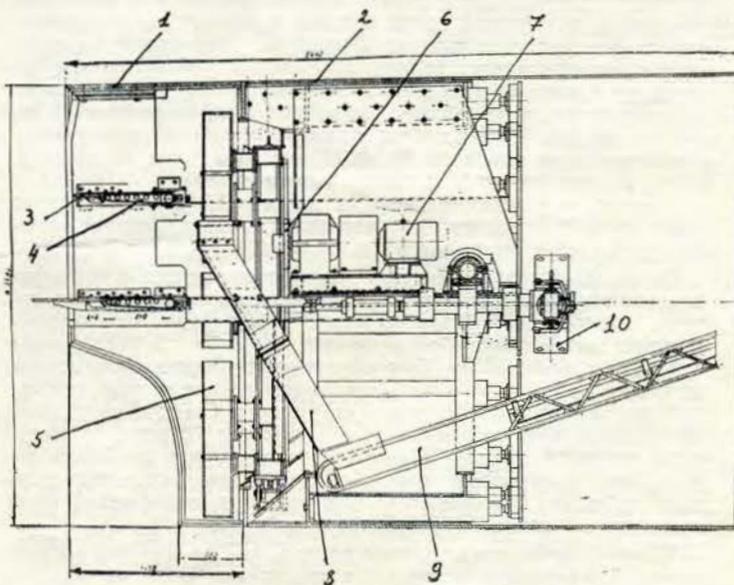


Рис. 1. Продольный разрез щита:

1 — ножевая часть, 2 — корпус, 3 — жесткая часть горизонтальных полок, 4 — конвейерная часть горизонтальных полок, 5 — роторный ковшовый погрузчик, 6 — приводная шестерня, 7 — электропривод роторного погрузчика, 8 — грунтовая течка, 9 — ленточный транспортер, 10 — блокоукладчик

В существующих комбайнах шаг не превосходит 100 мм (преимущественно до 70—80 мм). Чем крепче порода, тем меньше шаг. При увеличении шага в 2 раза усилия возрастают на 20—30%. Увеличение подачи влияет на усилия более существенно. Так, при увеличении  $h$  в 2 раза  $P_z$  возрастает в 2 раза, а  $P_y$  — в 1,5 раза. Тем не менее увеличение подачи увеличивает производительность машины и уменьшает удельную энергоёмкость процесса.

В этой связи представляют интерес проведенные на стендах Ясинюватского машиностроительного завода сравнительные исследования дисковых шарошек в режимах обычных (до 10 мм) и больших (до 25 мм) подач. Установлено, что при подаче

25 мм удельная энергоёмкость разрушения песчаника на 30—40% меньше, чем при подаче 10 мм.

На величину усилий оказывают влияние геометрические параметры диска: диаметр, радиус закругления и угол заострения. Усилие  $P_z$  от диаметра шарошки практически не зависит. Напорное же усилие с увеличением диаметра в  $n$  раз увеличивается в  $\sqrt{n}$  раз. Угол заострения в диапазоне 40—60 оказывает относительно небольшое влияние на усилия (рост 10—20%). Радиус закругления влияет более существенно, поэтому желательнее выполнять его по возможности меньшим. Однако по условиям прочности рекомендуется выполнять  $\rho \geq 1,5$  мм.

и справа сварены шесть горизонтальных ребер вдоль образующих корпуса, а по центру закреплена сплошная вертикальная перегородка. Жесткие горизонтальные полки прилащивались сверху к ребрам и крошечным вертикальной перегородки. В П-образный вырез жестких полок вставлялись конвейерные полки с тросовым приводом от башмаков шитовых домкратов. Забой, таким образом, разделялся тремя рядами полок на 8 ячеек.

Однако в процессе испытаний ввиду повышенного сцепления грунта и больших сопротивлений его внедрению, имевшийся в нижней части корпуса головной части, вырез был значительно расширен, нижний ряд полок снят, а жесткая часть средних полок выдвинута вперед на 400 мм (рис. 1). Длина верхних жестких полок сохранена по проекту равной 250 мм, толщина — 24 мм. Ножевая кромка имела одностороннюю фаску. Конвейерные полки одинаковой ширины 1210 мм и длиной около 550 мм располагались симметрично относительно вертикальной перегородки. Поэтому боковые закрывки жестких полок вдоль образующих щита имели разную ширину. Боковые и передний зазоры между конвейерной полкой и жесткой частью были закрыты защитными листами. Под жесткой частью полки перед конвейером установлена наклонная защитная планка с передними ребрами жесткости.

Каждый конвейерный дозирующий элемент включал две боковые щеки и систему роликов, шесть из которых имеют диаметр 46 мм, а задний приводной — 80 мм. Натяжение конвейерной ленты осуществлялось винтами на величину до 50 мм. На ось приводного ролика насажен барабан с тросом диаметром 5 мм, который через систему отводных роликов направлялся к стенке ножевого кольца и далее к башмаку соответствующего шитового домкрата. Барабан снабжен спиральной пружиной, внутренний конец которой входит в паз статорного щита, фиксируемого в жесткой обойме, укрепленной на опорной втулке приводного ролика. С помощью этой пружины обеспечивается возврат троса при установке штока шитового домкрата в исходное положение после очередной подвигки. С помощью накладных элементов диаметр барабана имеет возможность изменяться от 60 до 80 мм. В первом случае скорость движения ленты и шок шитового домкрата равны, а во втором — отличаются друг от друга в 1,3 раза. Замкнутая лента конвейерной полки изготовлена из транспортной ленты шириной 1150 и толщиной 5 мм.

Роторный погрузчик состоит из рабочего колеса с ковшами, вращающегося в шести роликоопорах, и привода. Рабочее колесо, имеющее коробчатое сечение, образовано из четырех соединенных между собой сегментов и снабжено накладными зубчатыми элементами. Они образуют шестерню с диаметром начальной окружности 2496 мм. В зацепление с этой шестерней входит шестерня привода погрузчика. Ось рабочего колеса смещена вниз относительно оси щита на 70 мм. Это позволило проложить сверху электропровода, идущие в область забоя. Вначале погрузчик был оборудован ковшами одностороннего действия, которые из-за значительных деформаций были заменены ковшами двухстороннего действия.

Каждая опора имеет четыре ролика, два из которых воспринимают радиальную нагрузку, а два других — торцевую.

Привод погрузчика, установленный в правом верхнем отсеке корпуса щита, включает электродвигатель А0-2-52-4 мощностью 10 квт, масляную турбомфуту предельного момента ТП-345 и редуктор ЦДН-40-50-9 с насаженной на его выходном валу приводной шестерней. Привод обеспечивает реверсивное вращение рабочего колеса погрузчика со скоростью 4,1 об/мин.

Производительность роторного погрузчика 30 м<sup>3</sup>/час. Грунт через специальную точку подавался на ленточный перегружатель щита ПЩ-3,7 и далее в вагонетки емкостью по 0,75 м<sup>3</sup> вывозился электровозом марки 45 АРП к шахтному стволу. Техническая платформа, на которой размещалось насосное оборудование, электропусковая аппаратура, тельферная эстакада и стрелочная разминька, подтягивалась к щиту специальными гидродомкратами. Тоннельная обделка собиралась при помощи гидравлического блокоукладчика щита ПЩ-3,7 из шести клиновых блоков шириной 750 мм и толщиной 200 мм. Кольцевые стыки блоков были в виде паза и гребня, а радиальные шарнирными.

Угол естественного откоса осыней грунта в ячейках головной части в зависимости от характера и степени нарушения естественного бытового состояния находился в пределах от 40 до 75° (рис. 2). При нормальном бытовом состоянии на короткое время представлялось возможным подрабатывать забой перед шитом на высоту до 1,5 м.

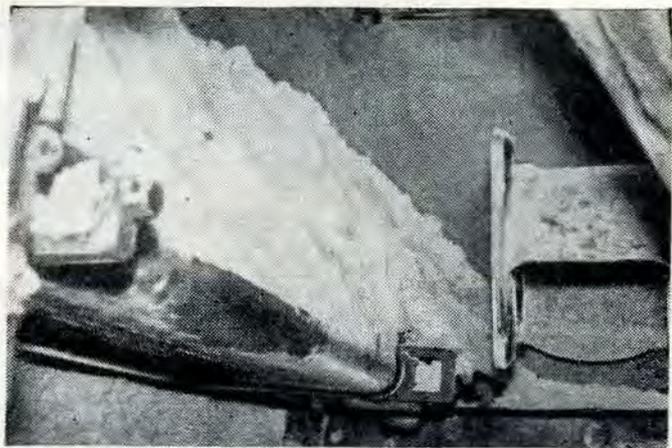


Рис. 2. Положение осыпи на конвейерной полке в забое щита

При наличии плотной влажной прослойки с повышенным содержанием глинистых частиц забой на всю высоту ячейки при неподвижном положении щита держался в течение нескольких часов. Защита ротора оказалась недостаточно надежной: опорные ролики и зубья приводной шестерни значительно изнашивались.

В процессе проходки всего участка деформаций ножевого кольца, жестких частей горизонтальных полок и вертикальной перегородки не происходило.

Кратковременные испытания вибрационного устройства при проходке 10 пог. м тоннеля показали, что вибровоздействие на забой было ограниченным. Оно распространилось на зону перед жесткой частью горизонтальной полки среднего яруса, не выходя за пределы верхней ячейки. Тем самым подтверждена возможность эффективного и локального нарушения естественного сцепления песка с помощью вибраций.

Аппаратура контроля за положением грунтовых осей в верхних и средних ячейках щита показала достаточную работоспособность после гидроизоляции датчиков. Степень необходимости и эффективности ее применения снижена из-за наличия в забое прослоек грунта с высоким сцеплением. Система автоматического контроля ПУЛ-3Щ испытывалась на строительном участке тоннеля протяженностью 300 пог. м, причем на отрезке длиной 130 пог. м проводился сравнительный контроль положения щита при помощи геодезического инструмента. Управление шитом особых затруднений не вызывало. Наиболее ответственный участок строительства тоннеля под железнодорожными путями станции Дарница имел протяженность 120 м. Он был пройден за 25 рабочих дней без перерыва движения и ограничения скорости движения поездов. Этому предшествовала тщательная подготовительная работа. На подходе к участку к железнодорожному полотну был организован маркшейдерский контроль осадков дневной поверхности. Величина осадков не превышала 65 мм при ширине зоны оседания до 16 м. С целью их уменьшения проведено нагнетание цементного раствора в пространство строительного зазора.

Для возможности оперативного контроля за шитовой проходкой под железнодорожными путями была налажена тельферная связь с забоем. Под четырьмя магистральными путями были установлены поддерживающие рельсовые пакеты длиной по 8 м. Производился круглосуточный контроль осадков и подбивка балласта под шпалы. Наибольшая суточная скорость проходки составила 9 м/сут., а средняя — 4 м/сут.

Испытания позволили сделать вывод, что выполнение головной части щита в виде ножевой обечайки постоянной толщины, оснащенной спереди системой горизонтальных комбинированных полок с конвейерными дозирующими элементами и расположенным за полками реверсивным роторным погрузчиком двухстороннего действия, являясь принципиально правильным и эффективным конструктивно-технологическим решением для проходки в песчаных грунтах.

# О ЦЕЛЕСООБРАЗНОЙ СХЕМЕ ПРОХОДКИ КРИВОЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКОВ

А. ГЕДЕВАНОВ, инженер;  
С. МАРШАК, канд. техн. наук

НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ тоннелей довольно часто приходится вести проходку криволинейных участков трасс. Трудности такой проходки связаны с необходимостью выемки дополнительного объема грунта на уширениях тоннелей и применения специальной конструкции блоков тоннельной обделки (либо прокладок между кольцами обделки). Объемы дополнительного (в сравнении с проходкой по прямолинейной трассе) грунта зависят от диаметра и длины щита, а также от требуемого радиуса закругления тоннеля. При проходке тоннелей на криволинейных участках применяют различные схемы разработки грунта.

Проходка участков закруглений немеханизированными щитами обычно производится следующим образом. Ручным инструментом разрабатывают грунт за пределами ножевой части со стороны, в которую необходимо повернуть щит, затем включают группу домкратов, расположенных со стороны, противоположной направлению поворота. Щит продвигается вперед, отклоняясь ножевой частью в сторону поворота.

Чтобы увеличить угол поворота щита, ножевая его часть со стороны поворота распирается в забой. Дополнительное препятствие ножевому кольцу со стороны поворота обеспечивает разворот щита с меньшим радиусом закругления при включении части щитовых домкратов со стороны, противоположной направлению поворота.

Наибольшие осложнения возникают при проходке тоннелей механизированными щитами, где затруднен доступ к забою для разработки уширений. В конструкциях механизированных щитов для проведения выработок на поворотах предусмотрены копир-резцы для подработки грунта с одной стороны выработки. Копир-резцами производят разработку забоя со стороны поворота, затем щитовыми домкратами продвигают щит, который при этом отклоняется в сторону разработанного грунта. Иногда производят разработку грунта у ножевой части щита со стороны, противоположной направлению поворота, а затем щитовыми домкратами продвигают щит вперед. Щит поворачивается в нужную сторону в связи с тем, что хвостовая часть щита свободно отклоняется в сторону, где разработан грунт.

Для обоснования оптимальной схемы организации проходки тоннелей (с минимальными объемами грунта, разрабатываемого за пределами проектного сечения) на криволинейных участках, выполнен анализ условий поворота щита.

При прохождении поворота радиусом  $R_n$  на угол  $\alpha$  щитом, имеющим наружный диаметр  $D_{щ}$  и длину  $L_{щ}$ , возможны три схемы организации работ.

Схема 1 (рис. 1). Щит начинает поворот, когда его ножевая часть находится в положении проектного начала поворота;

исходная позиция — щит ножевой частью не доходит до проектного начала поворота на длину щита (сечение 1—1);

проходка тоннеля на участке между исходной позицией, когда щит подойдет ножевой частью к началу поворота (между сечениями 1—1 и 2—2). На этом участке тоннеля необходимо постепенно увеличивать уширение по наружному радиусу поворота от точки 1Н к точке 2Н.

Поворот щита между сечениями 2—2 и 3—3. Сечение 3—3 определяется положением щита, когда ножевая часть его не доходит до положения окончания поворота на величину  $L_{щ}$ . На этом участке между точками 2Н и 3Н проходка тоннеля осуществляется постоянным уширением, равным полученному в точке 2Н, по наружному радиусу поворота;

проходится участок поворота между сечениями 3—3 и 4—4, когда щит доходит ножевой частью до проектного окончания поворота тоннеля на угол  $\alpha$ . На этом участке от точки 3Н к точке 4Н уширение тоннеля по наружному радиусу поворота должно быть постепенно уменьшено до нуля.

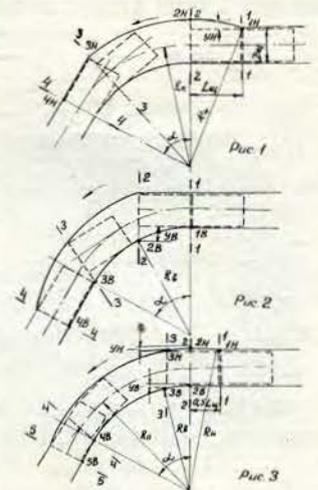
При повороте по схеме 1 уширение тоннеля по внутреннему радиусу поворота не производится. Наибольшее уширение тоннеля по наружному радиусу поворота определяется по формуле:

$$V_n = R_n - (R_n + 0,5D_{щ}) = \\ = \sqrt{(R_n + 0,5D_{щ})^2 + L_{щ}^2} - (R_n + 0,5D_{щ})$$

Схема 2 (рис. 2). Щит начинает поворот после того, как его хвостовая часть дойдет до проектного начала поворота;

исходное положение — щит ножевой частью дошел до проектного начала поворота (сечение 1—1); проходка участка тоннеля между сечениями 1—1 и 2—2, щит движется прямолинейно на длину  $L_{щ}$ . На этом участке тоннеля необходимо постепенно увеличивать уширение по внутреннему радиусу поворота от точки 1В к точке 2В;

проходка участка поворота между сечениями 2—2 и 3—3. В сечении 3—3 ножевая часть щита дости-



гаст проектного окончания поворота. На этом участке между точками 2В и 3В уширение тоннеля сохраняется;

- проходка участка тоннеля между сечением 3—3 и 4—4, где поворот заканчивается. В сечении 4—4 хвостовая часть щита достигает проектного окончания поворота. На этом участке от точки 3В к точке 4В уширение тоннеля по внутреннему радиусу поворота должно быть постепенно уменьшено до нуля.

При повороте по этой схеме уширение тоннеля по наружному радиусу поворота не производится. Наибольшее уширение тоннеля по внутреннему радиусу поворота определяется по формуле

$$y_B = R_B - \sqrt{R_B^2 - L_{щ}^2} = (R_n - 0,5D_{щ}) - \sqrt{(R_n - 0,5D_{щ})^2 - L_{щ}^2}$$

Схема 3 (рис. 3). Щит начинает поворот после того, как его середина дойдет до проектного начала поворота;

исходное положение — щит не дошел до проектного начала поворота на половину своей длины  $\frac{L_{щ}}{2}$  (сечение 1—1)

ведется проходка:

участка тоннеля между сечениями 1—1 и 2—2. Щит, двигаясь прямолинейно, доходит до проектного начала поворота. На этом участке тоннеля необходимо постепенно увеличивать уширение по наружному радиусу поворота от точки 1Н к точке 2Н;

участка тоннеля между сечениями 2—2 и 3—3. Щит, продолжая двигаться прямолинейно, пройдет на половину своей длины  $\frac{L_{щ}}{2}$  за проектное начало поворота. На этом участке от точки 2Н к точке 3Н уширение тоннеля по наружному радиусу поворота должно быть постепенно уменьшено до нуля. В то же время на этом участке должно быть произведено постепенное увеличение уширения тоннеля по внутреннему радиусу поворота от точки 2В к точке 3В;

участка тоннеля между сечениями 3—3 и 4—4, на котором щит доходит до проектного окончания поворота. На этом участке по внутреннему радиусу поворота между точками 3В и 4В должно быть сохранено уширение тоннеля;

участка тоннеля между сечениями 4—4 и 5—5. В сечении 5—5 щит ножевой частью проходит за проектное окончание поворота тоннеля на половину своей длины  $\frac{L_{щ}}{2}$ . На участке от точки 4В к точке 5В уширение тоннеля по внутреннему радиусу поворота должно быть постепенно уменьшено до нуля.

После прохождения щитом участка трассы за проектное окончание поворота на величину  $\frac{L_{щ}}{2}$  поворот заканчивается и дальнейшее движение щита производится прямолинейно.

Таким образом, при повороте по схеме 3 уширение тоннеля производится и по наружному, и по внутреннему радиусу поворота. Наибольшее уширение тоннеля по наружному радиусу поворота определяется формулой

$$y_n = R_n - (R_n + 0,5D_{щ}) = \sqrt{(R_n + 0,5D_{щ})^2 + (0,5L_{щ})^2} - (R_n + 0,5D_{щ})$$

Наибольшее уширение тоннеля по внутреннему радиусу поворота

$$y_B = R_B - \sqrt{R_B^2 - (0,5L_{щ})^2} = (R_n - 0,5D_{щ}) - \sqrt{(R_n - 0,5D_{щ})^2 - (0,5L_{щ})^2}$$

В таблице приведены результаты расчетов величины необходимого наибольшего уширения тоннеля в зависимости от принятой схемы и величины ра-

Схема поворота щита	Наибольшее уширение тоннеля $y_H, y_B, м$													
	Щит													
	$L_{щ} = 2,0 м; L_{щ} = 3,0 м$				$L_{щ} = 3,2 м; L_{щ} = 4,0 м$				$L_{щ} = 5,7 м; L_{щ} = 5,7 м$				$L_{щ} = 5,7 м; L_{щ} = 4,6 м$	
	Радиусы поворота щита $R_H, м$													
	20	30	50	70	20	30	50	70	100	150	400	100	150	400
Схема 1, $y_H$	0,21	0,14	0,09	0,06	0,35	0,25	0,13	0,10	0,16	0,11	0,04	0,10	0,07	0,03
Схема 2, $y_B$	0,24	0,16	0,10	0,07	0,45	0,30	0,16	0,12	0,17	0,11	0,04	0,11	0,07	0,03
Схема 3, $y_H$	0,05	0,03	0,02	0,01	0,10	0,06	0,04	0,03	0,04	0,03	0,01	0,03	0,02	0,01
$y_B$	0,10	0,03	0,02	0,01	0,10	0,06	0,04	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,01

диуса поворота при проходке тоннелей щитами диаметром 2,0; 3,2 и 5,7 м.

#### Выводы:

величина необходимого наибольшего уширения тоннеля уменьшается с увеличением радиуса поворота (для всех схем поворота);

наименьшее уширение тоннеля требуется при повороте по самой сложной схеме 3 (по которой щит начинает поворот после того, как дойдет своей серединой до проектного начала поворота);

величины уширения, требуемые при повороте по схемам 1 и 2, практически одинаковы и значительно превышают уширение, требуемое для схемы 3;

повороты щита на криволинейных участках тоннельных трасс следует производить по схеме 3, так как при этом достигается минимальная по объему разработка грунта за пределами проектного сечения тоннеля и, как следствие, минимальный объем работ по нагнетанию тампонажных растворов за тоннельную обделку;

при создании механизированных проходческих щитов следует оснащать их устройствами (например, копир-резцами), обеспечивающими создание необходимых уширений тоннеля на поворотах, с обеих сторон тоннеля. При этом механизм управления копир-резцом должен обеспечивать автоматическое изменение величин уширения по мере передвижения щита.

# КОНСТРУКТИВНОЕ РЕШЕНИЕ КОЛОННЫХ СТАНЦИЙ

НА ВТОРОМ УЧАСТКЕ ЖДАНОВСКО-КРАСНОПРЕСНЕНСКОГО  
ДИАМЕТРА

А. СЕМЕНОВ, Е. БАРСКИЙ, инженеры

НАД УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ конструкций станций глубокого заложения инженеры работают уже много лет. Их поиски направлены на улучшение условий эксплуатации, упрощение и удешевление строительства, на создание больших возможностей архитектурного решения. Ограниченное применение стали находить пилонные конструкции станций. На смену им выдвигаются усовершенствованные колонные станции. Еще на колошной станции «Комсомольская» кольцевая впервые запроектирована четырехэскалаторная пересадка вниз из среднего зала. Распор уширенного среднего свода статически уравновешен с распорами боковых тоннелей. Затяжно-распорные конструкции среднего зала полностью исключены. Балки жесткости оставлены в боковых тоннелях. В то время колонные станции в Москве и Ленинграде конструировались на основе тоннельных обделок наружным диаметром 9,5 м. При проектировании чугунных станционных обделок диаметром 8,5 м встретилось конструктивное затруднение в перекрывании продольных пролетов между колоннами. Если в колонных станциях диаметром 9,5 м эти пролеты перекрывались стальными прогонами, размещаемыми внутри тоннелей, то в конструкциях диаметром 8,5 м это сделать невозможно: высота прогона не позволяет иметь минимально допустимую высоту пассажирского прохода. Пришлось пойти по пути использования рабочей высоты тоннельной обделки, придав ей свойство работать в поперечном и продольном направлениях. Таким образом, пролеты между колоннами были перекрыты перемычками, входящими в состав тоннельной обделки и не занимающими дополнительной высоты.

В начале в проекты закладывались однорядовые перемычки из фасонных тубингов, через которые конструктивно сопрягаются средний свод с боковыми тоннелями и колоннами. Однако за-

труднения с изготовлением фасонных тубингов весом до 3 т не дали возможности претворить это решение на стройке. В колонных станциях стали использовать освоенные промышленностью стандартные перемычки. Первый опыт их применения осуществлен на станциях «Площадь Ногина».

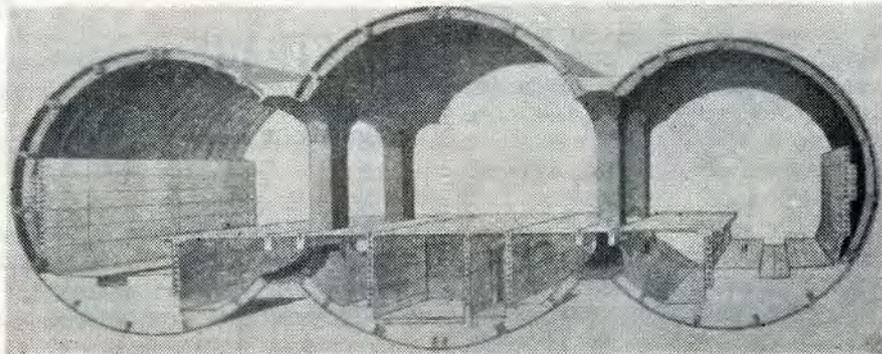


Рис. 1

Это первые колонные станции, где боковые и средний тоннели образованы из кольцевых тубингов наружным диаметром 8,5 м, а продольные пролеты перекрыты двойными типовыми перемычками (входящими в состав тубингов боковых и среднего тоннелей).

При разработке проекта второго участка Ждановско-Краснопресненского диаметра перед проектировщиками была поставлена задача разработать для двух центральных пересадочных станций «Кузнецкий мост» и «Пушкинская» такие колонные конструкции, которые бы позволили в любом месте среднего зала разместить натяжную камеру для трех-четырёх эскалаторов ЛТ-3, и чтобы по расходу металла и трудоемкости станция экономически не уступала пилонной.

Проект такой станции разработан Метрогипротрансом и принят к строительству. Особенности новой станции в следующем: шаг колонн увеличен с 4,5 до 5,25 м (для чего нужно было изменить конструкцию перемычек); между-путье 19 вместо 17,75 м. При таком между-путье можно регулиро- вать длину среднего зала, разме-

щая натяжную камеру для трех или четырех эскалаторов между боковыми станционными тоннелями. Ширина среднего зала доведена до 8,2 вместо 6,25 м, как на станции «Площадь Ногина», высота 6,25 вместо 4,75 м. Проходы в свету увеличены по ширине на 0,95 м, по высоте на 0,4 м. Средний свод шире и выше боковых, собирается из тубингов, колец наружным диаметром 9,5 м (рис. 1).

В зависимости от условий планировки можно менять ширину среднего зала (и, следовательно, величину между-путья) путем применения прокладок в среднем своде.

Колонны стальные, монтируются каждая из двух половин при

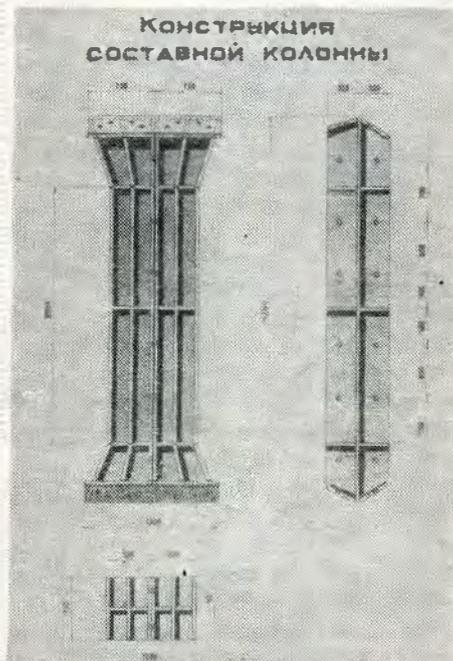


Рис. 2



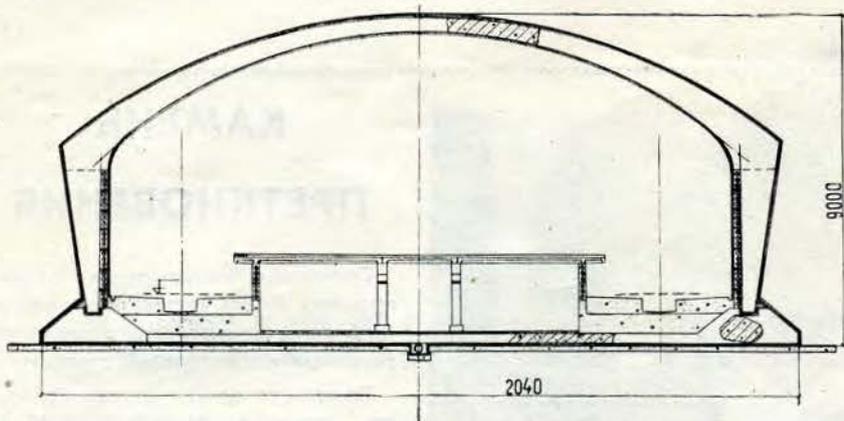


Рис. 3. Односводчатая станция

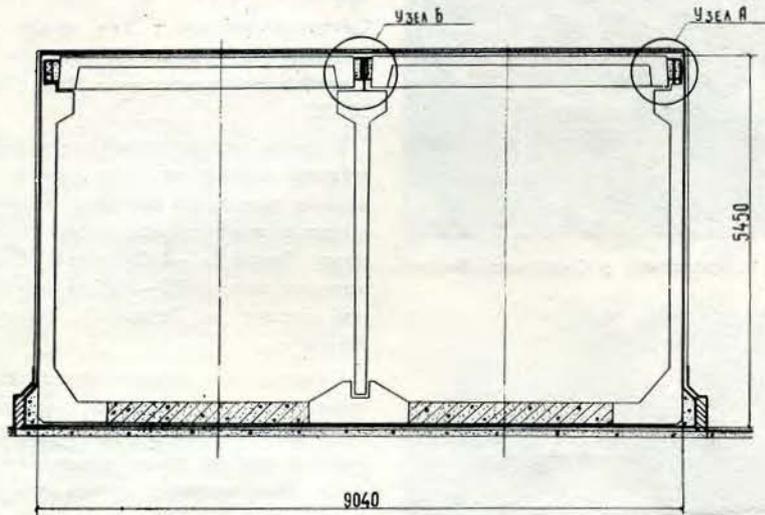


Рис. 4. Двухпутный перегонный тоннель отырытого способа

положенные по обе стороны платформ, будут использованы и как пешеходные переходы.

Исходя из ожидаемой величины пассажиропотоков на перспективу ширина станционных платформ принята 10 м, длина — 100 м, что обеспечит прием пятивагонных поездов. Платформы всех станций островного типа.

Конструкции станций предусмотрены двух типов: колонная и односводчатая. Конструкция первого типа выполнена из сборного и монолитного железобетона со сборными стенами, перекрытием, колоннами и монолитными лотком, прогонами, антисейсмическими поясами в верхних углах конструкций (рис. 2).

Сводчатая станция Мукимм разработана в виде рамы с криволинейным ригелем, шарнирно опертой на ленточные фундаменты. Фундаменты объединены плитой, которая выполняет также роль затяжки. Конструкция обладает достаточной жесткостью и устойчивостью для условий сейсмического района и просадочных грунтов, обеспечивая передачу на грунт только вертикальных реакций (рис. 3).

Впервые в практике советского метростроения встречается случай строительства в столь сложных условиях. Город расположен в районе с расчетной сейсмичностью, равной 9 баллам. Поэтому конструкции станций и перегонных тоннелей, выполненные из сборно-монолитного железобетона, рассчитаны не только на восприятие постоянных и временных нагрузок, но и на действие

линий в центральной части города размещены пересадочные станции.

Технико-экономические расчеты и анализ схемы линий метрополитена показали, что наиболее целесообразно начать строительство сети с участка от станции Дуслик, расположенной в работе юго-западной промышленной зоны, до станции Сквер Октябрьской революции, разместившейся в административном и культурном центре города. Протяженность участка — 12 км с 9 станциями.

За станцией Дуслик линия пройдет по проспекту Дружбы народов до пересечения его с улицей Узбекистанской. На этом участке размещено пять станций: Фархад, Сабира Рахимова, Мукими, Парк культуры, Комсомольская. Далее трасса пройдет по запланированным парковой зоне и бульвару мимо телецентра и стадиона «Пахтакор», к площади им. В. И. Ленина под сквером

Революции к улице Пушкина. На этом участке запланировали три станции — «Пахтакор», Площадь им. Ленина, Сквер Октябрьской революции.

Первая линия метрополитена (мелкого заложения) пересекает сеть каналов Боз-Суйской ирригационной системы. Над каналом Ак-Тепе линия пройдет по эстакаде. Учитывая большую запыленность воздуха, этот участок длиной 500 м представляет собой глухую галерею, имеющую остекленное перекрытие в средней части многопролетного моста. Канал Анхор будет отведен в новое русло над сооруженным тоннелем.

Станции первой очереди запроектированы с двумя подземными вестибюлями. Входы станций, рас-

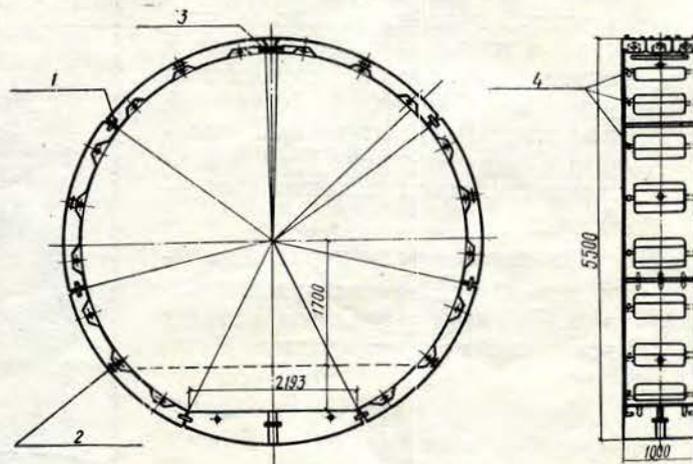


Рис. 5. Сборная железобетонная оболочка для закрытого способа работ: 1, 3 — монтажная шпилька, 2 — отверстие для нагнетания за оболочку, 4 — закладные детали

инерционных сил движения породы в момент землетрясения.

Для сохранения устойчивости и прочности подземных сооружений при сейсмических нагрузках предусмотрены продольные монолитные пояса в верхних углах сопряжения конструкций с перепуском арматуры из смежных блоков (рис. 4).

В поперечных швах между элементами перекрытий, стеновыми блоками предусмотрены шпоночные соединения.

Несколько отлична конструкция сборной железобетонной обделки для закрытого способа работ (рис. 5).

Чтобы увеличить сопротивляемость ее сейсмическим воздействиям, предусмотрено усиленное болтовое соединение, в связи с чем изменен профиль унифицированных блоков. Для обеспечения жесткости через 50—60 м устраиваются деформационные швы.

Большая часть района трассы представлена лессовидными суглинками, отличительной особенностью которых является их просадочность при намокании. Институтом Метрогипротранс в сотрудничестве с научно-исследовательскими учреждениями Узбекистана была проделана большая работа по выявлению оптимальной глубины заложения тоннелей, дающей наименьшие просадки. Определено, что слой толщиной 2—3 м над уровнем грунтовых вод, вследствие капиллярного поднятия воды, увлажняется и практически является непросадочным. Глубина заложения лотков тоннелей принята, по возможности, в толще этого слоя, что и определяет способ сооружения перегонных тоннелей (открытый или закрытый). Открытым способом будет сооружено 7 км протяженности линии, а закрытым — 5 км.

На линии предусмотрено движение 30 пар трехвагонных поездов. Депо метрополитена будет построено в районе станции Дуслук.

Описанные в статье проектные проработки не являются окончательными, и сейчас ведутся поиски наиболее рациональных решений.

## КАМЕНЬ

### ПРЕТКНОВЕНИЯ

Сретенка и 1-я Мещанская (ныне проспект Мира) составляли одну из наиболее интенсивных по движению радиальных магистралей столицы.

По этим улицам пролегли маршруты трамваев №№ 2, 9, 10, 17, 19. Мощный транспортный поток, особенно в часы «пик», сталкивался с не менее интенсивным на пересечении с Садовым кольцом, где, кроме уже упомянутых, громыхали трамваи «Б» с двойными прицепами и №№ 12, 14, 30, 32.

В самом центре сплетения перегруженных маршрутов, как Сретенские ворота земляного города, высилось «первое значительное сооружение в эпоху Петра I» — Сухарева башня, построенная в 1692—1695 гг. «на главной дороге из Западной Европы в Москву».

Сооружение представляло собой каменные «двухэтажные палаты с трехъярусной башней над ними. В середине первого этажа палат были ворота, запиравшиеся ночью на железный засов». В 1701 году, после некоторой реконструкции, в этом здании была открыта «Школа навигацких и математических наук».

Там, где не так давно высились Сухарева башня, камень преткновения городского транспорта, теперь расположились входы в новую станцию метрополитена «Колхозная», являющейся составной частью Калужско-Рижского диаметра метро.

Б. ФЕДОРОВ.

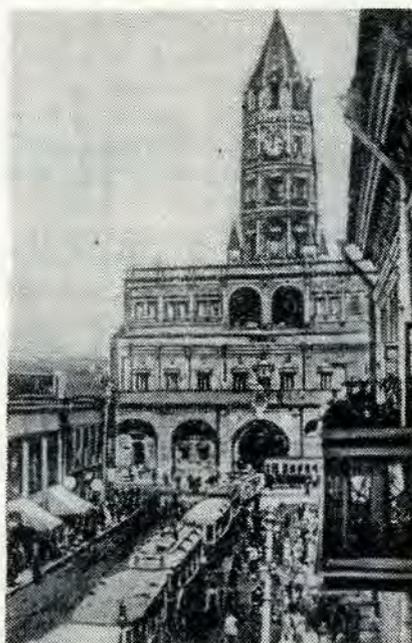
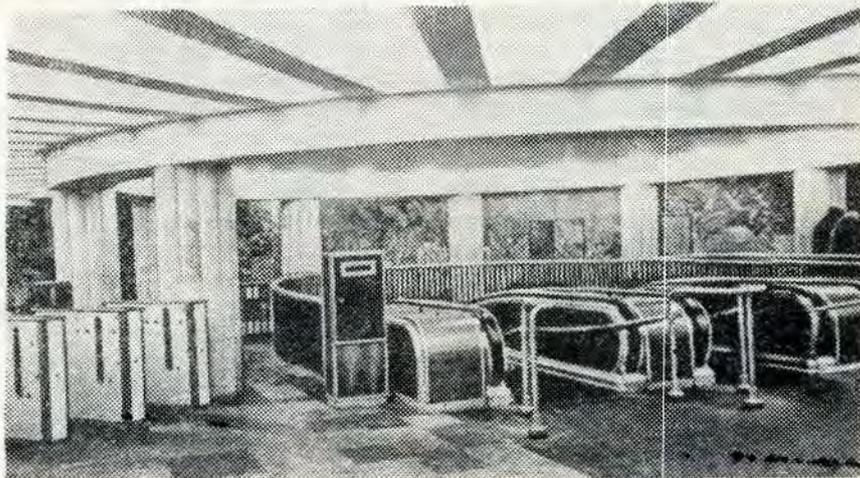


Рис. 1. Транспорт у Сухаревой башни



Рис. 2—3. На Колхозной площади сегодня



# МОНОЛИТНО-ПРЕССОВАННАЯ БЕТОННАЯ ОБДЕЛКА В ПЕСЧАНЫХ ГРУНТАХ

В. ХОДОШ, канд. техн. наук

В ПРАКТИКЕ метростроения широко принят щитовой метод проходки тоннелей с устройством сборной обделки, конструкция и способ возведения которой разработаны уже давно. Способ включает такие трудоемкие операции, как сборка обделки, первичное нагнетание, контрольное нагнетание, заделка швов. В качестве обделки используются чугунные и железобетонные элементы сравнительно высокой стоимости. При сооружении тоннелей в подвижных песчаных грунтах не представляется возможным заполнить нагнетанием раствора разницу объемов, заключенных в пройденной выработке и в тоннеле, что неминуемо вызывает осадку поверхности земли за щитом.

Применение сборной обделки, обжатой в породу, позволяет исключить из цикла операций, выполняемых при сооружении тоннелей с обычной обделкой, первичное нагнетание, но используется пока только для проходки тоннелей в глинистых грунтах.

Принципиально отличной является технология сооружения тоннелей с монолитно-прессованной бетонной обделкой. Обделка формируется из бетонной смеси давлением, создаваемым проходческим щитом или устройством, по мере образования выработки. В этом случае наружный диаметр тоннеля равен или больше наружного диаметра щита, а бетонная обделка имеет плотный контакт с окружающим массивом. Исключены первичное и контрольное нагнетание раствора

за обделку тоннеля, заделка швов между ее элементами, а также устройство внутренней железобетонной рубашки при строительстве коллекторов и гидротехнических тоннелей.

Все работы по возведению обделки тоннелей осуществляются вблизи забоя, таким образом проходческий комплекс оставляет тоннель, подготовленный к укладке путевых рельсов метрополитена и монтажу различных постоянных устройств.

Применение новой технологии при проходке тоннелей в песчаных грунтах открывает техническую возможность исключить осадку поверхности земли\*.

В процессе возведения монолитно-прессованной бетонной обделки обнаруживается влияние многих факторов, от правильного взаимодействия между которыми зависит успех проходки тоннелей. Эти факторы можно разделить на три группы: конструктивные (конструкция опалубки, прессующего кольца и оболочки щита), технологические (величина и равномерность давления на бетонную смесь; режимы прессования; степень заполнения заопалубочного пространства бетонной смесью; установка опалубки, прессующего кольца и оболочки щита относительно друг друга и их взаимные смещения в процессе прессования), свойства бетонной смеси (способность к перепрессовке под

давлением, время начала схватывания и т. д.).

Возведение монолитно-прессованной бетонной обделки при проходке тоннелей в песчаных грунтах отмечено сложностью взаимодействия этих факторов из-за влияния управления движением щита на процесс прессования бетонной смеси и зависимости давления прессования бетонной смеси от усилий, необходимых для внедрения щита в забой.

Наибольшие неприятности при проходке тоннеля в песчаных грунтах возникают от установки и взаимного перемещения опалубки, прессующего кольца и оболочки щита.

При неправильной взаимной установке этих элементов в процессе прессования может возникнуть бетонный клин, разрушающий оболочку щита, а перемещение опалубки вызывает механическое воздействие ее на только что отформованный бетон и появление в нем трещин.

Нужно отметить, что практические разработки технологических вопросов значительно опережают научные исследования в этой области. Поэтому многие затруднения, возникающие в процессе возведения монолитно-прессованных бетонных обделок (коллектор р. Неглинной, опытный участок Краснопресненского радиуса метрополитена), решаются непосредственно в тоннеле усилиями строителей и специалистов Метрогипротранса.

На строительстве Краснопресненского радиуса Московского

\* Более подробно см. в сб. «Метрострой», 1965, № 4.

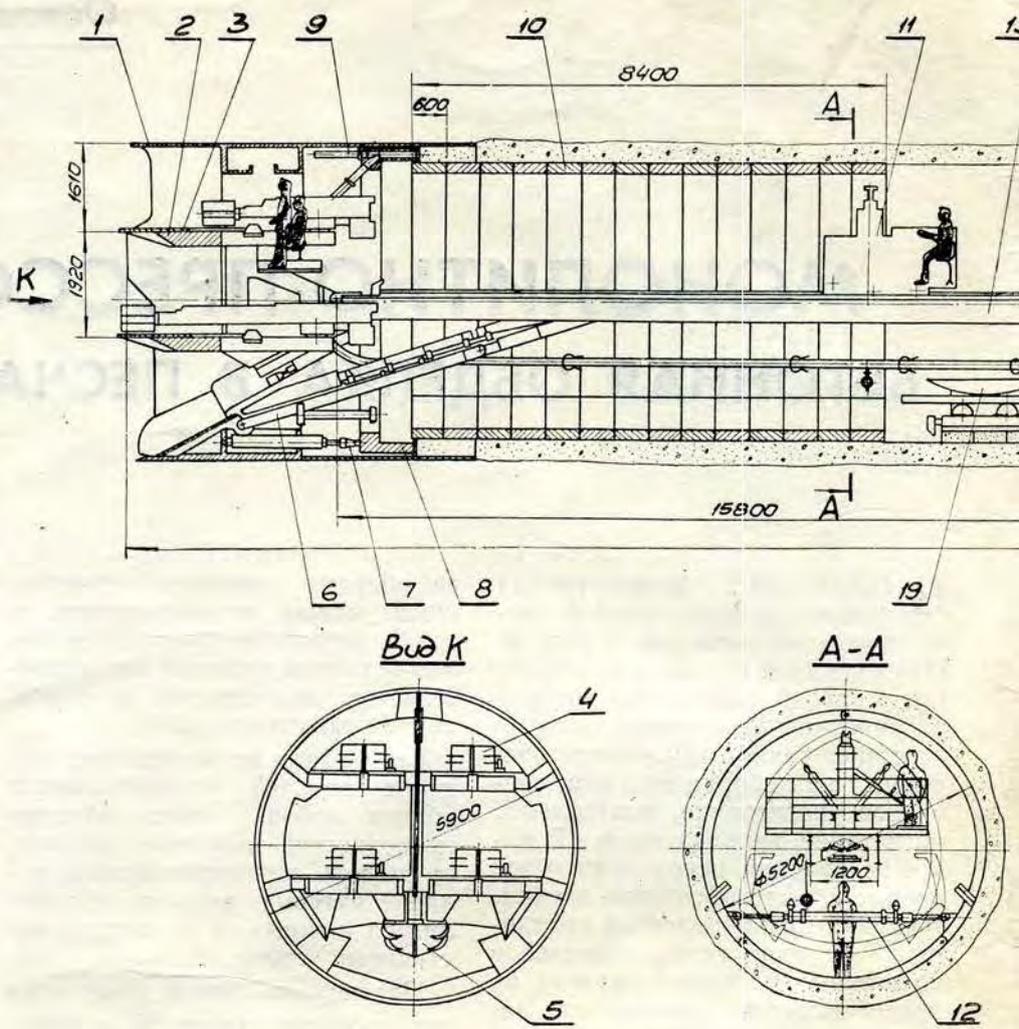
метрополитена закончены приемочные испытания нового проходческого комплекса (рис. 1). Головная часть щита 1 имеет две неподвижные горизонтальные площадки 2, соединенные вертикальной перегородкой по центру и с верхней частью корпуса щита. На каждой горизонтальной площадке смонтированы по две выдвижные платформы 3, а в ячейках щита, образованных горизонтальными площадками, механизмы челюстного типа 4. Механизмы выполнены в виде подвижных рам с шарнирно-закрепленными на них челюстями.

При работе рама совершает возвратно-поступательное, а челюсти — вращательное движение вокруг шарнира на раме. Для разработки грунта по всей ширине забоя и сбрасывания разработанного грунта с площадок рама поворачивается в плане вокруг шарнира, установленного в хвостовой части площадок.

В нижней части щита под углом  $30^\circ$  установлена погрузочная машина с челюстными захватами 5. Конструкция погрузочной машины аналогична конструкции верхних машин, но она не предусматривает поворотного движения в плане. При работе погрузочной машины грунт через отверстие в защитном листе корпуса щита попадает на транспортер 6 и выдвигается за пределы щита.

Все движения машин совершаются при помощи гидравлических домкратов. В щите установлен 21 щитовой домкрат с общим усилием 2400 т. На штоке каждого домкрата имеется компенсирующее устройство 7, выполненное в виде подпружиненного стержня с шаровой поверхностью на конце. Щитовые домкраты через компенсирующие устройства упираются в поверхность прессыющего кольца 8, распределяющего давление на бетонную смесь. В прессыющем кольце предусмотрен канал для подачи бетонной смеси в заопалубочное пространство с гидравлическим домкратом 9 для перекрытия этого канала.

Проходческий комплекс включает секционную опалубку 10, механизм для ее перестановки 11, устройство для отрыва от бетона откидных звеньев нижней части опалубки 12, транспортный



мост 13, передвижную платформу 14 с транспортером-перегрузателем 15, бетоновод 16 и пневмобетоноподатчики 17.

Опалубка состоит из 14 секций шириной 600 мм каждая. Верхняя часть секции состоит из двух сегментов, шарнирно соединенных между собой, а нижняя имеет два, шарнирно закрепленных откидных звена. Секции опалубки переносятся к месту установки при помощи механизма по частям — сначала верхние, а затем нижняя часть с откидными звеньями.

Механизм передвигается по рельсам транспортного моста, опирающегося одним концом через шарнирное соединение на щит, а другим через катковую опору на рельсы платформы, перемещающейся по готовому плоскому лотку тоннеля. На поперечных связях несущих балок транспортного моста размещен кон-

вейер с шириной ленты 650 мм. На задней части моста смонтированы гидронасосные установки и электрооборудование.

Транспортер - перегружатель установлен на платформе, имеющей два гидравлических домкрата 18 и передвигающейся с их помощью вперед подтягиванием к уложенному блоку плоского лотка 19. На платформе размещены две рельсовые колесницы размером 600 мм с междупутьем 1300 мм, которые в средней части платформы соединены стрелочным съездом.

Испытания нового проходческого комплекса проводились СМУ-8 Мосметростроя при сооружении правого перегонного тоннеля между станциями «Октябрьское поле» и «Щукинская» в песчаных грунтах естественной влажности с отдельными включениями глинистых грунтов. При про-

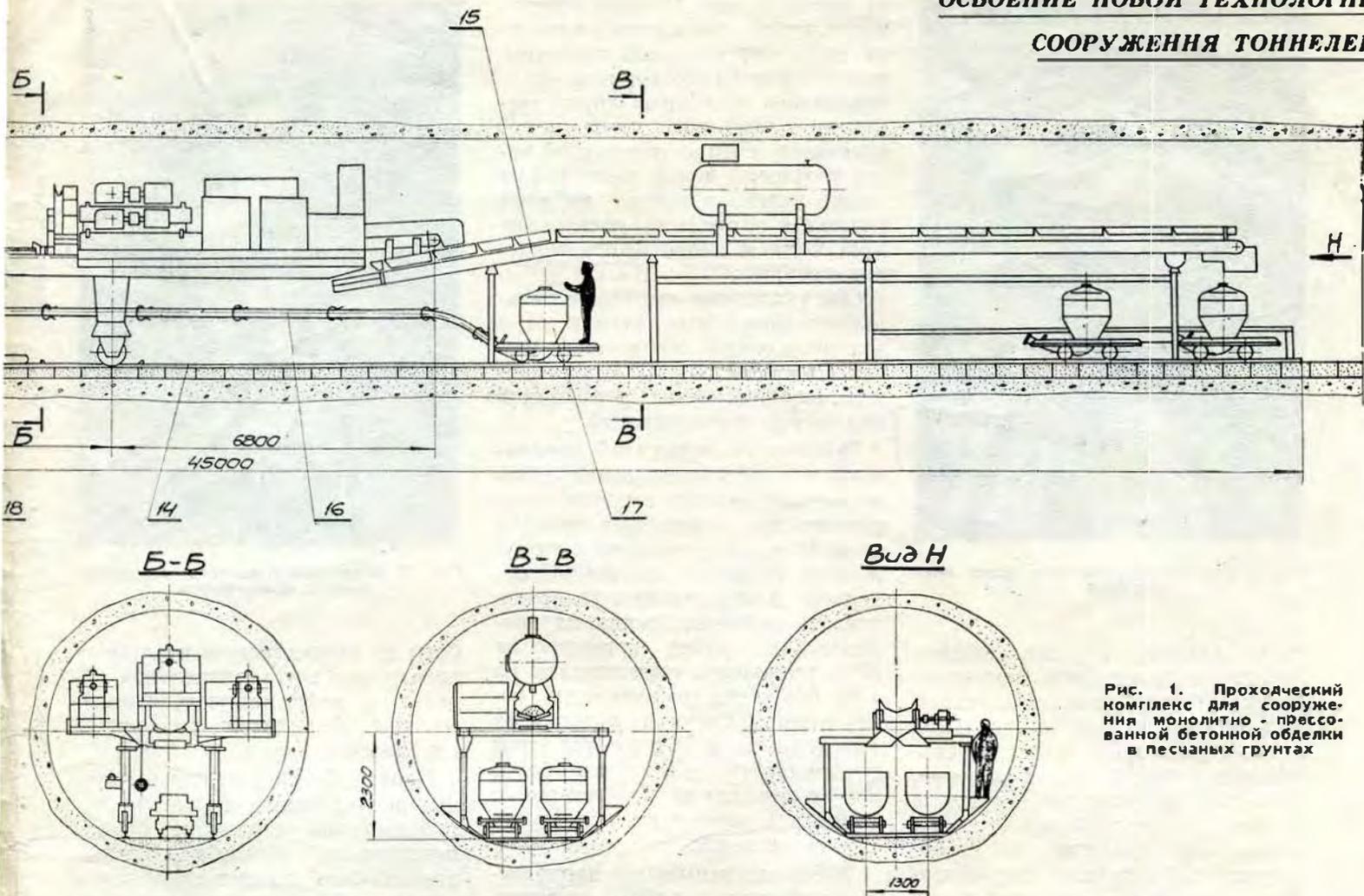


Рис. 1. Проходческий комплекс для сооружения монолитно-прессованной бетонной обделки в песчаных грунтах

ходке тоннеля встречались валуны объемом до  $0,6 \text{ м}^3$ .

Цикл работ начинался с установки в хвостовой части щита очередной секции опалубки и нагнетания за нее бетонной смеси, доставляемой в зону проходческих работ в пневмобетоноподатчиках. Пневмобетоноподатчики поочередно подсоединяются к бетоноводу и сети сжатого воздуха, выдают бетонную смесь и отходят по стрелочному съезду на второй путь.

После нагнетания бетонной смеси щит передвигается вперед, а разрабатываемый при этом челюстными машинами грунт системой транспортеров грузится в нерасцепленные составы вагонеток.

Одновременно с продвижением щита ведут работы по снятию задней секции опалубки и установке плоского лотка обделки. После продвижения щита гидро-

домкратами, установленными на платформе, передвигают транспортер-перегрузатель на величину 600 мм. Транспортирование пневмобетоноподатчиков и вагонеток по тоннелю осуществляли болгарским дизелевозом типа ЛД-30.

Скорость проходки тоннелей достигала: в смену — 2,36 пог. м, в сутки (три смены по 8 час.) — 6,38 пог. м, в месяц — (20 рабочих дней) — 96 пог. м. Проходческий комплекс обеспечил возведение монолитно-прессованной бетонной обделки хорошего внешнего вида и качества. Закладные металлические части устанавливаются в обделку в процессе ее возведения. Толщина бетона составила 37—40 см. Фактическая прочность бетона обделки через 28 суток, определенная по результатам испытаний образцов из выломов в тоннеле, составила в среднем  $400 \text{ кг/см}^2$  (при проск-

ной марке «300»), прочность на момент распалубки (48—60 часов) по данным адеструктивных измерений —  $120—160 \text{ кг/см}^2$ .

Бетон обделки выдержал испытания на водонепроницаемость при давлении 2 атм. Однако в обделке обнаружены в отдельных местах кольцевые трещины, которые, не влияя на ее несущую способность, не позволили пока получить водонепроницаемую обделку тоннеля. Основной причиной возникновения трещин в обделке является сдвиг секции опалубки в сторону щита при подтягивании к нему прессующего кольца после прессования.

Уже разработаны и изготовлены для следующего проходческого комплекса дополнительные устройства, исключающие это явление.

Трудовые затраты на сооружение 1 пог. м тоннеля, включая разработку забоя, возведение об-

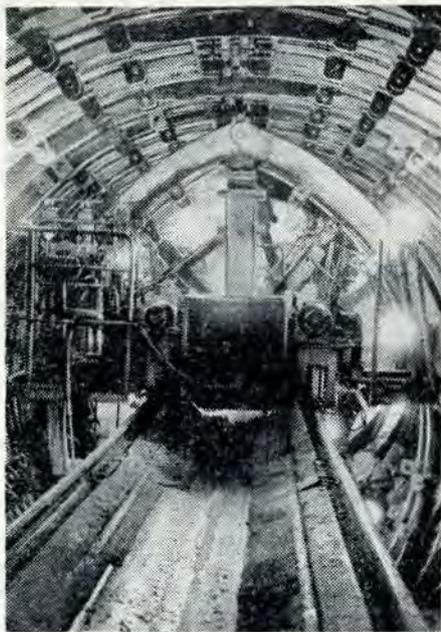


Рис. 2. Передвижная металлическая опалубка

делки, откатку породы, выдачу породы на поверхность, приготовление бетонной смеси и доставку ее к забою, устройство плоского лотка с доставкой блоков и установку закладных деталей в бетон, составили 38,8 чел.-час. Трудовые затраты на все работы, включая управление механизмами, их обслуживание и ремонт, наращивание временных откаточных путей и вентиляционных труб и т. д. на 1 пог. м тоннеля, составили по данным СМУ-8 58,6 чел.-час. Фактическая стоимость затрат на сооружение 1 пог. м тоннеля оказалась менее 700 руб.

В процессе испытаний проходческого комплекса определялись деформации поверхности земли над тоннелем. Наблюдения за поверхностью земли показали, что осадка проявлялась только при проходке корпуса щита под контрольным репером. Нарастания осадки поверхности земли за щитом после возведения монолитно-прессованной бетонной обделки

не наблюдалось. Осадка поверхности земли над щитом возникала из-за неправильной геометрической формы его корпуса, изготовленного из старых литых сегментов и имевшего площадь поперечного сечения в ножевой части больше, чем в хвостовой, а также ведением щита на этом участке с подъемом, превышающим подъем проходимого тоннеля, и составила  $8 \div 10$  см.

Обе указанные причины в дальнейшем могут быть устранены, и величина осадки поверхности сведена к минимальной, исключая необходимость перекладки подземных коммуникаций.

Результаты испытаний показывают, что внедрение новой технологии сооружения тоннелей метрополитена в песчаных грунтах позволяет, по сравнению с сооружением тоннелей со сборной обделкой в аналогичных условиях, снизить стоимость основных проходческих работ примерно на 20%, уменьшить трудозатраты на 13% без учета трудоемкости изготовления блочной обделки на заводе и на 60% с учетом этой трудоемкости, сэкономять более 200 кг металла на каждом метре тоннеля и уменьшить осадку поверхности земли.

В период испытаний проходческого комплекса работы по возведению монолитно-прессованной обделки велись только пять дней в неделю, в дальнейшем же целесообразно перейти на непрерывную работу по «скользящему» графику.

Технология сооружения тоннелей с монолитно-прессованной бетонной обделкой в песчаных грунтах и оборудование для ее осуществления разработаны Метротрансом. Изготовитель оборудования — Московский механический завод Главтоннельметростроя.

В период испытаний щита ЦНИИСом были проведены ра-



Рис. 3. Перегонный тоннель, сооруженный из пресс-бетона

боты по исследованию некоторых параметров щита, тоннельной обделки и деформации грунтового массива над щитом с помощью глубинных реперов.

Необходимо продолжить научные исследования по таким вопросам, как устранение осадки поверхности земли над щитом, возникающей за счет его ведения с подъемом, превышающим подъем тоннеля; устранение трещин в обделке и получение водонепроницаемого тоннеля; армирование бетонной обделки и повышение ее несущей способности; получение равномерной прочности бетона по сечению и длине обделки; устранение уступов в обделке; влияние масштабного фактора на технологические вопросы при дальнейшем увеличении диаметра тоннеля, например, до 9,5 м; прессование бетонной смеси в радиальном направлении; возведение обделки при буровзрывном способе работ, при проходке под сжатым воздухом и т. д.



Рис. 1

## БИБЛИОТЕКА ИМЕНИ ЛЕНИНА — САВЕЛОВСКИЙ ВОКЗАЛ

С. ЕРЕМЕЕВ,  
главный инженер проекта.

**РАЗРАБОТАН** технический проект Тимирязевского радиуса Московского метрополитена от станции «Библиотека им. Ленина» до «Савеловского вокзала» (рис. 1).

Запроектированный участок является центральным участком Тимирязевско-Серпуховской линии. Его предназначение — улучшение обслуживания скоростным транспортом населения центральных районов города, а также Дегунина и Лиозозова.

В перспективе намечается продлить линию метрополитена от станции «Савеловская» на север в район Дегунина до железнодорожной платформы Марк (с ответвлением от станции Петровско-Разумовское в Лиозозово) и от станции «Библиотека им. Ленина» на юг через Полянку, Добрынинскую площадь в новый жилой массив Чертаново до железнодорожной платформы Красный строитель. На образованном таким образом 50-км Тимирязевско-Серпуховском диаметре, связывающем северную и южную окраины столицы, будет сооружено 30 станций.

Линия протяженностью 6,74 км проходит под центральными районами города с плотной многоэтажной застройкой и поэтому принята глубокого заложения. От станции «Библиотека имени Ленина» трасса линии проходит через Пушкинскую и Трубную площади, станцию «Новослободская» Кольцевой линии к площади Савеловского вокзала. Предусмотрено сооружение пяти станций глубокого заложения. Среднее расстояние между станциями 1,45 км, максимальное — 1,67 км и минимальное — 0,86 км.

Перегонные тоннели и станции будут проложены в толще пород верхнекаменноугольного возраста, представленных глинами, мергелями и известняками; наклонные тоннели — в водоносных и неустойчивых грунтах.

Максимальный ожидаемый водоприток: в один забой — 300 м<sup>3</sup>/час, мощность применяемых водоотливных установок — 500 м<sup>3</sup>/час.

Проходка стволов принята обычным способом с замораживанием неустойчивых пород и методом опускного колодца в тиксотропной рубашке в зоне

неустойчивых пород; перегонных тоннелей — способом сплошного забоя с монтажом обделки у забоя тубинго- или блоко-укладчиками. Станционные тоннели «Библиотеки им. В. И. Ленина» сооружают методом щитовой проходки, а станций «Пушкинская», «Трунная площадь», «Новослободская» и «Савеловская» — сплошным забоем с монтажом обделки у забоя тубингоукладчиками. При проходке боковых тоннелей колонных станций одновременно устанавливаются стальные колонны. Проходка эскалаторных тоннелей принята с замораживанием неустойчивых водоносных пород. Подземные вестибюли сооружаются в котлованах со свайным креплением и частично с откосами. При сооружении вестибюлей на станциях «Пушкинская» и «Трунная площадь» применяется замораживание грунта, а вестибюлей станций «Савеловская», «Новослободская» и «Трунная площадь» — искусственное водопонижение.

На участках трассы с устойчивыми и малоустойчивыми трещиноватыми водоносными породами с напором воды над шельгой свода более 5 м принята чугунная обделка перегонных тоннелей с наружным диаметром колец 5,5 м заводов ДЗМО и Лентрубит. Швы между тубингами чеканят быстроуплотняющимся цементным составом — БУСом по ВСН-149-68.

На участках, где напор подземных вод над шельгой свода менее 5 м, принята унифицированная тоннельная обделка из железобетонных ребристых блоков заводского изготовления с цилиндрическими продольными стыками, со связями между кольцами, с чеканкой швов между блоками цементным составом БУС. Предусмотрено покрытие наружной поверхности блоков слоем горячего битума в заводских условиях. Обделка тупиков, камер съездов, притоннельных и пристанционных сооружений принята из чугунных тубингов.

«Пушкинская», «Трунная площадь», «Новослободская» и «Савеловская» приняты колонного типа с обделкой из чугунных тубингов, с чугунными клинчатыми перемычками и стальными колоннами; обделки эскалаторных тоннелей и стволов шахт назначены чугунными с чеканкой швов свинцовым шнуром.

Конструкции подземных вестибюлей выполнены из сборных монолитных железобетонных элементов. Наземные вестибюли сооружаются с плоской кровлей по сборному железобетонному перекрытию.

Станция «Библиотека им. Ленина» расположена на существующем узле метрополитена — «Библиотека им. Ленина», «Калининская» и «Артбатская» глубокого заложения. Станция принята пилонного типа с междупутьем 23 м, боковыми тоннелями диаметром 8,5 м и средним залом диаметром 9,5 м. Об-

делка тоннелей из чугунных тубингов. Северный подземный вестибюль станции размещен частично под расширяемым проспектом Калинина и запроектирован объединенным с вестибюлем станции «Калининская». Намечена реконструкция глухого торца этой станции для входа, выхода и пересадки пассажиров. Вестибюль связан со станцией Тимирязевского радиуса четырьмя эскалаторами типа ЛТ-2 и с проектируемым городским пешеходным переходом под проспектом Калинина. Второй вестибюль размещен у проспекта Маркса на месте действующего наземного вестибюля станции «Библиотека им. Ленина» Кировско-Фрунзенской линии и будет обслуживать пассажиров обеих станций. Вестибюль связан со станцией Тимирязевского радиуса двумя маршами из четырех эскалаторов типа ЛТ-3 и ЛТ-5. На одноименной станции Кировско-Фрунзенской линии будет сооружен мостик с двумя лестницами для пересадки на Тимирязевский радиус и выход в город. Торцевая лестница платформы шириной 5,6 м будет использована для пересадки с Тимирязевского радиуса и для входа на действующую станцию.

В центре среднего зала «Арбатской» глубокого заложения для обеспечения пересадки на станцию Тимирязевского радиуса запроектированы боковые лестницы высотой 3,2 м и ходки к четырем эскалаторам типа ЛТ-5. На станции Тимирязевского радиуса сооружаются переходные мостики и лестницы, размещенные в торцах посадочных платформ. В обратном направлении пересадка осуществляется из центра среднего зала по двум боковым лестницам и коридору (рис. 2).

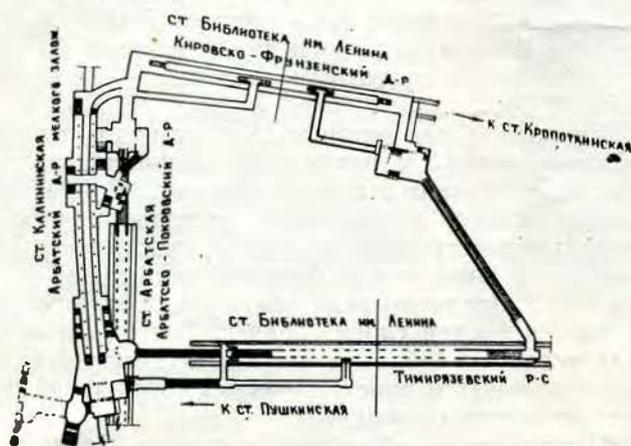


Рис. 2

От станции «Библиотека им. Ленина» линия проходит под проспектом Калинина, улицам Герцена и Горького действующими тоннелями Горьковско-Замоскворецкого и сооружаемыми тоннелями Ждановско-Краснопресненского диаметра.

«Пушкинская» входит в состав нового пересадочного узла из трех станций Ждановско-Краснопресненской, Горьковско-Замоскворецкой и Тимирязевско-Серпуховской линий. Расположение станций в этом узле по треугольной схеме создает возможность устройства входа и выхода пассажиров из каждого вестибюля на две станции и обеспечивает сооружение удобных пересадок между станциями.

Станция Тимирязевского радиуса запроектирована колонного типа с междупутьем 19 м. Выход — вход осуществляется по трем эскалаторам типа ЛТ-5, подземному коридору, через объединенный подземный вестибюль глубокого заложения, по четырем эскалаторам типа ЛТ-3 в верхний подземный вестибюль, расположенный под Страстным бульваром. Верхний подземный вестибюль соединен с переходом, имеющим лестничные сходы на Страстной бульвар и Пушкинскую улицу.

Для обеспечения пересадки на Ждановско-Краснопресненскую линию на станции Тимирязевского радиуса в среднем зале сооружается боковая лестница шириной 8 м и высотой 3,2 м, переходной мостик, коридор и устанавливаются четыре эскалатора типа ЛТ-5. Между станциями проектируемой и Горьковско-Замоскворецкой линии также устраивается боковая лестница шириной 8 м, высотой 3,2 м (рис. 3). От «Пушкинской» трасса линии про-

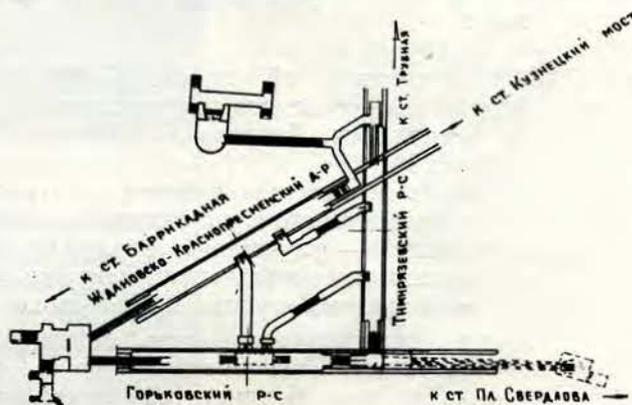


Рис. 3

ходит под улицей Петровкой и Петровским бульваром к Трубаньской площади. Станция «Трубаньская» расположена вдоль проектируемого проезда за зданиями Центрального рынка, цирка и кинотеатра «Мир» с одним выходом на новый проезд вблизи Трубаньской площади.

Станция запроектирована колонного типа с междупутьем 17,75 м. Вестибюль соединен со станцией тремя эскалаторами типа ЛТ-3, коридором шириной 7 м и лестницей (в торце платформы) шириной 8 м и высотой 3,2 м. Подземный вестибюль соединен с пешеходным переходом под проездом, лестничные спуски в переход размещены вблизи Трубаньской площади и зданий Центрального рынка, цирка и кинотеатра «Мир».

От станции «Трубаньская» линия проходит под Садово-Самотечной улицей, тоннелями Кольцевой линии метрополитена к «Новослободской», где запроектирована торцевая пересадка на одноименную станцию Кольцевой линии. Станция принята колонного типа с междупутьем 19,7 м. Вход и выход будет осуществляться через существующий реконструируемый наземный вестибюль. Платформа станции соединена с наземным вестибюлем лестницей шириной 8 м из торца станции, подземным коридором шириной 7 м и тремя эскалаторами типа ЛТ-3. В торце платформы существующей станции запроектирована лестница шириной 9 м, два хода по 4 м каждый и четыре эскалатора типа

ЛТ-5, выходящие в торец проектируемой станции (рис. 4).

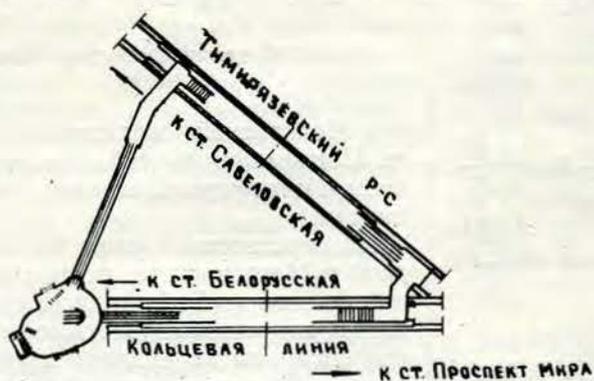


Рис. 4

За станцией «Новослободская» тоннели пройдут вдоль Новослободской улицы к станции «Савеловская», которая расположится под площадью Савеловского вокзала. Станция принята колонного типа с междупутьем 19 м. Она имеет один наземный вестибюль, расположенный у здания вокзала (рис. 5)

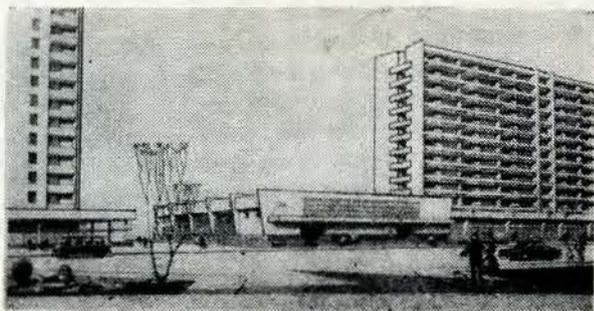


Рис. 5

с входами и выходами в сторону железнодорожных платформ и на площадь Бутырской заставы. Вестибюль связан с платформой станции четырьмя эскалаторами типа ЛТ-2.

Пилоны, колонны, платформенные и путевые стены станций, стены переходов и вестибюлей облицованы мрамором; полы — гранитом; потолки вестибюлей и некоторых служебных помещений — акустическими алюминиевыми конструкциями; своды станций и наклонных тоннелей — зонтами из алюминия и стеклопластика.

Для оформления вестибюлей и станций будут использованы элементы декоративно-прикладного и монументального искусства.

Станции, перегонные тоннели, совмещенные тягово-понижительные подстанции, пристанционные и притоннельные сооружения оборудованы системами вентиляции, отопления, водопровода, водоотвода и канализации. В качестве вентиляционных агрегатов приняты двухступенчатые вентиляторы ВОМД-2,4.

Рельсы типа Р-50 будут уложены на бетоне с втопленными в него шпалами типа 1А. Промежуточное скрепление — раздельное, типа «метро». Ходовые рельсы свариваются электроконтактным способом в плети длиной от 37,5 до 350 м.

Для снижения уровня шума от подвижного состава будет применен метод сварки рельсовых плетей с клеболтовыми изолирующими стыками и укладка полиэтиленовых прокладок под стальные подкладки.

На одном из перегонов предусмотрен опытный участок бесшпального пути с рельсами типа Р65 и промежуточным пружинным скреплением нераздельного типа.

Конструкция контактного рельса принята по типовому проекту, предусмотрен опытный участок с защитным коробом из стеклопластика.

Электроснабжение запроектировано по децентрализованной системе питания тяговой сети от пяти подземных тягово-понижительных подстанций; на каждой подстанции устанавливается по два кремневых выпрямительных агрегата типа УВКМ-5. Все подстанции выполнены автоматическими с телеуправлением с центрального электродиспетчерского пункта.

Тимирязевский радиус будет оборудован системой автоматического регулирования скорости, дополненной для организации движения хозяйственных поездов автоматической блокировкой без защитных участков и автостопов. Система АРС обеспечивает заданную пропускную способность 40 пар восьмивагонных поездов в час и в перспективе при необходимости позволяет довести ее до 48 пар восьмивагонных поездов в час.

Станции «Савеловская», «Новослободская» и «Библиотека имени В. И. Ленина» оборудуются маршрутно-релейной централизацией с автоматизацией процессов установки, разделки маршрутов, оборота по тупикам и включаются в единую систему телемеханики — быстродействующей частотной диспетчерской централизации.

Проектом предусматривается оборудование линии автоматическим управлением движения поездов по системе САММ.

Для обеспечения расчетных пассажироперевозок при эксплуатации участка линии от станции «Библиотека им. Ленина» до Савеловского вокзала потребуется организация движения 24 пар шестивагонных поездов, а для 1 очереди от станции «Новослободская» до станции «Савеловская» — 24 пар трехвагонных поездов в час «пик». В перспективе линия рассчитана на обращение 40—48 пар восьмивагонных поездов в час.

Для оборота подвижного состава за станцией «Библиотека им. Ленина» запроектирован одиночный съезд, а за «Савеловской» — двухпутный тупик с перекрестным съездом, смотровыми канавами и пунктом технического осмотра; для обслуживания линии предназначено действующее Краснопресненское депо. Для подачи составов в депо за станцией «Новослободская» будет сооружена однопутная соединительная ветка с примыканием к соединительной ветке между Рижской и Кольцевой линиями.

Время сообщения между станциями «Библиотека им. Ленина» и «Савеловская» составит 8 мин. 40 сек; между станциями «Новослободская» и «Савеловская» 2 минуты.

Общий срок строительства Тимирязевского радиуса составляет 5 лет, а 1 очереди — 4 года.



# ВДНХ — МЕДВЕДКОВО



Рис. 1

**М**ЕТРОГИПРОТРАНС закончил разработку технического проекта Рижского радиуса Московского метрополитена от станции «ВДНХ» до «Медведково» (рис. 1). Участок является продолжением действующего Калужско-Рижского диаметра, который будет продолжен также от станции «Новые Черемушки» до «Беляево».

Калужско-Рижская линия, общая протяженность которой составит 32,4 км, обеспечит удобную транспортную связь населения северных (Медведково, Бабушкин, Свиблово) и южных (Беляево, Новые Черемушки) районов города с центром.

Трасса запроектированной линии принята подземной на всем протяжении; строительная длина без учета ветки в депо — 8,36 км.

На участке глубокого заложения протяженностью 2,33 км горные выработки пройдут в скальных породах и глинах каменноугольного возраста, а также в глинах оксфордского яруса юры. Проходка тоннелей в глинах оксфорда намечена с применением сжатого воздуха и с откачкой воды из выше и ниже лежащих песков для уменьшения гидростатического давления.

На участке пересечения с рекой Яузой в обводненных неоднородных по проницаемости песках и супесях применяется специальные методы крепления грунтов.

Для тоннелей мелкого заложения, сооружаемых в водонасыщенных четвертичных суглинках, супесях и песках, предусмотрено искусственное понижение уровня грунтовых вод.

Учитывая сложные гидрогеологические условия строительства, обделка перегонных тоннелей на участке глубокого заложения запроектирована из чугунных тубингов наружным диаметром 5,5 и 6 м на кессонном участке. На перегонах открытого способа принята цельносекционная железобетонная обделка.

Тоннели мелкого заложения и станций на участках с плотной застройкой сооружаются в котлованах с креплением металлическими или буронабивными железобетонными сваями, на свободных участках — в котлованах с откосами.

Наибольший уклон продольного профиля линии — 40‰, наименьший радиус кривых в плане 400 м.

На трассе линии предусмотрено сооружение четырех станций мелкого заложения. Станция «Ростокинская», расположенная на пересечении проектируемой линии с малым кольцом Московской железной дороги, имеет два выхода: северный — с подземным вестибюлем и лестничными входами и южный — с наземным вестибюлем (рис. 2) у входа в



Рис. 2

Главный Ботанический сад. Южный вестибюль соединен с платформой станции тремя эскалаторами ЛТ-5. Предусмотрена возможность пересадки на перспективную линию Большого кольца метрополитена.

Станция «Свиблово» расположена на пересечении Снежной улицы с проездом Русанова и улицей Амурдсена. Станция запроектирована с двумя подземными вестибюлями с подуличными переходами и лестничными входами.

Камеры съездов предназначены для перспективного ответвления линии к станции Лосиноостровская Ярославского направле-

**А. АБРОСОВ**, главный инженер проекта

ния Московской железной дороги. Подземные вестибюли соединены с платформой станции лестницами.

На пересечении улиц Енисейской и Менжинского расположена станция «Бабушкинская» с двумя подземными вестибюлями, подуличными переходами и лестничными входами по обе стороны Енисейской улицы. Выход на поверхность запроектирован из северного вестибюля по лестнице, из южного — тремя эскалаторами ЛТ-5.

Станция «Медведково» находится на пересечении улиц Грекова и Широкой и имеет наземные вестибюли по обе стороны Широкой (рис. 3). Северный вести-

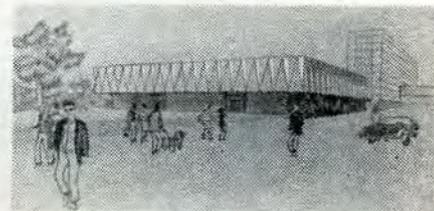


Рис. 3

бюль соединен с платформой тремя эскалаторами ЛТ-5, южный — лестницей. Для оборота поездов за станцией предусмотрен четырехпутный тупиковый тоннель. Все станции запроектированы колонными с платформами островного типа шириной 10 м. Шаг колонн на «Ростокинской» и «Ба-



Рис. 4

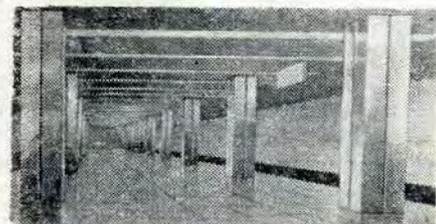


Рис. 5

бушкинской» — 6 м, «Свиблово» и «Медведково» — 8 м (рис. 4, 5).

Применение алюминиевых профилей для облицовки потолков позволит значительно снизить уровень шума от движения поездов. Различные цветовые решения потолков дополняют эстетическое оформление вестибюлей станций, облицованных мрамором, гранитом и керамической плиткой.

Согласно данным ГлавАПУ плотность пассажиропотоков на станциях Калужско-Рижской линии к 1980 г. составит 57,1 тыс. пассажиров в час «пик» и 470 тыс. — в сутки. Соответственно этим прогнозам размеры движения на период эксплуатации до 1980 г. должны составить 40 пар шестивагонных поездов (с вагонами типа Г) в час «пик». В перспективе на линии будут курсировать 40 пар восьмивагонных поездов в час.

Среднее расстояние между станциями на всей линии 1750 м, на проектируемом участке — 2050 м. Скорость сообщения составит 39,4 км/час. Время движения между станциями «Беляево» и «Медведково» 47,6 мин., в обратном направлении — 48,2 мин. Депо «Свиблово» в первый период эксплуатации запроектировано на 14 отстойных путей и 1 продувочный. В дальнейшем количество отстойных путей увеличится до 28.

Электроснабжение предусмотрено по децентрализованной системе питания тяговой сети от пяти подземных понизительных подстанций и одной наземной тяговой, расположенной на территории депо.

Линия оборудуется устройствами СЦБ, всеми видами связи и громкоговорящего оповещения. Намечается автоматическое управление движением поездов по системе САММ.

Система вентиляции принята приточно-вытяжной, реверсивной, с использованием новых осевых агрегатов ВОМД-24. При входах в вестибюли устраиваются воздушно-тепловые завесы.

Общий срок строительства проектируемой линии определяется окончанием проходки тоннелей глубокого заложения и составит 4 года и 2 месяца.

## ТРУДОЕМКОСТЬ СООРУЖЕНИЯ СТВОЛА МЕТОДОМ ПОГРУЖЕНИЯ КРЕПИ В ТИКСОТРОПНОЙ РУБАШКЕ

**ПРИМЕНЕНИЕ** новой технологии сооружения шахтных стволов в зоне неустойчивых и плавучих пород методом погружения крепи в тиксотропной рубашке — пример

рациональной организации горного производства. Наряду с комплексной механизацией проходческих процессов при этом представляется возможным коренным образом изменить социальные условия труда проходчиков шахтного ствола, вывести людей из забоя.

Первый опыт сооружения ствола по новой технологии коллективом СМУ-6 позволил увеличить производительность труда на наиболее трудоемком процессе — разработке забоя — более чем в 10 раз. Общая трудоемкость сооружения 1 м ствола снизилась в четыре раза. Результаты хронометражных наблюдений, проведенные Московской НИС Оргтрансстрой, приведены в табл. 1.

На Московском метрострое по новой технологии уже сооружено три ствола (рисунк 1), причем крепь одного из стволов погружена на рекордную глубину — 32 м. В дальнейшем (в соответствии с проектами института Метрогипротранс) этим методом предусмотрено, как правило, сооружать стволы в зоне неустойчивых и плавучих пород. В частности, в 1972 г. будет сооружено четыре ствола.

Был выполнен структурный анализ затрат труда, потребных для сооружения ствола, на котором в наибольшем объеме осуществлено погружение крепи в тиксотропной рубашке.

Комплекс работ укрупненно сгруппирован по затратам труда в четыре раздела:

- подготовительные работы;
- оснащение ствола проходческим оборудованием;
- проходка;
- обслуживающие процессы.

Потребные затраты труда на выполненный объем работ определены по нормативам соответствующих разделов ЕНиР.

Таблица 1

**ЗАТРАТЫ ТРУДА** на сооружение 1 м ствола диаметром 6 м методом погружения крепи (из чугунных тубингов) в тиксотропной рубашке и при проходке в заморозенных породах обычным способом\*

Наименование работ	Единицы измерения	Объем работ	Затраты труда, чел.-ч.	
			сооружение ствола в заморозенных породах	сооружение ствола методом погружения крепи в тиксотропной рубашке
Разработка породы отбойными молотками и выдача бадьями	м³	28,3	90,17	—
Разработка и выдача породы грейфером емкостью 0,8 м³	—	29,8	—	7,96
Магнетание раствора за крепь	м³	2,6	7,02	7,02
Монтаж тубингового кольца	шт	1	18	12
Временная заделка (чскапка) швов тубингов	шт	29,8	—	6,55
Установка пробок в тубингах	шт	11	1,98	1,98
Разработка породы отбойными молотками в опережающем зумпфе	м³	0,3	4,13	—
Устройство и разборка временного деревянного настила в стволе (через 3 м)	шт	—	9,24	—
Опускание подвешенного предохранительного полка (через 3 м)	шт	—	1,12	—
Обшивка бадьегового отделения с заготовкой и спуском материалов	м²	2	1,1	—
Спуска тубингов в ствол (на одно кольцо)	т	7,5	15,75	—
<b>Всего</b>			<b>148,42</b>	<b>35,51</b>

Примечания: 1. Работа машиниста крана и машиниста подъемной машины не учитывается. 2. При сооружении ствола в тиксотропной рубашке подача тубингов к стволу краном входит в состав работы по монтажу кольца.

\* По данным сооружения ствола № 832 Московского метростроя.

Таблица 3

Затраты труда на оснащение ствола в зависимости от способа работ (чел.-час.)

Наименование работ	Единица измерения	Способ сооружения ствола					
		предварительное замораживание пород			погружение крепи в тиксотропной рубашке		
		объем работ	затраты труда		объем работ	затраты труда	
на изм.-ритель	на объем		на изм.-ритель	на объем			
Устройство тельферной эстакады . . . . .	секц.	3	56,8	168	—	—	—
То же, бункерной секции . . . . .	секц.	1	185	185	—	—	—
Монтаж копра из стальных тубингов . . . . .	к.	14	21	294	—	—	—
Сооружение здания компрессорной и подъемной машины . . . . .	м³	700	12,2	854	—	—	—
Временная армировка ствола;							
расстрелы . . . . .	шт.	85	3,3	271	—	—	—
ярусы с лестничным отделением . . . . .	шт.	17	7,4	125,8	—	—	—
Устройство подкрановых путей . . . . .	м	—	—	—	15	9,2	138
Монтаж и демонтаж накопительного бункера . . . . .	колес	—	—	—	2	33,5	67
Монтаж подъемной машины . . . . .	шт.	1	420	420	—	—	—
Монтаж полков и лестниц в стволе . . . . .	—	—	—	—	2	43	86
Бурение скважин 600 мм для спуска породы . . . . .	м	—	—	—	14	1,6	22
Монтаж козлового крана . . . . .	шт.	—	—	—	1	140	140
Итого . . . . .				2303,8	—	—	453,0

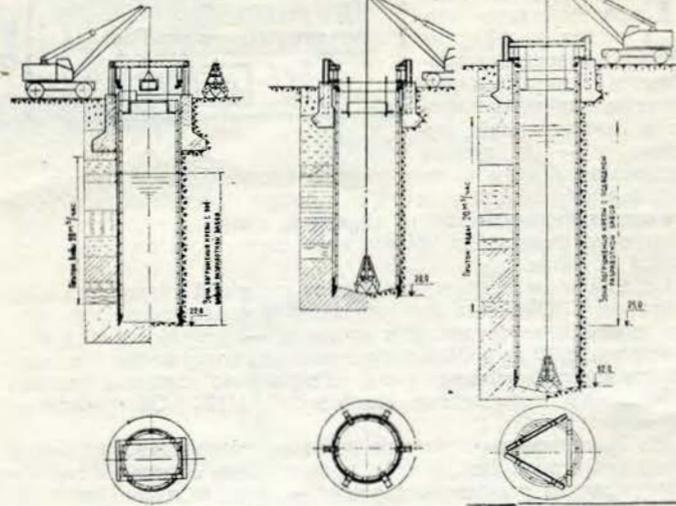


Рис. 1. Схемы сооружения стволов методом погружения крепи в тиксотропной рубашке

Снижение затрат труда при выполнении подготовительных работ на 1274,6 чел.-час. произошло в результате отказа от применения предварительного замораживания пород.

Таблица 2

Затраты труда на выполнение комплекса подготовительных работ (чел.-час.)

Наименование работ	Единица измерения	Способ сооружения ствола					
		предварительное замораживание пород			погружение крепи в тиксотропной рубашке		
		объем работ	затраты труда		объем работ	затраты труда	
на изм.-ритель	на объем		на изм.-ритель	на объем			
Разработка грунта экскаватором для сооружения форшахты-опорного воротника	м³	198	5	9,9	58	5	29
Монтаж тубинговых колец . . . . .	шт.	4	12	48	—	—	—
Укладка бетона в конструкцию форшахты-опорного воротника . . . . .	м³	31,3	2,78	89,8	145	2,87	416,2
Обратная засыпка котлована . . . . .	м³	—	—	—	410	0,99	4 5,9
Устройство ножевой части опускной крепи . . . . .	т	—	—	—	6	79,0	474
Разборка бетона опорного воротника . . . . .	м³	—	—	—	50	3	150
Монтаж домкратной системы . . . . .	т	—	—	—	7,4	30	218
Бурение замораживающих скважин и монтаж морозильного оборудования . . . . .	т. р.	17,1	200	3420	—	—	—
Итого . . . . .				3567,7	—	—	1693,1

• По данным сооружения ствола № 73 .

При оснащении ствола затраты труда снизились более чем в пять раз. По нормативам ЕНиР согласно проекту Мосгипротранса требовалось затратить 2303,8 чел.-час., фактически 453 чел.-час. при принятом варианте оснащения (рисунок 2).

Затраты труда на собственно сооружение ствола снижены с 4474 чел.-час. до 2610,9. Полностью были исключены наиболее трудоемкие работы непосредственно в стволе при погружении 32-м крепи в тиксотропной рубашке. При применении же способа замораживания на разработку и выдачу породы из ствола требовалось затратить 1717 чел.-час. тяжелого труда на подземных работах. Монтаж тубинговых колец на поверхности при погружении крепи позволил снизить трудоемкость крепления ствола на 112 чел.-час. Изменился коренным образом характер труда: процесс монтажа тубинговых колец был перенесен из забоя на поверхность.

Таблица 4

Структура трудовых затрат на непосредственной проходке ствола (чел.-смен.)

Наименование работ	Измеритель	Способ сооружения ствола					
		предварительное замораживание пород			погружение крепи в тиксотропной рубашке		
		объем работ	затраты труда		объем работ	затраты труда	
на изм.-ритель	на объем		на изм.-ритель	на объем			
Разработка породы I—II кат.:							
с погрузкой в бадью с спуском III кат. по скважине IV кат. V кат. . . . .	м³	407	2,2	895	—	—	—
	м³	287	2,8	832	—	—	—
	м³	215	3,6	775	215	3,6	775
	м³	215	4,8	1026	215	4,8	1026
Монтаж тубинговых колец с наращиванием сверху на поверхность . . . . .	шт.	—	—	—	32	12	384
С подводкой снизу в стволе . . . . .	шт.	46	15,5	722	18	15,5	277
Первичное нагнетание . . . . .	м³	56	4	224	21,6	4	86,4
Нагнетание глинистого раствора . . . . .	м³	—	—	—	52	1,2	62,5
Итого . . . . .				4474	—	—	2610,9

Значительное снижение затрат труда произошло на обслуживающих процессах. Вместо 8470 чел.-час., потребных при замораживании, фактически затрачено 3685 чел.-час.

Таблица 5

Структура затрат труда на обслуживающих процессах при сооружении ствола (чел.-смен.)

Наименование процесса	Измеритель	Способ сооружения ствола					
		предварительное замораживание пород			погружение крепи в тиксотропной рубашке		
		Объем работ	затраты труда		объем работ	затраты труда	
на измеритель	на объект		на измеритель	на объект			
Работа шахтного подъема	м/см	200	28	5600	—	—	—
Водоотлив при притоке воды до 50 м³/час.	—	200	7	1400	—	—	—
Работа замораживающей станции	—	200	7	1470	—	—	—
Работа козлового крана	—	—	—	—	200	7	1400
Центробежный насос для закачки раствора	—	—	—	—	130	3,5	455
Обслуживание грайфера	—	—	—	—	130	14	1830
<b>Итого</b>				8470	—	—	3685

Основная экономия обеспечена в результате исключения шахтного подъема, водоотлива и замораживания пород.

Общие затраты труда на сооружение ствола № 734 по проекту Метрогипротранса с применением предварительного замораживания пород должны были составить 18815 чел.-час., фактически затрачено 8442. Производительность труда повышена в 2,2 раза.

Таблица 6

Сводные показатели трудозатрат по основным процессам (чел.-час.)

Наименование процесса	Затраты труда	
	при замораживании пород	при погружении крепи в тиксотропной рубашке
Подготовительные работы	3567,7	1693,1
Оснащение ствола	2303,8	453
Проходка ствола	4474	2610,9
Обслуживающие процессы	8470	3685
<b>Итого</b>	18815,5	8442

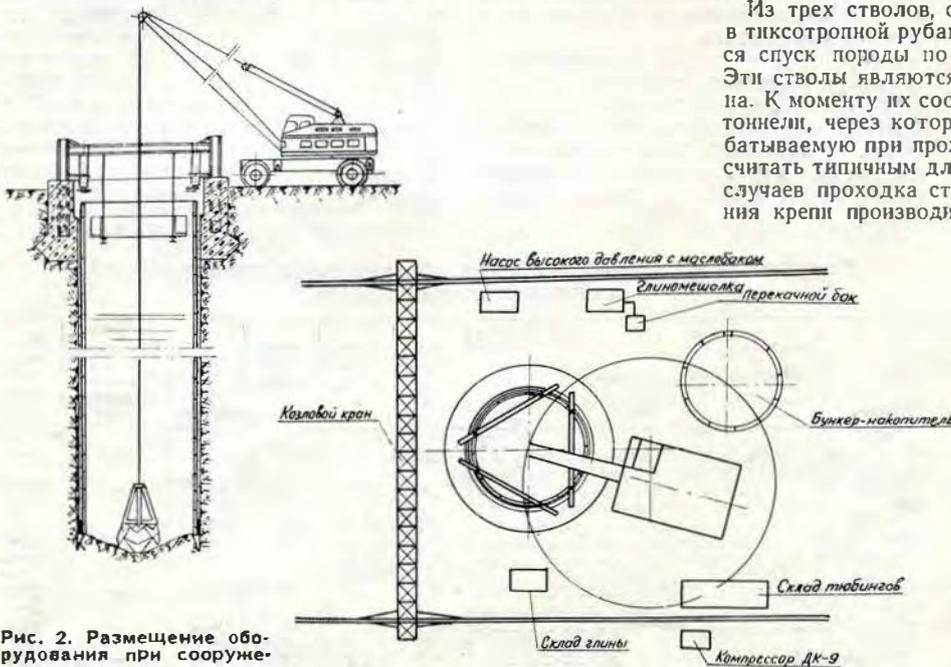


Рис. 2. Размещение оборудования при сооружении ствола

Таким образом, наибольшая часть трудовых затрат при сооружении шахтных стволов с применением предварительного замораживания пород приходится на обслуживающие процессы — 45%, тогда как на основной процесс сооружения ствола — проходку затрачивается только 24,6%.

Особенность новой технологии сооружения шахтных стволов методом погружения крепи в тиксотропной рубашке — смещение в структуре трудовых затрат в сторону увеличения удельного веса на основной процесс — проходку (31,2% против 24,8% при предварительном замораживании пород).

Влияние новой технологии сооружения шахтных стволов на изменение социальных условий труда проходчиков характеризуется уменьшением затрат труда на подземных работах (в 2,7 раза).

Таблица 7

Распределение затрат труда на проходке ствола\* (чел.-час.)

Наименование работ	Единица измерения	Объем	Способ проходки			
			предварительное замораживание		погружение крепи в тиксотропной рубашке	
			поверхностные работы	подземные работы	поверхностные работы	подземные работы
Разработка и выдача породы	м³	1124	5600	3528	3685	1801
Монтаж тубинговой крепи		50	48	722	384	277
Временная армировка ствола	м	50	—	106,8	—	86
Обслуживание водоотлива	м/с	210	—	1400	—	—
<b>Всего</b>			5648	6057	4069	2164

\* Приведенные затраты труда на подземных работах в количестве 2164 чел.-час, указанные в разделе «погружение крепи в тиксотропной рубашке», относятся к проходке ствола обычным способом.

Ствол № 734 был сооружен методом погружения крепи в тиксотропной рубашке в зоне слабых и плавучих пород. Для выполнения этих работ не требовалось присутствия людей в забое. При пересечении твердых пород, разрабатываемых буровзрывным способом, спуск грунта производился через скважину, пробуренную из забоя ствола (в выработку, примыкающую к вентиляционному тоннелю).

Из трех стволов, сооруженных методом погружения крепи в тиксотропной рубашке (см. рис. 1) в двух случаях применялся спуск породы по скважине, пробуренной из забоя ствола. Эти стволы являются вентиляционными шахтами метрополитена. К моменту их сооружения имелись готовые вентиляционные тоннели, через которые можно было выдавать породу, разрабатываемую при проходке ствола. Однако этот вариант нельзя считать типичным для практики метростроения. В большинстве случаев проходка стволов в твердых грунтах после погружения крепи производится с выдачей породы по поверхности.

## Выводы:

применение метода погружения крепи в тиксотропной рубашке обеспечивает снижение трудовых затрат на сооружение ствола более чем вдвое;

исключается тяжелый труд проходчиков на подземных работах в забое ствола. Это обеспечивает коренное изменение социальных условий труда рабочих;

важный показатель экономической эффективности новой технологии работ — снижение стоимости строительства на 1000—800 руб. на каждый погонный метр.

**Х. АБРАМСОН**, канд. техн. наук;  
**Э. САНДУКОВСКИЙ**, инженер

**ЭКОНОМИЧЕСКИЙ** анализ строительства перегонных тоннелей метрополитена показывает, что до 60% общей стоимости тоннеля составляет стоимость обделки.

В настоящее время наметились два основных направления снижения стоимости обделки: замена чугунных обделок более экономичными железобетонными, уменьшение веса чугунных обделок.

Проведенные в ЦНИИСе исследования показали, что используемые при строительстве тоннелей чугунные обделки всех типов имели избыточную несущую способность.

В табл. 1 помещены результаты этих исследований. Особенность испытаний на стендах заключается в том, что не все обделки доводили до разрушения, поэтому приведенные в столбце 6 результаты не отражают предельную несущую способность обделки. Однако не трудно убедиться, что все испытанные обделки весом 7,39 т имели излишний запас прочности.

Чугунные обделки, уложенные с перевязкой швов и с полным количеством болтов, имеют сравнительно высокую несущую способность, но работают очень неопределенно и обладают низкой трещиностойкостью, что обусловлено наличием жестких болтовых скреплений в стыках. Обделки получали трещины при нагрузке составляющей  $\approx 0,24 N$ , где  $N$  — разрушающая нагрузка. Эти испытания привели к мысли об отказе от перевязки стыков и уменьшении количества крепежных болтов.

Испытания подобных колец показали, что граница образования трещин поднималась от 38,5 т/м<sup>2</sup> (испытание № 1) до 116 т/м<sup>2</sup> (испытание № 3) и приблизилась практически к предельной величине несущей способности по прочности.

Испытания ЦНИИСа доказали целесообразность снижения веса обделок до 4,8 т. При этом облегченные обделки наружным диаметром 5,5 м имели более высокую трещиностойкость, чем тяжелые наружным диаметром — 6 м.

К сожалению, на стендах нельзя сейчас уверенно прогнозировать предельную несущую способность обделок в зависимости от их веса. Исследования физико-механических свойств чугуна (СЧ-21-40), статической работы чугунных обделок в натуре, математического моделирования их работы с момента загрузки до полного разрушения позволяют считать, что вес конструкций можно еще уменьшить (до 3,6 т) при обеспечении расчетной нагрузки в 60 т/м<sup>2</sup> и коэффициенте упругой податливости породы К-33-50 кг/см<sup>2</sup>. В этом случае размеры элементов тьюбинга могут уменьшиться, так высота ребер до 100 мм, а толщина спинки до 10 мм. Этот процесс облегчения чугунной обделки со значительным (в 1,5—2,0 раза) уменьшением спинки вызывает у некоторых строителей неуверенность в надежности и долговечности подобных конструкций и их коррозионной стойкости.

Практикой установлено, что серый чугун при плавлении в вагранках дает при литье изделий толщиной 10 мм большой процент брака (пористость, усадочные раковины и др.). В работах ЦНИИТМАШа утверждается, что с повышением температуры плавления чугуна создаются условия для повышения качества чугунных отливок.

# ОБЛЕГЧЕНИЕ ВЕСА И СНИЖЕНИЕ СТОИМОСТИ ЧУГУННЫХ ОБДЕЛОК

Л. АФЕНДИКОВ,  
Ю. ВИНОГРАДОВ, инженеры;  
В. ЯКОБС, канд. техн. наук

Зарубежный опыт литья тьюбингов, например, в Японии, где тьюбинги имели спинку толщиной 9 мм, свидетельствует о практической возможности в благоприятных гидрогеологических условиях утонения и облегчения тьюбингов без снижения надежности их работы по несущей способности и водонепроницаемости.

Чугун СЧ-21-40, из которого изготавливают тьюбинги, имеет перлитную структуру с глянцевитой формой графита. Технологию литья тьюбингов основывается на формировании изделий в опоках и литье в земляную форму. В этом случае на тьюбингах образуется литейная корка, которая является хорошей естественной защитой от коррозии. Литейная корка состоит из смеси ферросиликатов и оксидов (чаще всего  $Fe_2O_4$ ). В корке отливки толщиной 80 мм содержится до 33%  $SiO_2$  в форме силикатов (неоплавленый кварц). Исследованием Дипшлага, Гроссера, Пинноварского, Гиршовича показали, что в литейной корке концентрация марганца, фосфора, углерода и серы повышается от поверхности к центру отливки. Их концентрация по сечению в известной мере зависит от структуры и газопроницаемости литейной земли. Содержание кремния, наоборот, повышается к поверхности отливки и может быть иногда довольно значительным. Литейная корка более стойка к коррозии при малом содержании в ней серы. Недостаточно изученным является только вопрос о непрерывности и равномерности слоя литейной корки.

По данным некоторых исследователей (Гаазе) химическая стойкость образцов с литейной коркой на 35—40% выше, чем с механически обработанными поверхностями. В настоящее время кольцевые и радиальные борта чугунных тьюбингов подвергаются обработке. Литейная корка

оказывает отрицательное действие на обрабатывающий инструмент из-за наличия в ней песка и окислов металла, действующих как абразивы. Отказ от обработки кольцевых бортов тьюбингов позволит не только повысить коррозионную стойкость обделки, но и значительно снизить стоимость и трудоемкость их изготовления (снижение стоимости на 6%, трудоемкости на 15—17%). Тьюбинги с необработанными бортами применялись и ранее при строительстве эскалаторных тоннелей, тоннелей переходов и камер съездов Московского метрополитена. Уложено около 13 тыс. т необработанных тьюбингов, или свыше 1000 колец обделки. Специально проведенные измерения отдельных тьюбингов и колец показали, что тьюбинги с необработанными кольцевыми бортами могут применяться на любых объектах. Анализ отклонений от нормальной длины тьюбингов (по данным более чем тысячи измерений) и геометрии собранных колец обделки позволяет считать результаты удовлетворительными, хотя отклонения превышали нормативные требования.

Правда монтаж обделок и чекапка неплотных, переменной ширины стыков настолько усложнились, что строители отказались от дальнейшего применения чугунных тьюбингов с необработанными бортами, впредь до получения геометрических размеров и плоскостей стыкования близкими к тьюбингам с обработанными бортами.

В Англии, на строительстве линии Виктория, применялась обделка обжатая в породе с весом кольца 1,6 т, а на 1 м тоннеля — 2,64 т при внутреннем диаметре обделки — 3,86 м, наружном — 3,98 м. Тьюбинги имели обработанные, цилиндрические радиальные стыки, кольцевые борта не обрабатывались, толщина спинки — 22 мм. Между кольцами устанавливались деревянные, пропитанные креозотом, прокладки, которые выравнивали нагрузку от давления щитовых домкратов и служили гидроизоляционным материалом стыка.

Уменьшение веса чугунных обделок перегонных тоннелей метрополитена хотя бы до 3,6 т на 1 пог. м тоннеля даст экономии металла на 1 км трассы при применении облегченной обделки 2000—2200 тонн чугуна. Безусловно, при облегчении чугунной обделки необходимо учитывать монтажную нагрузку от щитовых домкратов и усилия от проходческого агрегата.

Таблица 1

Результаты испытаний чугунных обделок перегонных тоннелей на кольцевом стенде ЦНИИСа

Наименование обделки	Вес кольца, т	Внутр. диаметр, м	Высота ребра, см	Разрушительная нагрузка, т/м <sup>2</sup>	Нагрузка, при которой появились трещины, т/м <sup>2</sup>	Размер трещины, мм
С перевязкой колец и полным количеством болтов в кольцевых стыках	7,39	5,6	20	>160	38,5	2—8
Без перевязки колец и без болтов в кольцевых стыках	7,39	5,6	20	>60	—	трещ. нет
Без перевязки колец с уменьшенным количеством болтов	7,39	5,6	20	>132	116	~5
Облегченная без меж. ступня	4,8	5,1	9,5	до 60	21,6	0,4—2
Облегченная без перевязки	4,8	5,2	15	>60	—	трещ. нет
Облегченная без промеж. ребер	4,3	5,7	10	>53,6	—	трещ. нет
Облегченная без промеж. ребер	4,3	5,7	10	>75	—	трещ. нет
Облегченная без промеж. ребер	4,3	5,7	10	>60	—	трещ. нет

# ТЕХНОЛОГИЯ НАГНЕТЕНИЯ РАСТВОРА ЗА ПЕРВОЕ КОЛЬЦО ОБДЕЛКИ

И. ТРОНЗА, инженер

ПРИ СООРУЖЕНИИ перегонных тоннелей Московского метрополитена в устойчивых грунтах первичное нагнетание песчано-цементного раствора за обделку производилось подчас с отставанием от забоя на 10—20 м без опасения осадок дневной поверхности. Выполнялась эта операция пневматическим аппаратом (Дмитровским растворосмесителем), который «выстреливал» порции раствора за тоннельную обделку. При этом раствор твердел в зоне отверстия тубинга, оставляя пустоты по его периметру.

С развитием щитовой проходки тоннелей мелкого заложения в неустойчивых грунтах (с обделкой из железобетонных унифицированных блоков и даже чугунных тубингов) описанная практика нагнетания раствора оказалась непримлемой.

Отставание нагнетания, а также нагнетание пневматическим аппаратом приводило к осадкам дневной поверхности на 20—25 см и больше. Проходка тоннелей вне черты городской застройки и сети подземных коммуникаций, сопровождавшаяся осадками дневной поверхности не вызвала больших осложнений, как, например, сооружение перегонных тоннелей мелкого заложения, выполненных СМУ-7 на Ждановском радиусе.

Иное положение сложилось на том же Ждановском радиусе, на участке перегонных тоннелей мелкого заложения между станциями «Тагаиская» и «Пролетарская». Трасса тоннелей проходила под застроенной частью города и пересекалась густой сетью подземных коммуникаций.

Перегонные тоннели надо было пройти щитами в неустойчивых грунтах без заметных осадок дневной поверхности и нарушения работы городских коммуникаций.

Для достижения этой цели строители СМУ-6 осуществили предложенную Метрогипротрансом технологию первичного нагнетания за первое от щита кольцо обделки.

Сущность этой технологии состояла в том, что песчано-цементный раствор нагнетался с помощью растворонасоса, снабженного прямооточной приставкой конструкции инж. Марчукова, а строительный зазор (кольцевая щель между наружным диаметром обделки и внутренним диаметром оболочкой щита) перекрывался уплотнительным кольцом.

Уплотнительное кольцо, состоящее из металлического яриаса, деревянных прокладок и резиновых уплотнителей, устанавливалось между баками щитовых домкратов и торцами железобетонных блоков или тубингов. Это кольцо, наряду с перерывом строительного зазора, служило своего рода буфером и распределителем давления щитовых домкратов на торцы блоков. Благодаря этому уменьшилось повреждение блоков в процессе передвижки щита, по сравнению с тем, что было при непосредственном контакте щитовых домкратов с бортами блоков.

Опыт нагнетания за первое кольцо обделки с применением прямооточного растворонасоса и уплотнительного кольца на Ждановском радиусе, послужил основанием для совершен-

ствования технологии и дальнейшего распространения на строительстве Московского метрополитена. Так, на участке перегонных тоннелей мелкого заложения между ст. «Беговая» и «Хорошевская» Краснопресненского радиуса, строители ТО-6 прошли двумя щитами с нагнетанием раствора за первое кольцо обделки более 2 км трассы.

Технология нагнетания здесь получила дальнейшее усовершенствование за счет улучшения конструкции уплотнительного кольца, применения более производительного прямооточного насоса и вертикального турбулентного растворосмесителя.

Несмотря на застроенность трассы тоннелей, обилие подземных коммуникаций, благодаря нагнетанию за первое кольцо обделки перегонные тоннели пройдены без существенных осадок дневной поверхности и без повреждений зданий или коммуникаций. При этом персонал настолько освоился с оборудованием и технологией нагнетания, что не мыслит возврата и нагнетанию Дмитровским аппаратом или без уплотнительного кольца.

Кроме участка трассы на Краснопресненском радиусе, строителями СМУ-154 пройдено 0,5 км перегонных тоннелей между станциями «Барриадная» и «Площадь 1905 года» с применением уплотнительного кольца, турбулентного растворосмесителя и прямооточного насоса.

## КОНТРОЛЬ ПРОЧНОСТИ И ОДНОРОДНОСТИ БЕТОНА

ОДИН из существенных критериев надежности блоков тоннельной обделки — соответствие фактической прочности бетона, применяемого для изготовления изделия, его расчетным характеристикам. Систематический статистический контроль дает возможность научно обосновать устанавливать требования к прочности бетона в соответствии с его фактической однородностью. Благодаря этому, появляется возможность при высокой однородности бетона сливать фактическую его прочность по сравнению с заданной, что в свою очередь позволяет экономить цемент и сокращать время термообработки.

На заводе выполнена предварительная статистическая обработка результатов прочности бетона блоков за 1,5 года. Была применена ЭВМ «М-220». Полученные данные приведены в таблице и на рисунке.

Анализ показал, что в 1970 г. коэффициент изменчивости прочности на сжатие после пропарки превышал среднего величину, принятую в СНиП. Основная причина низкой однородности и прочности бетона после пропаривания заключалась в значительных колебаниях температуры изотермической выдержки (в пределах от 40° до 90°С), так как не осуществлялась передвижка форм в вертикальных пропарочных камерах. Совер-

Таблица

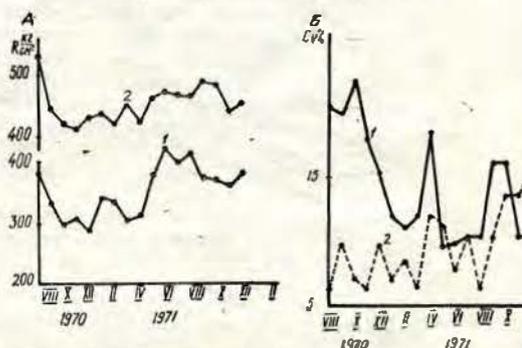
Год, месяц	После пропарки 28 суток			
	$R_{ср}$ , кг/см <sup>2</sup>	$C_v$ , %	$R_{ср}$ , кг/см <sup>2</sup>	$C_v$ , %
1970 г.				
август	385	21,12	532	6,44
сентябрь	338	20,67	446	9,91
октябрь	295	23,24	421	7,23
ноябрь	310	18,56	413	6,34
декабрь	288	15,78	431	9,86
1971 г.				
январь	340	12,37	438	7,02
февраль	335	11,43	401	8,60
март	305	12,30	431	6,50
апрель	313	19,07	402	12,24
май	377	9,60	441	11,33
июнь	421	10,00	456	7,69
июль	396	10,00	447	10,60
август	412	10,57	443	6,40
сентябрь	372	16,53	468	12,17
октябрь	367	16,55	463	13,82
ноябрь	361	10,53	418	13,92
декабрь	379	10,65	430	15,09

шение технологии пропаривания позволило снизить значение коэффициента изменчивости ( $C_v$  с 21% до 11%). Значение коэффициента изменчивости в пределах 9—11% сохраняется и по настоящее время. Случай превышения  $C_v$  в апреле и сентябре—октябре 1971 г. объ-

М. БРУССЕР, канд. техн. наук,  
М. КАГАН, инженер

ясняются колебанием влажности заполнителей в весенний и осенний периоды (склад инертных открытий).

Полученное значение коэффициента изменчивости позволяет принять значение прочности бетона после пропарки не 280 кг/см<sup>2</sup>, а согласно проекта «Указаний по оценке прочности и однородности бетона»  $280 \text{ кг/см}^2 \cdot 0,91 = 254 \text{ кг/см}^2$ . Это дает возможность снизить расход цемента на 35 кг на каждый кубометр бетона.



Динамика изменения прочности (а) и однородности (б) бетона блоков обделки после пропарки (1) и в 28 суток (2)

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАКРЕПЛЕНИЯ МАССИВА ЭПОКСИДНО-ФУРАНОВОЙ МАСТИКОЙ

**ЗАКРЕПЛЕНИЕ** породного массива вокруг тоннельных сооружений для улучшения условия их статической работы и гидроизоляции осуществляется в основном путем инъекции в породу различных химических растворов и синтетических смол. Однако в трещиноватых скальных породах хорошие результаты закрепления могут быть получены путем нанесения созданных на основе синтетических смол и мастик на поверхность выработки.

Для выявления эффективности этих мер проведены эксперименты на участках строительства Тбилисского метрополитена. Объектом была выбрана штольня, а материалом для закрепления породы — эпоксидно-фурановая мастика. Оценка степени закрепления выработки осуществлялась при помощи прессиометра ИГН-112.

Эксперименты проводились на двух участках, расположенных в 8—10 м один от другого и представленных аргиллитами одной геологической разности. Удельный вес — 2,67—2,78 т/м<sup>3</sup>, объемный вес — 2,47—2,51 т/м<sup>3</sup>, пористость — 3—13%, предел прочности на сжатие — 230—250 кг/см<sup>2</sup>. Эти породы с повышенной секущей трещиноватостью и слоистостью, поэтому часто встречаются значительные по мощности «раздробленные зоны».

Первый участок находился в условиях естественного залегания пород. Второй участок был закреплен эпоксидно-фурановой мастикой, нанесенной на поверхность выработки. На каждом из них пройдено по три прессиометрических скважины глубиной 2,2—2,5 м, где испытывались нарушенные устьевые зоны. Глубина измерительного створа 0,35—0,45 м. Замеры в пределах испытываемой заходки производились с заданным интервалом нагружения через 2—3 кг/см<sup>2</sup> до 10 кг/см<sup>2</sup>.

Найденные в результате прессиометрических испытаний величины модуля деформации пород в определенных сечениях по длине скважины можно рассматривать как истинные его значения в точках с необходимыми для исследований координатами.

Величина модуля по результатам нагружения скважины определяется по формуле:

$$E = \frac{(p - p_0)(1 + \mu) \cdot r}{\Delta r}, \quad (1)$$

где  $p_0$  — начальное давление, обжимающее стенки скважины, кг/см<sup>2</sup>;

$p$  — точечная нагрузка, оказываемая прессиометром на стенки буровой скважины, кг/см<sup>2</sup>;

$\mu$  — коэффициент Пуассона, принимаемый в данном случае 0,30;

$r$  — радиус скважины, см;

$\Delta r$  — величина радиальной деформации, см.

Величина удельного коэффициента упругого отпора относится к выработке радиусом 100 см и определяется из выражения

$$K_0 = \frac{E}{(1 + \mu)r_0} = \frac{(p - p_0) \cdot r}{100 \cdot \Delta r}, \quad (2)$$

где  $r_0$  — радиус единичной выработки равный 100 см.

В таблице 1 приведены численные значения модуля деформации породы и коэффициента отпора, вычисленные по формулам (1) и (2) для случая измерения параллельно и перпендикулярно напластованиям при нагружении в 5 и 10 кг/см<sup>2</sup> в скважинах первого опытного участка (скважины 1, 2, 3). При этом в первой скважине выбраны два створа глубиной 0,35 и 1,5 м.

Таблица 1

№ скважины и створ	Направление измерения	Параллельно напластованию		Перпендикулярно напластованию	
		Е, кг/см <sup>2</sup>	К, кг/см <sup>3</sup>	Е, кг/см <sup>2</sup>	К, кг/см <sup>3</sup>
скваж. 1	Давление, кг/см <sup>2</sup>				
	5	36000	288	29000	232
створ 1	10	46500	292	29000	232
	5	50000	400	45000	360
створ 2	10	51000	408	47000	378
	5	35000	280	30000	250
скваж. 2	10	35000	280	30000	250
	5	42000	366	39000	312
скваж. 3	10	43000	344	40000	320

По данным таблицы первичной обработки строятся графики «нагрузка — перемещение», с помощью которых определяется характер деформативности пород массива под нагрузкой.

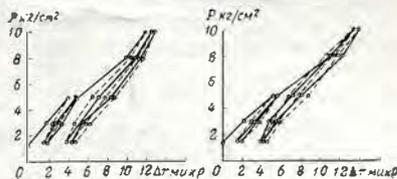


Рис. 1

Рис. 2

На рис. 1 приведена зависимость перемещений от давления для пород первого участка, замеренных вдоль и поперек напластования в скважине № 3. По характеру остаточной деформации породы можно судить о ее трещиноватости. Графики подтверждают результат визуального наблюдения за керном.

Перемещения возрастают в результате увеличения давления до определенного его значения (5—6 кг/см<sup>2</sup>), после чего фиксируется аномальный рост деформаций, связанный, очевидно, с закрытием трещин массива.

Сравнивая данные таблицы 1 для скважины № 1, следует отметить, что модуль деформации пород в устьевой зоне отличается от модуля деформации измерительного створа при глубине 1,5 м на 14 000 кг/см<sup>2</sup>. Объясняется это повышенной целостностью массива на глубине.

Следует отметить равнозначность численных значений модуля деформаций при измерениях параллельно и перпендикулярно напластованию при нагружении в 5 и 10 кг/см<sup>2</sup>, что говорит о практической изотропности исследуемых пород. В

обоих случаях величина модуля деформации составляет соответственно 35 000 кг/см<sup>2</sup> и 30 000 кг/см<sup>2</sup>, хотя при измерении вдоль напластования (при давлении 10 кг/см<sup>2</sup>) величина деформации стенок скважины равна 16 мк., а при измерениях перпендикулярно напластованию — 18 мк.

В результате определения деформативных характеристик пород на первом опытном участке можно отметить, что в приустьевой зоне скважин, нарушенной буро-взрывными работами, породы отличаются сравнительно высокими показателями прочности. Однако, во всех скважинах наблюдалась средняя водообильность агрессивных вод.

Для возможности сравнения результатов измерений и оценки эффективности противифльтрационных и прочностных свойств пород, испытания на втором опытном участке, покрытом защитным слоем мастики, проводились также в трех скважинах, в створах, располагавшихся на тех же отметках.

Таблица 2

№ скважины	Направление измерения	Давление, кг/см <sup>2</sup>	Параллельно напластованию		Перпендикулярно напластованию	
			Е, кг/см <sup>2</sup>	К, кг/см <sup>3</sup>	Е, кг/см <sup>2</sup>	К, кг/см <sup>3</sup>
4	5	5	51000	408	48000	392
		10	53000	424	50000	400
5	5	5	55000	440	51600	408
		10	56000	448	52000	416
6	5	5	64000	512	60000	480
		10	65000	520	61000	448

Испытания деформативных свойств пород после закрепления их мастикой показали, что проведенные мероприятия увеличили модуль деформации пород устьевой зоны в среднем на 15 000—22 000 кг/см<sup>2</sup>, при этом коэффициент упругого отпора увеличился с 230—400 кг/см<sup>3</sup> до 400—520 кг/см<sup>3</sup>.

Одновременно с увеличением параметров деформативности значительно снижается и приток грунтовых вод в выработку. На участке, где была нанесена мастика, обделка без подтеков и капежа.

Прессиометрические измерения с достаточной точностью и надежностью определяют деформативные свойства пород и характер их изменения в зависимости от закрепления выработки эпоксидно-фурановой мастикой; характер трещиноватости массива на отдельных участках и остаточные деформации пород под нагрузкой.

Анализ дает основание утверждать, что нанесение на поверхность выработки ЭФМ повышает прочностные и противифльтрационные свойства пород и тем самым улучшает условия статической работы обделки и гидроизоляцию тоннельных сооружений.

А. ДАУШВИЛИ, канд. техн. наук;  
В. СТЕПАНЯН, инженер.

# СЕН-ГОТАРДСКИЙ ТОННЕЛЬ

Л. МАКОВСКИЙ, канд. техн. наук

**С**ТРОИТЕЛЬСТВО транспортных тоннелей через Альпийский горный хребет было начато в конце прошлого века. В 1872—1881 гг. через Центральные Альпы был проложен Сен-Готардский железнодорожный тоннель протяженностью 14,98 км. В дальнейшем через Альпийскую горную цепь были построены Симплонский и Лечбергский железнодорожные тоннели длиной соответственно 19,73 и 14,5 км, два автодорожных под Монбланом протяженностью 12,5 и 11,2 км, а также несколько тоннелей небольшой длины.

Непрерывное возрастание интенсивности автомобильного движения через перевал (более 14 000 авт./сут.) давно уже требовало создания нового транспортного пересечения в Альпийских горах для связи двух важных промышленных и культурных районов на юге и севере Швейцарии. В последнее время автомобили через Альпийский хребет перевозят на железнодорожных платформах по существующему Сен-Готардскому тоннелю. Следует также учитывать, что в зимнее время эксплуатировать автомобильные дороги на перевальном участке практически невозможно из-за сильных снежных заносов.

Было разработано несколько вариантов строительства автодорожного тоннеля. В соответствии с одним из них предусматривалось сооружение базисного Сен-Готардского тоннеля длиной около 45 км для связи Бодио и Амстега на отметках 280 и 470 м над уровнем моря. Тоннель был запроектирован односкатным, с уклоном 4‰, двухъярусной конструкции для пропуска автомобильного и железнодорожного движения. Однако высокая стоимость осуществления этого проекта (783 млн. швейцарских франков) и продолжительный срок строительства (15—16 лет) обусловили неприемлемость этого варианта. После проведения в течение ряда лет дальнейших изысканий и исследований было решено начать сооружение нового Сен-Готардского тоннеля на трассе междугородной магистрали № 2, соединяющей г. Базель с итальянской границей. Длина тоннеля 16,32 км, его порталы расположены в районе г. Гешенен (северный) и Айроло (южный). До начала строительства тоннеля потребовалось устройство подходов автомобильных дорог. Наибольшие трудности были встречены при строительстве автодороги длиной 12 км с шириной проезжей части 18 м и продолжным уклоном 50‰ в долине р. Рейс, между городами Амстег и Вассен. Неблагоприятные горно-геологические условия в этом районе — неустойчивые оползневые зоны, камнепады, лавины и т. п. — потребовали создания системы укрепительных и защитных искусственных сооружений: подпорных стен, защитных галерей и др. В частности, было сооружено несколько автодорожных тоннелей длиной от 200 до 540 м общей протяженностью около 4 км.

Продольный профиль нового Сен-Готардского тоннеля на участке около 6,8 км имеет уклон 14‰, на остальном протяжении — 30‰ (рис. 1). Трасса располагается на

прямолинейных и криволинейных участках, радиусы которых составляют у порталов 700 и 760 м, а в четырех местах по длине тоннеля — 2000 м. Наличие криволинейных участков в плане у порталов тоннеля (они расположены на отметках 1100 м над уровнем моря) вызвано стремлением избежать проходки в сильно нарушенных породах. Максимальная глубина заложения тоннеля около 1,5 км от поверхности. Он проходит, в основном, в скальных породах — гранитах и гнейсах, более устойчивых на северном и нарушенных на южном участке.

По длине тоннеля будет пройдено два вертикальных шахтных ствола глубиной 303 и 522 м и два с уклоном 80 и 76‰.

Параллельно основному магистральному тоннелю, рассчитанному на двухполосное автодвижение, в 30 м будет пройден вспомогательный — высотой 3,1 и шириной 2,6 м для вентиляции, дренажа, прокладки инженерных коммуникаций и т. п. Между этими тоннелями предусматриваются поперечные сбойки. Запроектированы камеры для разворота автомобилей и ниши (рис. 2).

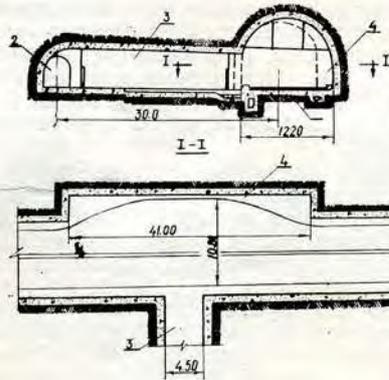


Рис. 2. Соединение основного и служебного тоннеля:

1 — основной тоннель, 2 — служебный тоннель, 3 — поперечная сбойка, 4 — камера

Основной тоннель имеет сводчатое поперечное сечение шириной 9,3 и высотой от 7,5 до 8,8 м с обделкой из монолитного бетона минимальной толщиной в замке свода 30 см (рис. 3). Ширина проезжей части 7,8 м, боковых тротуаров 0,9 м; высота транспортного отсека 4,5 м. Над проезжей частью расположены вентиляционные каналы,

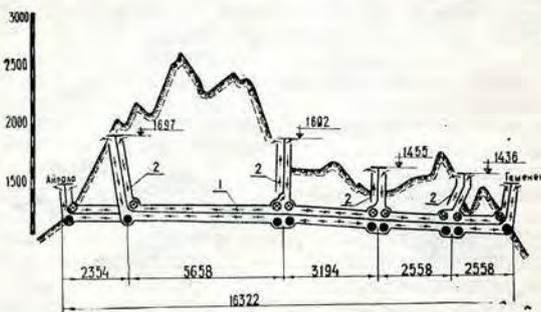


Рис. 1. Продольный профиль Сен-Готардского тоннеля и схема его вентиляции:

1 — тоннель, 2 — вентиляционный шахтный ствол

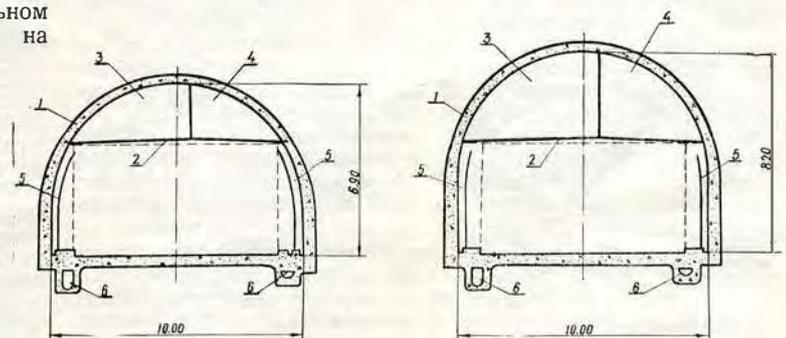


Рис. 3. Поперечные сечения тоннеля на северном (слева) и южном (справа) участках:

1 — бетонная обделка, 2 — вентиляционная перегородка, 3 — приточный канал, 4 — вытяжной канал, 5 — облицовка стен, 6 — дренажный лоток

поперечное сечение которых изменяется в соответствии с принятой схемой воздухообмена. В связи с этим изменяются и размеры тоннеля. Так, площадь поперечного сечения основного тоннеля на северном участке составляет  $69-86 \text{ м}^2$ , а на южном —  $83-96 \text{ м}^2$ ; площадь сечения служебного тоннеля —  $6-8 \text{ м}^2$ . Этот тоннель в строительный период служит разведочной выработкой, которая позволяет осуществить рекогносцировку инженерно-геологических условий: определить физико-механические свойства залегающих пород, степень трещиноватости, величину горного давления, приток и напор подземных вод и т. п.

В перспективе предусмотрено расширить сечение служебного тоннеля для пропуска по нему автомобильного транспорта.

\*\*

Сооружение тоннеля начали одновременно с двух порталов встречными забоями. Со стороны Айроло будет пройдено 9515 м, а от Гешенена — 6807 м. До начала проходки у порталов были оборудованы строительные площадки: смонтированы компрессоры, трансформаторные подстанции, камнедробильная установка, построены подходные дороги и подсобные помещения, проложены трубопроводы и кабели.

Проходку северного припортального участка на длине 130 м в неустойчивых породах вели горным способом с раскрытием выработки по частям. Вначале были пройдены две боковые штольни, в которых бетонировали элементы стен. После этого был раскрыт калоттный профиль с креплением стальными арками, опирающимися на забетонированные стены. Свод бетонировали заходками по 4,5 м. Затем разрабатывали породное ядро. Припортальный участок со стороны Айроло проходили методом нижнего уступа с креплением калоттного профиля стальными арками.

В крепких скальных породах проходку ведут буровзрывным способом с применением высокопроизводительного горнопроходческого оборудования. На заходку глубиной 3,7 м забуривают 85—108 шпуров диаметром 51 мм. Шпуры бурят двумя самоходными четырехъярусными буровыми установками на пневмоходу весом 52 т, оснащенные 11 перфораторами.

Для защиты буряльщиков предусмотрены выдвижные козырьки из вертикальных и горизонтальных листов. Все операции по подаче перфораторов на забой, обеспечении их сжатым воздухом и промывочной жидкостью автоматизированы. Разметку шпуров производят с применением лазерных приборов. Для зарядания 108 шпуров на одну заходку требуется 379 кг ВВ. Применяют электрический способ взрывания. До момента взрыва буровые установки отводят на 250 м от забоя. Время бурения, зарядания и взрыва шпуров составляет около 3,5 часов, после чего в течение 20 мин. забой проветривается. Принята вытяжная система проветривания с использованием осевых вентиляторов, подающих загрязненный воздух из забоя к шахтному стволу.

Погрузку разработанной породы осуществляют двумя породопогрузочными машинами на рельсовом ходу, причем один из погрузчиков располагается на подошве выработки, а другой — на специальном 70-т мосту, который периодически может быть подведен или выведен из забоя. Этот мост можно также использовать для обрешетки кровли и лба забоя, а также для установки временной крепи. Такая схема расположения погрузочных машин позволяет значительно ускорить трудоемкую операцию погрузки породы. Транспортируют породу в большегрузных 30 м<sup>3</sup> вагонах дизель-локомотивами мощностью 230 л. с. с газочистителями, которые могут откатывать одновременно 3 вагона. В дальнейшем предполагается использовать дизель-локомотивы мощностью по 100 л. с. с составами из 8—10 вагонов.

Основное оборудование для бурения шпуров, погрузки породы и установки временной крепи размещается на скользящей технологической платформе длиной 241 м. Такая платформа впервые применяется при сооружении автодорожных тоннелей в Европе и позволяет значительно повысить скорости проходки, исключая необходимость наращивания откаточных путей в призабойной зоне.

Передвижная технологическая платформа опирается непосредственно на подошву тоннельной выработки и состоит из 5 секций, перемещающихся при помощи гидрав-

лических домкратов (рис. 4). Суточная скорость проходки составляет 10,5 м тоннеля.

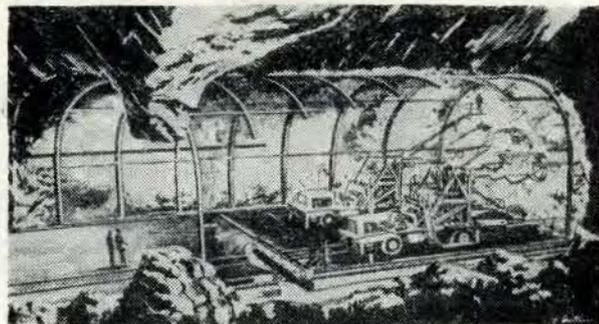


Рис. 4. Передвижная технологическая платформа

Параллельно с проходкой основного забоя на расстоянии 200—400 м устраивают дренажные лотки. При этом используют специальные буровые агрегаты «Атлас-Кюлко».

Для сооружения наклонных стволов предполагают применить механизированную тоннельную машину, при помощи которой будет пройден пилот-тоннель с последующим раскрытием на полный профиль.

Сбойка двух забоев намечена на конец 1975 г. При проходке основного тоннеля будет разработано около 1,3 млн. м<sup>3</sup> породы, часть которой предполагается использовать для отсыпки насыпи на подходах к тоннелю.

Бетонирование обделки предусмотрено вести по параллельной схеме на расстоянии до 400 м от забоя с применением стальной передвижной опалубки.

\*\*

После открытия движения (1978—1979 гг.) по тоннелю его пропускная способность составит до 1800 автомобилей в сутки при скорости движения 80 км/час; время поездки из Айроло в Гешенен 15 минут.

Для нормальной эксплуатации нового Сен-Готардского тоннеля предусмотрены системы искусственной вентиляции, освещения, водоотвода и вспомогательные устройства.

Приточные и вытяжные вентиляционные установки общей производительностью 2100 м<sup>3</sup>/сек. будут размещены у порталов тоннеля и над вентиляционными шахтными стволами. Последние кругового и подковообразного поперечного сечения внутренним диаметром от 5,6 до 6,6 м будут разделены перегородками для создания приточного и вытяжного каналов. Вентиляция тоннеля запроектирована по поперечной схеме с подачей воздуха через шахтные стволы. В связи с тем, что они расположены по длине тоннеля неравномерно (что вызвано местными топографическими и геологическими условиями), потребовалось устройство различных по площади вентиляционных каналов. Так, на южном участке площадь вентиляционного канала на 11 м<sup>2</sup> больше, чем на северном. Через каждые 8 м по длине тоннеля запроектированы поперечные каналы, по которым воздух будет попадать в транспортную зону и вытягиваться в вытяжной канал через отверстия в вентиляционной перегородке, размещенные с шагом 16 м вдоль тоннеля.

В зависимости от интенсивности автомобильного движения по тоннелю объем проветривания может изменяться автоматически при помощи газоанализаторов и специальных устройств, регистрирующих степень задымления воздуха в тоннеле.

Искусственное освещение тоннеля предусматривает создание плавного светового перехода на припортальных участках длиной 250 м.

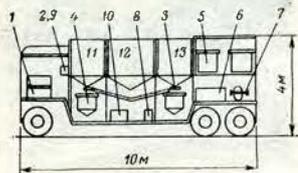
Через каждые 750—800 м по длине тоннеля запроектированы камеры для возможности укрытия автомобиля в случае вынужденной остановки, а в местах прилькания к тоннелю шахтных стволов — специальные выработки для разворота машин.

Контроль за автодвижением в тоннеле при допустимой скорости движения 80 км/час будет осуществляться 60 телевизионными установками с передачей изображения на центральный диспетчерский пункт. Стоимость сооружения тоннеля 330 млн. швейцарских франков.

**ВАРШАВА.** Начато строительство линии метрополитена Север — Юг. Линия, протяженностью 24 км пройдет под улицами Маршалковская и Nowokotki, обеспечивая удобную транспортную связь жилых районов на северной и южной окраинах с центром города. Приблизительно половина общей протяженности линии пройдет в тоннелях глубокого заложения (9—10 м от уровня путевого полотна), остальной участок с глубиной заложения тоннелей 5—6 м будет сооружен открытым способом. Расстояние между станциями в центре города — 850—950 м. Расчетный интервал движения поездов на линии — 90 сек., провозная способность — 40 тыс. пассажиров в час в одном направлении движения. Электрооборудование поездов на линии запроектировано от третьего рельса током напряжением 825 в. В 1983 г. намечено сдать в эксплуатацию новый железнодорожный вокзал, платформы которого будут связаны эскалаторами с платформами проектируемой станции метрополитена. Завершение строительства линии намечено на 1985 г.

**ПРАГА.** В стадии завершения работы по строительству станций Народный музей и Пл. Wenceslaus. Последняя — одна из самых больших станций строящегося в Праге метрополитена — будет пересадочной с линии С (Восток — Запад), ввод в эксплуатацию которой намечен на середину 1974 г., на линию А (Север — Юг), открываемую для движения поездов в 1976 г.

Для инъектирования кровли тоннелей пражского метро в национальном предприятии «Водни ставбы» создана передвижная автоматическая станция, схема которой изображена на рисунке: 1 — пульт управления;



2 — самопишущий прибор ZIR; 3 — гидравлический датчик дозировки; 4 — мешалка AVK 302; 5 — дополнительная мешалка, объемом 300 л; 6 — насос марки «Craclius»; 7 — компрессор ORDH—0; 8 — шестеренчатый насос для раст-

# МЕТРО И ТОННЕЛИ

\*\*  
ХРОНИКА

воримого стекла; 9 — поршневой манометр; 10 — компрессор KIS для управления вентилями; 11 — бункер для глины; 12 — бункер для цемента; 13 — бункер для растворимого стекла.

Станция может автоматически непрерывно готовить смесь для инъекции согласно 12 запрограммированным составам. Время перемешивания смеси заранее устанавливается в пределах до 6 мин. Дозировка материалов производится по весу. Вся станция смонтирована на шасси грузового автомобиля «Татра Т148». Вес станции — 11 т.

**БУДАПЕШТ.** Закончена проходка тоннеля второй очереди линии метрополитена Fehér Street — South Station (с апреля 1970 г. эксплуатируется 1-я очередь протяженностью 6,5 км).

Начато строительство 15-км линии Север — Юг, пересекающей центр города. Ввод в эксплуатацию этой линии намечен на 1985 г.

**ГДР.** Строящийся в Рослау двухпутный, шириной 216 м мост через Эльбу увеличит пропускную способность линии Лейпциг — Магдебург до 60 поездов в день.

**ХЕЛЬСИНКИ.** Начаты работы по строительству 1-й линии метрополитена, ввод в эксплуатацию ее намечен на 1977 г. Строительство испытательного участка длиной 3 км будет завершено в 1972 г.

**ПАРИЖ.** Две ЭВМ Honeywell 6050 приняты за основу проектируемой для сети метрополитена единой системы телевизионного контроля.

**КАРАКАС.** Строительство 7-км линии с 8 станциями намечено завершить в столице Венесуэлы в 1974 г. Подвижной состав, рельсовый путь и электрооборудование будут импортными.

**США.** В Бостоне пущена в эксплуатацию 2-я очередь метрополитена South Shore. Максимальная скорость движения поездов на линии составляет 120 км/час. Три станции линии оборудованы автостоянками, общей вместимостью 2150 автомобилей.

**ЯПОНИЯ.** Намечено построить более 20 монорельсовых дорог. Самой длинной будет петлеобразная линия вокруг Токио, которая запроектирована вместо предполагаемой ранее линии метрополитена. Сейчас в стране эксплуатируется 8 линий монорельсовых дорог, из которых линия наибольшей протяженности — Токио — Аэропорт Хэнеда. Для специфических условий Японии стоимость строительства монорельсовых дорог на эстакадах составляет лишь 1/3 стоимости строительства метрополитена на той же трассе (по подсчетам Japan Monorail Association). Линии монорельсовых дорог будут построены в гг. Иокогама, Нагойя, Кобе, Шива, Саппоро и других городах страны.

После завершения испытаний в октябре 1971 г. введена в эксплуатацию система HIDIC — 100 автоматического управления движением поездов при помощи ЭВМ линии № 1 метрополитена в Осака.

(По материалам 1—9 номеров журнала International Railway Journal за 1971 г.)

## ПОДВОДНЫЙ ТОННЕЛЬ

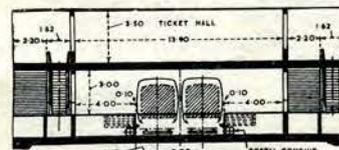
В декабре 1971 г. уложена первая секция тоннеля под Эльбой — второго в мире по величине подводного тоннеля.

Проектом предусмотрена укладка восьми сборных железобетонных секций длиной 132 м каждая. Ширина секции — 41,7 м, высота — 8,4 м, вес — 46 000 т. Готовый тоннель будет центральным звеном автомагистрали «Западный обход Гамбурга», представляю-

щей часть автомагистрали Лиссабон — Стокгольм. Завершение строительства намечено на 1973 г. «Hamburg — Inform», 1971 г., № 98.

## ТОННЕЛЬ ПОД ИСТ-РИВЕР

В Нью-Йорке начато строительство подводного тоннеля под Ист-Ривер длиной 1,2 км для связи районов Квинз и Манхэттен. Тоннель пересечет остров Велфер и пройдет под двумя рукавами Ист-Ривер. На подводных участках будут опущены четыре готовые тоннельные секции длиной по 112,5 м, шириной 11,5 м и высотой 11,4 м. Проходка участка тоннеля под островом Велфер будет осуществляться закрытым способом. Особенностью нового тоннеля является то, что он двухъярусный. По верхнему ярусу предусмотрено движение поездов метрополитена, а по нижнему — поездов железной дороги. Тоннельные секции изготавливают на берегу в виде стальных каркасов из листов толщиной 9 мм, затем на плаву бетонируют желе-



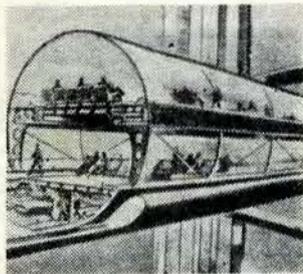
зобетонную обделку 90-см толщины и внутренние горизонтальную и вертикальную перегородки, разделяющие поперечное сечение тоннеля на транспортные отсеки. Вес каждой секции 16 тыс. т. Доставленные в створ секции тоннеля опускают в проектное положение кранами, установленными на баржах, которые ранее были использованы для выравнивания подводного основания. Стыкуют секции с применением горизонтальных гидравлических домкратов и стальных стяжек. После устройства примыкания секций к закрытой части тоннеля, секции засыпают камнем толщиной слоя 90 см. Проходку центральной части тоннеля на острове Велфер в скальных породах ведут буровзрывным способом. Выработку закрепляют арочной и анкерной крепью.

## ПОДВОДНЫЙ МОСТ

Всего три километра отделяют Сицилию от южной точки итальянского «сапога», но до сих пор по ряду причин не удается осуществить

между островом и континентом надежной и удобной связи.

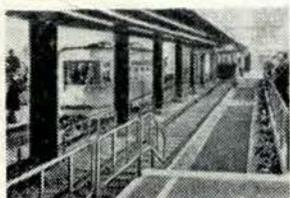
Глубина пролива (до 350 м) затрудняет строительство как тоннеля, так и подвесного моста. И тем не менее именно подвесной мост фигурировал в большинстве из 144 проектов, предложенных итальянскому правительству, а также в пяти из шести отобранных проектов. А вот шестой проект оказался самым оригинальным.



Английские фирмы для осуществления связи между Сицилией и Италией предложили подводный мост. Три бетонные трубы, диаметром 12 метров, внутри которых будут проложены железная и две автомобильные дороги, расположены одна возле другой и погружены на глубину около 40 м. Трубы состоят из секций, каждая из которых имеет 50—70 м в длину и весит от 50 до 100 тыс. т. Трубы удерживаются тросами, которые не дают им всплывать и одновременно удерживают от перемещения по течению.

### МЕТРО В БРЮССЕЛЕ

Заголовок не совсем точен, ибо метро, таким как мы его знаем, появится в Брюсселе не раньше 1974 г. Сейчас в тоннелях метрополитена эксплуатируется обычный трамвай (pre-metro). По мере готовности участков тоннелей они (через временные рампы) подключаются к трамвайной сети. До завершения строительства отдельных линий по ним осуществляется движение поездов трамвая по общей маршрутной схеме.



Строительство начато в 1965 г. с участков, расположенных в центре города.

Таким образом, еще до начала эксплуатации поездов метрополитена, переложение путей разгрузят улицы города.

Для движения трамваев открыт участок протяженностью 3,5 км будущей линии № 1 с пятью станциями, а также 3-км участок линии № 2 с тремя станциями. В конце 1974 г. намечено завершить строительство линии № 1 и начать на ней эксплуатацию проектируемых сейчас поездов метрополитена.

Большая часть тоннелей, эксплуатируемых участков сооружена открытым способом с использованием метода бетонирования подпорных стенок. Эскавационные работы осуществлялись под перекрытием. Ширина таких тоннелей 7,4, высота — 4,5 м. На участке глубокого заложения применен метод щитовой проходки тоннеля с обделкой из бетонных сегментов. Внешний диаметр тоннеля — 9,9 м, внутренний — 8,3 м. Длина станционных платформ, рассчитанных на прием шестивагонных поездов, 950 м, высота над головок рельсов — 1 м. На период эксплуатации трамвая на платформе выделен участок, рассчитанный по длине на прием двух вагонов, высота его — 0,25 высоты всей платформы, а ширина — больше габаритов основной платформы. По окончании эксплуатации трамвая платформы будут выравнены. Для отделки станций использованы мрамор, гранит и мозаика. На сваящихся экранах вдоль стен платформы расположены схемы и указатели, под ними — электронные табло для объявлений. Платформы всех станций связаны с кассовыми залами, эскалаторами, кассовые залы с поверхностью земли — иногда эскалаторами, иногда лестничными переходами.

Организована двухсторонняя радиосвязь водителей трамваев с центральным диспетчерским пунктом. На входах в тоннели установлены приборы системы Каг — Так. Прибор «считывает» замаркированные номера трамвайных вагонов и передает необходимую информацию на центральный диспетчерский пункт и на станцию.

Информация о прибытии и маршруте следования трех ближайших поездов передается на станцию. Из центрального пункта осуществляется также управление

работой светофоров, различные комбинации сигналов, которые дают, в зависимости от условий, разрешение на скорость движения 10, 27, 33 и 40 км/час. Для наблюдения за посадкой—высадкой пассажиров на станциях применена система замкнутого телевизионного контроля.

Необычной деталью метрополитена в Брюсселе является устройство пневмопочты. В основании тоннеля проложены две асбоцементные трубы диаметром 500 мм каждая для транспортирования капсул с письмами. Скорость движения капсул 30—40 км/час.

К 1985 г. намечено завершить строительство всей сети метро, в которую войдут участки трамвайных линий на обособленном полотне. Общая протяженность сети метрополитена из пяти линий — 56 км, из них 28 будут проложены в тоннелях. Поскольку метро запроектировано, как основа единой транспортной системы города, проектом предусмотрены пересадки на станции линий пригородных железных дорог, пересекающихся с линиями метро; многие станции оборудованы автостоянками. На линиях метро будут эксплуатировать поезда из двухвагонных секций длиной 31,56 м. Вместимость каждого вагона — 180 пассажиров, в нем 40 мест для сидения. Кабины управления размещены по концам секций.

Основные технические характеристики подвижного состава: автоматическое управление движением, все оси вагонов — моторные, наличие электромагнитных тормозов для внезапных остановок.

Решение о строительстве метро принято сразу для пяти городов Бельгии, время начала строительства определено в зависимости от срочности решения транспортными проблемами. В Антверпене — втором по величине городе Бельгии — строительство начато в январе 1970 г., в городах Льеж, Гент, Шарлеруа намечается начать в скором времени. Строительство 13 км линии с 22 станциями в Антверпене рассчитано на 12 лет. В стадин pre-metro также будут эксплуатироваться трамвайные вагоны, но в Антверпене для организации их движения рельсы будут уложены на дополнительный слой балласта, чтобы избе-

жать реконструкции платформ с началом эксплуатации поездов метро.

### СКОРОСТНАЯ АВТОМАГИСТРАЛЬ В ТОКИО

В Центральном районе Токио строится скоростная автомагистраль, длиной 7,7 км и 9,3-км линия метро. На протяжении 2,8 км трассы этих строительных объектов совпадают. Для того, чтобы обеспечить минимальные помехи движению автотранспортных потоков, строительство ведется одновременно, причем перекрытие железобетонного тоннеля является основанием опор эстакадного участка автомагистрали.

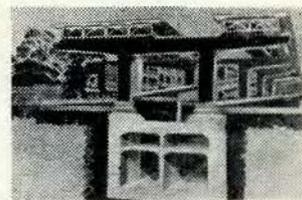


Рис. 1. Совместный проект строительства тоннеля метрополитена и эстакады. Верхний участок тоннеля — вентиляционные каналы

Интенсивность движения на улице, где расположен участок строительства, составляет 100 тыс. автомобилей в час, участок находится в районе массовой жилой застройки. Все это влечет за собой ряд временных и пространственных ограничений строительства. Разработка котлована осуществляется открытым способом участками длиной 10 м и глубиной 15,25 м. Ширина участка ограничена 5,5 м, чтобы не мешать движению на десятиполосной автомагистрали.

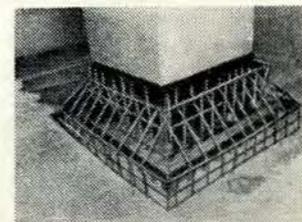


Рис. 2. Анкерное крепление опоры эстакады к перекрытию тоннеля метро

Шпунтовые стенки, состоящие из 5000 двутавровых шпунтов, забитых на глубину 15,25 м, ограждают территорию, на которой ве-

дется выемка грунта. Укрепление грунта осуществляется инъектированием раствора бентонита по мере бурения на глубину 5,5 м. Поверх подпорных стенок укладывают стальные пластины, под которыми осуществляется выемка грунта малогабаритными бульдозерами и экскаваторами. Ширина поперечного сечения тоннеля 8,85 м, высота — 8,2 м. Толщина перекрытия тоннеля доходит до 2,45 м в местах расположения опор эстакады. Опоры эстакады крепятся при помощи анкерных стальных плит.

### КООРДИНАЦИЯ РАБОТЫ МЕТРО И АВТОБУСА В ГАМБУРГЕ

В Гамбурге с 1962 г. эксплуатируется пересадочный узел метрополитен — автобус. Все остановочные пункты автобусов размещены по периметру большого «кострова», который соединен подземными переходами со станцией метро и прилегающими улицами. Автобусы двенадцати различных маршрутов отправляются с семи остановочных пунктов.

В часы «пик» на узел прибывают и отправляются по 120 автобусов в час. Управление работой узла, а также контроль за движением автобусов осуществляется по радио с центрального диспетчерского пункта. Диспетчер наблюдает за работой узла по телевизионному экрану. При незначительных опозданиях поездов метро диспетчер, пользуясь специальными световыми сигналами, задерживает отправление автобусов, при больших опозданиях он высылает резервные автобусы.

### ПРОХОДКА ТОННЕЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДЫ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Под дном Токийского залива ведется строительство двухпутного тоннеля железнодорожной линии, которую намечено открыть для движения поездов в 1973 г. Длина тоннеля — 840 м, глубина залегания — 9,9 м. Проходка тоннеля осуществляется двумя щитами с использованием воды, подаваемой под давлением. Длина щита — 6,45 м, диаметр — 7,02 м, вес — 295 т.

Два насоса нагнетают морскую воду из очистительной установки, расположенной на поверхности, в камеру между отсеком и режущим органом щита.

Вода, подаваемая под давлением через прорезы длиной 60 см, которые расположены в радиальных направлениях по режущему органу, удерживает грунт забоя. Двадцать семь домкратов с усилием 160 т каждый, опираясь в установленную обделку тоннеля, подают щит вперед. Четыре домкрата усилием по 130 т, продвигают режущий орган на 63 см.

После подачи щита вперед два смесителя диаметром 1,2 м, расположенные в отсеке за режущим органом, перемешивают грунт с водой, поступающей в отсек через прорезы в режущем органе, превращая ее в пульпу.

Пульпа поступает в приемник, установленный в хвостовой части щита, откуда насосами перекачиваются по трубопроводу диаметром 20 см в очистительную установку; осветленную воду используют повторно в камере щита с добавлением морской воды. Такая технология исклю-

чает необходимость использования конвейеров и вагонеток для транспортировки разработанного грунта.

Поступление воды и пульпы регулируется клапанами, которые автоматически поддерживают давление воды в камере; предусмотрен аварийный пневматический шлюз доступа в переднюю часть щита режущего органа.

После продвижения щита блокоукладчики устанавливают семь сборных железобетонных блоков, образующих кольцо обделки тоннеля. Специальная резиновая пластина с пеноуретановой подкладкой обеспечивает водонепроницаемость между обделкой и хвостовой частью щита. Средняя скорость проходки щитами — 6,3 м, максимальная — 17,7 м в сутки. Щит обслуживает бригада из 12 человек. Использование щита сокращает стоимость проходки на 50% по сравнению с традиционными методами. (Экспрессинформация «Транспортное строительство за рубежом» № 10, 1971).

**Я. БОРИСОВА,**  
инженер

### ТОННЕЛЬНЫЙ ЭКСКАВАТОР ЭО-5114

Экскаватор ЭО-5114 однокоровый, полноповоротный на гусеничном ходу с прямой лопатой выпускается Костромским экскаваторным заводом «Рабочий металлист». Экскаватор предназначен для погрузки взорванной породы в транспортные средства при

проходке подземных выработок.

Техническая характеристика экскаватора: емкость ковша — 1 м<sup>3</sup>, длина стрелы — 1,95 м, мощность двигателя — 55 квт. Габариты: длина — 5,2 м, ширина — 3,2 м, высота — 4,7 м, вес экскаватора — 34 т. Привод

управления — пневматический. Экскаватор оборудован прямой лопатой для работы в стесненных условиях тоннеля или камер. Для транспортировки экскаватора в подземных выработках и по шахтным стволам можно разобрать его на монтажные блоки весом менее

5 т и размером не более 1,15×3×6 м каждый. Испытания показали, что экскаватор ЭО-5114 является эффективной погрузочной машиной, не уступающей лучшим зарубежным образцам. («Строительные и дорожные машины», 1971 г. № 8)