

МЕТРОСТРОЙ



2 · 1975

ИНФОРМАЦИОННЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
СБОРНИК

№ 2

«МЕТРОСТРОЙ»

—1975 г.

Издание
Московского
метростроя
и издательства
«Московская правда»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

Издательство «Московская правда»

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

Фото В. Костылева.
Технический редактор А. Милюевский.

Л 33553 Сдано в набор 21/II—75 г.
Подписано к печати 27/III—75 г.
Объем 3,5 п. л.
Тир. 5000
Бумага тифдручная 60×90¹/₈.
Зак. 800 Цена 30 коп.

Типография изд-ва «Московская правда»

В НОМЕРЕ:

- Ю. Асафьев. Ленинградские метростроители в соревновании с москвичами 1
- Д. Ненашев. Строительство станции «Пушкинская» 2
- Г. Борисенко. Проходка эскалаторных тоннелей «Пушкинской» 3
- Г. Бузов, А. Лурье, А. Максимов. Сооружение неглубоких стволов с применением опускной монолитной железобетонной крепи 5
- Г. Оганесов, Т. Рашидов, И. Дорман, Т. Абдуллаев, А. Ишанходжаев. Сейсмостойкие конструкции Ташкентского метро 6
- Ю. Кошелев. О конструкциях и технологии сооружения обделок, обжатых в породу 9
- Г. Баландюк. К изучению осадок земной поверхности при сооружении многосводчатой станции 12
- И. Хлебников. Надежность электроснабжения в метростроении 13
- М. Шур. Из гвардии Ленинского комсомола 14
- Е. Резниченко. Первостроители 17
- К. Троицкий. О надежности тоннельных сооружений 19
- О. Лукинский, Н. Малышев, Н. Панов, М. Шершуква. Из опыта ремонта швов на метрополитене 21
- С. Власов, Е. Губенков. Проходческие агрегаты для сооружения автомобильных и железнодорожных тоннелей 23
- В. Самойлов. О некоторых новых способах скоростной проходки в скальных породах 24
- Я. Пантофличек. Изготовление комбинированной обделки 26
- О. Вольдемаров. Новое в обслуживании эскалаторов 27

ЛЕНИНГРАДСКИЕ МЕТРОСТРОИТЕЛИ В СОРЕВНОВАНИИ С МОСКВИЧАМИ

Ю. АСАФЬЕВ,
секретарь партийного комитета Ленметростроя

В О ВСЕХ подразделениях Ленметростроя развернуто трудовое соперничество между бригадами, сменами, цехами и участками за досрочное выполнение заданий пятилетки.

3984 метростроевца участвуют в движении за коммунистический труд, 2416 присвоено звание ударника и членов бригад коммунистического труда. За выполнение пятидневных заданий в четыре дня борется 1151 метростроитель.

Комсомольцы и молодежь Ленметростроя участвуют в патриотическом движении «Пятилетке — ударный труд, мастерство и поиск молодых», в соревновании комсомольско-молодежных бригад, творческом развитии почина под девизом «5 — в 4!», «Лучший по профессии».

Заметно активизировали свою работу партгруппы. Так, одна из них, руководимая В. Сергеевым на участке № 2 СМУ-13, возглавила соревнование за достижение высоких скоростей проходки среднего зала станции «Лесная». Бригадир изолировщиков коммунист И. Иванов на собрании партгруппы принял личное обязательство добиться выработки не ниже 130 процентов и мобилизовать на это бригаду. Свое обязательство он рассматривал как партийное поручение. А коммунисты В. Флотский и А. Желваков выступили с инициативой обеспечить бесперебойную работу механизмов шахты и механизацию трудоемких процессов. В результате весь объем заданий в среднем станционном зале был завершен досрочно.

Ударная работа соревнующихся позволила план минувшего, определяющего года пятилетки по объему строительно-монтажных работ выполнить досрочно, к 30 ноября. Многие передовики производства еще до окончания года рапортовали о завершении личных пятилетних планов. А коллективы СМУ-9 и ТО № 3 досрочно, к 20 августа и к 5 декабря соответ-

ственно, выполнили пятилетнее задание по объему строительно-монтажных работ.

На завершающий год пятилетки коллектив Ленметростроя принял встречный план, предусматривающий выполнение строительно-монтажных работ в объеме, на полтора миллиона рублей превышающем объем утвержденного на 1975 год государственного плана.

В честь 30-летия победы в Великой Отечественной войне вступают в строй действующих станции «Выборгская» и «Лесная» с опережением на 8 месяцев. Остальные станции продлеваемой Кировско-Выборгской линии — «Площадь Мужества», «Политехническая» и «Академическая» — коллектив также обязался сдать досрочно, в декабре нынешнего года.

Ширится наше соревнование с москвичами. Мы с большим удовлетворением отмечаем, что оно приносит все большие и большие реальные плоды. Все, что имеется в наших коллективах нового, прогрессивного, становится достоянием каждого соревнующегося. Крепнет настоящая рабочая взаимовыручка. Так, когда создалась тяжелая обстановка в районе «Размыва» строящейся Кировско-Выборгской линии, московские метростроевцы участвовали в работе по ликвидации последствий прорыва плывуна на трассе.

В свою очередь ленинградцы, несмотря на предельную загруженность заводскими заказами, организовали изготовление путейских домкратов для Московского метрополитена.

И дальше практика творческой взаимопомощи и технического содействия друг другу будет все больше расширяться.

В недавнем подведении итогов работы наших коллективов лучшими признаны результаты строительной деятельности москвичей. Мы считаем, что кто бы ни выходил победителем в соревновании, в итоге трудового соперничества всегда выигрывает наше общее дело.

ПОКАЗАТЕЛИ ПУСКОВОЙ СТРОЙКИ

Станция «Пушкинская» центрального участка Ждановско-Краснопресненского диаметра, расположенная под одноименной площадью, сооружалась по проекту Метрогипротранса.

Конструкция станции представляет собой три параллельных тоннеля — два боковых — диаметром 8,5 м и средний — диаметром 9,5 м. Боковые тоннели разомкнуты и соединены между собой средним тьюбинговым сводом и лотком. Своды всех тоннелей опираются на сварные стальные колонны через чугунные перемычки, состоящие из семи элементов. Это определило шаг колонн — 5,25 м.

Основные размеры станционной конструкции следующие: ширина платформы — 16,1 м, высота боковых тоннелей (от уровня платформы) — 5,15, среднего — 6,3, высота прохода по оси — 3,76, ширина среднего тоннеля — 8,23, ширина прохода — 4,25 м.

В конструктивном отношении станция «Пушкинская» более совершенна по сравнению с «Площадью Ногина»: ширина посадочных платформ увеличена с 6,25 до 8,2 м, высота среднего тоннеля — с 4,75 до 6,3 м. Увеличены габариты проходов станции.

Кроме того, во всех станционных тоннелях смонтирован плоский лоток, состоящий из железобетонных блоков типа 85 ЛП и 85 ЛП1 с чугунными гидроизоляционными плитами, покрывающими внутреннюю плоскую часть блоков.

Чугунные плиты соединены с телом блока стальными анкерами, а железобетонные блоки с тьюбингами обделки — шпильками, ввинчиваемыми в закладные гайки, которые вбетонированы в продольные торцы блоков. Применение плоского лотка позволило уменьшить расход чугуна на 960 т, лесоматериала — на 220 м³ и снизить трудоемкость работ на 2670 чел/дн., исключив процесс очистки лотковых тьюбингов от грунта.

СТРОИТЕЛЬСТВО СТАНЦИИ «ПУШКИНСКАЯ»

Д. НЕНАШЕВ, начальник участка СМУ-7

СТАНЦИЯ сооружалась в осадочных породах с притоком воды 30 м³/час.

Проходка станционных тоннелей велась на полный профиль. Колонны устанавливались одновременно с монтажом тьюбинговой обделки.

Комплекс проходческих механизмов и оборудования состоял из тьюбингоукладчика ТУ-2ГП, технологической платформы под ним, породопогрузочной машины ППМ-4м, парка вагонеток и электровозов.

Тьюбингоукладчики имели удлиненные хвостовые части, на которых устанавливались растворонагнетатели.

Для загрузки растворонагнетателя песком и цементом на тьюбингоукладчике установили монорельс с подвешенным тельфером типа ТВ-5 грузоподъем-

ностью 5 т, который с помощью траверсы поднимал вагонетки с материалом на площадку тьюбингоукладчика.

Разработка породы в забоях осуществлялась взрывным способом. На один забой бурили 80 шпуров пневмосверлами СР-3 и электросверлами ЭБР-19Д с промывкой водой через специальную муфту.

Для взрыва применяли аммонит № 6 ЖВ, закладывая в один шпур не более 300 г, а во врубовые — 350 г. Для забойки использовали пластичную глину.

Шпуры взрывали в один прием электродетонаторами мгновенного действия и с миллисекундным замедлением через 0,25; 0,5; 0,75; 1,0 сек и 1,5 сек. Общий расход ВВ на одну заходку составлял 30 кг.

После взрыва забой проветривали с помощью вентиляторов «Проходка-500», вмонтированных в вентиляционные 600-мм трубы, которые находились обычно в 10—15 м от забоя и закреплялись в верхней части обделки.

Затем производили оборку породы отбойными молотками ОМ-10. Грунт грузили машиной ППМ-4 в вагонетки емкостью 1,5 м³, которые откатывали электровозом 7КР-600 составами по 12—15 вагонеток к стволу и устанавливали в клеть. По шахтному подъему они поступали на поверхностную эстакаду, где разгружались в круговых опрокидывателях. Оттуда грунт с помощью пластинчатых питателей поступал в автосамосвалы.

Временное крепление кровли осуществлялось подвижным металлическим козырьком тубингокладчика, а крепление лба забоя — металлической трубой диаметром 100 мм и металлической сеткой размером ячеек 25 мм. Труба закреплялась на трех штырях Д-28 мм, устанавливаемых в предварительно пробуренные шпурсы до 1 м.

Монтаж обделки и колонн в боковых станционных тоннелях производили следующим образом.

Вначале устанавливали лотковый железобетонный блок ЛП. Затем чугунные тубинги ПВ и АК и стальную колонну с помощью захвата тубингокладчика и траверсы — стального троса диаметром 19,5 мм.

Концы траверсы пропускали через болтовые отверстия в торцах колонн и закрепляли их. После разработки породы на заходку в 0,75 пог. м монтировали обделку тоннеля второй ветви колонны, которую сболчивали с установленной ранее.

При такой организации работ были достигнуты следующие скорости проходки боковых тоннелей: сменная — 0,6, суточная — 1,2 пог. м.

В забоях работала комплексная бригада М. Титова, состоящая из звеньев М. Цветкова и В. Кощеркова. Нормы выработки бригада выполняла в среднем на 150—160%. В средней части станции скорости проходки составляли: сменная — 0,3, суточная — 1 пог. м. Здесь трудилась комплексная бригада В. Матросова (звеньевые П. Путинцев и П. Луньков), выполнявшая нормы выработки в среднем на 140—150%.

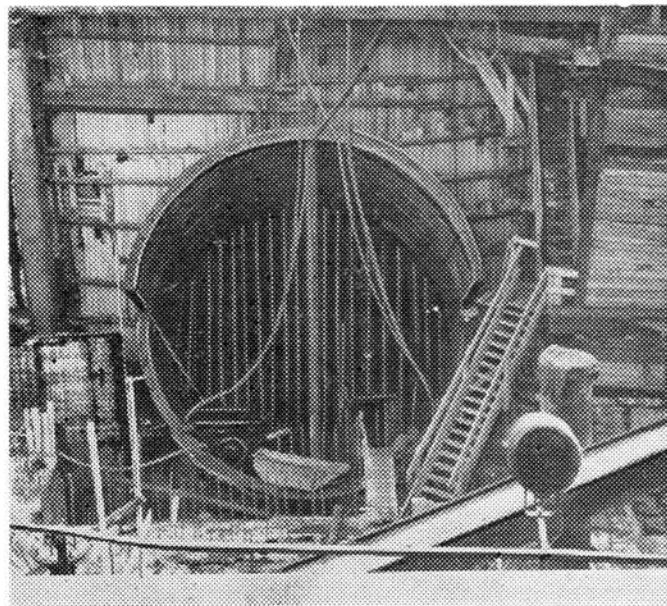
Разработку проемов станции вела бригада В. Угарова, выполняющая нормы выработки в среднем на 150%.

После сооружения проемов вели гидроизоляционные работы, устанавливали пассажирские платформы и платформу среднего зала с возведением под ней служебных помещений. Монтаж асбоцементного зонтика и оштукатуривание выполняли с передвижной металлической тележки.

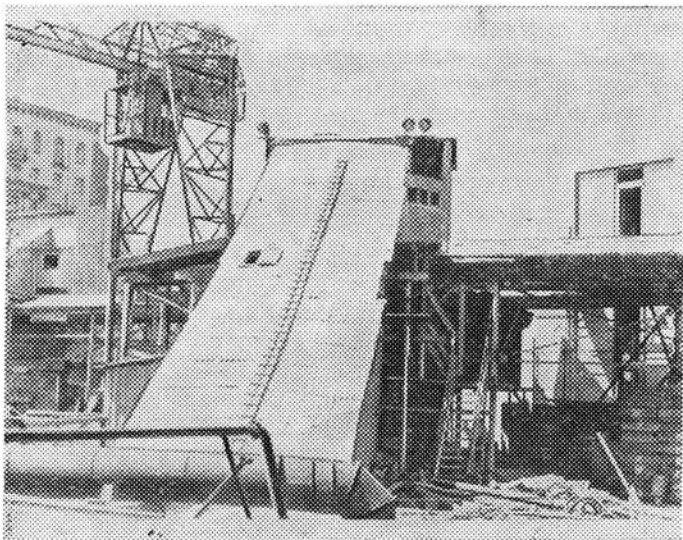
ПРОХОДКА ЭСКАЛАТОРНЫХ ТОННЕЛЕЙ «ПУШКИНСКОЙ»

Г. БОРИСЕНОК, начальник участка СМУ-7

В подземном вестибюле «Пушкинской» впервые в практике отечественного метростроения сооружены два эскалаторных тоннеля со станций ЖКД и ГЗД. Из вестибюля можно будет попасть в здание издательства газеты «Известия», на обе стороны улицы Горького и на Пушкинскую площадь. Выход в здание газеты «Известия» будет оборудован эскалаторами, остальные — лестничными сходами.



Для ПРОХОДКИ двух эскалаторных тоннелей и подземного вестибюля станции «Пушкинская» оборудовали одну строительную площадку, на которой каждый тоннель имеет свой поверхностный комплекс сооружений, состоящий из наклонной бункерной и тельферной эстакад сборно-разборной конструкции и машинного помещения (см. рисунок на стр. 4).



Пересекаемые грунты выражены устойчивыми и пльвинными породами, которые были укреплены методом искусственного замораживания.

Конструкция обделки тоннелей выполнена из чугунных тюбинговых колец шириной 1 м, наружным диаметром 7,5 и внутренним — 7 м.

Эскалаторные тоннели соединялись в верхней части с машинным помещением, в нижней — с натяжной камерой.

Технология производства работ по проходке наклонного тоннеля осуществлялась с помощью поверхностного комплекса сооружений и подземных комплексов механизмов и оборудования.

Подземные работы выполнялись с тюбингоукладчика ТНУ производства механического завода Главтоннельметростроя. Механизм использовался как рабочий полук для разработки породы в забое и монтажа тюбингов.

Породу в замороженной зоне разрабатывали отбойными молотками тремя уступами. Временное крепление кровли в глинах осуществляли дощатой затяжкой, один конец которой укладывали на спинки тюбингов, другой — в штробу породы и на деревянное кружало.

Крепкие породы в забое разрабатывали по трем ярусам буровзрывным способом.

Организация труда по проходке тоннеля была следующей. В забое были заняты три бригады, по семь человек в каждой и одна бригада на поверхности: в дневную смену двое рабочих, в вечернюю и ночную — по одному. Работали в три смены по 7 час. 12 мин. с двумя выходными. Кроме того, в каждой смене один рабочий был занят на бункерной эстакаде. Он принимал скип, очищал его от прилипшей породы, готовил к опусканию тюбинги и материалы.

Грунт с уступов забоя убирали вручную. При разработке породы в лотковой части грунт грузили непосредственно в скип, который перемещался по

рельсовому пути с шириной колеи 1560 мм. Последний крепился к деревянным тирантам, проложенным по лотковой части тоннеля.

Скип поднимался двухбарабанной лебедкой типа БЛ-1600/1030 с электродвигателем мощностью 40 квт и подъемным канатом диаметром 19 мм.

Разгрузка скипа от грунта производилась на наклонной эстакаде в бункер емкостью 20 м³, оборудованный в нижней части транспортером-питателем с подачей в автосамосвалы.

После уборки грунта из забоя монтировали чугунные кольца обделки. Для этого устанавливали тюбинги на тележку тельфером ЗВ-2 грузоподъемностью 2 т и спускали в забой тоннеля по рельсовому пути шириной колеи 900 мм. Спуск тюбингов производили при помощи редукторной лебедки грузоподъемностью 1,5 т с электродвигателем мощностью 11 квт и троса диаметром 17 мм. Тюбинговый путь у забоя оканчивался выдвижным звеном. На время опускания тюбингов в забой скип поднимали на бункерную эстакаду.

Крепление тюбингов к захвату и подачу их к месту установки выполнял бригадир, сболчивание производили четверо рабочих, по два с каждой стороны: один обеспечивал подачу и раскладку болтов по рабочим местам и выполнял другие подсобные работы, другой — управлял тюбингоукладчиком.

Процесс сболчивания был механизирован при помощи сболчивателя ПСГ-1 с увеличенным диаметром патрона для болтов до 36 мм. На монтаж тюбингового кольца затрачивалось 3 часа линейного времени.

Цементно-песчаный раствор состава 1:3 нагнетался за первое кольцо аппаратом завода Метростроя, установленным на поверхности.

Вентиляция забоя была принята вытяжной по металлическому трубопроводу диаметром 600 мм, проложенному в нижней части тоннеля, и осуществлялась осевыми вентиляторами СВМ-6М завода имени Вахрушева с электродвигателем 14 квт производительностью 21600 м³/час.

На сооружении эскалаторного тоннеля работали бригады проходчиков В. Макарова, В. Сотникова и В. Калабухова с выполнением норм выработки до 180%. Максимальная скорость проходки в сутки достигала 1,1 пог. м, в смену — 40 см.

Технология и организация работ по проходке второго наклонного эскалаторного тоннеля аналогичны первому.

После проходки эскалаторных тоннелей приступили к сооружению машинных помещений и подземного вестибюля, предварительно демонтировав поверхностные комплексы.

Сооружение подземного вестибюля с четырьмя выходами для пассажиров осуществляется с помощью козлового крана грузоподъемностью 10 т.

СООРУЖЕНИЕ НЕГЛУБОКИХ СТВОЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОПУСКНОЙ МОНОЛИТНОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ КРЕПИ

Г. БУЗОВ, А. ЛУРЬЕ, А. МАКСИМОВ,
инженеры

ИЗВЕСТНО, что на каждый километр подземных коллекторных тоннелей, пройденных щитовым способом, приходится 7—9 вертикальных стволов различного назначения. Интенсификация их проходки имеет существенное значение для сокращения сроков строительства тоннелей.

Основным видом крепления при сооружении таких стволов в настоящее время является инвентарная деревянно-металлическая крепь. Применяется сборная железобетонная крепь, возводимая по мере углубления ствола, а также монолитная железобетонная, сооружаемая заходками снизу вверх на всю глубину с сохранением в бетоне временной крепи.

Трестом ГПР-1 совместно с ЦНИИПодземмашем проведены работы по внедрению прогрессивного метода опускной крепи. Для проходки стволов в обычных горногеологических условиях использовали крепь из монолитного железобетона. Задача заключалась в определении возможной глубины опускания крепи без дополнительного пригруза и изыскании средств комплексной механизации основных проходческих процессов.

Первый опыт сооружения ствола с опускной монолитной железобетонной крепью осуществлен при строительстве коллекторного тоннеля для теплотрассы под Белорусской железной дорогой.

В результате доказана возможность использования монолитной опускной железобетонной крепи для проходки монтажных стволов, используемых в дальнейшем для эксплуатации коллекторных тоннелей. Однако темпы проходки оказались невысокими ввиду того, что разработка и погрузка породы производилась вручную. Без дополнительного пригруза монолитную крепь с толщиной стенки 300 мм удалось опустить на глубину 7 м.

Опускание до проектной отметки осуществлялось с дополнительным пригрузом 80 т. Наружная поверхность крепи имела большую шероховатость: в качестве опалубки применяли мелкоячеистую металлическую сетку. Оставаясь в бетоне, сетка значительно повышала коэффициент трения крепи о породу. Эти недостатки были в основном устранены при сооружении следующего ствола на том же участке. Ствол диаметром 6,8 м в свету был предназначен для демонтажа проходческого щита ПЩ-3.6. Проходку в глинистых породах естественной влажности вела бригада из четырех человек.

Наряду с опускной крепью был разработан комплекс оборудования,

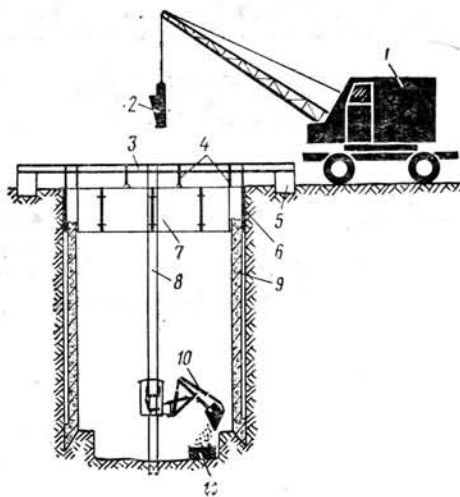


Рис. 1. Комплекс оборудования для сооружения стволов способом опускной крепи:

1 — кран на пневмоходу грузоподъемностью 12 т; 2 — бадья для бетона; 3 — опорная рама; 4 — элементы подвески опалубки; 5 — бетонные опоры; 6 — распорные брусья; 7 — секционная скользящая опалубка; 8 — труба для монтажа шахтного экскаватора; 9 — опускная монолитная железобетонная крепь; 10 — шахтный экскаватор; 11 — породная бадья

позволяющий механизировать основные проходческие операции (рис. 1). Комплекс включает в себя: кран на пневмоходу грузоподъемностью 12 т для выдачи породы и укладки бетона; подвесную скользящую секционную опалубку для возведения железобетонной крепи; шахтный экскаватор для разработки и погрузки породы, смонтированный на центральной трубе, и транспортные средства.

Подвесная скользящая секционная опалубка высотой 1,2 м была изготовлена в механических мастерских СУ-28. Она представляет собой внешнюю и внутреннюю формующие оболочки, каждая из которых включает девять секций, соединенных между собой. К опорной раме опалубка подвешивалась на специальных подвесках.

Технология сооружения ствола заключалась в следующем. После монтажа ножа и опускания его ниже отметки уровня земли на 1,2 м устанавливали арматурный каркас на три цикла. Затем монтировали подвесную скользящую опалубку. Для полного отрыва ее от бетона и лучшего скольжения при опускании крепи внутренние поверхности конструкции выстилали телью. Укладку бетона производили с трех точек, расположенных по периметру ствола. Бетон уплотняли глубинными вибраторами.

После укладки бетона на высоту 1 м приступали к разработке, погрузке и транспортировке породы. Подъем ее из-за отсутствия пневмоколесного крана осуществлялся двумя кранами СПК-1000. Разработку грунта начинали в центральной части ствола, оставляя по его периметру берму шириной 30—40 см. Когда ядро было выработано на глубину 1 м, приступали к разработке бермы отдельными участками с оставлением целиков шириной 1,7—1,8 м. Отработка бермы и выемка целиков производились в порядке очередности, показанной на рис. 2.

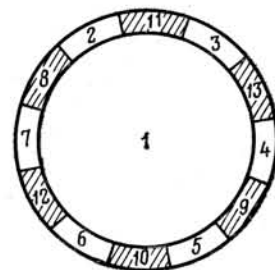


Рис. 2. Схема разработки застоя

Сооружение по такой технологической схеме позволило осуществлять равномерную посадку крепи.

Опускание крепи под действием собственного веса прекратилось на отметке десять метров. Дальнейшее возведение крепи до проектной отметки осуществлялось обычным способом.

В результате применения подвесной скользящей опалубки улучшилось качество крепи. В комплексе с шахтным экскаватором повысился общий уровень механизации сооружения стволов. Количество рабочих в бригаде сократилось более чем на 30%, что позволило сэкономить при проходке около 300 чел.-час. Максимальная сменная скорость сооружения составила 1 м. Экономический эффект от внедрения комплекса оборудования в сочетании с опускной крепью составил около 6 тыс. рублей.

Таким образом, опускная монолитная железобетонная крепь без дополнительного пригруза в комплексе со средствами механизации может быть использована при проходе неглубоких стволов в обычных горногеологических условиях.

СЕЙСМОСТОЙКИЕ КОНСТРУКЦИИ ТАШКЕНТСКОГО МЕТРО

В ПЕРВЫЕ в практике отечественного метростроения в сложных инженерно-геологических и сейсмологических условиях строится метрополитен в Ташкенте.

Линию первой очереди мелкого заложения протяженностью 16 км с 12 станциями (рис. 1) намечается ввести

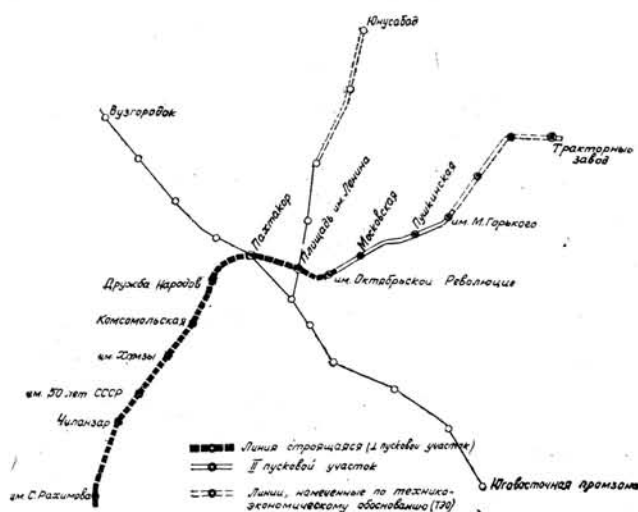


Рис. 1. Схема линий метрополитена Ташкента

в эксплуатацию в два этапа: участок в 12 км от ст. «Сабир Рахимов» до ст. «Октябрьской революции» — в 1977 г., участок в 4 км до ст. «Максима Горького» — в 1979 г.

На первом участке, имеющем 9 станций, сооружаемых открытым способом, протяженность перегонных тоннелей закрытого способа работ составляет 6,51 км, открытого — 2,08 км (в двухпутном исчислении).

За три года строительства Ташкентского метрополитена пройдено более 8 км перегонных тоннелей закрытого способа работ в однопутном исчислении. Начато сооружение 7 станций, возводимых открытым способом. Одна из них — ст. «Октябрьской революции» — с оборотным съездом за ней, завершена в конструкции к 50-летию образования Узбекской ССР и Компартии Узбекистана.

Полным ходом развернулись работы по сооружению вагонного депо и эстакады через канал Ак-Тепе. Их проведению предшествовали большие (на 4 млн. р.) подготовительные работы по освоению строительных площадок и перекладке городских инженерных коммуникаций, попадающих на трассу метрополитена.

Трехлетний опыт строительства в зоне высокой сейсмичности потребовал особого подхода к решению задач сейсмостойкости конструкций перегонных и станционных тоннелей.

Достаточно сказать, что первоначально предложенная конструкция перегонных тоннелей закрытого способа работ из железобетонных тюбингов корытообразного сечения с усиленными болтовыми связями между кольцами и

Г. ОГАНЕСОВ, гл. инженер Ташметропроекта; **Т. РАШИДОВ**, зав. лабораторией ИМиСС АН УзССР, докт. техн. наук;

И. ДОРМАН, ст. науч. сотр. ЦНИИС, канд. техн. наук;

Т. АБДУЛЛАЕВ, начальник произв. отдела дирекции Ташметрополитена; **А. ИШАНХОДЖАЕВ**, ст. науч. сотр. ИМиСС АН УзССР, канд. техн. наук

со штыревыми связями между элементами оказалась недостаточно сейсмостойкой. В настоящее время коллективами ЦНИИС, Ташметропроекта и Института механики и сейсмостойкости АН УзССР уточнены основные принципы проектирования, на основе которых и создаются все ограждающие и внутренние конструкции.

При выборе расчетных схем в условиях возможного сейсмического воздействия приняты конструкции с жесткими узлами сопряжения элементов в уровнях перекрытий и лотков с максимальным использованием сборных конструкций с продольными сейсмопоясами в пределах участков, разделенных деформационными швами. При этом внутренние конструкции перекрытий решено было отделить от наружных деформационными швами.

Элементы конструкций многоярусного типа (вестибюльные участки, совмещенные тягово-понижительные подстанции и др.) в продольном и поперечном направлениях принято дополнительно связывать сейсмопоясами в пределах участков между деформационными швами в уровне верхнего яруса.

Плиты перекрытия над путевой частью к опорным консолям стеновых блоков крепятся с помощью металлических накладок, привариваемых к закладным деталям. Антисейсмические пояса в этом уровне не устраиваются, создается шарнирное примыкание, а плиты перекрытия соединяются между собой на сварке с закладными деталями.

При расчете конструкций на дополнительные сейсмические воздействия отпор грунта не учитывается, а горизонтальная составляющая сейсмических инерционных сил на перекрытие принимается с коэффициентом 0,5 от вертикальной нагрузки.

Железобетонное монолитное основание колонных станций рассчитано как неразрезная плита, опертая на упругое основание и нагруженная сосредоточенными усилиями, от колонн и погонными усилиями от боковых стен. Реакция грунта принята равномерно распределенной. Такая расчетная схема при условии проведения необходимых мероприятий по уплотнению грунта для создания однородного основания по длине станции наиболее точно отражает действительную работу конструкций.

При расчете конструкций на сейсмические нагрузки, инерционные силы грунтовых масс, контактирующих с сооружением, определены из условия движения породы с ускорением, равным $0,4g$, где g ускорение силы тяжести.

Задача создания своеобразного облика Ташкентского метрополитена с учетом особенностей национальных и архитектурных наследий нашла свое отражение в конструктивном решении станций.

Из девяти станций первого пускового участка две приняты односводчатыми, шесть — колонными из сборных элементов заводского изготовления и центральная станция «Площадь им. В. И. Ленина» — колонная в монолитном железобетонном исполнении.

Конструктивной особенностью станций колонного типа, обусловленной требованиями сейсмостойкости, является

монолитная железобетонная плита основания, сборные надплитные стены, колонны и перекрытия, связываемые на участке между деформационными швами продольными сейсмопоясами (рис. 2).

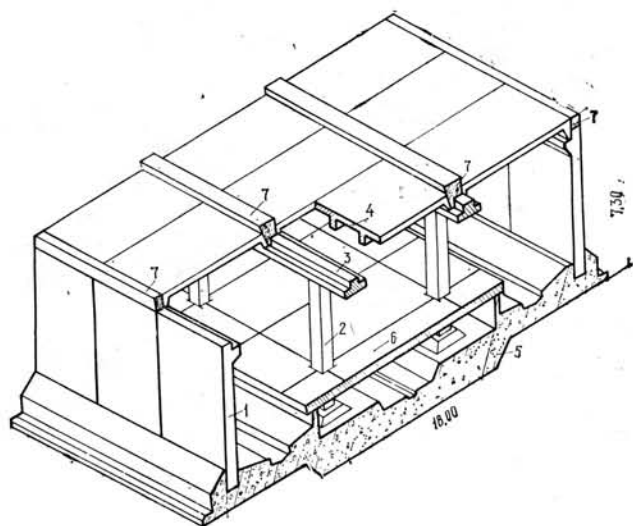


Рис. 2. Платформенный участок станции колонного типа:
1 — стеновой блок; 2 — колонна; 3 — ригель; 4 — блок перекрытия; 5 — лотковая плита; 6 — платформа; 7 — продольные противосейсмические пояса

Узел крепления стеновых блоков с блоками перекрытия выполняется с помощью выпусков в виде петель, объединенных продольной арматурой из стали 22-АП в единый пояс. Это дает основание считать данный узел жестким.

Станция разделена деформационными швами, расположенными по границам средней трети платформенного участка и в сопряжениях с вестибюлями, а также вестибюлей с совмещенной тяговой подстанцией и вентиляционной камерой. Принципиальные конструктивные решения, принятые по платформенному участку, с незначительными изменениями отнесены ко всему станционному комплексу, включающему вестибюли, совмещенную тягово-понижающую подстанцию, вентиляционную камеру и вентиляционные сбойки.

При строительстве станций подобного типа выявлены недостатки конструкции сеймопоясов, большая трудоемкость при производстве работ, что резко снижало темпы

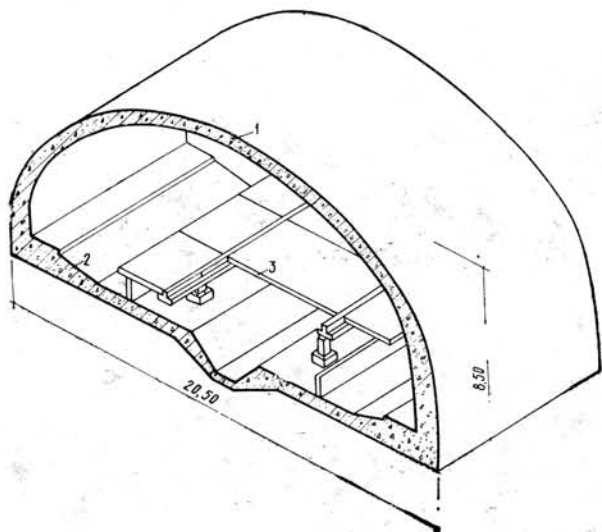


Рис. 3. Платформенный участок односводчатой станции:
1 — свод; 2 — основание — плита затяжки; 3 — платформа

сооружения и увеличивало расход металла (увеличение расхода металла по сравнению с использованием на ст. «Беговая» Московского метрополитена на 12%).

Односводчатую станцию сооружают из монолитного железобетона с применением передвижной металлической опалубки. Конструкция этой станции (рис. 3) представляет собой свод переменного сечения с уширенной внутрь пятой и затяжкой, роль которой выполняет лотковая плита. Такая конструкция обладает достаточной жесткостью и устойчивостью для условий сейсмического района и просадочных грунтов, а также обеспечивает передачу на грунт только вертикальных нагрузок.

Впервые в практике отечественного метростроения оборотные тупики за ст. «Октябрьской революции» сооружены единой конструкцией со станцией под тем же сводом, что значительно увеличило скорости возведения станционного комплекса.

Основные показатели расхода материалов при строительстве обоих типов станций (на 1 пог. м) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели	Колонная сборно-монолитная	
	сборно-колонно-литвя	односводчатая монолитная
Объем сборного железобетона, м ³	18,5	2,56
Расход металла в сборном железобетоне, кг	2479,2	308
Расход металла на 1 м ³ сборного железобетона, кг	134	120,2
Объем монолитного железобетона, м ³	19,2	25,6
Расход металла в монолитном железобетоне, кг	1652,8	5179
Расход металла на 1 м ³ монолитного железобетона, кг	86,7	201
Всего металла, кг	4331,8	5487

Конструкция перегонных тоннелей закрытого способа работ представляет собой сборно-монолитную железобетонную обделку (рис. 4), состоящую из отдельных блоков сплошного сечения со скошенными углами, из которых выведены петли. Последние в процессе монтажа связываются в единый стык инвентарными металлическими пластинами. После омоноличивания стыков пластины снимают.

Такие стыки выполняют роль продольной и поперечной омоноличенной связи в сборной конструкции.

Обделка рассчитана на нормируемые вертикальную равномерно распределенную и горизонтальную нагрузки при ожидаемом в этих условиях гидростатическом давлении.

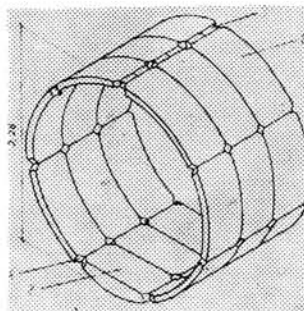


Рис. 4. Перегонный тоннель закрытого способа работ:
1 — сборный блок тоннеля; 2 — лотковый элемент; 3 — замковый вкладыш; 4 — сейсмоузел

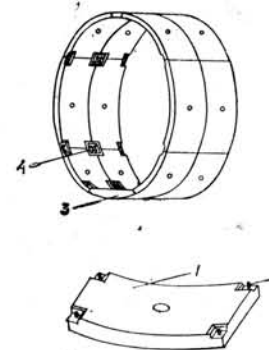


Рис. 5. Конструкция обделки перегонного тоннеля закрытого способа работ из усовершенствованных элементов:

1 — элемент обделки с угловыми высадками; 2 — штырь; 3 — лотковый блок; 4 — узел соединения блоков

В процессе строительства тоннелей применение такой обделки выявило ряд ее недостатков: необходимость установки опалубки для задержки каждого сейсмического узла; качество первичного нагнетания снижалось из-за необходимости обязательной заделки сейсмических узлов.

В связи с этим одним из авторов была предложена усовершенствованная конструкция блока (рис. 5), которая позволила избавиться от этих недостатков и улучшить монтаж обделки.

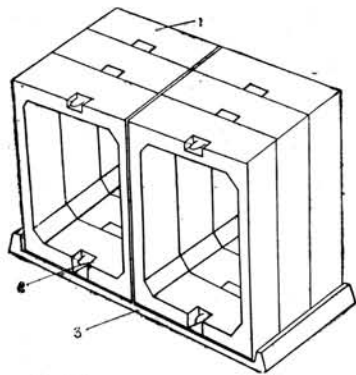


Рис. 6. Обделка перегонного тоннеля из цельных замкнутых секций:
1 — однопутная секция; 2 — прорезь с арматурной петлей для продольной связи между секциями; 3 — бетонная подготовка

но снижающих трудовые затраты и продолжительность строительства.

Цельносекционная обделка, представляющая собой прямоугольную раму с жесткими узлами, при меньшей удельной металлоемкости по сравнению с обделкой из отдельных элементов вполне отвечает требованиям сейсмостойкого сооружения (рис. 6).

Связи элементов между собой в продольном направлении достигаются путем выпусков арматурных петель с последующим обетонированием узлов в лотковой части и в уровне перекрытия и сварки закладных деталей по стенам.

Другое решение для тоннелей открытого способа работ представляет собой сборно-монолитная конструкция, в которой в качестве готовых элементов используются блоки тоннельной обделки закрытого способа работ в сочетании с элементами прямоугольного очертания (рис. 7).

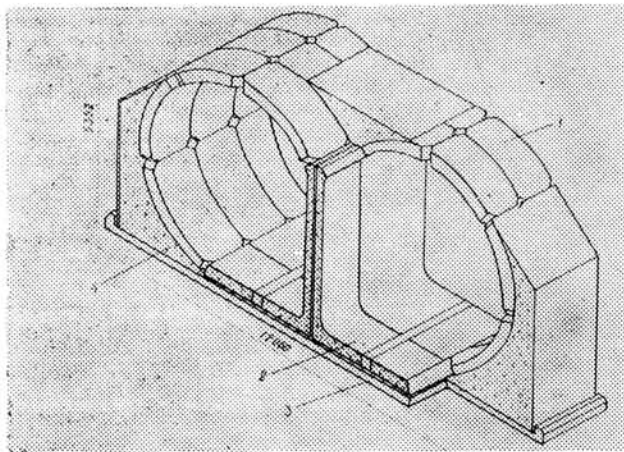


Рис. 7. Комбинированная обделка перегонного тоннеля открытого способа работ из элементов круговой обделки:

1 — элемент круговой обделки; 2 — сборная Г-образная стена; 3 — лоток; 4 — монолитная бетонная стена

Таблица 2

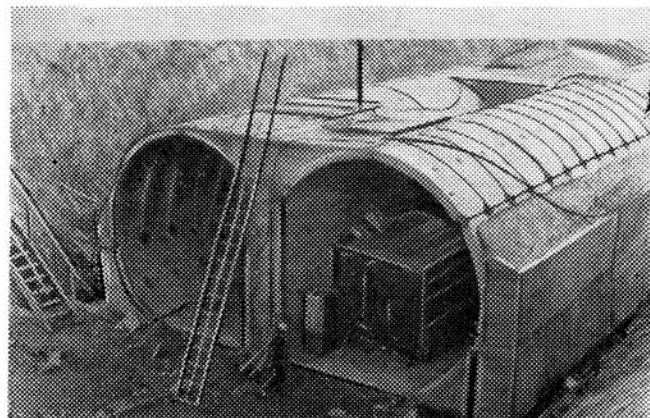
Показатели (на 1 пог. м двухпутного тоннеля)	Закрываемый способ	Открытый способ	
		сборно-монолитная	цельносекционная
Объем сборного железобетона, м ³	7,4	7,6	8,64
Расход металла в сборном железобетоне, кг	1142,4	919,9	1624,3
Расход металла на 1 м ³ сборного железобетона, кг	155	121,2	188
Объем монолитного бетона, м ³	—	9,9	—
Объем бетона омоноличивания, м ³	0,32	0,21	0,15

Эта конструкция, уступая цельносекционной по объемам трудозатрат на монтажных работах, менее металлоемка (табл. 2) и в определенных инженерно-геологических и организационно-строительных условиях может быть использована на отдельных участках трассы.

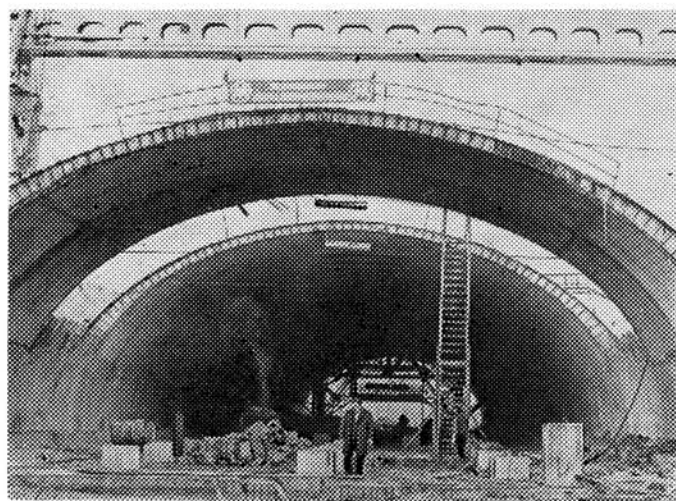
Сделаны важные шаги в исследовании, проектировании и строительстве Ташкентского метрополитена. Предстоит выполнить еще ряд ответственных задач. Главные из них: изучение напряженно-деформированного состояния конструкций станций и перегонных тоннелей и их взаимодействие с массивом при сейсмических воздействиях; организация сейсмометрической службы для изучения колебаний конструкций во время строительства и эксплуатации метрополитена.



Сооружение сборно-монолитного участка перегона



Сборно-монолитная конструкция открытого способа работ



Одноводчатая станция

О КОНСТРУКЦИЯХ И ТЕХНОЛОГИИ СООРУЖЕНИЯ ОБДЕЛОК, ОБЖАТЫХ В ПОРОДУ

Ю. КОШЕЛЕВ, инженер

К ОСНОВНЫМ параметрам, характеризующим конструктивное решение обделки, следует отнести количество и конфигурацию элементов в ее кольце.

В отечественной и зарубежной практике тоннелестроения применяли сборные железобетонные обделки с весьма различным числом блоков. Например, в Мексике одной из американских фирм применена железобетонная обделка тоннеля диаметром 8,5 м, кольца которой состоят всего из двух элементов. В то же время при строительстве аналогичного по размерам тоннеля в лондонском аэропорту использована обделка, состоящая из 27 бетонных блоков. В Ленинграде при сооружении участка перегонного тоннеля с обжатой обделкой $\varnothing 5,5$ м внедрена обделка, имеющая 13 блоков в кольце. Односводчатые станции Ленинградского и Парижского метрополитенов при радиусе кривизны сводов 10—15 м имеют по 10—13 блоков в арке.

Исследования в ЦНИИСе Л. Афондинова и Ю. Айвазова показали, что величина изгибающего момента в обделке быстро падает с увеличением числа шарниров до 6 (5 блоков в кольце), после чего уменьшается незначительно. Аналогично снижаются расход и стоимость арматурной стали до минимального процента армирования, ограниченного СНИПом 0,2% (получается при количестве элементов в кольце более 10—12).

Дальнейшее уменьшение армирования переводит конструкцию из ряда железобетонных в раздел слабо армированных бетонных конструкций. Как свидетельствует опыт строительства в Англии, такой переход вполне допустим при сооружении тоннелей относительно небольшого диаметра (до 4 м). Однако исследования на опытном участке в Ленинграде показали, что при сооружении перегонного тоннеля метрополитена в 13-блочной бетонной обделке потребовалось увеличение армирования из-за частых поломок в процессе транспортировки и монтажа кольца. Таким образом, можно считать, что при количестве блоков в кольце более 10, расход арматурной стали на кольцо, а следовательно, и ее стоимость, становятся практически постоянными.

Анализ перечисленных факторов показывает, что оптимальное количество блоков в кольце обделки 5:10.

Так как применение 5-блочной обделки затруднено вследствие ограничения длины блоков по условиям их размещения в клетке шахтного подъема, остается лишь два возможных варианта: 7- или 9-блочная обделка. В случае использования разрезного плоского лоткового блока (при разжатии в лотке) количество элементов в кольце будет 8 или 10. Именно такое количество элементов в кольце назначается при разработке конструкций обжатых обделок в различных гидрогеологических условиях строительства.

Из аналогичных соображений при проектировании односводчатых станций «Пл. Мужества» и «Политехническая» Ленинградского метрополитена пролетом в свету 18 м арка свода состоит из 13 элементов (12 нормальных и одного замкового распорного). По-видимому, в первом приближении именно это количество блоков для реальной толщины свода 70 см следует считать оптимальным. При уменьшении толщины свода, например, в результате использования бетона более высокой марки, число элементов может быть уменьшено до 11 (10 нормальных блоков).

В процессе развития конструкции сборных обделок многообразие форм их элементов постепенно сокращается. В настоящее время практически не применяются обделки сложной конфигурации (2-образные элементы, многогранники, скошенная восьмерка и т. п.). Используются элементы прямоугольной формы двух разновидностей: сплошные блоки и ребристые блоки-тюбинги, повторяющие в известной мере чугунные конструкции.

Технология возведения обжатой обделки практически исключает болтовые связи между кольцами, так как блоки укладываются на грунт без подкладки, в процессе обжатия поддерживаются балками укладчика, а болтовые отверстия смежных колец не совпадают. Из условий рациональной статической работы кольца может быть рекомендована цилиндрическая конструкция радиальных стыков элементов обделки, прошедшая всестороннюю проверку при испытаниях в стендовых условиях.

В практике зарубежного тоннелестроения применяли сборные обделки, имеющие различную ширину колец, начиная от 34 см до 1 м. При сооружении перегонных тоннелей Лондонского метрополитена кольца обжатой обделки имели ширину преимущественно 61 см. Этот размер объясняется желанием ограничить величину незакрепленной зоны за механизированным щитом, не имеющим хвостовой оболочки. Так, наличие пластичных лондонских глин, в которых практически не бывает вывалов, создавало условия для монтажа обделки непосредственно на контуре выработки. Ограничение же величины заходки было необходимо из-за развивающихся деформаций пластичной породы внутри тоннеля, в результате которой существенно сокращается диаметр выработки и затрудняется монтаж обделки.

В нашей стране традиционным является применение колец сборных железобетонных обделок перегонных тоннелей шириной 1 метр. Для станций метрополитена и различного рода камер ширина колец сокращается до 0,75 м.

На первый взгляд кажется бесспорным, что укладка обделки без защиты оболочки щита с ее немедленным обжатием в породу является наиболее эффективной технологией возведения этого вида конструкции. Однако бесспорно и то, что это возможно только в условиях устойчивой породы, гарантирующей полную безопасность работ. Как показал опыт сооружения обделки перегонного тоннеля метрополитена на одной из шахт в Ленинграде, устройство обделки без защиты оболочки щита и без временного крепления кровли оказалось возможным только при ширине кольца 50 см. Однако уменьшение ширины колец обделки почти вдвое увеличивает трудоемкость ее монтажа (по сравнению с обделкой шириной 100 см).

Опыт сооружения обделок из тюбингов 5НСК-4 шириной 1 метр в Ленинграде с монтажом кольца под оболочкой щита, а также результаты проходки перегонного тоннеля в песках на опытном участке в Москве доказали рациональность этой технологии.

Для выработок крупного профиля сводчатого очертания, каковыми являются односводчатые станции метро-

политена, ширина колец должна быть сокращена до 50 см, так как монтаж массивной обделки свода ведется без применения щитовой крепи, а вес блоков не должен превышать 1,5—2 тонны. Однако и в этом случае, как показал опыт проходки станции «Площадь Мужества», при условии надежного временного крепления кровли в сочетании с немедленным обжатием свода в породу, величина заходки может быть доведена до одного метра (с последовательным монтажом двух арок свода шириной по 50 см). Эта технология представляется более рациональной, чем монтаж арок шириной 80 см (заходка 0,3 м), как это имело место при строительстве односводчатых станций Парижского метрополитена.

При разжатии «на диаметре» для возведения обделки может быть рекомендован блокоукладчик Б-11 рычажного типа, дополнительно оснащенный выдвижными шандорами, двумя распорными гидродомкратами и площадками обслуживания.

Ленинградскими метростроителями при участии автора разработана конструкция дугового укладчика, наиболее целесообразного для сборки обжатой в породу обделки с замыканием и обжатием кольца в лотке тоннеля.

Блокоукладчик такого типа позволяет осуществлять все операции подачи, сборки и обжатия колец обделки в одном месте — лотке, сократить цикл монтажа кольца и уменьшить состав обслуживающей бригады. Блокоукладчик изготавливается Ясиноватским машиностроительным заводом и будет применен в 1975 г. на Ленметрострое.

В качестве распорных устройств могут быть рекомендованы 30-тонные гидравлические домкраты, заменившие ДГ-8, применявшиеся при сооружении опытного участка.

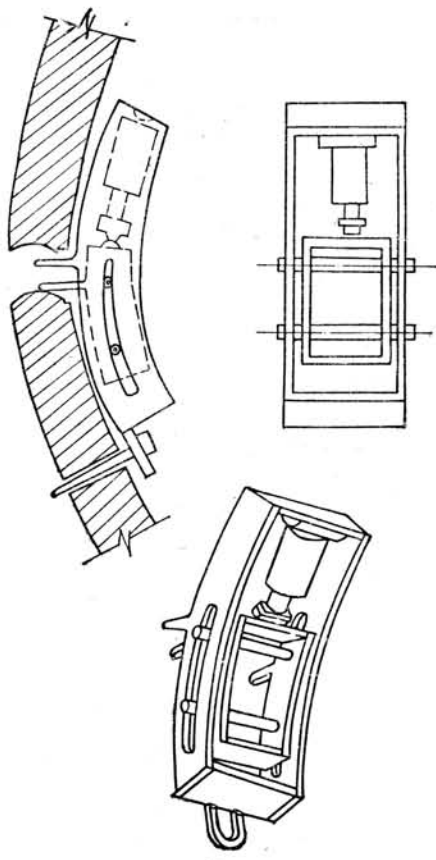
При возведении обжатых обделок в песках может быть рекомендовано использование проходческих щитов с рассекающими горизонтальными площадками, оборудованных утонченными гибкими хвостовыми оболочками, охватывающими центральный угол, равный 270° , и жесткими консольными выступами в зоне лоткового блока. Монтаж кольца может производиться дуговыми блокоукладчиками, смонтированными на щите. Сборку колец и расжатие с целью «выборки» строительного зазора рекомендуется производить в пределах жесткой хвостовой оболочки щита. Окончательное разжатие кольца обделки производится при максимальном усилии гидродомкратов в пределах гибкой хвостовой оболочки.

Опытные работы на Ленметрострое и Мосметрострое подтвердили эффективность домкратных распорных устройств. В дальнейшем на Ленметрострое вместо четырех гидродомкратов ДГ-8 стали применять два грузоподъемностью 30 т. Такие распорные устройства могут быть рекомендованы для дальнейшего широкого использования в кембрийских глинах тоннелей глубокого заложения, где не

требуется значительных усилий разжатия.

Конструктивное решение распорного устройства, применявшегося при сооружении опытного участка на Мосметрострое, оказалось недостаточно эффективным: из-за несоответствия направления усилий обжатия с осью колец образуются уступы в распорных стыках.

Автором совместно с сотрудниками ЦНИИСа разработано новое конструктивное решение распорного устройства, показанное на рисунке. Про-



цесс обжатия осуществляется следующим образом. Кольцо обделки предварительно собирается с постановкой подкладок в распорных стыках. Толщина подкладок выбирается такой, чтобы в образовавшийся зазор помещались совмещенные в одной плоскости консольные упоры. Корпус, который может быть укреплен, например, на блокоукладчике, прижимается к внутренней контуре обделки, после чего поднимается давление в гидравлическом домкрате. Через шарнирное соединение усилие передается на подвижную каретку. Траектория ее перемещения определяется конфигурацией направляющих прорезей, в которые входят пальцы. При этом консольные упоры, присоединенные соответственно к корпусу и подвижной каретке, раздвигаются и передают усилие на торцы блоков. Радиальная составляющая усилия, возникающая при преобразовании поступательного движения плунжера домкрата в криволинейное перемещение подвижного консольного упора, воспринимается корпусом и на

обделку не передается. Поэтому перемещение блоков происходит строго по окружности без образования уступов в распорных стыках. По достижении требуемого усилия обжатия подкладки убираются и в стык помещаются вкладыши (как это делалось на опытном участке Краснопресненского радиуса) или устанавливаются другие фиксирующие элементы: плунжер домкрата убирается и устройство снимается. Оставшееся после снятия устройства «окно» заполняется вкладышем или омоноличивается.

Распорные устройства такого типа рекомендуются для использования в случае необходимости создания значительных усилий разжатия.

Вопрос выбора величин обжатия обделки до последнего времени оставался сугубо дискуссионным. Существовало два крайних взгляда: первый — усилие обжатия должно быть равно или превышать ожидаемое усилие в кольце от горного давления; второй — усилие должно лишь обеспечить плотное прилегание всей поверхности кольца к породе. Первая точка зрения обосновывалась необходимостью обеспечить наименьшие нарушения в массиве, ускорить процесс его стабилизации.

Вторая точка зрения появилась позднее, когда на практике оказалось, что эффект применения обжатия обделки практически не снижается и при малых распорных усилиях, и даже в случае их почти полной утраты.

Аналитические исследования статической работы обделки, обжатой в породу, в процессе сооружения тоннелей в различных гидрогеологических условиях и натурные исследования, проведенные в процессе сооружения опытных участков, позволяют подойти к вопросу назначения величин обжатия более обоснованно.

Представляется, что этот вопрос должен решаться комплексно с позиции статической работы обделки и технологии ее возведения в конкретных гидрогеологических условиях.

Анализ упругого взаимодействия обжатой обделки с массивом горных пород и результаты натурных исследований на опытном участке Ленинградского метростроя показывают, что в плотных устойчивых глинах увеличение усилий обжатия приводит, в конечном счете, к увеличению нагрузки на обделку. Таким образом, высказывавшиеся ранее предложения о стабилизации горного давления путем увеличения усилий обжатия в указанных геологических условиях не имеют места.

Одним из существенных доводов в пользу больших усилий обжатия было также утверждение о более благоприятном напряженном состоянии обжатой обделки по сравнению со стихийным нагружением горным давлением колец обычной обделки. Однако для шарнирных обделок с числом элементов более семи эта разница не столь значительна.

Проведенные исследования показали, что в устойчивых породах прижатие обделки к контуру выработки со-

здает наиболее благоприятные условия статической работы.

Критерием прижатия обделки к контуру выработки и включения ее в работу может служить появление нормальных сил от обжатия в стыках обделки, противоположных местам его приложения. По результатам стендовых испытаний с учетом фактического положения обделки в натуре (вертикальное) могут быть рекомендованы следующие величины сил обжатия в зависимости от места нахождения распорных устройств: в замке — 15—20 т, в лотке — 40—50 т, на диаметре — 20—30 т.

Влияние усилий обжатия обделки при сооружении тоннелей глубокого и мелкого заложения различно. Опыт сооружения тоннелей глубокого заложения с необжатой обделкой показывает, что в этом случае осадки поверхности практически отсутствуют. Поэтому при сооружении тоннелей глубокого заложения с обжатой обделкой можно рекомендовать небольшие величины усилий обжатия, позволяющие улучшить статическую работу обделки и увеличить скорости ее возведения за счет устранения процесса нагнетания.

При сооружении тоннелей мелкого заложения закрытым способом осадки поверхности достигают значительных величин и в ряде случаев являются причиной перехода на глубокое заложение, изменения направления трассы и принятия других мероприятий, существенно увеличивающих стоимость строительства. Поэтому на значение величин усилий обжатия обделки для тоннелей мелкого заложения следует рекомендовать из условий необходимости сокращения осадок поверхности. Необходимость больших распорных усилий при применении обжатой обделки в песках на мелком заложении подтвердилась при сооружении опытного участка на Московском метрострое. Ориентировочно эти усилия можно определить аналитическим путем. Полученные величины усилий обжатия следует при этом несколько увеличивать (на 10—20%) за счет сил трения и других факторов, не учитываемых при решении этой задачи методами теории упругости.

При существующей обделке ограничением величины обжатия может служить прочность блоков в местах приложения распорных усилий, где неизбежна концентрация напряжений. В стендовых условиях предельная величина такого распорного усилия, равного 80 т, была получена при положении распорного домкрата вблизи внутреннего контура лоткового блока (в смежных блоках появились трещины). Предельная величина этого усилия может быть получена для других случаев расчетным путем.

В процессе совершенствования обжатых обделок распорные устройства размещались повсюду от шельги свода до лотка и даже по всему кольцу. Размещение распорного узла в шельге имеет ряд очевидных преи-

муществ с точки зрения статике конструкции и стабилизации горного массива. Порода при проходке имеет наибольшее нарушение над тоннелем. Для реализации эффекта обжатия кольца или свода усилие имеет минимальное значение при его приложении в замке: по расчетам С. Орлова для горизонтального диаметра требуется, примерно, втрое, а из лотка в семь раз большее усилие для обеспечения одних и тех же значений контактных давлений над шельгой. По-видимому, эти расчеты и послужили причиной размещения клина на первых обжатых обделках в шельге.

Практическое внедрение обжатия в шельге выявило и некоторые отрицательные его стороны. При использовании клинового способа распора из-за отклонений периметра обделки и выработки при проходке киевского коллектора клиновой блок либо не удавалось полностью вдавить в кольцо (он обрубался отбойными молотками), либо он «проваливался», не обжимая кольцо. Оставшиеся ниши в шельге приходилось забивать бетоном в неудобном положении снизу вверх.

Принято считать, что в шельге неудобно и менее безопасно работать с распорными устройствами, а также сложнее замоналичивать образующийся при обжатии зазор. На этом основании при разжатии обделки гидродомкратами перешли уровень горизонтального диаметра, где работать, естественно, несколько удобнее как обжимая кольцо, так и устанавливая фиксаторы и замоналичивая распорные стыки. Однако этих стыков, как и распорных устройств, теперь оказалось вдвое больше, возросли и требуемые усилия обжатия. Заполнение зазоров ввиду ограниченной их толщины (равной толщине обделки) неравномерно оставалось кольцу. При этом практически очень сложно превратить винтовые фиксаторы в инвентарную конструкцию, что вызывает дополнительный расход металла.

Лотковый вариант обжатия технологически проще и экономичнее. Объясняется это тем, что при наличии только одного распорного стыка фиксаторы можно сделать инвентарными. Стык замоналичивается без специальной опалубки, бетон легко укладывается в лотковый зазор. Сечение обделки здесь вдвое больше, то есть стык без труда выполняется равнопрочным рядовому стыку обделки. Очевидно, что распорное усилие при обжатии из лотка должно быть больше, чем в шельговом варианте. Однако это вполне возможно выполнить, так как обделка здесь вдвое мощнее и выдерживает, как показали стендовые испытания, сосредоточенную нагрузку гидродомкрата до 140 т (при расположении домкрата по оси обделки).

Резюмируя опыт внедрения обжатых обделок, можно рекомендовать оптимальные места расположения

распорных устройств для различных условий сооружения обделки.

На глубоком заложении в устойчивых несободных породах может быть рекомендовано лотковое расположение распорных устройств,

В обводненных породах, а также на мелком заложении, где необходимы значительные распорные усилия, может быть рекомендовано разжатие на диаметре. Представляется перспективным также разжатие в замке после разработки соответствующих эффективных распорных устройств и методов фиксации.

До последнего времени остается дискуссионным также вопрос рациональных способов фиксации усилий обжатия. Наиболее удачно решается этот вопрос при разжатии обделки клиновым распорным устройством. Однако такое конструктивное решение распорного устройства само по себе не гарантирует заданных усилий обжатия обделки. При разжатии обделки гидродомкратами усилия обжатия фиксируются вкладышами и клиньями различных типов, винтовыми шпильками. Наиболее перспективными представляются предложенные и внедренные с участием автора на Ленметрострое винтовые устройства.

Помимо компенсации практически любых возможных неточностей размеров выработки и обделки, винтовые устройства весьма надежны в отношении фиксации заданного усилия.

При небольших требуемых усилиях обжатия (например, при распоре обделки перегонного тоннеля из шельги) винтовые фиксаторы могут служить одновременно и распорными устройствами.

Специальным вопросом является назначение величин, мест расположения и способов фиксации обжатых обделок сводов крупногабаритных подземных сооружений (односводчатые станции). При строительстве односводчатых станций усилия обжатия составляют от 40 до 100% нормальных сил от ожидаемого горного давления. Первая цифра относится к глубоко заложеной в кембрийской глине станции «Площадь Мужества» Ленинградского метрополитена, вторая к станции «Этуаль» Парижского метрополитена, заложеной сравнительно неглубоко. Предварительное обжатие в этом случае имеет целью уменьшение осадок поверхности при раскрытии крупных выработок (пролет 20—25 м) в городских условиях, и его значительная величина вполне обоснована. Успешное внедрение на станции «Площадь Мужества» домкратов Фрейсине для разжатия в шельге свода практически предопределило место разжатия и способ фиксации обжатия в обделках таких пролетов. Для таких дорогостоящих ответственных сооружений небольшой протяженности, как односводчатые станции, применение таких (домкраты из обделки не извлекаются) способов фиксации усилий обжатия обосновано.

К ИЗУЧЕНИЮ ОСАДОК ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ СООРУЖЕНИИ МНОГОСВОДЧАТОЙ СТАНЦИИ

Г. БАЛАНДЮК, инженер

Читателю предлагаются результаты натуральных измерений осадок земной поверхности при сооружении сдвоенной станции нового типа «Площадь Ногина». Для таких станций, имеющих общий поперечный размер до 55 м, вопрос сохранения налегающего горного массива в стабильном состоянии имеет решающее значение. Изучение характера его подвижек дает возможность проектировщикам более уверенно решать сложные вопросы создания крупных станционных конструкций.

ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ деформативного состояния породного массива в процессе проходки станционных тоннелей выявлены особенности характера и величины осадок земной поверхности.

Нарушение естественного состояния массива пород проведением многосводчатых тоннельных выработок происходило в ходе производства работ при последовательной проходке пилот-тоннелей, боковых станционных и затем средних тоннелей. Проходка пилот-тоннелей велась встречными забоями, а боковых и средних — наступающим забоем.

Исследовалось развитие осадок земной поверхности в процессе проведения пилот-тоннелей, мульды оседания при сооружении боковых и средних станционных тоннелей, а также влияние целика между ними на состояние верхнего слоя массива налегающих пород.

На рис. 1 горизонтальные линии показывают направление



Рис. 1

продвижения забоев, а вертикальные — схематичную развертку колец на исследуемом участке. Точки пересечения линий определяют координаты и время нахождения забоев выработок в процессе сооружения станции. Работы проводились в такой последовательности: вначале сооружали пилот-тоннель № 1, затем № 2; пилот-тоннели № 3 и 4 продвигались одновременно навстречу друг другу. После проходки бокового станционного тоннеля № 1 возводили 2-й боковой тоннель станции. Спустя месяц параллельно стали продвигаться оба забоя боковых тоннелей № 3 и 4. В завершающей стадии впереди был забой 4-го тоннеля. Сооружение средних станционных тоннелей проводилось с интервалом в один месяц. Общая подработанная площадь массива пород, расположенных

над пересадочной станцией колонного типа, составляет более 10 000 м² при целике между тоннелями в 10 м.

Массив пород над шельгами тоннелей многосводчатой станции представлен известняками, мергелями, карбонными глинами; выше налегает толщина неустойчивых грунтов.

В процессе исследования были построены продольные и поперечные профили — мульды сдвижения земной поверхности — оседания верхнего слоя пород, завершающего процесс деформаций массива.

Для исследования деформаций нижнего несущего слоя грунтов, налегающих на конструкцию, по методике ЦНИИСа проводились наблюдения на подземных измерительных участках, расположенных в боковых станционных и пилот-тоннелях. При этом в расчет принимались замеры осадок поверхности, полученные на реперных станциях, расположенных непосредственно над подземными измерительными участками.

На представленном на рис. 2 поперечном профиле приве-

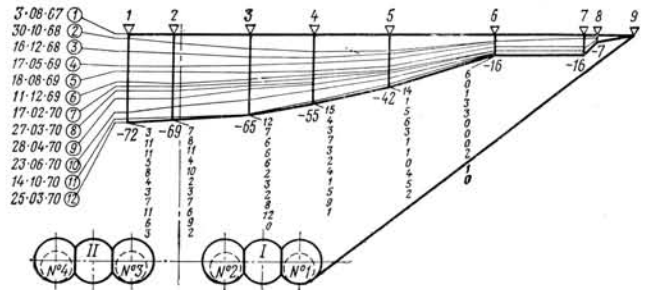


Рис. 2

дены величины осадок земной поверхности, измеренные соответственно по 9 установленным реперам. По каждому из 38 рассмотренных реперов производилось 40 последовательных наблюдений общей продолжительностью 3 года 7 месяцев. На рисунке выборочно показаны даты замеров линий сдвижения мульды оседания. Под каждым репером показаны суммарные оседания и промежуточные смещения — расстояния между линиями мульды, соответствующие вынесенным датам наблюдений. На поперечном профиле реперы расположены над пилот-тоннелями, а затем и боковыми станционными тоннелями № 1, 2, 3.

По результатам измерений построен график приращений осадок поверхности в процессе проведения пилот-тоннелей — рис. 3, I и станционных тоннелей — II. Полученные данные по-

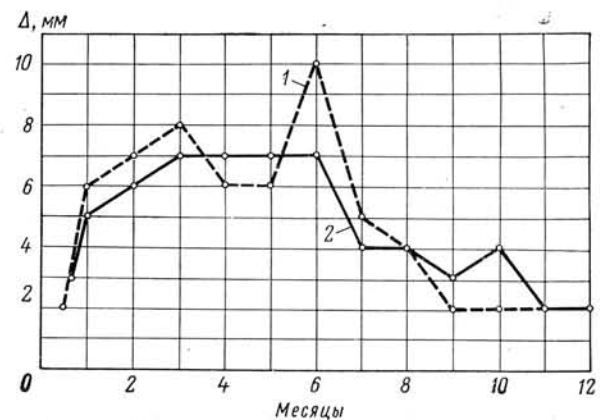


Рис. 3

звolyют выявить развитие мульды сдвижения — вертикальных перемещений верхнего слоя массива на основных этапах сооружения многосводчатой станции глубокого заложения. На первом этапе нарушения естественного состояния массива, возникающее вокруг сооружаемых пилот-тоннелей и вызывающее затем движение всей толщи пород, распространяется до земной поверхности через 15—20 дней после удаления забоя от рассматриваемой плоскости на 30—40 м. Основные приращения мульды сдвижения начинаются через месяц после продвижения забоя. До трех месяцев после удаления забоя приращения увеличиваются, далее несколько уменьшаются и достигают максимальных приращений по истечении 6 месяцев.

По мере удаления забоя пилот-тоннеля эти величины уменьшаются.

На втором этапе сооружение боковых и средних тоннелей станции вызывает возникновение осадок земной поверхности через 15—20 дней после удаления забоя на 15—17 м. Основные приращения, начавшиеся через месяц, достигают максимальных величин на третий месяц продвижения забоя и сохраняются до полугодия. При дальнейшем продвижении забоя станционной выработки приращения уменьшаются и через 11—12 месяцев практически прекращаются.

Установлено, что 38% от всей величины осадок поверхности в процессе последовательной проходки станционных выработок вызвано проведением пилот-тоннелей. В этом смысле такой способ ведения работ при сооружении многосводчатой станции в подобных инженерно-геологических условиях рекомендовать не представляется возможным.

Сооружение станционных тоннелей вызывает развитие мутьды оседания практически на всю ширину многосводчатой станции. В частности, на представленном поперечном профиле (см. рис. 2) на репере № 1 величина приращения перемещений — 8 мм, на репере № 2 — 10 мм, на репере № 3 — 6 мм. Определяющий развитие мутьды этап сооружения станции отмечен здесь через 4,8 месяца после проведения бокового тоннеля № 2. Максимальные величины получены на репере № 1, расположенном за целиком, а также на репере № 2, находящемся непосредственно над ним.

Общий характер деформирования породного массива показывает, что наличие целика шириной в 10 м в средней части многосводчатой станции в определенных инженерно-геологи-

ческих условиях не исключает оседаний земной поверхности непосредственно в зоне этого целика. Величина этих осадок является максимальной и соответствует их значениям над средними станционными тоннелями.

Проведенные ЦНИИСом натурные исследования при сооружении станции Московского метрополитена «Площадь Ноги́на» позволили установить характер перемещений массива налегающих пород, а также сводов обделок пилот-тоннелей и боковых станционных тоннелей.

Исследования позволили дать строителям СМУ-8 Мосметростроя рекомендации по уменьшению деформаций породного массива и улучшению работы конструкций боковых станционных тоннелей при сооружении средних тоннелей. Было рекомендовано начинать раскрытие третьего от забоя проема. Установку стяжек временного крепления в боковых тоннелях предлагалось начинать от 2—4 м впереди плоскости забоя среднего тоннеля и демонтировать стяжки при удалении его на 12—14 м. Это позволило улучшить организацию работ и увеличить оборачиваемость временного крепления. Рекомендации были внедрены при строительстве станции «Площадь Ноги́на».

Полученные деформации массива пород, а также осадки дневной поверхности в процессе сооружения станции в карбонной толще были не столь значительными, несмотря на приток подземных вод. Это обусловлено практически непрерывным ведением всех работ при своевременном креплении забоев, а также эффективной организацией строительства.

Работы велись в тесном творческом сотрудничестве коллективов СМУ-8 Мосметростроя и ЦНИИСа.

НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В МЕТРОСТРОЕНИИ

И. ХЛЕБНИКОВ, руководитель группы электротехнического отдела Метрогипротранса

СИСТЕМА электроснабжения в метростроении призвана обеспечивать стройки необходимым количеством электроэнергии.

Преобразование и распределение электрической энергии между отдельными потребителями должно производиться по схеме, отвечающим минимуму затрат.

С одной стороны, надежность электроснабжения постоянно возрастает благодаря применению качественного оборудования, повышению устойчивости энергетических систем, внедрению противаварийной автоматики.

Одновременно с этим возрастают электрические нагрузки в связи с ростом энерговооруженности строительства.

С другой стороны, большой объем строительства, стремление к сокращению его сроков выдвигают требования экономии капитальных затрат и разработки простых проектных решений.

Таким образом, надежность должна обосновываться действительной необходимостью отнесения токоприемников к той или иной категории электроснабжения.

В угольной и горнорудной промышленности это регламентируется соответствующими указаниями*.

В метростроении подобных нормативов нет.

Метрогипротранс применяет значения категорий бесперебойности электроснабжения в соответствии с приведенными в таблице.

В процессе строительства могут вноситься отдельные коррективы в проекты электроснабжения.

Использование приведенных данных позволит исключить неоправданно высокие расходы на электрооборудование без снижения необходимой надежности электроснабжения строительства.

* «Указания по проектированию угольных шахт», «Указания по строительному проектированию предприятий, зданий и сооружений угольной и горнорудной промышленности» СН 133—67.

Наименование объектов или установок	Категория бесперебойности согласно ПУЭ			Примечания	
	Указания по проектированию электро-снабжения угольных шахт	СН 133—67	Метрогипротранс		
Поверхность					
Клетевой подъем	I	I или II	II	Подъем людей	
Скиповый подъем	II	II или III	III		
Вентилятор главного проветривания	I	II	III	Значительный ущерб для производительности	
Калориферы	II	II	III		
Механизмы тельферной и бункерной эстакад	II	—	III		
Котельная	I	—	II		
Компрессорная сжатого воздуха	II	II	III		
Кессонная компрессорная станция	—	—	I		Длительный перерыв в питании может привести к аварии
Насосы водопонижения	—	I	II		
Административно-бытовые сооружения	III	—	III	Длительный перерыв в питании может привести к аварии	
Механическая мастерская, кузница и т. д.	III	—	III		
Складские помещения	III	—	III		
Внутриплощадочная механизация	—	—	III		
Наружное освещение	III	—	III		
Подземные выработки					
Центральный водоотлив	I	—	II**	Длительный перерыв в питании может привести к аварии	
Электровозная и другие откатки	II	III	II		
Вентиляция	—	—	III	Длительный перерыв в питании может привести к аварии	
Водоотлив	—	—	III		
Общее освещение	—	—	II		
Аварийное освещение	I	—	I		
Механизмы для сооружения обделки	—	—	II		
Щиты и призабойная механизация	—	—	II		
Подготовительные работы	III	III*	—		
Очистные работы	II	III*	—		

* На поверхности.

** Значительный ущерб для производительности.

ИЗ ГВАРДИИ ЛЕНИНСКОГО КОМСОМОЛА

КОМСОМОЛЬЦАМ Метрострой уже шестьдесят. Татьяна Викторовна Федорова могла бы сказать о себе словами поэта: не штука быть себя моложе, труднее быть себя зрелей. А зрелость на метростроевской страде как раз и есть способность не порывать с юностью, не отпускать ее от себя, цепко держать всю жизнь.

Биографии ветеранов начинались там, в комсомольской буче тридцатых годов.

«Был тридцать третий год... Понимаете, юности той поры хотелось ввысь, как впрочем, и нынешней. У нас на «Каучуке» делали знаменитые стратостаты, мы в цехе очень гордились, что и наша хоть капля труда подымет аппарат к неведомым для тогдашнего времени высотам. Лезли, заглядывали внутрь оболочки — что там? А не хотите ли, вдруг сказали нам, земной и даже подземной романтики? Пришел в цех парнишка из Фрунзенского райкома, стал рассказывать комсомольцам «Каучука», что такое метро и как его соорудить. Какие люди требуются? Самые отважные! Пока что определили троих: Зину Максакову, Шуру Лазареву и Таню Федорову. А из мужчин пошел Петр Ратников, впоследствии знаменитый бригадир».

Воспоминание не затянато пеленой времени, оно живо и ясно, оно за долгие годы так и не уш-



Татьяна Викторовна ФЕДОРОВА,
заслуженный строитель РСФСР

ло в даль. Сказали комсомольцам — в шахту, а пришли они на будущую станцию имени Коминтерна и не нашли даже забора строительной площадки, романтика началась с лома и лопаты, с замороженных булыжников мостовой, которые надо было выдирать на Воздвиженке. Когда колонна «Каучука» проходила мимо будущей шахты на октябрьскую демонстрацию, девушки, как раз дежурившие там в праздник, подняли высоко лопаты в

знак приветствия родному коллективу. Уже интриговал москвичей новый забор, за которым происходило что-то таинственное. Федорову уже выдвинули в бригады на поверхности, бригада испытывала гордость зачинателей и первостроителей. Бригада гордилась первыми мозолями, ведь молодежь жаждала приобщаться к великому через самое простое и черновое. Пусть будет трудно, пусть боязно и даже опасно! Еще не знала комсомолка Таня, что после «тонкой» и чистенькой работы на «Каучуке» очень скоро Метрострой предъявит претензию на работу еще «тоньше», еще чище, еще филигранней, чем иная заводская. От лома и лопаты перейдет постепенно к такой механизации, что не поспеешь переучиваться.

«Были парни и девушки, думали — сразу тебе громкую славу модной стройки. Ан, нет! Вот и отсеялись кое-кто. Романтика-то, она сырой землей, глиной липнет к ногам и рукам, насквозь тебя продувает лютым ветром, окуривает тебя дымом костров. Ножка девичья, тридцать шестой размер, она не в туфельке, не на каблучке для асфальта и паркета, а в сапожищах сорок третьего размера, не изящным чулком обтянута, а сырой портянкой... Резиновую спецовку нам выдали задолго до того, как ушли вглубь, но со временем мы освоились в горных лабиринтах штолен, верх-

них и нижних... Был случай, выгребали меня из-под завала во время сбойки — можно сказать, первый горняцкий урок...».

Вот это хорошо для инженера и руководителя: спустя сорок лет помнить и почитать первого бригадира Митю Банькина, первого сменного Ивана Афонина. У заместителя начальника Метростроя как-то недавно собрались эти седые, уже свое отработавшие люди, а разговор вспыхнул молодой, комсомольский. У каждого своя долгая жизнь, у каждого горы трудов и переживаний, а далекое счастье трудной юности не забывается, не гаснет в сознании, именно оно дает силы бодро продолжать свой путь и не сдаваться до последнего.

Великая дружба, братская спайка, веселый задор — это был эмоциональный фон героической стройки. А суть была в непрестанной и самозабвенной горняцкой учебе. Метростроевец того времени был профессией универсальной. Он и проходчик, он и крепильщик, он и бетонщик, он и плотник, он и изолировщик, и отделочник...

«Скромная «Калининская» иным никак не глянется, а мне она милей других — когда ни приду, поглажу свои плитки, прикоснусь к мрамору нашей работы... Ничто, помню, так не волновало, как раскрытие станции. Вынули ядро, сняли опалубку — свет, высь, простор... А наверху пласт земли, удержанный, укрощенный нашей ответственностью и нашим терпением. Со стороны кажется — громкое комсомольское воинство, горластая братва, а я скажу, что главные герои были немногословны, молчаливы и не слишком сентиментальны, чтоб прилюдно восторгаться творимым чудом. Нет, уральские и донецкие горняки, московская рабочая рать — это была, в основном, публика тихая, и в том-то ее героизм».

55-я шахта второй очереди — новая ступень ученичества Татьяны Федоровой, там главой был Иван Зубков, уже в те годы выказавший истинно генеральские черты организатора и мастера инженерной стратегии. В ту пору началась специализация, впервые появилась и, конечно же, досталась Татьяне Федоровой про-

фессия чеканщика. Я не говорю «чеканщицы» потому, что то была сфера преимущественно мужская. Технологию создавали заново, на пустом месте. Стахановское движение только началось. Быть может, женская бригада чеканщиц на Покровском радиусе была одним из самых примечательных и убедительных примеров соединения рабочего опыта с инженерно-технической мыслью. О том, как бригаде удавалось выполнять задание на 400 процентов, рассказывалось в тогдашней брошюре Т. Федоровой, выпущенной с завидной оперативностью. Тут важно было не только освоить надежную чеканку, но и связать единым графиком параллельные и взаимозависимые работы всего проходческого и тоннеледелательного цикла...

«Живет в Ленинграде пенсионер Иван Демин, бывший проходчик нашей 55 шахты. Бывая в Ленинграде, я непременно навещаю его на Лиговке, и мы идем с ним на могилу Зубкова, за которой Демин вот уже сколько лет ухаживает. Ни сват, ни брат, ни родственник. Постоим, помолчим, помянем былое. Ученики Зубкова, что и говорить, не потерялись, не обезличились на Метрострое, они себя неплохо показали...»

То было время смелого взлета, в образном и в буквальном смысле: молодежь Метростроя штурмовала небо в аэроклубе. На рабочем собрании решили всю премию шахты отдать на покупку самолета. Таня Федорова одной из первых поднялась в воздух, овладела парашютом. Выросло целое подразделение летчиков. Если не вся жизнь была там, на летном поле, то уж полжизни наверняка. Поньше не порывают с Метростроем летчики-герои, друзья и товарищи Федоровой по аэроклубу. В Отечественную войну, по достоверной статистике, метростроевские летчики сбили около 900 самолетов врага. Конечно, небо и штольня куда как далеки одно от другого, но в чем-то и родственны все же, у них общий знаменатель мужества, и совсем не случайно метростроевская молодежь так рванулась ввысь, это отвечало ее душевному настрою.

Я помню первые выборы в Верховный Совет СССР в конце 1937 года. Метрострой был представлен на этом празднике Татьяной Федоровой, нашим кандидатом в депутаты, и мы в газете всеми кеглями шрифтов набирали это имя по многу раз, искренне радуясь справедливости выбора. Москве и не только Москве запомнился надолго портрет девушки, столь строго и скромно нацеленной взглядом в свое будущее.

«Я было настроилась поступать в академию Жуковского, но мне дали путевку в Промышленную академию, потому что Метрострою повелели вырастить своих молодых инженеров и командиров. Что ж, слушаюсь! На лекциях Маковского, Безухова, Даркова на факультете «Мосты и тоннели» МИИТа все, кто пришел с шахт, чувствовали, что они имеют уже добрых два-три курса подготовительного, так сказать, факультета практики, и это было большим преимуществом. Тебе толкуют о формулах горного давления, а перед глазами у тебя лопнувшие с треском верхняки, покосившиеся стойки, живое движение породы. До сих пор волосы дыбом встают, как вспомнишь, с какой отвагой и с каким проворством Костя Овчинников, знаменитый проходчик, подставил свою спину — мигом мобилизовалась бригада, кто-то подал брус, кто-то доску, кто плечом налег в помощь, и мы вылезли из-под обрушения... Много пройдено было рабочей науки! Учились мы «с отрывом», но не пропускали ни одного метростроевского субботника или воскресника. На родную стройку тянуло! Делегаты XVIII съезда партии, мы пришли на шахту 3/4 к Зубкову — куда же еще! — и заняли свое место, рабочее место, на предсъездовской стахановской вахте. Меня поставили машинистом руки эректора...».

Война сурово экзаменовала молодых инженеров-тоннельщиков. Татьяна Федорова ушла на оборонительные рубежи Москвы, ездила с рабочей делегацией на фронт, под Тулу, под Калугу, видела танкистов и артиллеристов нашего первого наступления. На любимой «Маяковской» была на торжествен-

ном октябрьском заседании. И на знаменитом параде была на Красной площади.

Когда противник был отброшен далеко от Москвы, Метрострой — на удивление всему миру! — продолжал строительство новых перегонов и станций. В громе войны не слышно было Метростроя, но он делал свое дело. Вновь громко заявил о себе Метрострой уже после войны, Москва увидела, как он сберег свое искусство, как закалил людей. Знаменитые метростроевцы как бы опять вышли на сцену, и та юная чеканщица, которую Москва послала депутатом в Верховный Совет, после академии, после института, после грозной военной практики, после инженерного дебюта в качестве сменного и начальника участка в 1948 году стала начальником шахты на строительстве «Новослободской». Первая женщина на этом посту!

«Как воспримут это вторжение в мужскую заповедную зону? Всякий ли захочет под началом женщины состоять? Представьте себе, поддержали меня, подобрался хороший коллектив, Афанасий Иванович Ботов охотно пошел ко мне в главные инженеры, а на участках были такие мастера, как Лукьянов, Борисенко, Чистяков, Нечаев, а бригадирами Козлов, Костенко, Кузнецов, Куликов, Михайлов. Трудное было испытание — догнать ушедших вперед, ускорить проходку. Пересмотрели геологическую подоснову, посоветовались, решили идти стационный тоннель без щита, одним эректором. Тут ведь дело в том, что в самой скорости как раз и заложена безопасность: чем быстрее, тем меньше угроза обрушения или завала. Эректорную площадку модернизировали, разработали циклограмму работ, разумеется, без монтажной и демонтажной камер. Ну, грунты крепкие. И вот, за счет скорости, которая давала гарантию безаварийности, мы три тоннеля, всю станцию глубокого заложения соорудили за семь месяцев — втрое быстрее, а на наклонном ходу в два с половиной раза перекрыли заданный темп...».

Рекорд — 150 погонных метров в месяц одним забоем только эректором при норме 50 — не пе-

рекрыт, кстати, говоря, и поныне. Трудно назвать кого-либо из того коллектива, кто не был бы лично причастен к успеху и рекорду. Все, вплоть до шоферов и работников душкомбината, включены были в поисковую программу опережения времени. Нормативно-исследовательская станция разрабатывала свои циклограммы, а большой совет инженеров и бригадиров каждый день находил, где еще можно выгадать часок-другой. Равнодушных, безучастных и непричастных не было.

«Когда я думаю о коммунистическом труде, в памяти всегда возникают эти картины общего воодушевления, горячей и преданной взаимопомощи, картины, очень характерные для метростроя всех времен — и для первой очереди, и для сегодняшнего дня...».

Соревнование несет большой нравственный заряд, когда оно хорошо обеспечено технологически и организационно, когда оно деловито и конкретно. А если это есть, если планомерно и уверенно решаются все новые задачи в новых объемах и новых параметрах качества, тогда и результат красиво подать не грех, тогда и громкий плакат и яркое оформление работают на общую задачу.

«На «Ботанической» разыгралась наша «ледовая эпопея», так прозвали операцию с замораживанием наклонного хода. Бурили по всему контуру, но, когда начали проходить эскалаторный тоннель, появилась вода: где-то разошлись трубы, создалась угроза размораживания. Пришлось немедленно забой остановить, залить водой и — что поделаешь! — пойти снизу вверх, чтоб не терять времени, пока наверху снова заморозится. Риск? Да, есть немало. Забой-то висит над нами. Но если работать четко и дисциплинированно, то не страшно. Половину прошли, к тому времени верхние грунты заморозились заново, и можно было вернуться к начатому. Ледяной цилиндр оказался втрое крепче. Работали, буквально, во льдах, как на полюсе, молотками брали лед, а все-таки ни дня не упустили. Я считаю, это была значительная инженерная победа коллектива...».

Памятные главы биографии —

«Киевская-кольцевая», «Проспект Мира», «Кутузовская», узловые моменты — камеры съездов, требующие особого проходческого искусства, осторожности и точности. Опыта и знаний становится больше, но — вот в чем дело — работа не становится легче, потому что задачи сложнее. Поработайте-ка над действующим тоннелем в двух метрах!

«Я Вам скажу так: сегодняшний день требует от метростроевца особой тщательности и чистоты, особого искусства в проходке, в отделке и таких примеров немало, да каждая новая линия, каждая новая станция содержит известные образцы нового, творческого. Но к этому вот что надо добавить: напрасно думать, будто нынешняя молодежь в своей интеллигентности уже и неспособна к доблестной и мужественной оперативности и находчивости в решающую минуту. Ого, способна! Я это видела много раз, видела, как беззаветно работают и длинноволосые парни, которых видишь пижонами в клубе или в парке, и девочки, щеголяющие на досуге в мини-юбочках... У этого поколения, скажу по совести, то преимущество, что рядом много квалифицированных наставников...».

Уже как заместитель начальника Метростроя Татьяна Федорова причастна была, по своей линии, к таким событиям, как новый рекорд СМУ-8 в скорости проходки — 430,6 погонных метров в месяц на один щит! И пресс-бетон, там же, и обделка, обжатая в породу, и комплексная организация проходки...

«Я по-человечески и по-инженерному была счастлива...»

Довольно много, надо сказать, выпадает в году счастливых дней заместителю начальника Метростроя: то деловая и радостная встреча с новой юностью, то бурное собрание старых друзей, упорно не стареющих, то праздник очередной рабочей победы, связывающий одной крепью старые и новые традиции...».

Набегающие заботы дня мешают предаться далеким воспоминаниям, но юность не отступает, она здесь, рядом, в каждом дне жизни, в каждом новом и будущем дне твоём.

М. ШУР

ПЕРВОСТРОИТЕЛИ

ЗАМЕТКИ К 40-летию СО ДНЯ ПУСКА ПЕРВОЙ ЛИНИИ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА ИМЕНИ В. И. ЛЕНИНА

Е. РЕЗНИЧЕНКО

Сорок лет прошло с того радостного знаменательного события, когда впервые в жизнь столицы и ее жителей вошел метрополитен. В рапорте Метростроя говорилось: «Весь коллектив Метростроя — рабочие, инженеры, техники и служащие — с гордостью рапортует партии и правительству, что первая очередь Московского метрополитена готова и с 15 мая с. г. вступает в число действующих предприятий».

Этого дня, когда откроются двери 13 станций метрополитена, строители ждали с огромным волнением. Не только метростроевцы, но и все жители Москвы, вся страна с большим воодушевлением восприняли сообщение о пуске метрополитена.

Метростроевцы получали поздравления со всех концов страны от рабочих заводов и фабрик, которые обеспечили строителей необходимым оборудованием, эскалаторами, вагонами, тьюбингами, щитами, аппаратурой сигнализации и блокировки, цементом, лесом и многими другими материалами. Это был всеобщий праздник. Газеты и журналы помещали на своих страницах материалы о Метрострое и его людях. Слово «метрополитен» стало одним из символов трудовых побед в строительстве социализма.

Приведем лишь одну выдержку из множества приветствий и писем-отзывов, опубликованных в печати в те дни. Она как бы аккумулирует многие высказывания о нашем метро.

Академик Винтер, бывший начальник Днепростроя, писал: «Исторический VII съезд Советов закончился незабываемым днем — осмотром Московского метро хозяевами нашей Родины, делегатами съезда. Это грандиозное сооружение займет такое же почетное место в истории индустриализации страны Советов, как Днепрострой, Магнитка, Кузнецк, Краматорск и многие, многие другие наши крупнейшие строительства. Сооружение Московского метрополитена относится к числу особенно труднорешаемых технических задач. По сумме неблагоприятных природных данных оно не имеет равного себе, и поэтому для осуществления работ не было ни однообразных проверенных образцов, ни испытанных приемов».

Задача была поставлена определенно и ясно — построить метрополитен, построить его хорошо и прочно, построить в короткий срок. И эту огромную задачу под руководством партии разрешили советские инженеры, техники и рабочие. Они, конечно, использовали многие из известных, как за границей, так и у нас строительных, приемов, однако им одним принадлежит и честь и слава умелого и рационального комбинирования и сочетания этих приемов.

Мы построили самое красивое в мире метро, и эта внешняя красота, лаская глаз, свидетельствует о той люб-

ви, с которой строители и проектировщики относились к своему делу. Это изящное и красивое оформление свидетельствует о большом культурном нашем росте, свидетельствует о том, что и будущие наши капитальные сооружения будут столь же прекрасны и с внешней стороны. Срок, в который сооружена первая очередь метро, — рекорд быстроты для такого объема работ в столь трудных геологических условиях.

Привет и слава всем участникам этой великой культурной стройки! Привет и слава замечательным людям Метростроя! Пожелаем нашему метро счастливой бесперебойной эксплуатации на пользу и благо трудящихся Москвы, пожелаем ему дальнейшего успешного развития!»

И сейчас, когда оглядываешься на весь путь, пройденный коллективом Метростроя за 43 года, хочется прежде всего сказать, что Метрострой, являясь детищем первых пятилеток, сложился в мощный строительный комплекс, сформировался высокоорганизованный, сильный коллектив, преданный делу партии. Он характерен своей самоотверженностью, бескорыстным чувством товарищеской взаимовыручки, новаторским поиском, глубоким сознанием своего гражданского долга. Метростроевцы по праву называют свой коллектив жизненной школой.

Непрерывная работа коллектива Метростроя, почти ежегодно вводящего в строй действующих все новые и новые линии метрополитена, — яркое свидетельство заботы нашей партии и правительства о благе народа.

И так же, как в первые годы строительства, в последующие мирные, военные и послевоенные годы Метрострой успешно решает большие ответственные задачи, внося свой вклад в осуществление генерального плана развития Москвы.

И сегодня в завершающий год девятой пятилетки Метрострой опять на переднем крае. В нынешнем году прославленный коллектив сдает в эксплуатацию две новых линии, удлиняющих трассу метрополитена Москвы на 12,7 километра.

История Метростроя наглядно демонстрирует величие созидательного труда. Первые метростроевцы, первые проекты, первые буровые вышки на улицах, первые шахтные копры, первые сбойки, первые тоннели, первые котлованы под бетон, первые станции, первый поезд метро, все самое первое...

Вспомним, сколько замечательных людей, сколько жизненного опыта родила наша стройка. Борьба за метро была глубоко внутренней личной потребностью каждого коммуниста, комсомольца, каждого строителя, инженера проектировщика. Воскрешаются в памяти образы первостроителей уже ушедших и тех, кто поныне продолжает трудиться со свойственным им энтузиазмом. Пионеры отече-

ственного метростроения, первые руководители Метро-строя — эти широко известные строители инженер Ротерт и инженер, потомственный горняк Абакумов. Мысленно проходят в памяти их человеческое обаяние, самобытность, широта технического диапазона, уверенность в достижении цели, принципиальность, уважение к работающим, а подчас строгий спрос требование большей ответственности за выполнение поставленной задачи. В намерениях автора этих строк не входит дать в этих заметках портреты Ротерта, Абакумова и других инженеров. Эти люди, естественно, очень разные по характеру, опыту, инженерному творчеству, и вместе с тем в основном, в работе, они похожи друг на друга.

Вот одна из первых многозначительных страниц из истории проектирования. Основная особенность проектирования первой линии метрополитена заключалась в абсолютной новизне этого дела и в полном отсутствии практического опыта. Техническая литература в то время не давала почти никаких сведений о проектировании и способах сооружения метрополитенов.

Как известно, в 1932 году в экспертизе эскизного проекта были привлечены крупнейшие специалисты по метростроению Берлина, Лондона, Парижа, но при всем практическом опыте, накопленном этими специалистами в течение десятилетий, в их заключениях не было достаточной объективности и всестороннего учета местных московских условий. Ведь ни в одном из городов за границей, где ранее были построены метрополитены, не пришлось встречаться с таким разнообразием гидрогеологических условий как в Москве, с таким обилием неблагоприятных грунтов, насыщенных водой песков и суглинков, особенно мелких песков — пльвунов и различных малоустойчивых пород.

Иностранцы эксперты из Англии, Франции и Германии не верили в осуществимость советского проекта и предлагали строить метрополитен методами, утвердившимися в каждой из этих стран. По этому поводу уместно процитировать выдержку из статьи одной буржуазной французской газеты о начале строительства метрополитена в Москве: «Они провозвещают там у себя под землей, как кроты, год, другой, но в конце концов сдадутся и призывают на помощь настоящих строителей из зарекомендовавших себя иностранных фирм».

Но группа советских проектировщиков, конструкторов и других специальностей, объединенных Метропроектом (вначале технический отдел Метростроя), в лице опытных, высококвалифицированных инженеров тт. Николаи, Розонова, Маковского, Шелюбского, Ратнера, Комарова, Денищенко, Жукова, Горькова, Гольберта, Голомбинка, Рудника, Бутескула, Шейнфайна, Каханова, Алексева, Полякова, Аверина и многих других с первых дней существования Метропроекта приступили к тщательному изучению геологии, поискам наиболее приемлемых способов для условий Москвы, активно включились в разработку советского проекта, имея в виду, что вопрос о способах производства работ был спорным (ведь трасса, по которой должна была прокладываться первая очередь, в целом ряде мест прорезана глубокими размывами древних рек, в свое время бывших притоками реки Москвы). Через центр города по Неглинной улице, площади Свердлова, площади Революции и по Александровскому саду протекает река Неглинка; между Комсомольской площадью и Сокольниками трассу пересекают подземные речки Рыбинка и Чечора, Ольховка и Ольховец, а в районе у Кропоткинских ворот речка Черторый.

Многие склонялись к открытому способу, другие доказывали преимущества закрытого способа глубокого заложения. Для выяснения этих преимуществ, по решению Московского комитета партии в декабре 1931 года был заложен опытный участок для сооружения тоннеля неглубокого заложения (парижским способом) на Русаковской улице около Митьковского путепровода.

Дискуссия о способах сооружения метрополитена была завершена тогда, когда Центральный Комитет партии и МК партии рассмотрели все предложения и приняли решения соорудить тоннели комбинированным способом, в основном закрытым, строить тоннели глубокого и мелкого заложения, применять способы работ на каждом участке в зависимости от местных условий, но обязательно с мини-

мальным нарушением нормальной жизни города. Как показал впоследствии опыт работы на трассе первой очереди, закрытый способ целиком и полностью себя оправдал и в условиях густонаселенных улиц города.

Большая заслуга всего коллектива инженеров и техников Метропроекта, в том, что в непрерывной живой связи со строительством он сумел обеспечить объекты проектной документацией и оперативную техническую помощь в решении сложных вопросов сооружения метрополитена.

Сегодня, вспоминая начальный период строительства первой очереди, нельзя не сказать о том большом вкладе, который внесли советские ученые своим активным участием в разработке проекта и методов сооружения. Как члены совета содействия строительству метрополитена они непосредственно были связаны с шахтами. Назовем имена таких крупных ученых, как академик Скочинский, Терпигорев, Кржижановский, профессора Давиденков, Келдыш, Пассек, Трубников, Ливеривский, Севаренский, Цимбаревич и другие. Они были подлинными наставниками наших инженеров. В июньском журнале «Метрострой» за 1933 год опубликован обзор заседаний комитета содействия строительству. Хочется привести выдержки из очень интересных выступлений, которые и сейчас не потеряли своего значения.

Вот, что говорил тогда академик Кржижановский — соратник В. И. Ленина, о необходимых условиях успеха. «Всем ясно, — сказал академик Кржижановский, — что мы здесь имеем дело с таким сооружением практического значения, которое имеет значение не только для Москвы, но и для всей страны. Это строительство такого масштаба, что на него обращено внимание не только нашей страны, но и всего мира.

Трудности, конечно, у нас большие. Но мы должны еще помнить, что находимся в обстановке, когда нам надо экономить и средства, и силы. Поэтому задача инженера — подойти к этому вопросу не только с точки зрения технического решения вопроса, но и с точки зрения экономической». Говоря о необходимости практической помощи со стороны горняков и опытных шахтеров, поддерживая предложения о внедрении новых материалов, тов. Кржижановский уже тогда отметил, что «в Москве при наличии огромной технической силы мы можем более смело выступать в этой области». Касаясь вопросов освоения способов силикатизации и замораживания, он вносит предложение — «одну шахту сделать образцовой, чтобы она была наглядной для всех других шахт, — так именно надо работать. Общими усилиями мы сумеем поставить рекорд в деле метростроения». Это было сказано около 42 лет назад.

Академик Скочинский подробно анализируя слабую техническую оснащенность шахт, сказал: «Строительство метрополитена должно быть на уровне самой высокой современной техники. Если мы так поставим работу, тогда и результаты будут хорошие». Касаясь вопросов качества бетонных работ, их организации, академик Скочинский на основании впечатлений от осмотра шахт приходит к выводу о необходимости более тщательной подготовки к работам в трудных условиях, так как это поможет предотвратить аварийность. В заключение он сказал: «Нет плохих шахт, а есть плохие руководители шахт. Какне бы ни были трудные условия, но если работы ведутся правильно, тогда во всех условиях можно работать».

Ученые подробно обсуждали причины осадок поверхности, проведение силикатизации грунтов, условия проходки тоннелей в водоносных грунтах, методы для определения горного давления (проф. Давиденков, Лагунов, инж. Брайнин и др.). Большое практическое значение имели консультации ученых по оборудованию шахт, организации производства тоннельных работ, электрооборудованию и другим актуальным вопросам. Метростроители и сейчас с благодарностью вспоминают ту многостороннюю неоценимую помощь, которую им оказали наши ученые.

Прошли годы и годы, интересно проследить, с какой техникой начиналось строительство и хотя бы фрагментарно рассказать о первом этапе, когда закладывались основы метростроения, и последующих годах развития прогресса метростроения. Широкий диапазон технических решений, внедренных новшеств, отражающих прогресс метростроения, но об этом мы расскажем в следующей статье.

О НАДЕЖНОСТИ ТОННЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ

К. ТРОИЦКИЙ, канд. техн. наук

ЦНИИС приступил к проведению исследований в области надежности и долговечности тоннельных сооружений метрополитенов (ТСМ). Если под надежностью понимать вероятность того, что ТСМ будут обеспечивать беспрепятственный пропуск поездов и пассажиропотоков в течение определенного промежутка времени, она в общем случае может быть определена из временного процесса, учитывающего изменения в самой конструкции, воздействия на нее, и другие факторы.

В процессе эксплуатации подземные конструкции метрополитенов на отдельных участках претерпевают значительные изменения. Расчетная модель для таких конструкций может быть принята в виде системы со случайными начальными погрешностями (уступы между блоками, эллиптичность, пустоты или разрыхление породы за обделкой и т. п.), в которой происходят временные изменения, обусловленные старением (коррозией) материала и изменением нагрузок.

Теория надежности рассматривает различные системы. Под каждой из них понимается комплекс элементов, объединенных по какому-либо признаку. При знаки могут быть различными и отражать, в частности, их функциональное объединение для выполнения определенной эксплуатационной задачи как, например, обеспечение несущей способности.

Исходя из такого представления, за систему можно принять все кольца обделки одного радиуса метрополитена. В этом случае отказ одного из элементов (колец) означает отказ всей системы, влекущий за собой ограничения или полное прекращение движения поездов. В принятую систему будут входить конструкции различных типов, каждая из которых также может быть представлена в виде системы, но более низкого уровня. Количество таких конструкций будет представлено длинным перечнем, в который должны войти перегонные, станционные и эскалаторные тоннели, а также камеры съездов, пересадочные узлы, шахтные стволы и др. Любое из перечисленных сооружений строилось в различных конструктивных вариантах и геометрических размерах, из разных материалов и по определенным технологическим схемам.

Размеры системы будут разрастаться, если учитывать погрешность монтажа, дефекты материала и изменчивость инженерно-геологических условий заложения тоннелей. В этом случае необходимо рассматривать систему с огромным количеством проектных элементов и широким комплексом конструкций. Установить границы такой системы практически невозможно. Решение задачи в подобной ситуации требует принятия существенных ограничений.

Предельное сопротивление R прочности перемещению, деформации и т. п., при достижении которых наступает предель-

ное состояние конструкции в значительной степени определяется физико-механическими свойствами и, в частности, его пределом прочности или пределом текучести. Расчетные параметры конструктивных материалов установлены на основании статистической обработки результатов испытания огромного количества образцов. Результаты испытания реальных материалов, которые представляются в виде гистограмм или полигонов, обычно довольно плотно группируются около их среднего значения. Кривая распределения аппроксимируется вдоль горизонтальной оси от бесконечно малых до бесконечно больших величин нормальным законом распределения.

Аналогичное положение и с усилиями, перемещениями, деформациями и т. п. от внешних или «вынужденных» воздействий на подземную конструкцию, главным из которых является давление горных пород N . Горное давление также представляется в виде статистической величины, подчиняющейся нормальному закону распределения. Таким образом сформулированное понятие надежности может быть выражено в виде

$$P(N < R), \quad (1)$$

где P — знак вероятности.

Надежность конструкции обеспечивается при удовлетворении условия

$$P(R - N > 0) = A, \quad (2)$$

где A — вероятность недостижения предельного состояния.

Поскольку значения R и N подчиняются нормальному закону распределения, функция надежности конструкции будет представлена нормальным законом распределения только двухмерным. Наличие «хвостов» распределения требует, хотя и с малой вероятностью, допущения, что функция $R-N$ находится в пределах от бесконечно больших значений до нуля. Отрицательное ее значение свидетельствовало бы, что конструкция по своим показателям перешла границы предельного состояния.

Построение кривых плотности вероятности Гаусса является по существу экстраполяцией значений прочности материала и внешних воздействий за пределы величин, зафиксированных при эксперименте. Для этого потребовалось рассматривать прочность и нагрузку как чисто случайные величины.

Рассмотрение простых примеров показывает недостаточную обоснованность принятия значений прочности и нагрузок, существенно отличающихся от средних величин. Так, нет оснований ожидать чрезмерно больших значений предела прочности бетона на сжатие. С аналогичных позиций необходимо рассматривать и горное давление. Наряду с этим имеется определенный физический предел, выше которого величины прочности и нагрузок невозможны.

Материалы, имеющие прочность ниже допустимой нормами, должны рассмат-

риваться как бракованные, использовать их в строительстве недопустимо. Это требование узаконено существованием сети специальной контрольной службы. Принятие минимальных значений прочности и максимальных значений нагрузок, отстоящих на два, а то и на три σ от их средних значений, но которые практически не могут иметь место, обычно предопределяет наличие высокого уровня начальной надежности.

Тоннели Московского метро в большинстве случаев имеют достаточный или даже избыточный уровень надежности, если принять расчетную долговечность обделок 120 лет.

Обеспечить абсолютную надежность какой-бы то ни было конструкции, то есть совершенно исключить возможность отказа работы сооружений как с теоретической, так и с практической точек зрения невозможно. Общий уровень долговечности ТСМ, спустя некоторый интервал времени (годы, десятилетия) после их возведения, особенно на обводненных участках, определяется не только начальной надежностью, но и теми изменениями, которые произошли в материале конструкций и характере их взаимодействия с окружающей средой.

Проблемы учета совместного воздействия силовых факторов и неблагоприятных влияний внешней среды разрабатываются практически для всех видов сооружений. Существует, например, конкретное предложение О. Я. Берга¹ ввести новое предельное состояние, расчет по которому должен предупредить преждевременный выход из строя бетонных и железобетонных конструкций, работающих на открытом воздухе. Предлагается ограничивать эксплуатационные напряжения уровнем, при котором нарушения микроструктуры бетона будут безопасными в условиях неблагоприятных внешних воздействий.

Указывается, что микротрещины в сжатом бетоне начинают появляться при уровне напряжений, составляющем 0,3—0,5 от предела прочности в зависимости от марки материала. Это означает, что в обычных железобетонных конструкциях, в которых внутренние усилия не зависят (или мало зависят) от их деформаций, трещины в бетоне образуются при нагрузках в 2—3 раза меньше разрушающих. В сборных же тоннельных обделках трещины и сколы бетона в стальных элементах могут появляться при нагрузках в 10—20 раз меньше разрушающих². Образование и раскрытие трещин в тоннельных обделках сопровождается уменьшением их жесткости и, следовательно, приводит к более выгодному рас-

¹ Н. В. Смирнов, В. С. Гладков, Г. Н. Писанко. К расчету бетонных и железобетонных конструкций мостов и труб по новому предельному состоянию. «Транспортное строительство», № 9, 1974.

² С. А. Орлов. Методы статического расчета сборных железобетонных обделок тоннелей. Госстройиздат, М., 1961.

пределению реактивного давления и уменьшению изгибающих моментов.

Появление микро- и даже макротрещин в обделке не приводит к немедленной аварийной ситуации. В то же время в бетоне и железобетоне интенсивность разрушающего воздействия агрессивных факторов при наличии трещин может увеличиваться в десятки раз.

Применительно к подземным конструкциям решение проблемы обеспечения долговечности при совместном воздействии силовых факторов и неблагоприятном влиянии внешней среды только путем ограничения эксплуатационных напряжений приведет к чрезмерно большому значению начальной надежности или завышенному количеству элементов в кольце. Поэтому, задача создания долговечных и в то же время экономичных железобетонных обделок тоннелей, имеет определенную специфику и, как показывает практика эксплуатации, требует еще своего разрешения.

Тоннельные обделки рассчитываются в предположении наличия равномерного распределения давления и отпора вмещающих горных пород. Одним из путей обеспечения проектной статической работы конструкции могло бы явиться, например, безупречное качество заполнения строительного зазора путем нагнетания цементных растворов за обделку. Однако принятая в настоящее время технология нагнетания плохо поддается контролю и не гарантирует четкой статической работы обделки. Весьма перспективным в отношении обеспечения соответствия фактической работы конструкции проектным предположениям представляется применение технологии возведения обжатых обделок.

В настоящее время обеспечение необходимого эксплуатационного качества тоннельных сооружений метрополитенов сводится в основном к назначению запасов по несущей способности, учитывающих неоднородность материала, изменчивость горного давления и соответствие статической работы конструкции расчетной схеме. Ввиду уникальности тоннельных сооружений метрополитенов, их низкой ремонтопригодности и необходимости высокой степени безопасности движения поездов начальные запасы несущей способности обделок, начиная с 1-й очереди Московского метрополитена, были приняты весьма высокими. Предполагалось, что эти же запасы в достаточной степени учитывают и возможное снижение несущей способности во времени от воздействия комплекса разрушающих нагрузок и агрессивных воздействий.

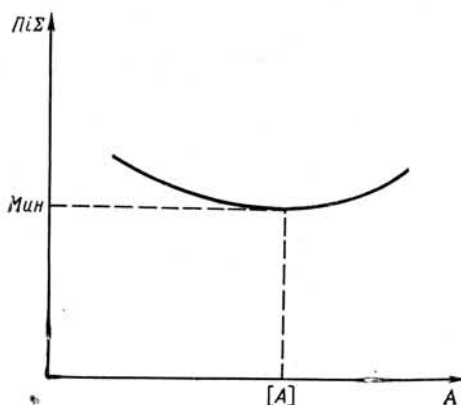
При пересмотре норм, разработке новых конструкций общий уровень надежности обычно несколько снижается, как правило, не более чем на 5—10%. В процессе эксплуатации новых конструкций выявляются участки, для которых этот уровень оказывается недостаточным. Тогда проводится соответствующая корректировка, в результате которой возникновение аварийных ситуаций прекращается.

Опыт строительства и эксплуатации последних линий Московского метрополитена показывает, что к настоящему времени начальная надежность ТСМ доведена до такого уровня, что обделки все чаще оказываются в критическом состоянии. Массовое применение последних типов сборных железобетонных обделок, сооружаемых закрытым способом, привело к тому, что они порой сооружаются в условиях, выходящих за пределы области их использования (обводненные участки и участки с неравномерным активным или пассивным давлением горных пород). Очевидно, учет всех обстоятельств, создающих избыточную или недостаточную надежность, теоретически невозможен. Необходимые оценки могут быть получены только путем использования данных эксплуатации ТСМ.

В качестве критерия оптимальности при определении A принимается минимальное значение приведенных затрат.

Лучший вариант технического решения устанавливается наименьшей суммой Π_{12} капитальных вложений K_1 и текущих затрат C_1 , накопленных за нормативный срок окупаемости вложений T_n

$$\Pi_{12} = K_1 + C_{12}T_n = \text{Минимум (руб.)} \quad (3)$$



* * *

Характер зависимости между вероятностью недостижения предельного состояния A и приведенными затратами Π_{12} в общем виде имеет характер, представленный на рисунке.

Коэффициенты запаса ТСМ определяются нормами. Реальный уровень начальной надежности устанавливается, главным образом, технологическим процессом строительства сооружения и инженерно-геологическими условиями его заложения. Надежность в процессе эксплуатации связана в первую очередь со скоростью старения, а также величинами и характером изменения нагрузок.

Фактическая надежность подземных конструкций даже одного типа неодинакова, так как работает в большом диапазоне различных инженерно-геологических условий.

Отклонение надежности в большую или меньшую стороны от оптимального значения могут достигать существенных величин. В результате, как правило, имеется возможность получить более экономичные решения либо за счет снижения капитальных вложений, либо — текущих затрат.

Решение проблемы надежности ТСМ позволит повысить эффективность общественного производства. В области капитального строительства эффективность может быть достигнута за счет уменьшения расчетных коэффициентов запаса при гарантированном качестве конструкций. В области эксплуатации — за счет проведения своевременных и в минимальных объемах ремонтных работ по поддержанию заданного уровня надежности в течение всего срока службы. Сравнительный уровень приведенных затрат является народнохозяйственной мерой экономической оценки качества конструкций и технологического процесса.

Основные усилия должны быть направлены на создание специализированных методов и технических средств, позволяющих получить информацию о состоянии сборных железобетонных конструкций и окружающей среды. (Специфическим для подземных сооружений является недоступность для непосредственного исследования наружной поверхности конструкции);

обследование состояния тоннельных сооружений метрополитенов на участках, где предполагается отсутствие достаточного уровня надежности;

накопление научно-организованной технической и экономической информации с последующей обработкой ее методами теории надежности.

В Тбилиси состоялась научно-техническая конференция «Влияние агрессивной среды на долговечность подземных бетонных и железобетонных конструкций и их защита от коррозии», организованная научно-техническим горным обществом Грузии, Институтом горной механики АН ГССР и Управлением Тбилисского метрополитена.

На конференции было заслушано около 40 докладов.

При рассмотрении проблемы долговечности бетона особое внимание было уделено коррозии цементного камня в сульфатной среде [докладчики Э. Миндели, Т. Читаишвили, О. Габричидзе, М. Сулава — Институт горной механики АН ГССР; Ю. Саввина, И. Курбатова — НИИЖБ и др.].

Ряд докладов был посвящен вопросам защиты от воздействия коррозии тоннельных сооружений метрополитенов [Г. Симонишвили, Г. Беручашвили — Тбилисский метрополи-

тен; Р. Казиев, К. Гин, В. Тхор — Бакинский метрополитен и др.].

Выступавшие обменялись опытом применения новых гидроизоляционных материалов, таких как эпоксиодно-этилсиликатные и полиуретановые защитные покрытия [О. Фиговский, В. Войтович — ЦНИИпромзданий], раствор из мочевино-формальдегидной смолы МФ-17 с кремнийорганической добавкой Ф-90 для химического укрепления песчаных грунтов [В. Давыдов, З. Сушенкова — ИГД им. А. А. Скочинского] и др.

Конференция приняла развернутое решение, в котором отмечается своевременность и актуальность рассмотренных вопросов. Рекомендовано, в частности, усилить контроль за состоянием сооружений и устройств метрополитенов, подверженных коррозии; продолжить изыскание и внедрение эффективных антикоррозийных покрытий.

ИЗ ОПЫТА РЕМОНТА ШВОВ НА МЕТРОПОЛИТЕНЕ

О. ЛУКИНСКИЙ, канд. техн. наук; Н. МАЛЫШЕВ, Н. ПАНОВ,
М. ШЕРШУКОВА, инженеры

ОПЫТ эксплуатации сооружений метрополитена показал, что одной из основных причин образования течей в тоннелях, вентиляционных шахтах и на лестничных маршах является расстройство швов.

Используя традиционные материалы для чеканки стыков чугунной обделки (ВРЦ, БУС и свинец), нельзя обеспечить водонепроницаемость в вентиляционных шахтах и примыкающих участках тоннелей в тех случаях, когда температура снижается на 13°C и более. По результатам исследований, проведенных под руководством Ф. М. Иванова, колебание температуры в порталных участках тоннелей достигает 60°, что сопровождается раскрытием стыков на 180 мкм. При такой величине раскрытия в жестких уплотнениях образуются трещины, через которые в теплое время года фильтрует вода, вызывая механическую суффозию, а в холодное время образуются наледи. Ремонтные работы, проведение которых, как правило, исключительно сложно, не обеспечивают эксплуатационной надежности при повторной подчеканке свинца, а тем более, цементных составов.

Попытки использовать в качестве герметиков битуминозных, типа резинобитумных и с добавками синтетических материалов и полиизобутиленовых мастик (типа УМС-50) не дали положительных результатов прежде всего вследствие недостаточной адгезионно-когезионной прочности. Использование эпоксидных, эпоксидно-фурановых и аналогичных композиций неэффективно, так как после отверждения двух- и более компонентных составов получается жесткое уплотнение, которое отрывается от бетонных кромок или вместе с кромками при понижении температуры. Причем, разрушение происходит при снижении температуры менее чем на 13°C из-за того, что в самом уплотнении при отверждении и усадке возникают значительные внутренние напряжения.

Стык, заполненный жестким материалом при 25°C, раскрывается на 1,5–2,0 мм при –30°C, следовательно, герметик в шве шириной 4 мм, сохраняя водонепроницаемость, должен растянуться на 50%. Если же учесть, что швы по длине имеют неодинаковую ширину и глубину, а герметики подвергаются старению, то для сохранения герметичности нужен материал с относительным удлинением более 500%. Для ремонта швов в чугунной обделке вентиляционных шахт нужен герметик, сохраняющий высокую деформативность в диапазоне температур от –40° до 35°C, с адгезией к чугуну более 8 кгс/см² и когезионной прочностью более 25 кгс/см² (с учетом избыточного давления воды за обделкой до 5 кгс/см²). Такими герметиками могут быть тиоколовая мастика УТ-37 и дивинил-стирольный термоэластопластовый герметик 14 ТЭП-7. Использование тиоколовой мастики осложняется необходимостью перемешивания трех компонентов (У-37, отвердителя и ускорителя вулканизации — дифенилгуанидина) непосредственно перед употреблением.

Герметик 14 ТЭП-7 (ТУ 38405139–73, НИИРП Миннефтехимпрома СССР), выпускаемый Московским заводом строительных красок, в полной мере отвечает требованиям по физико-механическим свойствам и эксплуатационной надежности (рис. 1). 14 ТЭП-7 — однокомпонентный и поставляется заводом в виде, готовом к употреблению; его можно наносить в диапазоне температур от –15 до 35°C.

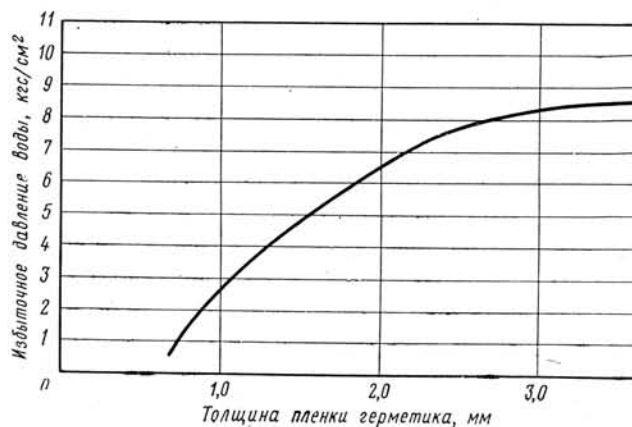


Рис. 1. Зависимость толщины слоя герметика 14 ТЭП-7 от избыточного давления воды при ширине шва 2 см

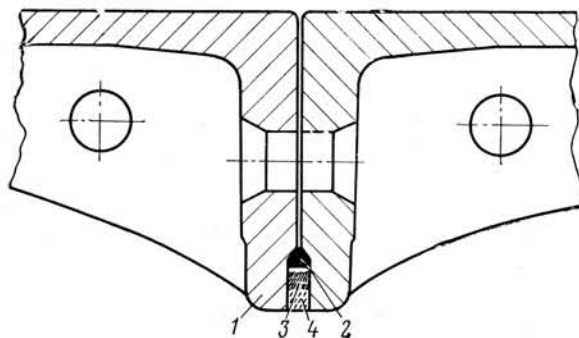


Рис. 2. Схема ремонтируемого шва в чугунной обделке:
1 — тюбинг; 2 — старое уплотнение; 3 — пеньковый жгут; 4 — герметик 14 ТЭП-7

Ремонт швов чугунной обделки выполняют в следующей последовательности технологических операций (рис. 2):

швы, зачеканенные свинцом или цементными составами, расчищают на глубину 2 см;

при наличии фильтрации воды производят подчеканку; используя пневматическую дрель, оборудованную металлической щеткой диаметром до 15 см и толщиной до 1 см, тщательно очищают кромки тубингов в зоне чеканочной канавки;

в отдельных случаях при наличии масляных пятен полость швов протирают концами, смоченными бензином;

используя пневматический пистолет типа КРУ-1 или СО-44, или флейцовую кисть прокрашивают полость шва герметиком 14 ТЭП-4 или разжиженным бутилацетатом герметиком 14 ТЭП-7;

в течение 30—40 мин., пока герметик сохраняет липкость, шов заполняют пеньковым жгутом с таким расчетом, чтобы оставалась полость глубиной до 8 мм;

шпателем за два прохода (промежуток между первым и вторым слоем герметика составляет сутки) наносят герметик 14 ТЭП-7 с таким расчетом, чтобы после высыхания толщина герметика составляла 4÷6 мм.

Натурные эксперименты показали, что таким же образом целесообразно ремонтировать швы в железобетонной обделке с той разницей, что толщина слоя герметика не должна превышать 2—3 мм при избыточном давлении за обделкой до 1,5 кгс/см².

При давлении воды за железобетонной обделкой в пределах 0,8 кгс/см² рационально ремонтировать стыки армогерметиком в такой последовательности (рис. 3):

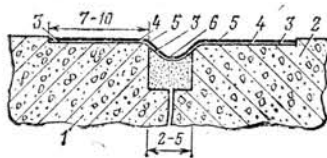


Рис. 3. Оклеичный шов в железобетонной обделке:

1, 2 — ж-б. блоки; 3 — зона очистки; 4 — приклеивающий слой герметика 14 ТЭП-4 толщиной 250 мкм; 5 — армогерметик; 6 — компенсатор

зону шва шириной до 25 см очищают пневмо- или электрощеткой, в шве прочищают канавку-прямоук;

нарезают полосы стеклоткани СТС-41¹ шириной до 25 см; с использованием пневмораспылителя (при значительных объемах ремонтных работ целесообразно применять безвоздушную установку УБРХ-1М, выпускаемую Перовским локотитивно-ремонтным заводом МПС) наносят герметик 14 ТЭП-4 на очищенную бетонную поверхность и полосу стеклоткани толщиной 200—350 мкм;

резиновым валиком прикатывают армогерметик 5 с образованием компенсационного провеса в шве 6;

через сутки тем же механизмом прокрашивают армогерметик 14 ТЭП-4 за два-три раза (толщина слоя герметика 0,5—0,8 мм).

Широко проводимые в натуральных условиях работы по ремонту швов лестничных маршей термоэластопластовыми герметиками позволили отработать оптимальную последовательность технологических операций² (рис. 4):

расчищают фильтрующие швы на глубину 2 см 1 с использованием электросверлилок на 36 в с двойной защитой и числом оборотов не более 450 в мин., оборудованных дисковыми пилами и стальными щетками шириной 1—1,5 см;

полости протирают концами, смоченными бензином или ацетоном;

после освидетельствования подготовленных полостей рабочий 3-го разряда пропитывает пеньковый жгут, погружая его в полиэтиленовую емкость с герметиком 14 ТЭП-6 или разжиженным бензином герметиком 14 ТЭП-7;

вслед за этим рабочий 4-го разряда укладывает в полости с уплотнением пропитанный жгут 2 с таким расчетом, чтобы оставалась полость глубиной 5—6 мм;

через сутки рабочий 3-го разряда наносит в полость герметик 14 ТЭП-7 или 14 ТЭП-4 3 толщиной 3,5±0,5 мм (после высыхания получается пленка до 2 мм толщиной);

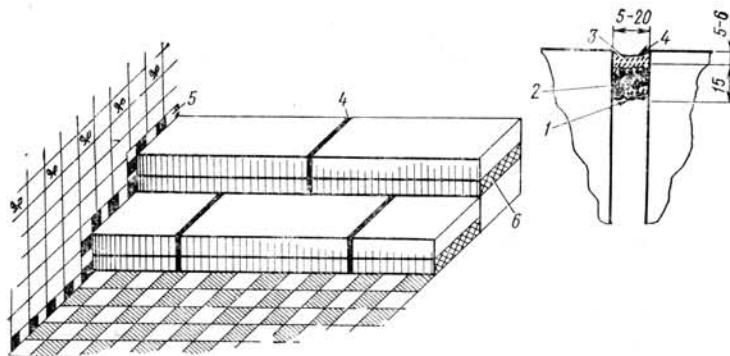


Рис. 4. Схема герметизации швов лестничных маршей:

1 — расчищенная полость; 2 — пеньковая пакля или жгут, пропитанные герметиком 14 ТЭП-4; 3 — герметик 14 ТЭП-7; 4 — слой герметика с металлическими опилками; 5 — плитки нижнего ряда, приклеенные на герметике 14 ТЭП-4; 6 — поверхность, подлежащая прокраске герметиком 14 ТЭП-4

еще через сутки рабочий 4-го разряда укладывает шпателем еще один слой герметика 14 ТЭП-4 (при ширине шва, превышающей 2 см, последний слой заполняют смесью герметика 14 ТЭП-7 с металлическими опилками).

При необходимости герметизировать сопряжение блока ступени к стене нужно отколоть облицовочные плитки, примыкающие к ступеням, и, расчистив стык, заполнить полость герметиком 14 ТЭП-6 (можно использовать 14 ТЭП-4 или 14 ТЭП-7). Затем, прокрасив поверхность стены и плиток, приклеить плитки на старые места.

С использованием ДСТЭП герметиков рационально выполнять ремонт бетонных и асфальтированных поверхностей в тоннелях и подземных переходах.

Ремонт каверн в цементно-песчаном бетоне под ступенями следует вести в такой последовательности:

в полиэтиленовой емкости перемешать герметик 14 ТЭП-4 с расширяющимся или напрягающим цементом (на 1 часть массы герметика до 3 частей массы цемента);

поверхность каверн прокрасить разжиженным бензином герметиком 14 ТЭП-6 или 14 ТЭП-4;

через 1—3 часа (при подсыхании поверхности подслоя) заполнить приготовленной композицией каверны заподлицо с поверхностью бетона. После полного затвердения композиции отремонтированный участок окрасить цементным «молоком».

Дивинил-стирольный термоэластопласт (ДСТ-30) и герметики на его основе хорошо совмещаются с холодными битуминозными мастиками типа изоловой и асфальтобетонными смесями. При этом значительно улучшаются показатели физико-механических свойств и прежде всего деформативности, прочность и трещиностойкость при низких температурах.

ДСТ-30, разработанный ВНИИ синтетического каучука, и различные модификации герметиков на его основе, технологические регламенты на которые составлены НИИ резиновой промышленности, не токсичны и удобны в работе. При этом необходимо соблюдать обычные правила техники безопасности при работе с растворителями (бутилацетатом, этилацетатом и бензином).

При производстве ремонтных работ в тоннеле необходимо обеспечивать 5—6-кратный воздухообмен (допустимая концентрация рекомендуемых растворителей 200 мг на кубометр воздуха).

Опытные работы по ремонту стыков, проведенные службой тоннельных сооружений, выявили значительную технико-экономическую эффективность ДСТЭП герметиков. Стоимость герметика 14 ТЭП-4 в 2—2,5 раза ниже, чем композиций на основе эпоксидных смол и тиоколовых мастик. Снижение трудоемкости в 3—4 раза обусловлено прежде всего простотой обращения с ДСТЭП герметиками.

Широкому внедрению прогрессивной технологии ремонта швов будет способствовать разработка комплекта механизмов и приспособлений для подготовки поверхностей и нанесения герметиков.

¹ Стекланные и синтетические волокна в водохозяйственном строительстве. Экспресс-информация ЦБНТИ Минводхоза СССР, серия 5, вып. 4, М., 1971.

² ЦНИИС Минтрансстроя СССР. Инструкция по ремонту швов блочных лестничных маршей термоэластопластовыми герметиками (для опытных работ), М., 1974.

ПРОХОДЧЕСКИЕ АГРЕГАТЫ ДЛЯ СООРУЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ТОННЕЛЕЙ

С. ВЛАСОВ, Е. ГУБЕНКОВ, кандидаты
техн. наук

СЪЕМНОЕ фрезерное оборудование к одноковшовому экскаватору, позволяющее скомпоновать агрегат для проходки автомобильных и железнодорожных тоннелей в неабразивных устойчивых породах разработано западногерманскими фирмами.

Проходческий агрегат «Шрамбаггер» фирмы «Демаг» состоит из экскаватора Н 41 с гидроприводом и фрезерного исполнительного органа проходческого комбайна VS2 с телескопической стрелой (рис. 1). Емкость ковша экскавато-

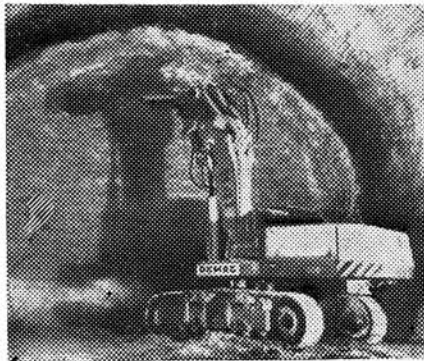


Рис. 1

ра — 2 м³. Исполнительный орган комбайна VS2 представляет собой сварную сигарообразную фрезу. Ее диаметр по резцам — 915 мм, длина цилиндрической части — 500, а конической и сферической вместе — 700 мм. Фреза продолжена двухзаходным шнеком, длиной 700 и диаметром 915 мм. Стержневые резцы, армированные пластинками твердого сплава, закреплены стопорными болтами в кулаках, приваренных к корпусу фрезы по двум винтовым линиям. Перья шнека, упрочненные электродной наплавкой, продолжены на цилиндрическую часть фрезы и приварены к ней за кулаками. В центре сферического наконечника фрезы крепится трехрезцовый забурник, режущие кромки которого слегка утоплены внутрь. Фреза приводится во вращение встроенным в стрелу быстроходным гидродвигателем через планетарный редуктор. Питание гидродвигателя осуществляется со станции энергоснабжения экскаватора.

Предусмотрены два варианта установки фрезерного исполнительного органа: на стреле экскаватора или на его поворотной платформе. Механизм поворота экскаватора в обоих случаях оборудуется гидродомкратом для увеличения крутящего момента. Первый вариант сборки агрегата позволяет проходить выработки высотой от 5,5 до 10 м и шириной от 4,5 до 11 м без маневро-

вых перемещений ходового механизма экскаватора. Второй вариант рассчитан на проходку выработок меньшего сечения: высота от 3,7 до 6,1 м, а ширина от 4,8 до 8,8 м. Первым вариантом предусматривается возможность подработки почвы на глубину до 4,7 м, вторым — лишь до 0,3 м. При работе агрегата по первому варианту разрушенная порода смещается бульдозерным устройством экскаватора к погрузочной машине. В соответствии с вторым вариантом, к раме ходовой части экскаватора монтируется погрузочный лоток проходческого комбайна VS2. Разрушенная порода в этом случае грузится шнеком исполнительного органа по выпуклому лотку на изгибающийся одноцепной скребковый конвейер, проходящий по тоннелю. Криволинейные решетки этого конвейера смонтированы в погрузочном лотке. При разработке пород забоя такими агрегатами вначале производят нарезку опережающей калоттной прорези свода на глубину 0,7÷1,2 м (иногда разрабатывают и боковые штроссы). Затем осуществляют временное крепление свода и боков выработки анкерами и металлической сеткой. В случае необходимости на металлическую сетку набрызгивают бетон. В более сложных условиях устанавливают металлические арки. Под защитой такого крепления разрабатывают ядро тоннеля. Возведение постоянной, как правило, монолитной бетонной обделки и оборудование тоннеля не связаны с проходческим циклом и выполняются с отставанием от забоя на 50—100 м.

Агрегат «Шрамбаггер» в центре Бохума (ФРГ) пройден участок автомобильного тоннеля под железнодорожной станцией. Тоннель сооружался в устойчивых мергелистых породах прочностью от 50 до 800 кг/см². Толща пород над сводом не превышала 12 м. Грунт забоя разрабатывали фрезерным исполнительным органом, смонтированным на стреле экскаватора. Проходка велась в два уступа. Отставание нижнего уступа не превышало 5 м. Временное крепление тоннеля выполнялось анкерами, металлической сеткой и арками (установленными с небольшим наклоном к забюю) в сочетании с набрызг-бетоном. Наибольшая осадка земной поверхности не превышала 14 мм.

Проходческие агрегаты фирмы «Паураг» компонуются из экскаватора RH 25 НД с гидроприводом и одного или двух фрезерных исполнительных органов проходческого комбайна Доско

Исполнительный орган проходческого комбайна Доско выполнен в виде усеченной конической фрезы. Наибольший



Рис. 2

ее диаметр по резцам составляет 584 мм. Резцы размещаются на ребре шнека с увеличивающимся шагом. Резец стержневого типа армирован твердосплавным впрессованным керном. Фреза вращается на консольном валу, закрепленном в двух самоустанавливающихся подшипниках. Осевую нагрузку воспринимает сферический упорный подшипник. Вал фрезы соединен эластичной муфтой с выходным валом планетарного редуктора, приводимого быстроходным гидродвигателем. Питание гидродвигателя осуществляется от станции энергоснабжения экскаватора.

Проходческий агрегат PTF—70А с одним исполнительным органом предназначен для сооружения тоннелей высотой до 8,5 м и шириной до 17 м. Проходческим агрегатом PTF—70 (рис. 2) с двумя фрезерными исполнительными органами можно разрабатывать забои высотой до 8 м и шириной до 13 м без маневровых перемещений ходового механизма экскаватора. Управление обеими фрезами может быть синхронным или независимым.

С применением проходческого агрегата PTF—70 сооружаются тоннели на трассе новой автострады Флоренция — Рим (Италия). Тоннели сечением в проходке 78 м² арочной формы (высота — 7,5, ширина — наибольшая 11,5, а у основания 10,5 м) прокладываются в мягком устойчивом итальянском туфе. Прочность туфа одноосному сжатию не превышает 300 кг/см². Средний расход резцов составляет 0,05 шт/м³ или 3,9 шт/пог. м тоннеля. Производительность агрегата достигает 80÷90 м³/час. Предварительное крепление тоннеля производится металлическими арками в сочетании с набрызг-бетоном. Отставание крепи от забоя не превышает шага установки — 1,5 м. Постоянная монолитная обделка тоннеля возводилась с отставанием от забоя на 100—120 м.

О НЕКОТОРЫХ НОВЫХ СПОСОБАХ СКОРОСТНОЙ ПРОХОДКИ В СКАЛЬНЫХ ПОРОДАХ

В. САМОЙЛОВ, руководитель отделения тоннелей и метрополитенов ЦНИИСа, канд. техн. наук

В ДЕСЯТОМ пятилетию организации Минтрансстроя намечено соорудить 96,2 км тоннелей метрополитенов и 46,2 км железнодорожных, автодорожных и гидротехнических. В последующем должны быть введены в строй тоннели Байкало-Амурской железнодорожной магистрали и среди них уникальные, такие — как Северо-Муйский и Байкальский, имеющие длину соответственно 15,3 и 6,7 км.

Ввиду того, что тоннели ряда метрополитенов, а также многие горные залегают в скальных породах, актуальным является повышение темпов проходки в этих условиях, а также снижение трудоемкости и стоимости работ.

Решение этой задачи в настоящее время ведется, в основном, в направлении совершенствования буровзрывного способа и создания высокопроизводительных проходческих машин.

Учитывая ограниченные возможности эффективности использования обоих способов, особенно в крепких скальных породах, в последние годы ведутся поиски новых методов воздействия на породу, обеспечивающих полное ее разрушение или частичное снижение прочности.

Все предложенные и исследуемые соответствующие методы могут быть условно разделены на механические, термические и химические. Первые основаны на применении струй воды высокой скорости и давления, в том числе импульсных, вибрации, истирания, кавитации и ударного воздействия. В термиче-

ских методах используется эффект воздействия режущей струи пламени, инфракрасных лучей, электрической дуги, плазмы, пучка электронов, лучей лазера и расплава. Химические методы предусматривают применение веществ, в том числе поверхностно-активных, осуществляющих размягчение или растворение породы.

Среди малоизвестных специалистам-тоннелщикам способов проходки — ударный и метод расплавления. Большие потенциальные возможности этих методов подтверждаются, в частности, повышенным вниманием, проявленным к ним на 2-й Северо-американской конференции по скоростной разработке и проходке тоннелей, состоявшейся в 1974 г. в Сан-Франциско.

Ударное воздействие на породу тоннельного забоя американская фирма «Физикс Интернэшнл» предложила осуществлять с помощью высокоскоростных бетонных снарядов.

Фирмой разработан специальный комплекс оборудования для скоростной проходки тоннелей диаметром 3,6 м. Этот комплекс (рис. 1) начинается у забоя с приемно-погрузочной машины 1, снабженной сзади двумя телескопическими подгребными манипуляторами 2, а также водораспылительным устройством 3 и телевизионной камерой 4 в защитном кожухе. Разрушенная порода транспортируется с помощью конвейера 5. Для удобства загрузки тоннельных транспортных средств хвостовая его часть припод-

нята относительно подошвы выработки. Скорострельная пушка на гусеничном ходу размещается на расстоянии около 18 м от забоя. Она содержит четыре орудия 6 диаметром 105 мм для разрушения породы забоя и одно орудие 7 диаметром 57 мм для выравнивания контура выработки. Важная особенность пушки — возможность быстрой, в течение нескольких минут, замены стволов, продолжительность работы каждого из которых около 800 ч. Стрельба осуществляется со скоростью одного выстрела в минуту с использованием жидкостно-метательной системы, использующей такие недорогие вещества, как керосин в смеси с азотной кислотой или кислородом, и позволяющей применять снаряды различного веса, изменяя скорость их полета. Для освещения выработки и забоя пушка оснащена прожектором 8. За ней размещается приемное отверстие вытяжной вентиляционной системы 9, а также изолирующая перегородка, включающая акустический глушитель 10, звукопоглощающий материал 11 и стальные навесные пластины 12. За перегородкой располагается в специальном вагончике на гусеничном ходу контрольно-управляющий центр 13, а также трубопровод приточной вентиляционной системы. Транспорт породы по выработке производится с помощью самоходного состава 15. При необходимости в комплекс технологического оборудования могут быть введены средства для бурения и установки крепления.

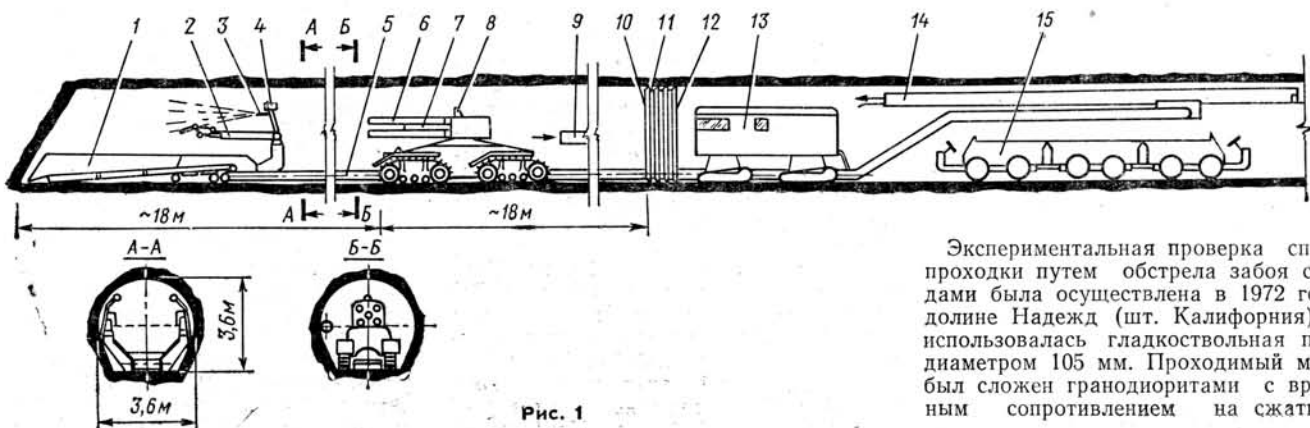


Рис. 1

Экспериментальная проверка способа проходки путем обстрела забоя снарядами была осуществлена в 1972 году в долине Надежд (шт. Калифорния), где использовалась гладкоствольная пушка диаметром 105 мм. Проходимый массив был сложен гранодиоритами с временным сопротивлением на сжатие до

1750 кг/см². Безопасный порталный вход обеспечивался путем обустройства по контуру выработки, кроме основания, 50 скважин диаметром 80 мм и длиной 6 м. Каждый бетонный снаряд диаметром 105 мм и длиной 225 мм, покрытый алюминиевой оболочкой и выстреливаемый со скоростью около 1500 м/сек, разрабатывал в среднем около 1,4 т породы. При этом порода забоя сильно разрушалась на глубину от 30 до 45 см. Наблюдались трещины глубиной от 15 до 30 см. Обстрел вначале проводился по основанию забоя, а затем по контуру: средняя часть при этом разрушалась и обрушалась самостоятельно. Стенки образованной выработки выравнивали обстрелом из 57-мм пушки. Для продвижения забоя на 0,3 м потребовалось в среднем 8 снарядов. Осыпь породы, включающая отдельности весом до 100 кг (а в основном до 5 кг), распространялась от забоя на длину до 6 м.

Расчетная скорость проходки с помощью четырехствольной пушки \varnothing 105 мм для выработки диаметром 3,05 м может достигнуть 250 м/сутки, а \varnothing 6,1 м — 65 м/сутки. При использовании пушки \varnothing 210 мм выработка диаметром 6,1 м может проходиться со скоростью до 930 м/сутки. Для случая сооружения тоннеля диаметром 6,1 м со скоростью 167 м/сутки с помощью пушки стоимость 1 пог. м выработки составляет 710 долларов; при буровзрывном — максимальная скорость проходки соответственно составляет 21,4 м/сутки, а затраты — 1217 долларов на 1 пог. м выработки.

Способ расплавления пород для устройства скважин и выработок начал с 1971 г. усиленно прорабатываться в Лос-Аламосской ядерной лаборатории, сотрудники которой усмотрели в методе реальную возможность не циклического, а поточного ведения работ по разрушению породы, креплению стенок выработки и удалению излишнего грунта. Применение метода открывало также возможность автоматизации проходки при минимальном нарушении окружающих пород. Процесс разрушения породы в забое заключался в приведении ее с помощью нагрева в жидкое состояние, а процесс крепления — в создании несущей оболочки путем охлаждения расплавленной породы по наружной поверхности проходческого снаряда. Удаление породы также существенно упростилось, так как для транспортировки отдельностей, например шарообразной формы, полученных из расплава в результате охлаждения, использовались охлаждающая жидкость или газы. Были созданы пенетраторы и керноотборники диаметром 114 мм, а также устройство диаметром 300 мм для разведки геологии по трассе тоннелей.

В лабораторных условиях исследовали процесс расплавления породы и образования стеклообразной оболочки вокруг скважины при внедрении пенетратора, сопровождающемся вытеснением расплава за пределы его наружной поверхности.

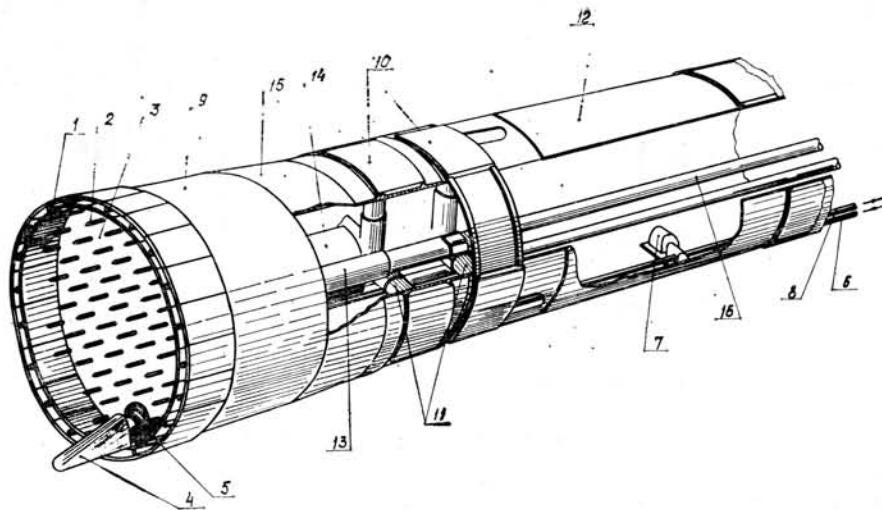


Рис. 2

Проведенные исследования позволили установить, что зона температур расплавления большинства скальных пород, представляющих собой комплексные смеси отдельных минералов и их затвердевших растворов, сопутствующих грунтов и газов, почти не зависит от типа и крепости породы. Температура плавления большинства скальных пород (оливин-базальт, биотит-гранит, туфы и т. п.), а также некоторых аллювиальных грунтов находится в пределах 1075—1325°C. Наряду с этим имеются породы (руды, чистые минералы, прожилки кварцита или песчаника, известняки и доломиты), зоны температур плавления которых превышают температуры, создаваемые существующими устройствами. Скорость продвижения пенетратора оказалась пропорциональной силе расплава, определяемой, в частности, температурой нагрева рабочих поверхностей. Эта скорость увеличивалась при снижении толщины расплавленного слоя и повышении отношения длины нагрева к диаметру.

Испытания показали возможность точного прохождения с помощью пенетраторов скважин большой длины (величина отклонения на длине в 13 м не превышала 10 мм). Стеклообразные покрытия получены также при проходке с помощью пенетраторов скважин \varnothing 50 и 67 мм в мерзлых (-70°C) аллювиальных образцах, содержащих 16—20% воды и сходных с арктическими вечномерзлыми грунтами. Для прохождения скважины со скоростью 40—50 м/сутки с помощью георазведчика потребовалось около 100 квт. электроэнергии. Для нагрева головок пенетраторов \varnothing 114 мм использовался ток силой в 100 а.

На основе изучения опыта работы пенетраторов и георазведчика разработаны принципиальные схемы двух машин диаметром от 4 до 12 м, одна из которых предназначена для проходки тоннелей в крепких скальных породах, а

другая — в мягких, например, песчаных водонасыщенных. Головной рабочий орган машины первого типа (рис. 2) включает кольцевой расплавляющий пенетратор 1, систему штыревых пенетраторов 2, размещенных на лобовой диафрагме 3, и ложечную головку 4, с помощью которой расплавленная масса через отверстие 5 поступает внутрь машины. Здесь она охлаждается жидкостью, подаваемой по трубе 6, и выдвигается с помощью насоса 7 по пульповоду 8. За кольцевым пенетратором располагаются секция формования обделки 9 из оплавленной породы, распорные устройства 10 с домкратами 11 и защитная хвостовая оболочка 12. Продольное перемещение машины со скоростью порядка 1,5 м/час происходит с помощью телескопического домкрата 13. Питание пенетраторов тепловой энергией осуществляется по специальным трубам от атомного реактора 14, размещающегося внутри корпуса 15 машины. Последняя снабжена сетью коммуникаций 16, в том числе для передачи электроэнергии.

Машина второго типа отличается от первого лишь тем, что ее лобовая диафрагма, будучи снабженной резами, является одновременно дисковым рабочим органом. Он осуществляет механическую разработку и одновременно крепление забоя. Конструкторы исходили из того, что образованная в результате применения машин оплавленная стеклообразная обделка толщиной в 2% от диаметра тоннеля для скальной породы и 4% — для мягкой, выполняет роль временной крепи (при необходимости усиливаемой бетонной внутренней оболочкой). По расчетам лаборатории, предлагаемые машины обеспечат получение экономии в пределах от 30 до 50% по сравнению с традиционными способами проходки. Это обстоятельство, а также заложенная в методике расплава возможность поточного выполнения проходческих работ свидетельствуют о целесообразности постановки более широкого комплекса его исследований.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБДЕЛКИ

Я. ПАНТОФЛИЧЕК, инж. «Метростава», Прага

НАЦИОНАЛЬНОЕ предприятие Префа Гысков (завод Лу-жец над Влтавой) начало производство комбинированной обделки для станционных тоннелей с внутренним диаметром 7,8 м. Верхняя часть комбинированной обделки составляется из чугунных тюбингов, нижняя — из железобетонных блоков, которые выполняют функцию гидроизоляции. Блоки комбинированной обделки представляют собой железобетонные элементы, закрытые с внутренней стороны тоннеля чугунными плитами, которые выполняют функцию гидроизоляции. Изготовление и использование этих чугуно-железобетонных блоков было вызвано стремлением максимально сократить количество чугуна в обделке по опыту Московского метрополитена.

В кольцо входят три вида железобетонных элементов с чугунными плитами 85LP, 85-LP¹ и 85-T.

Блок 85-LP является лотковым. Он закрыт тремя чугунными плитами размерами 1024×734 мм. Этот тюбинг по центральному углу заменяет два чугунных нормальных тюбинга — 85NLO (рис. 1).

Блок 85-LP¹ в обделке является смежным с тюбингом 85-LP. Его наружная поверхность — цилиндрическая, а внутреннюю составляют три чугунные плиты одинаковых размеров, представляющих собой в разрезе хорды окружности. Этот блок также заменяет два чугунных тюбинга 85-NLO.

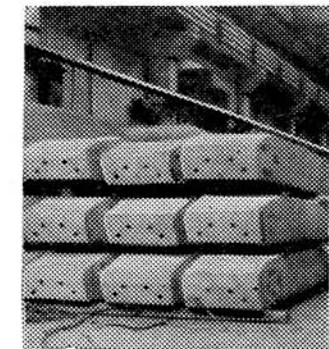


Рис. 1. Тюбинг LP на складе

Блок 85-T укладывается в нижнюю часть кольца в том месте, где в обделку уложена низкая рама проема из чугунных тюбингов. Внутренняя поверхность элемента закрыта чугунной плитой размерами 520×734 мм. Он заменяет третью часть внутренней дуги нормального чугунного тюбинга, или половину тюбинга 85-NVK.

В торцовых продольных бортах чугуно-железобетонных блоков имеются четыре отверстия с трубкой и гайкой, впрессованных в тело блоков. Взаимное крепление блоков в кольце осуществляется с помощью болтового соединения. В швах между кольцами эти блоки скреплений не имеют. В блоках предусмотрены отверстия для нагнетания за обделку, которые используются для захвата блоков при монтаже обделки.

Блоки изготавливаются в форме, состоящей из чугунных тюбингов NLO, образующей цилиндрический профиль чугунной обделки с диаметром 7,8/8,5. В стыковые соединения вложена армировка из стального листа толщиной 10 мм, являющаяся боковыми стенками формы отдельных тюбингов. Торцами формы являются торцевые ребра чугунных тюбингов. Дном формы служит стальной поддон из профиля 1 № 10, причем для тюбинга LP поддон плоский, а для тюбинга 85-LP¹ — в виде хорд окружности. На поддон укладываются чугунные плиты. Для тюбингов 85 LP и 85 LP¹ форма общая, для тюбинга 85 T — отдельная.

Технология изготовления (рис. 2, 3, 4) следующая: на дно формы укладываются чугунные плиты. Зазоры уплотняются с

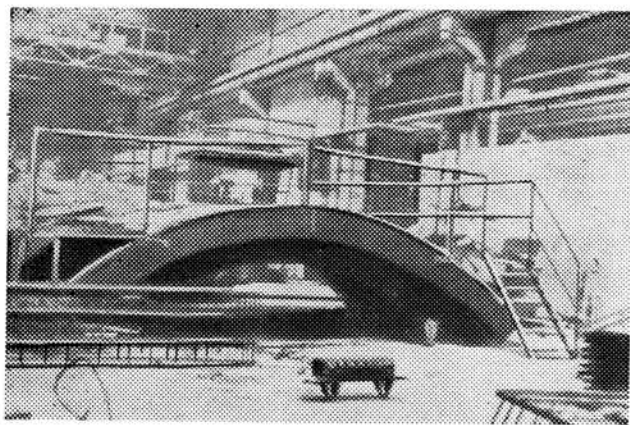


Рис. 2. Форма для изготовления тюбингов LP и LP¹

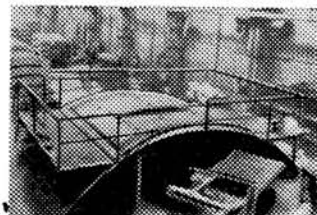


Рис. 3. Тюбинги LP и LP¹ в форме

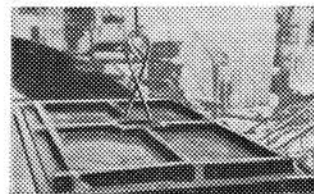


Рис. 4. Чугунная плита тюбингов 85 LP и 85 LP¹

помощью клиновых ремней. На чугунные плиты укладывается стальная арматура, которая крепится к плитам с помощью анкеров, и закладываются стальные элементы, которые привариваются к арматуре. К торцевым ребрам чугунных тюбингов приворачиваются трубки с гайками. Заполнение формы бетонной смесью осуществляется с помощью ковша с объемом 0,75 м³. Раствор уплотняется с помощью погружного вибратора PV-501 примерно в тридцати точках тюбинга. Наружная поверхность тюбинга заглаживается вначале деревянной, а затем стальной гладилкой. Тюбинги вынимаются из форм через 24 часа. Эта операция осуществляется путем выдавливания тюбинга из формы с помощью двух гидравлических домкратов, каждый с усилием 5 т.

Состав бетонной смеси. Бетон В-400 готовится из сульфатостойкого цемента «Сульфарес» в бетонном цехе завода.

Один кубический метр содержит:

- 550 кг цемента SPVC-250;
- 175 литров воды;
- 1740 кг песка и гравия, в т. ч.:
 - 870 кг песка 0—8 мм;
 - 870 кг гравия 16—22 мм;
- 1,65 кг пластификатора «S»;
- коэффициент в/ц — 0,32.

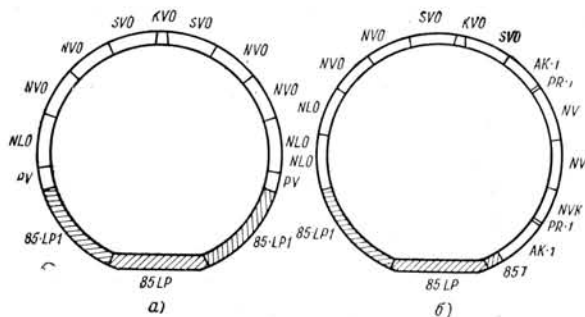


Рис. 5. Комбинированная обделка:
а — в четном кольце; б — в нечетном кольце

Прочность в момент распалубки, определяемая с помощью молотка Шмидта, составляет в среднем 199 кг/см³. Кубиковая прочность — более 400 кг/см³.

Таблица 2

Экономия чугуна при применении тьюбингов комбинированной обделки

	Потребность в чугуне, тонн				Экономия, тонн	
	Кольцо из чугуновых тьюбингов		Кольцо комбинированной обделки			
	I кольцо	I м	I кольцо	I м	I кольцо	I м
Кольцо бокового тоннеля [диаметр 8,5 м]	14,742	19,66	11,206	14,94	3,536	4,72
Кольцо среднего тоннеля [диаметр 8,5 м]	15,367	20,49	13,839	18,45	1,528	2,04
Полные кольца без проемной части	12,563	16,75	8,469	11,29	4,094	5,46

Таблица 1

Характеристика тьюбингов

Тьюбинг	Объем бетона, м ³	Вес стальной арматуры, кг	Вес чугунной плиты, кг	Общий вес плит тьюбинга, кг	Общий вес тьюбинга, кг	Максимальные размеры, мм
85 — LP	1,05	157	155	465	3200	3360×500×750
85 — LPI	0,80	158	155	465	2900	3360×680×750
85 — T	0,14	50,4	110	110	430	586×358×750

ПЕРЕВОД эскалаторов на дистанционное управление — одна из главных задач снижения затрат труда на их обслуживание, составная часть проблемы широкого внедрения АСУ на метрополитенах.

Дистанционное управление эскалаторами включает автоматизацию пуска, остановки и реверса машин, вывода из резерва дополнительных машин наклона в часы «пик», а также ряда вспомогательных операций по обеспечению безопасности пассажиров.

В разработанных Международной комиссией CIRA «Правилах конструирования и изготовления эскалаторов», содержится требование об остановке эскалатора по выходе с него пассажиров. Автоматический пуск ленты при входе на нее первого пассажира и остановка по выходе последнего предусмотрен на большинстве современных зарубежных эскалаторов.

Датчиками АСУ, осуществляющими пуск-остановку эскалаторов, служат либо установленные в оголовках балюстрад фотоэлементы, реагирующие на перекрытие входящим пассажиром светового луча, либо педали входных площадок, утапливающиеся под действием нагрузки пассажира и надавливающие своими упорами на контакты конечных выключателей, расположенных под ними. Надежность последних выше, чем фотоэлементов.

На эскалаторах западногерманской фирмы «Orenstein & Sprrrel» в качестве устройств, сигнализирующих о входе пассажира, были использованы установленные на входных площадках эластичные коврики. Они содержат резиновые трубки, повышение давления в которых обеспечивает срабатывание пневмоэлектрических датчиков АСУ. Эластичные коврики одновременно служат антифрикционным покрытием входных площадок.

Реле времени срабатывает при поступлении сигнала датчика так, что пассажир транспортируется по всей длине эскалатора. Машина по инерции продвигается на несколько ступеней. Каждый новый импульс, полученный от пассажиров, вошедших на эскалатор после его пуска, соответственно удлиняет время его работы.

Следующий этап — разработка АСУ, управляющих машинами одного наклона и осуществляющих не только

НОВОЕ

В ОБСЛУЖИВАНИИ

ЭСКАЛАТОРОВ

О. ВОЛЬДЕМАРОВ, инженер

их пуск-остановку, но и реверсирования при изменении направления основного пассажиропотока, а также вывод эскалаторов из резерва в часы «пик». Такие АСУ разрабатываются и испытываются на эскалаторных установках фирм «Rathgeber» (ФРГ) и «Hitachi» (Япония). Предложенный японской фирмой способ управления лентами одного наклона заключается в том, что при превышении загруженности производится либо реверсирование одной из машин, либо включение в нужном направлении резервных эскалаторов.

Датчиком АСУ, включающим-отключающим резервные машины наклона или изменяющим направление работающих, служит конечный выключатель, расположенный под направляющей бегунков. Он замыкается при деформации направляющей (под действием пассажирской нагрузки) на промежуток времени больший, чем установленный предел, фиксируемый реле времени. АСУ может срабатывать также по сигналу датчика, на превышение тока системы управления при сверхнормативной загруженности эскалатора.

Все более широкое применение получают за рубежом двухскоростные модели эскалаторов. При возрастании пассажиропотока они переключаются на повышенную скорость, вновь снижаемую по окончании часов «пик». Это позволяет, с одной стороны, значительно увеличить провозную способность эскалаторов в периоды их наибольшей загруженности, с другой — повысить экономичность их привода и

долговечность (как показали исследования западногерманских специалистов, при возрастании скорости эскалаторов износ их узлов увеличивается в третьей степени).

Переключение скорости самими пассажирами, первоначально применявшееся на двухскоростных эскалаторах в Лондоне и Гамбурге, оказалось неприемлемым, так как часто производилось без необходимости.

При разработке двухскоростных эскалаторов серии С-Р и НС-Р с автоматическим регулированием скоростью фирмой «Hitachi» (Япония) рассматривались два пути изменения скорости: при отсутствии пассажиров на полотне, гарантируемом автоматически закрывающимися турникетами и блокировками; при наличии пассажиров — путем плавного изменения скорости не опасного для пассажиров.

Принят был второй путь. Он заключается в том, что при превышении установленной нормы загруженности эскалатора, датчик АСУ подает сигнал, в соответствии с которым плавно увеличивается скорость с 0,3 до 0,45 м/сек. При сокращении загруженности скорость вновь снижается. Столь малый верхний ее предел выбран на основании исследований фирмы, приведших к выводу, что рост фактической провозной способности эскалаторов происходит лишь при увеличении скорости до 0,45—5,0 м/сек. Отечественный опыт не подтверждает этого вывода. Значительно большая высота подъема советских тоннельных эскалаторов обусловила необходимость применения скоростей, близких к 1 м/сек.

Предельная величина ускорения-замедления при изменении скорости эскалатора, не вызывающая потери пассажирами равновесия, по данным фирмы «Hitachi» — 0,33 м/сек². Для его удержания в этих пределах разработан привод с высоким маховым моментом и регулируемым в зависимости от загруженности эскалатора и направления его движения тормозным моментом.

Практика эксплуатации эскалаторов этой серии, впервые установленных в 1973 г. на Токийском метрополитене (Н-20, 415 м), даст окончательный ответ о степени безопасности автоматического изменения скорости при нахождении на эскалаторе пассажиров,

Лист.

надежности и долговечности механизмов.

Другой путь повышения экономичности привода эскалаторов и, следовательно, снижения их эксплуатационных расходов — установка на эскалаторах большой высоты приводных станций с двумя одинаковыми электродвигателями. При неполной нагрузке эскалатора работает лишь один из двигателей. Возрастание пассажиропотока в часы «пик» вызывает превышение номинальным током электродвигателя установленного предела, в результате чего по сигналу датчика автоматически включается второй двигатель, который вновь отключается, когда дополнительная мощность больше не нужна. Двухдвигательный привод нашел применение на эскалаторах фирмы «Rhein Stahl Eggers Kehrahn, GmbH» (ФРГ).

Схема автоматического пуска-остановки с использованием фотозащитных элементов применена на пассажирских конвейерах типа КЛ-08, установленных в Ленинградском аэропорту. Планируется ее использование на других пассажирских конвейерах и эскалаторах. Внедрение таких АСУ повышает экономичность привода и долговечность машин на 25—30%.

Для осуществления следующего этапа в автоматизации управления отечественными эскалаторами — реверса машин наклана в направлении основного пассажиропотока и вывода из резерва дополнительных машин, а также перспективных разработок двухскоростных и двухдвигательных приводов с автоматическим управлением, — необходимо создание устройств, регистрирующих напряженность перевозимого данным эскалатором пассажиропотока, по выходному сигналу которых срабатывает АСУ соответствующего назначения. Разработка таких устройств полезна также для совершенствования методики проектирования эскалаторов и для оценки действительной провозной способности эскалаторов станций метрополитенов. Это позволит точнее рассчитывать потребное количество машин при проектировании новых станций и оборудовании действующих вторыми выходами.

Обеспечение безопасности пассажиров при осуществлении АСУ эскалаторов основных операций управления (пуска, остановки и реверса машин, а также переключения скорости двухскоростных машин) требует создания надежных средств, предотвращающих попадание пассажиров на эскалатор в период переходных процессов. С этой целью необходимо использование турникетов, применяемых на станциях Московского и Ленинградского метрополитенов; создание указателей направления движения данной машины (подобных применяемым на эскалаторах ФРГ и Японии); установка панелей на балюстрадах или над входом на эскалаторы, показывающие направление движения периодически загорающейся надписью или стрелкой. На

многих эскалаторах ФРГ и Австрии применяются поручни с нанесенными на темную поверхность белыми точками, а на эскалаторах японской фирмы «Mitsubishi» задние кромки ступеней окрашиваются желтой краской, рельефно обозначающей направление их движения.

Другим аспектом автоматизации, обеспечивающим возможность дистанционного управления всеми эскалаторами станции метро или иного крупного комплекса с центрального пункта управления, является внедрение установок теленаблюдения за порядком транспортирования пассажиров и разработка систем сигнализации о повреждениях на машинах объекта.

На ряде станций с большим числом эскалаторов Гамбургского метрополитена проведено испытание устройства, сигнализирующего о повреждениях на лентах по светосхеме центрального пункта управления. Светосхема указывает дежурному, какой эскалатор поврежден и каков характер повреждения. Для этого за каждым контактом электроцепи предохранительных устройств последовательно включается сигнальная лампа светосхемы. Все лампы горят, когда контакты замкнуты. При размыкании одного из контактов гаснут все лампы, расположенные в предохранительной цепи за ним.

Для контроля повреждений на эскалаторах фирмой «Reliance Electric Co» (США) разработана система. Индикаторы повреждений получают сигналы от множества датчиков, установленных в различных пунктах конструкции эскалатора. Для сигнализации о каждом повреждении используются две лампы: одна регистрирует появление повреждения, другая сохраняет сигнал неисправности по восстановлению воспринимающей цепи. Каждый индикатор оборудован запоминающим элементом. Несколько сигналов о неисправностях аккумулируются, давая возможность обслуживающему персоналу составить представление о числе повреждений в машине.

Для обнаружения характерных неисправностей блочные цепи из нескольких индикаторов и запоминающих элементов размещаются в компактном кожухе с панелью, на которой неоновые лампы регистрируют постоянные неисправности, а лампы накаливания — самоустраиваемые сбои. Портативные блоки могут использоваться как при восстановлении работоспособности отказавшего эскалатора, так и при регламентных работах.

Для обеспечения безопасности пассажиров при отсутствии постоянного дежурства у эскалаторов необходимо проведение комплекса конструктивных мероприятий, важнейшие из которых следующие:

повышение надежности узлов, поломка которых сопряжена с опасностью получения пассажирами травм

(например, разработка высокопрочных конструкций ступеней со штампованными из стального листа кронштейнами, применяемых на эскалаторах японской фирмы «Hitachi»);

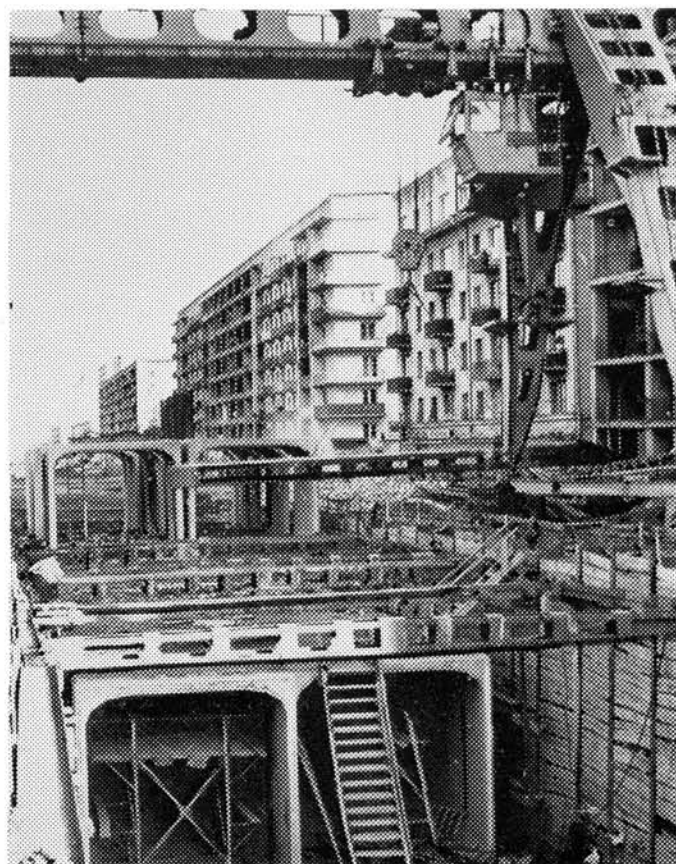
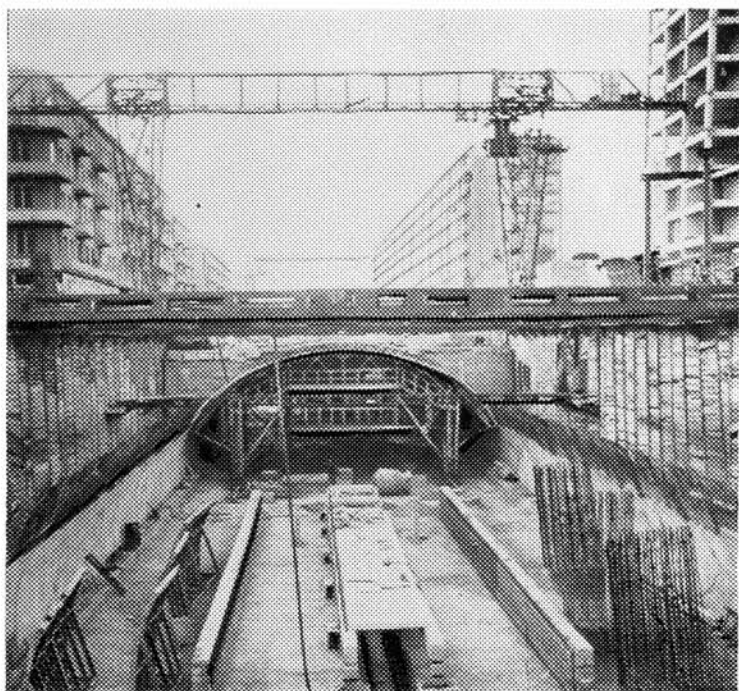
разработка надежных тормозных систем, обеспечивающих плавное торможение эскалаторов вне зависимости от их загруженности и направления движения. Решение данной задачи достигнуто на эскалаторах серии С-Р и НС-Р фирмы «Hitachi» ступенчатым изменением тормозного момента в зависимости от загруженности полотна. Степень загруженности регистрируется датчиком, установленным на цепной передаче двухскоростного привода. На эскалаторах фирмы «Orenstein & Sperrle» (ФРГ) плавное изменение тормозного момента осуществляется тиристорной системой регулирования;

совершенствование конструкций применяемых и разработка новых предохранительных устройств, повышающих безопасность эксплуатации эскалаторов, в частности, внедрение устройств, предотвращающих попадание посторонних предметов в устье поручня (например, на эскалаторах американской фирмы «Otis Elevator Co» за жесткой скобой устанавливается наполненная жидкостью упругая трубка, охватывающая контур поручня. При попадании любого предмета в зазор между трубкой и поручнем давление жидкости повышается и срабатывает датчик, по сигналу которого останавливается эскалатор и прекращается движение поручня). Внедрение блокировочных устройств, останавливающих полотно при падении пассажиров, подобных разрабатываемым и опробуемым на японских эскалаторах;

предотвращение травматизма из-за защемлений одежды и т. д. в зазорах между движущимися и неподвижными элементами конструкции. С этой целью следует уменьшить зазоры между ступенями при изготовлении подступенков с вертикальными рифами, входными ступени и рифленых поверхностей проступи с уменьшенной шириной пазов из алюминиевого литья; применить фартуки балюстрад из полированных стальных листов или со специальными антифрикционными покрытиями, наносимыми и на рабочую поверхность гребенок входных площадок. Разработка таких покрытий была предпринята рядом зарубежных фирм после катастрофы на эскалаторах Англии, когда в результате затягивания обуви на мягкой подошве в щель между ступенями и балюстрадой пострадали дети;

совершенствование конструкции узлов эскалаторов и разработка ряда устройств для повышения удобства и снижения затрат на обслуживание машин. Повышение их надежности и долговечности за счет установки легкосборных балюстрад, применение устройств автоматической смазки тяговых цепей, мойки и дезинфекции поручней и др.

ИЗ ФОТОХРОНИКИ ТБИЛИССКОГО МЕТРОСТРОЯ



На снимках: сооружение тоннеля с цельносекционной обделкой (справа); строительство односводчатой станции «Делиси» (слева).



Бригада электромонтажников, возглавляемая Н. Маглакадзе, которая вела монтаж движущегося тротуара под железнодорожными путями

