

ISSN 0130-4321

4 1981

МЕТРОСТРОЙ



МЕТРОСТРОЙ

4 1981

ИНФОРМАЦИОННЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

ИЗДАНИЕ МОСКОВСКОГО МЕТРОСТРОЯ И
ИЗДАТЕЛЬСТВА «МОСКОВСКАЯ ПРАВДА»

ОСНОВАН В 1932 ГОДУ

В НОМЕРЕ:

А. Домбровский. Подготовка скоростной проходки	3
О. Шалаев. Из опыта строительных рекордов	5
Ю. Московкин. Организация работы горизонтального и вертикального транспорта	7
Ю. Саруханов, Ю. Ионов. Резервы роста производительности трехклетьевого подъема	8
Ю. Можаяев. Как работала сквозная бригада	9
В. Харенков. Взаимодействие инженерных служб	10
Л. Чернявский. Эффективность участкового подряда	11
Б. Олейник. Оперативное руководство автохозяйством	12
В. Ивансв. Перспективы комплексной механизации	12
Н. Теленков. Пуск участка «Ломоносовская» — «Обухово» в Ленинграде	13
Б. Бухарина. На очереди — Минский метрополитен	14
И. Козлова. Силуэты новых станций	15
А. Захаревский. С учетом нормативной условно-чистой продукции	18
П. Васюков. Расчет усилий продавливания тоннелей	19
Э. Малоян, В. Раюк, И. Малый, В. Мишаков, С. Преображенский. Испытание опытных анкеров	21
С. Сильвестров, К. Безродный, О. Антонов, П. Степанов. О статической работе обжатых обделок	24
Г. Шкарлет. Биография одного коллектива	26
Д. Джинджихадзе. Тбилисскому метро — пятнадцать	29
Л. Маковский. Строительство городских автотранспортных тоннелей в сложных условиях	30
А. Лавров, В. Лебедева, Ю. Петров. Защита железобетонной обделки от коррозии	32

Редакционная коллегия:

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

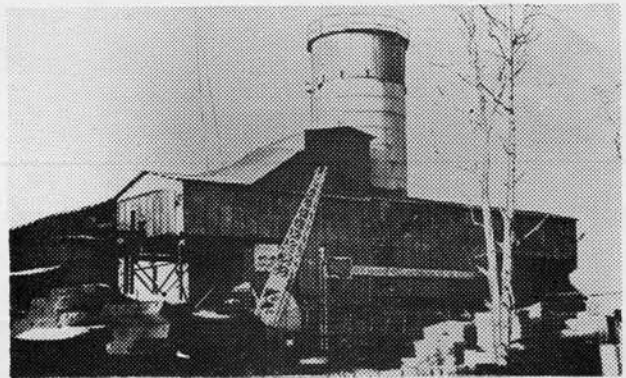
УСПЕХ ЛЕНИНГРАДСКИХ МЕТРОСТРОИТЕЛЕЙ



Комплексная бригада Э. Лубинского, установившая мировой рекорд проходки



Путейцы (слева направо): В. Бубликов, Д. Гордеев, бригадир Н. Новиков



Горный комплекс, шахта № 321



Готовый тоннель, пройденный со скоростью 1250 пог. м в месяц

Торжественное заседание в Колонном зале, посвященное 50-летию отечественного метростроения.

У К А З

ПРЕЗИДИУМА ВЕРХОВНОГО СОВЕТА СССР

О награждении Государственного строительства
Московского метрополитена «Мосметрострой»
орденом Дружбы народов

За успехи, достигнутые при строительстве Московского метрополитена имени В. И. Ленина, наградить Государственное строительство Московского метрополитена «Мосметрострой» Министерства транспортного строительства СССР орденом Дружбы народов.

Председатель Президиума Верховного Совета СССР
Л. БРЕЖНЕВ

Секретарь Президиума Верховного Совета СССР
М. ГЕОРГАДЗЕ

Москва, Кремль.
15 июня 1981 г.





В шоне этого года в Москве находилась делегация Пражского городского комитета Коммунистической партии Чехословакии. Делегация знакомилась с перспективами развития городского хозяйства и городского пассажирского транспорта Москвы в XI пятилетке. Были рассмотрены вопросы дальней-

шего развития дружественных связей и сотрудничества между столицами.

На верхнем снимке: член Президиума ЦК КПЧ, первый секретарь Пражского горкома партии А. Капек и первый секретарь МГК КПСС В. В. Гришин на строительстве Серпуховского радиуса Московского метрополитена.

ШКОЛА ПЕРЕДОВОГО ОПЫТА

1250 метров тоннеля в месяц

В канун XXVI съезда КПСС коллектив Тоннельного отряда № 3 Ленметростроя, выполняя социалистические обязательства, добился наивысших в нашей стране и за рубежом показателей по скорости сооружения тоннелей метрополитена: за 31 рабочий день пройдено 1253 пог. м

перегонного тоннеля между станциями «Удельная» и «Пионерская» на IV участке Московско-Петроградской линии. Проходка осуществлялась механизированным комплексом КТ1-5,6 с креплением тоннеля гладкой железобетонной обделкой, обжимаемой на породу, с узлом разжатия в лотке. Максимальная суточная скорость составила 48,21, сменная — 20,21 пог. м. Практически весь перегон между этими станциями протяженностью 1800 пог. м пройден за три месяца, т. е. достигнута средняя скорость проходки 600 м/мес.

Ниже публикуются материалы проведенной в Ленинграде школы передового опыта.

ПОДГОТОВКА СКОРОСТНОЙ ПРОХОДКИ

А. ДОМБРОВСКИЙ,
главный инженер ТО № 3 Ленметростроя

ДЛЯ СКОРОСТНОЙ проходки впервые был намечен типовой участок перегонного тоннеля, имеющий как вертикальную, так и плановую кривые, а также уклон 40‰ на значительном протяжении. Транспортировка породы предполагалась по двум вертикальным стволам — №№ 320 и 321, причем последний оборудовали трехклетьевым подъемом. Подачу тубингов осуществляли через шахту № 321, а 320-я намечалась как резервная.

В процессе подготовки к скоростной проходке инженерные службы ТО с привлечением бригадиров проходчиков, слесарей и кадровых рабочих тщательно изучили и обобщили опыт предшествующих скоростных проходок. В результате разработали документы: ППР на сооружение тоннеля комбайном КТ1-5,6, предусматривающий полный комплекс работ; циклограммы проходки 13 пог. м в смену или 1250 пог. м в месяц; план-график отдельных видов работ по наращиванию вслед за проходкой; основные объемы производства по вертикальной и горизонтальной транспортировке с распределением по шахтам и подсчетом необходимого количества рабочих различных профессий, а также электровозок, вагонеток, тубинговозок; план-схему откаточных путей с указанием мест расположения всех разминок (это позволило быстрее врезать стрелочные переводы и включать в работу новые разминки по мере проходки); график движения электровозов при плече возки 1400, 1700 и 2000 пог. м; схему телефонной связи с пятью диспетчерскими пунктами, оборудованными местными телефонами, а пункты у стволов шахт — и городскими. Повышенное внимание к организации электровозной откатки уделено в связи с предположением, что горизонтальный транспорт будет наиболее уязвимым звеном, так как наличие двух шахтных подъемов практически решает проблему вертикального транспорта.

В этот же период проводилась и экономическая подготовка к скоростной проходке на участковом подряде. Составили калькуляцию трудозатрат и заработной платы и подготовили договор.

Большую предварительную работу провели маркшейдеры. Их рационализаторские предложения позволили быстрее и качественнее выдавать исходные данные на ведение щита. Внедрение этих предложений позволило маркшейдерской службе провести щит по участку длиной 1800 пог. м без дополнительного источника ориентирования и обеспечить с высокой точностью сбойку с соседней шахтой.

В связи с тем, что на заданном участке тоннеля имелись и плановая, и вертикальная кривые, решили крепить клиновидные прокладки заблаговременно на шахтной поверхности с учетом установившейся очередности подачи блоков на монтаж.

Работниками механической службы отряда также был внесен ряд интересных предложений, позволивших сократить перерывы при наращивании кабеля и повысить надежность в работе целого ряда механизмов.

Инженерные службы Тоннельного отряда постоянно совершенствуют проходческие машины и механизмы, а также технологию их использования. Еще в 1977 г. на станции «Приморская», укоротив комплекс за щитом, мы смонтировали механизированный щит непосредственно в рудноре и по S-образной кривой ($R=150$ м) сумели выйти на перегон. Проведение щита по кривым радиуса 150 м позволило значительно сократить объемы грунта, разрабатываемого отбойными молотками.

На односводчатых станциях при проходке от перегонного тоннеля к опорному (в пределах станции) происходит смещение осей в плане на 2 м 40 см и в профиле на 90 см. По предложению специалистов ТО № 3 смонтировали щит в тупиковых тоннелях за «Удельной», прошли через станцию, соорудив опорные тоннели щитом, и вышли на перегон в направлении к «Пионерской», значительно снизив объем ручного труда. На «Удельной» маркшейдерская служба совместно с механиками сумела провести щит по еще более крутой кривой — $R=100$ м, что позволило на одну треть сократить участки переборки обделки тоннеля.

Существенным недостатком дугового укладчика является то, что он рассчитан на один тип обделки (5 БНЛ-2 обжатая на породу), в то время как при проходке перегонов, особенно на пересечениях с другими выработками и на подходах к станции, встречаются обделки другого типа и другой толщины, которые дуговой укладчик монтировать не может. По предложению наших механиков

ИЗ ОПЫТА СТРОИТЕЛЬНЫХ РЕКОРДОВ

О. ШАЛАЕВ,
главный инженер СМУ № 15 Ленметростроя

ПРЕДШЕСТВОВАВШИЕ нынешнему рекорду показательные скоростные проходки неизменно выявляли возможные резервы роста производительности труда, пути совершенствования технологии работ, организации горизонтального и вертикального транспорта. Накапливаемый передовой опыт ложился в основу новых технических решений.

Так, приступая к подготовке к скоростной проходке Северного канализационного коллектора, мы изучили опыт работы коллектива Тоннельного отряда № 3, достигшего результата 676 м тоннеля в месяц на участке между станциями «Академическая» и «Гражданская» Кировско-Выборгской линии метрополитена в январе-феврале 1976 года. Эксплуатация первых механизированных комплексов КТ1-5,6 Ясиноватского завода показала, какие большие резервы заложены в его конструкции. Уже тогда скорость резания породы была доведена до 25 мин. на метр, а время монтажа кольца сокращено до 12 мин. Было ясно, что непрерывную работу цита решает правильная организация горизонтального и вертикального транспорта. Это и был основной путь, по которому пошел коллектив СМУ № 15, готовясь перекрыть предшествующее достижение.

По опыту ТО № 3 на площадке шахты № 410 для необходимого запаса блоков обжатой обделки установили двухниточную тельферную эстакаду, которая перпендикулярно примыкала к бункерной. После перераспределения сечения ствола и уменьшения сечения лесоспуска в стволе шахты № 410 при сохранении диаметра 6 м удалось сконструировать специализированный спуск для подачи блоков из-под тельферной эстакады непосредственно в околоствольный двор для погрузки их на тубинговоз-

ки. Таким образом, из грузовых подъемов двухклетьевого ствола исключались операции по выдаче порожних тубинговозок и спуску блоков на них, которые неизбежно приводили к перерыву транспортировки породы из шахты. Расчет при проектировании специализированного спуска и дальнейшая пробная его эксплуатация показали, что он в состоянии обеспечить подачу в шахту 14 колец обделки в смену, что высвобождало для породы 70 подъемов ствола. При осуществлении скоростной проходки специализированный спуск тубингов смог обеспечить и максимальный сменный рекорд — 16 готовых колец.

Естественно, наличие трех транспортных отсеков в стволе потребовало увеличения диаметра околоствольного двора, чтобы разместить соответствующее число откаточных путей для породы, порожних вагонеток и тубинговозок. Он был сооружен в железобетонных тубингах \varnothing 8,5 м и оснащен двумя толкателями верхнего действия.

Откатка осуществлялась электроvozами 10КР. На метр тоннеля подавались два состава из двенадцати порожних вагонеток УВГ-1,4 и один — из семи таких же вагонеток и пяти тубинговозок с блоками кольца.

Энергоснабжение осуществлялось с поверхности электрокабелем 6 кВ, проложенным по своду пройденного тоннеля до понижающего трансформатора, а от него бронированным электрокабелем 380 В до разъединительной коробки и далее шланговым до щита. По мере проходки происходило наращивание бронированного кабеля участками по 100 м со сматыванием шлангового с помощью специального рычажного устройства на платформу комплекса. На весь участок проходки потребовалась одна дополнительная установка пони-

тельной подстанции в тоннеле, выполненная вместе с переключением за одну смену.

Установленные на транспортном мосту барабаны с троллейным проводом, с шиной заземления с тремя проводами освещения позволили иметь за комплексом готовые временные коммуникации, для наращивания которых не требовалось прерывать проходку.

На участке был применен график с разрывом между сменами с 7 до 9 час. утра. В это время производились ревизия пути и перенос стрелочных переводов, профилактика механизированного комплекса, электровозов и шахтного подъема, переключение и наращивание электрокабелей. Работы, выполнявшиеся в эти два часа, позволяли вести сооружение тоннеля безостановочно в течение суток.

Проектирование новых технологических комплексов, приспособлений, расчеты графиков работы горизонтального и вертикального транспорта, составление циклограмм и других материалов на основе изученного передового опыта производились, как правило, силами общественного конструкторского бюро СМУ № 15, в работе которого активное участие принимают наши молодые специалисты и бригадиры. Каждому началу нового вида работ и новому наступлению на рекорд предшествуют технические советы СМУ, проводимые совместно с постоянно действующими производственными совещаниями. Работа, сделанная по инженерной подготовке к проходке Северного канализационного коллектора скоростным методом, позволила соорудить 876 м тоннеля в месяц против заданных 750 м.

Дальнейшее совершенствование горный комплекс и комбайн КТ1-5,6 получили на шахте № 316 Московско-Петроградской линии, где решался вопрос о возможности перешагнуть километровый рубеж проходки тоннеля в месяц. Двухклетевой подъем со специализированным спуском тубингов еще не давал возможности осуществлять только транспорт породы по стволу. Он служил также и для спуска и подъема людей и различных материалов. Задача разделения потоков была решена на шахте № 316 после внедрения трехклетьевого подъема. Здесь две клетки с подъемной машиной 2Ц2-1,1А работали только на выдачу породы, а третья — с противовесом и подъемной машиной

2БЛ-2000 служила для спуска и подъема людей и подачи материалов с нулевого горизонта. Клетевой подъем размещен также в стволе \varnothing 6 м, однако здесь уменьшены габариты клетей и часть коммуникаций вынесена за пределы ствола. Так, водопровод, водоотлив и сжатый воздух пропущены в подземные выработки через специальные скважины, пробуренные вблизи ствола. Схема размещения тельферной и бункерной эстакад, электровозной откатки, энергохозяйства и др. была заимствована у строителей шахты № 410. Расчеты подтвердили возможность сооружения до 1200 м тоннеля в месяц с использованием трехклетьевого подъема и при графике работы в сутки аналогичном примененному на шахте № 410, только необходимо увеличить время ремонтно-подготовительной смены с двух до трех часов.

По предложению Управления механизации совместно с Ленметрогипротрансом был заменен электропривод кассетного дугового блокоукладчика на комплексе КТ1-5,6 на гидропривод, который оказался надежнее и позволял производить монтаж кольца за 7 минут. Циклограммой предусматривалось сооружение 12 м тоннеля в смену. При этом особое внимание уделялось стабильности работы каждого звена. Такая стабильность установилась в III декаде скоростной проходки, когда суточная цифра не опускалась ниже 40 м. Впервые в нашей практике был утвержден сквозной бригадир, выходящий в ту смену, где результаты работы за сутки были наименьшими. Большую роль в четкой работе ствола сыграло и то,

что здесь на один наряд работало уже и верхнее звено шахты, принявшее породу и спускавшее блоки и материалы.

Внедрение этих решений, изменение условий организации и оплаты труда привели к новому достижению — 1070 м пройденного тоннеля за месяц. Такую же картину можно проследить и при увеличении скоростей проходки шахтных стволов. При сооружении вентиляционной шахты № 401 Невско-Василеостровской линии были разделены по времени отдельные виды работ. Так, при проходке ствола производилось только первичное нагнетание раствора за обделку до полного окончания проходки. При этом с использованием канатных направляющих для прохода бадей и тюбингов значительно сократился объем работ по временной арматурке ствола. Она свелась только к наращиванию лестничного отделения, которое, как и временные коммуникации, возводилось во время технологического перерыва между сменами за 2 часа. Процесс сооружения ствола был непрерывным. Вторым этапом была его изолировка снизу вверх с этого же подвесного полка с поярусной разборкой лестничного отделения и временных коммуникаций. И, наконец, в третий проход с подвесного полка сверху вниз слесари-монтажники устанавливали постоянную арматурку. Кроме того, в стволе всегда работали рабочие только одной специальности, не мешая друг другу.

Эту же технологию применили при проходке вентиляционного ствола шахты № 315-бис те составы бригад, которые показали хорошие результа-

ты, соорудив 61 пог. м ствола \varnothing 5,5 м в сложных гидрогеологических условиях с искусственным замораживанием пород за 38 дней. Для ускорения возведения крепильщики лестничного отделения использовали здесь руллонную панцирную сетку для ограждения.

Изучив передовой опыт москвичей при проходке стволов шахт со спуском породы по скважине в заранее пройденную под стволом выработку, мы перепроектировали эту схему применительно к нашим условиям. Внедрив ее на сооружении перепадной шахты № 408 \varnothing 8,5 м Северного канализационного коллектора, наш коллектив также добился хороших результатов — 50 колец за 44 дня. Этот способ мы считаем перспективным, дающим возможность почти полностью отказаться от строительства горного комплекса, и будем работать над его совершенствованием.

В настоящее время большое внимание уделяется вопросу бетонирования опорных стен односводчатой станции глубокого заложения. Работы по их механизации начались еще на станциях «Площадь Мужества» и «Политехническая» и были продолжены на «Обухово». Дальнейшее совершенствование этой технологии получила на станциях «Удельная» и «Пионерская». Коллектив общественного конструкторского бюро спроектировал новую технологическую тележку с гидродъемником для подачи бетоновозок 1 м^3 на ее верхний ярус и электролебедкой для выкатывания и опрокидывания тележки над устьем пневмобетонукладчика. Детально разработанная схема откатки грузов и циклограмма бетонирования опор позволили сегодня удлинить железобетонную опору станции на 12 м в неделю, включая все монтажные и подготовительные работы. По этому типу силами нашего СМУ изготавливается технологический комплекс для бетонирования железобетонной рубашки на участке Северного канализационного коллектора длиной 4,8 км. А общественное конструкторское бюро в настоящее время разрабатывает новую схему организации работ по сооружению односводчатой станции в полном объеме со стороны наклонного хода, с разделением транспортных потоков в шахте. Главная задача, которая стоит сегодня перед нами, — постоянно улучшать качество подготовительных работ и сократить до минимума этот организационный период. □



Водитель механизированного щита В. Ячевский.

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО И ВЕРТИКАЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Ю. МОСКОВКИН,
механик участка

Для высокопроизводительной работы на шахте № 321 был смонтирован принципиально новый горный комплекс, ранее не применявшийся на Ленметрострое. Он состоит из четырех бункеров под породу с челночным обменом грузеных и порожних вагонеток. Для вертикальной транспортировки вагонеток, тюбингов и людей применен трехклетевой подъем с двумя подъемными машинами типа 2Ц2×1,1.

Разгрузка и подача тюбингов осуществляются с помощью тельферной эстакады с тремя монорельсами. Две монорельсовые балки с двумя электроталами грузоподъемностью 5 т на каждой из них использовались для доставки обделки к стволу. Третья с кареткой грузоподъемностью 5 т предназначалась для транспортировки длиномерных материалов: рельсов, труб, лесоматериалов.

Опыт обычной и скоростной проходки подтвердили расчеты высокой производительности шахтного подъема и горного комплекса. Суммарное количество подъемов составляет 500—550. Горный комплекс создавался Тоннельным отрядом № 3 совместно с Ленметрогипротрансом.

На шахте № 320 смонтирован типовой, применяемый в последние годы на Ленметрострое, горный комплекс с подъемной машиной типа 2БМ-2000/1030 2А. Его максимальная производительность достигает 300—320 подъемов в смену.

При наличии двух шахт создавалась не только возможность обеспечить большое количество подъемов, но и надежная, гибкая схема работы.

Поскольку шахтные подъемы использовались не в полную мощность, имелся некоторый резерв. Только в дни наибольшей скорости проходки число подъемов приближалось к максимальному: например, при сооружении 40 пог. м в сутки оно составило 1710 подъемов, а в день рекордной проходки 48 пог. м — 1975. Максимальное количество подъемов при

проходке 20 пог. м в смену — 825.

Наиболее ответственным и трудным звеном из всей цепи механизмов, как и рассчитывали, была электровозная откатка. Длина плеча откатки к началу скоростной проходки составляла 1000 м, а к концу — 2300 м; из них 500 приходилось на уклон, равный 40%; большая длина откатки требовала применения мощных электровозов типа 10К.

На шахте подготовили 10 электровозов. Основными откаточными были электровозы типа 10К, имеющие 2 электродвигателя мощностью по 31 квт. Пробная эксплуатация электровозов 10К не оправдала наши надежды из-за слабых тяговых качеств, поэтому использовались они, как и 7КР, для формирования составов (на маневровых работах у ствола и во время ремонта основных электровозов).

В смену работало 5—6 электровозов, не считая занятых на маневровых операциях. При этом 1—2 постоянно находились на ремонте и профилактическом осмотре.

Питание контактной сети осуществлялось с трех источников: от ствола шахты № 321, шахты № 320 и непосредственно в тоннеле в районе наиболее трудного участка пути на уклоне 40%. Тем самым создали возможность резервирования электровозной откатки. Суммарная мощность источников питания достигала 200 квт. В качестве преобразователей использовали полупроводниковые вентили типа ВК-200.

Питание электроэнергией комбайна КТ1-5,6 осуществлялось от тоннельных понизительных подстанций напряжением 6/0,4 кв и мощностью 2×240=480 кВА.

Во время скоростной проходки смонтировали две такие подстанции. После соответствующей подготовки на переключение каждой из них было затрачено всего по 1 часу. И здесь немалая заслуга комсомольско-молодежной бригады электромонтажников В. Тютюникова.

Непосредственно за комбайном вели прокладку трех силовых кабелей напряжением по 380 вольт и сечением 3×240 мм², которые подключались параллельно методом секционных выключений отдельных кабелей без остановки комбайна.

Кроме силовых, прокладывался телефонный кабель, рабочего и аварийного освещения, контура заземления и контактных проводов для электровозной откатки.

Для содержания в исправном состоянии всех механизмов был организован штат технического обслуживания и ремонта оборудования. В него входили рабочие разных специальностей: электрик, электросварщик, слесарь и слесарь по ремонту электровозов. Кроме того, в распоряжении механика участка были дежурные слесари двух шахт, машинисты щита и шахтных подъемов.

Оперативная группа вела прокладку коммуникаций за комбайном — трубопроводов сжатого воздуха и воды, установку подвесок контактного провода, монтаж кабельных конструкций и вентиляции. Она же в случае необходимости производила ремонтные работы, следила за исправным состоянием электровозов.

Самое уязвимое место на щите — электроталь, которая служит для разгрузки тюбинговой обделки и подачи ее на кассетный укладчик. Контактная система, 100%-ная частота включений, почти непрерывная работа приводят к очень быстрому выходу из строя кнопочного поста. Главный механик ТО № 3 В. Афтаев нашел простое и оригинальное решение этой проблемы: подключение кнопочного поста к распределительной коробке производить с помощью штепсельного разъема. Запасной кнопочный пост находился у машиниста щита. Замена вышедшего из строя пульта управления составляла считанные секунды, что позволило поставить дополнительно, по нашим подсчетам, 20—25 колец. На случай отказа тормозной системы электротали на щите находились два запасных редуктора. Целесообразно разработать более надежный механизм. На наш взгляд, это должен быть полуробот.

Электромеханическая служба с честью справилась с поставленной перед ней задачей: свести до минимума простой механизмов. И лучшей благодарностью для нас были слова проходчиков: «Большое спасибо, механики!». □

РЕЗЕРВЫ РОСТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРЕХКЛЕТЬЕВОГО ПОДЪЕМА

Ю. САРУХАНОВ,
руководитель группы отдела организации и механизации работ
Ленметрогипротранса;

Ю. ИОНОВ,
главный механик СМУ № 15

УЖЕ ПЕРВАЯ скоростная проходка на шахте № 218 Ленметростроя показала, что дальнейшее повышение строительных темпов невозможно, если производительность вертикального подъема не будет увеличена. Так как возможности двухклетьевого подъема оказались полностью исчерпаны, выдвигалось даже предложение соорудить не один, а два ствола, чтобы на забой работали два подъема.

На СМУ № 15 считали несколько иначе и, когда было принято решение осуществить очередную скоростную проходку на шахте № 410, обратились к проектировщикам с предложением производить спуск блоков не клетью, а специальным устройством, используя отделение лесоспуска. Такой проект (рис. 1) был создан Ленметрогипротрансом.

На эстакаде 1 горного комплекса блоки грузились на специальную тележку 2, затем с помощью лебедки 3 по стволу опускались в околоствольный двор и там, на разгрузочной эстакаде 4, поступали на тьюнговозки.

Предложенный спецспуск позволил частично разделить грузопотоки и повысить производительность подъема на 14—16%. В итоге был достигнут новый рекорд проходки перегонных тоннелей — 876 пог. м/месяц.

Однако подъем со спецспуском имел ряд недостатков: он металлоемок, монтаж его требовал длительного времени. Поиски новых путей привели к созданию трехклетьевого подъема.

Созданный Ленметрогипротрансом в содружестве со строителями проект (рис. 2) предусматривал в стволе с тем же внутренним диаметром размещение не только трех клетей (причем, третья — с противовесом), но и пропуск в околоствольный двор всех

коммуникаций: кабелей, водопровода, сжатого воздуха, труб постоянного и аварийного водоотлива, воздухопроводов, лестничного отделения и, наконец, отделения для спуска в шахту длинномеров. При этом пришлось умень-

шить габарит клетки до минимальных размеров (2,8×1,15 м).

Достоинства трехклетьевого подъема, прежде всего, — в более полном разделении грузопотоков: хотя все три клетки грузолодские, две из

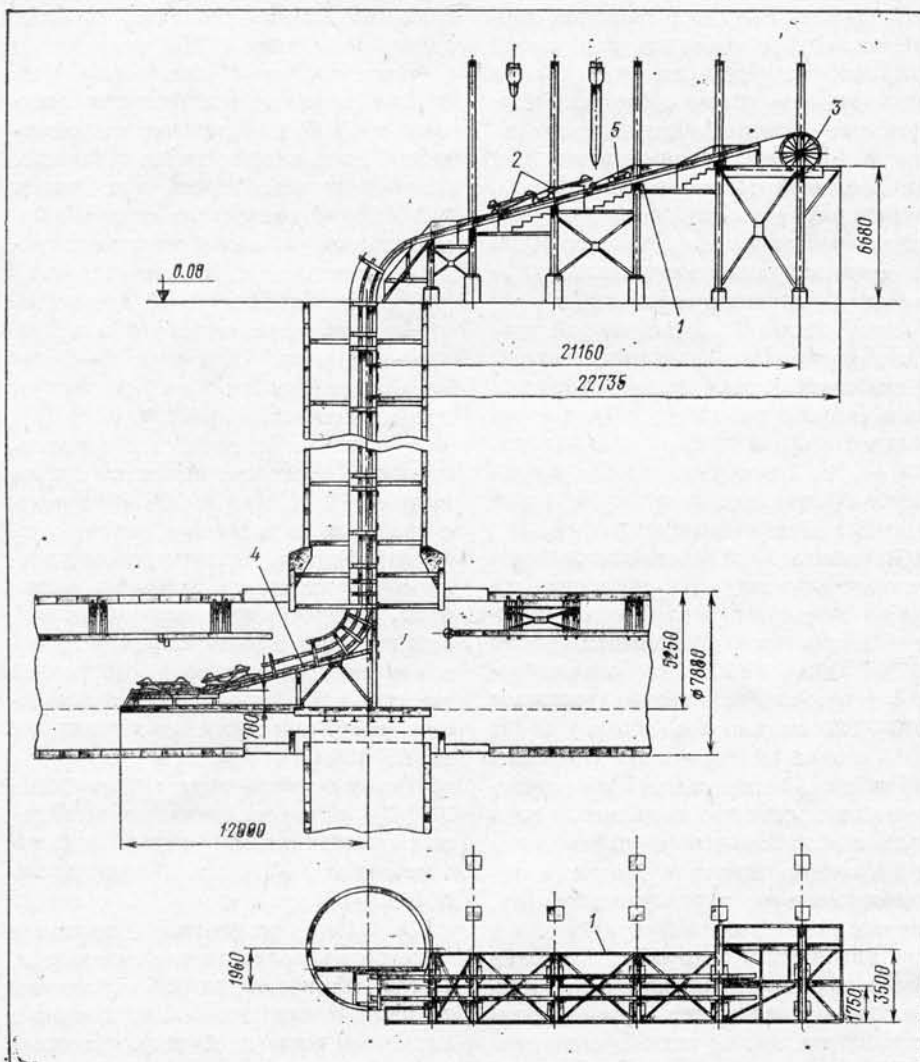


Рис. 1.

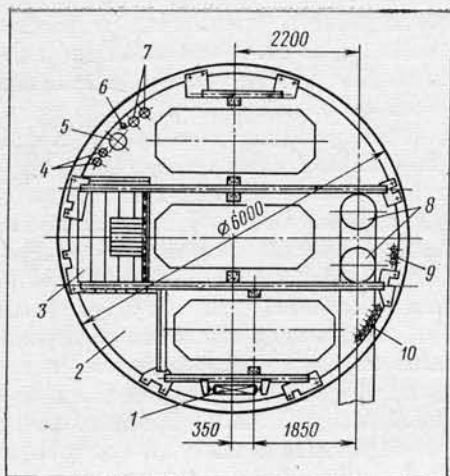


Рис. 2:

1 — противовес клетки; 2 — отделение лесоспуска; 3 — лестница; 4 — водоотлив; 5 — водоотлив аварийный; 6 — водопровод; 7 — сжатый воздух; 8 — воздуховоды; 9 — кабели диспетчерской связи; 10 — электрокабели.

них работают только на подъем вагонеток с породой, а третья — с противовесом, подает в шахту не только блоки, но и вагонетки с материалом, а также опускает и поднимает людей. Удобно и то, что она работает с нулевого горизонта и нет надобности в переподъеме материалов.

Трехклетевой подъем прост в монтаже, более безопасен в эксплуатации. Горные комплексы с трехклетевым подъемом были сооружены на шахтах №№ 316 и 321, где достигнуты соответственно скорости проходки 1070 и 1250 метров перегонного тоннеля в месяц.

Сегодня строители вместе с проектировщиками, готовясь к новым рекордам, ищут пути дальнейшего повышения производительности трехклетьевого подъема.

Резервы есть. Во-первых, увеличение скорости подъема и спуска клеток до разрешаемых Правилами 4 м/с. Во-вторых, если заталкивание вагонетки в клетку совместить с выталкиванием стоящей в ней и в околоствольном дворе и на поверхности, полное время цикла сократится и, следовательно, число подъемов клеток в смену возрастет. Это позволит увеличить производительность подъема в 1,5 раза. Единственное условие — околоствольный двор должен быть двусторонним, т. е. неизбежен рост объемов вспомогательных работ.

Но шахта № 526, к строительству которой СМУ № 15 уже приступило, задумана именно такой. □

Школа передового опыта

КАК РАБОТАЛА СКВОЗНАЯ БРИГАДА

Ю. МОЖАЕВ,
бригадир

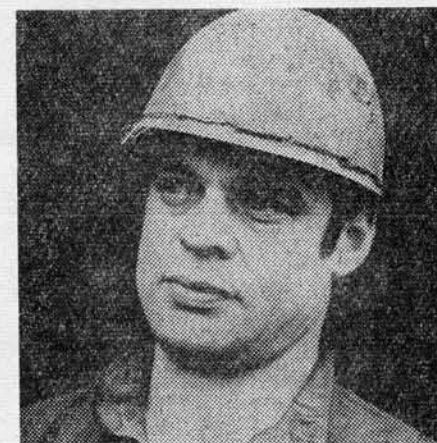
ЗАДОЛГО до начала скоростной проходки среди проходческих бригад ТО № 3 развернулось соревнование за право быть ее участником. Возглавить комплексную сквозную бригаду поручили молодому коммунисту, члену партбюро организации Э. Лубинскому.

В состав бригады вошло четыре проходческих звена. Одно звено возглавил сам бригадир, второе П. Одинокий, третье В. Егоров и четвертое Я. Кстати, костяк звена Егорова участвовал в скоростной проходке 1976 г. (676 пог. м за месяц). Члены бригады — в основном молодежь, многие до этого не работали на щите.

Нам была предоставлена возможность в течение месяца попробовать свои силы, освоить проходческий комплекс, лучше узнать друг друга. В этот период производилась тщательная расстановка людей по рабочим местам внутри звеньев, отработывались взаимозаменяемость, нормы на каждую операцию и каждый цикл работы, еще раз проверяли правильность подбора состава звеньев. Это дало нам самое главное — молодые метростроители поверили в свои силы и решили: справимся.

Вместе с инженерно-техническими работниками детально изучили проект производства работ, циклограмму и графики. Машинисты электровозов тщательно изучали и отработывали графики движения, стараясь, чтобы на каждый рейс к стволу не тратилось больше расчетного времени. Это происходило одновременно с выполнением напряженного месячного плана всеми бригадами.

Каждое проходческое звено скомплектовали из девяти человек. Тельферист и стропаль занимались разгрузкой и складированием блоков, а также последующей подачей их на



Бригадиры рекордных скоростей: Э. Лубинский, Ю. Можяев, П. Одинокий, В. Егоров

монтаж кольца. Быстрота и точность этой операции сократили сроки. Один человек работал машинистом кассетного укладчика. От него требовалось не только умение управлять укладчиком, но и быстрая реакция при монтаже кольца, т. е. четкость и согласованность действий с монтажниками. Кольца монтировали двое: как правило, наиболее опытные рабочие. В нашем звене, например, время монтажа кольца сократили до 7 минут. Два человека наращивали пути узкой колеи, а также омоноличивали узел разжатия цементным раствором с его приготовлением. И еще двое выполняли погрузку породы из тетки магистрального транспортера в вагонетки. При необходимости мы могли заменить друг друга, что значительно облегчало работу звеньев.

Во всех звеньях работали хорошо.

Особо хочется отметить проходчиков С. Тихомирова, А. Кривошеева, В. Иванова, А. Зятюкова, машинистов щита И. Ершова, В. Янчевского, машинистов электровоза В. Ступницкого, И. Канафоцкого, электрослесаря И. Потапенко, машинистку шахтного подъема П. Голубеву.

Ежедневно производили профилактический осмотр щитового комплекса, наша механическая группа устраняла мелкие неисправности. Это помогло лучше освоить механизм, с которым мы работали, более бережно к нему относиться.

Каждый член нашей бригады с высокой сознательностью подходил к порученному делу. Все понимали, что это не рядовая проходка, а проходка нашей чести, наших возможностей. И еще мы понимали, что скорость проходки зависит от четкой ра-

боты каждого звена всей технологической цепочки — от забоя до шахтной поверхности. Этому способствовала работа на один наряд.

При проходке некоторые звенья показывали лучшие результаты, другие несколько отставали, и тогда мы, бригадиры, вместе с начальниками смен и участка обсуждали в перемене результаты, выявляли причины отставания. Наиболее опытным рабочим иногда приходилось переходить из одного звена в другое. В период скоростной проходки моим звеном дважды было пройдено более 20 м тоннеля в смену, и эти рекордные достижения являются заслугой всех звеньев, всего коллектива участка. При сдаче смены мы всегда старались оставить такой фронт работ, чтобы следующая смена могла начать проходку без простоев. □

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИНЖЕНЕРНЫХ СЛУЖБ

В. ХАРЕНКОВ,
начальник участка

УСПЕХ скоростной проходки во многом зависел от правильной расстановки людей в звеньях, сменах, на участке, а также от взаимослаженной работы подразделений, от творческого и рационального вклада каждого.

На технических советах, проводимых с участием инженерно-технических работников и бригадиров, заранее были тщательно продуманы план расстановки людей, комплектование звеньев, вопросы взаимозаменяемости рабочих на всех операциях.

Преимущество нашей проходки заключалось в том, что ее вели на два ствола. Однако это создало и дополнительные трудности, так как шахты №№ 320 и 321 представляли собой два независимых участка. Было решено на время скоростной проходки объединить их в один и работать по методу участкового подряда. Это значительно повысило производительность труда обслуживающих звеньев.

Так как горный комплекс шахты № 321 имел два независимых подъема и обделка заскладирована на этой же строительной площадке, подачу блоков, бетонной смеси для омоноличивания замков разжатия, спуск и подъем людей осуществляли только по стволу шахты № 321. По нему же транспортировали до 50% всего выдаваемого объема породы от комбайна КТ1-5,6.

Ствол шахты № 320 с одним зависимым подъемом ис-

пользовали на «раскачку» половины всего объема грунта, а в случае выхода из строя тельферов или подъема на соседней шахте предусмотрели спуск материалов и обделки в тоннель. Запас последней под тельферной эстакадой составлял до 60 колец.

Работа на участке была организована по скользящему графику в три смены. В каждую из них входили следующие звенья:

нижнее, которое принимало материалы в шахте и порожние вагонетки, выдавало груженные, занималось сцепкой и расцепкой вагонов, монтажом конических прокладок. Звено включило стволых и откатчиков. Откатка производилась тремя толкателями верхнего действия;

верхнее, обеспечивавшее заготовку и спуск в шахту колец обжатой обделки, цемента для чеканки швов, бетонной смеси, разгрузку породы, загрузку автомашин породой. В него входили рукоятчики, откатчики, строполы, тельферисты. От слаженной и ритмичной работы этих двух звеньев во многом зависел успех скоростной проходки;

машинистки шахтного подъема (3 человека и 4-я подменная);

в обязанности машинистов электровозов (по 9 человек в каждой смене) входило обеспечение забоя материалами, обделкой, порожняком и доставка породы к стволу. Два электровоза работали на маневрах у стволов шахт и один — на участке, где уклон составлял 40%. Машинисты электровоза выполняли свою работу согласно специальному графику движения составов для различных плечей откатки. Каждый доставленный в забой вагон определял 3 см проходки;

коллектив путейцев занимался профилактическим ремонтом и осмотром узкой колеи, подготовкой и переносом стрелочных переводов, устройством разъездов в тоннеле через каждые 300 пог. м, закреплением путей от продольного и поперечного смещений. Необходимо заметить, что при интенсивном движении деформировались пути узкой колеи и требовали тщательного контроля. Перекладка стрелочных переводов осуществлялась в ремонтные часы: с 7-00 до 9-30;

в каждую смену функционировали диспетчерские посты — на разъездах, перегонках, в руддворе, на щите, которые были связаны телефоном. В задачи постов входило оказание помощи машинистам электровозов по точному выполнению графика движения составов, а также контроль за своевременной подачей материалов в забой;

изолировщики занимались чеканкой швов обделки, обжатой в породу, замазкой монтажных отверстий, установкой трубок в швы для ведения контрольного нагнетания;

электрослесари и слесари-ремонтники проводили профилактический осмотр и ремонт всех механизмов, включая щит, электровозы, шахтный подъем, механизмы горного комплекса, замену кабеля. Основные часы их работы — с 7-00 до 10-00 (ремонтные часы), а в течение смены они производили наращивание коммуникаций, следили за состоянием механизмов в нормальном режиме работы, в свободное время помогали проходчикам выполнять вспомогательные операции. Контроль за технически исправным состоянием всех механизмов осуществлял механик смены;

звено обеспечения материалами разгружало обделки с автомашин, которые приходили с завода ЖБКиД, а также занималось их перевозкой со склада на строительной площадке под тельферную эстакаду. Запас под эстакадой составлял ежедневно 70 колец;

самым главным звеном в работе являлось звено проходчиков. Темпы проходки почти полностью зависели от правильной расстановки людей на рабочих местах, скорости монтажа колец, наращивания путей узкой колеи, разгрузки блоков с блоковок, разжатия кольца и омоноличивания замка разжатия.

Технический надзор вели начальник смены, который осуществлял полный контроль за всеми операциями, и два его помощника, следившие за работой горного комплекса и шахтного подъема нижнего и верхнего звеньев.

Метод участкового подряда объединяет все эти звенья в единый коллектив, повышая заинтересованность и ответственность каждого. Работа одного звена была как бы продолжением работы другого. Совместный взаимосвязанный труд всех подразделений в целом, правильная его организация позволили нам добиться успеха. □

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УЧАСТКОВОГО ПОДРЯДА

Л. ЧЕРНЯВСКИЙ,
начальник ПТО

ПЕРЕХОД от бригадного подряда к участковому при скоростной проходке был вызван производственной необходимостью, так как строительство велось через два ствола.

В участковый подряд решено было включить работы двух объединенных горно-проходческих участков:

проходка перегонного тоннеля Ø 5,63 м щитовым комплексом КТ1-5,6 Ясиноватского завода (36 чел.);

гидроизоляционные работы (16 чел.);

наращивание узкоколейного пути, укладка и перенос стрелочных переводов (12 чел.);

прокладка временных коммуникаций за щитом (14 чел.);

профилактические работы по осмотру и ремонту щитового комплекса, подъемных машин, электровозов, тельферов и лебедок, а также горного комплекса (45 чел.);

обслуживающие процессы (откатка породы и ее выдача на-гора, подача блоков обделки, рельсов узкой колеи, труб, цемента и других материалов), ведение щита в профиле и плане и т. п. (105 чел.).

Кроме того, на обеих шахтах интенсивно велись и другие работы: укладывался бетон в опорные тоннели, завершалось сооружение камер на пересечении и т. д.

Целью участкового подряда, как и бригадного, является повышение производительности труда, ускорение ввода объектов в эксплуатацию, улучшение качества работ, снижение трудовых затрат.

Перевод участка на новую форму хозяйственного расчета был оформлен приказом начальника по согласованию с коллективом участка и шахтным комитетом.

К договору были приложены следующие документы: линейный график производства работ; графики поставки материалов, обеспечения автотранспортом, а также ревизии щита и других механизмов; объем строительно-монтажных работ по участку; выработка на одного работающего; численность работников; расчетная стоимость работ; фонд заработной платы; суммы премий:

за сокращение нормы времени по аккордному наряду (в руб.),

за достигнутую экономию (в %),

за ввод в действие (после пуска очереди).

Наряду с бригадным подрядом коллектив участка взял на себя дополнительные обязательства:

внедрение прогрессивной технологии и передовых методов организации труда на основе комплексных организационно-технических мероприятий;

осуществление инженерно-технического руководства всем комплексом работ.

Учет затрат на их производство обеспечивал сопоставимость с данными по статьям затрат, предусмотренными в расчетной стоимости.

Коэффициент трудового участия колебался от 0,8 до 1,25. Мы считаем, что здесь была допущена некоторая недоработка, нивелировка вклада рабочих в достижение конечного результата. Амплитуда КТУ должна бы быть гораздо больше: в пределах 0,5÷1,8.

Если говорить об экономических показателях участкового подряда, то фактическая выработка на 1 рабочего составила 4308 руб. или 163% к плановой; средняя дневная зарплата — 13,62 руб., с премией — 18,7 руб. (а с учетом премии за экономию, полученную от снижения расчетной стоимости, — 19,65 руб.).

Экономия, полученная от снижения расчетной стоимости, — 80,2 тыс. руб. Размер премии за экономию, полученную от снижения расчетной стоимости выполненных работ, составил 24060 руб.

План прибыли выполнен Тоннельным отрядом № 3 за этот период на 188,5%, а производительность труда в целом достигла 104%. □

ОПЕРАТИВНОЕ РУКОВОДСТВО АВТОХОЗЯЙСТВОМ

Б. ОЛЕЙНИК, начальник автотранспортной конторы

НАШ КОЛЛЕКТИВ должен был обеспечить бесперебойную вывозку породы с действующих шахт в отвал грунта. Мы рассчитали необходимое количество автотранспорта. Составили график работы водителей из расчета 11 большегрузных машин («Татра»-148 и КраЗ-256). Учитывая, что объем кузова на автомобилях КраЗ-256 не позволяет полностью использовать их грузоподъемность, удлинители бортов на 18 см.

В скоростной проходке участвовали 45 водителей (на 22 автомобиля) при скользящем графике.

До начала работ был тщательно прохронометрирован маршрут следования автомобилей на место отвала с тем, чтобы установить напряженное задание водителям самосвалов. Учитывая вопросы безопасности дорожного движения и сезонные условия, на некоторых участках установили маршруты с односторонним движением, что исключило задержки автотранспорта. На весь период скоростной проходки обеспечили круглосуточную работу бульдозеров на месте отвала. Дорогу постоянно поддерживали в безопасном состоянии.

В целях ликвидации потерь рабочего времени водителей при переменах организовали отстой автотранспорта, участвующего в скоростной проходке, на шахте № 321, и смена водителей происходила непосредственно под бункером. Машины заправляли на шахте. Для ремонта их оборудовали специальный пост, работавший круглосуточно.

Оперативное руководство автотранспортом и выдачу путевой документации осуществляли четыре диспетчера. Водители работали по сдельно-премиальной системе. В каждой смене был назначен бригадир из числа водителей, имеющих опыт работы на скоростных проходках.

Кроме перевозки породы, наш автотранспорт обеспечивал бесперебойную поставку железобетонных изделий с завода ЖБКнД. Бригада работала с продленной на 2 часа рабочей сменой, включая субботние дни. Коллектив с честью справился с поставленной задачей. □

ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЛЕКСНОЙ МЕХАНИЗАЦИИ

В. ИВАНОВ,

заведующий филиалом СКТБ Главтоннельметростроя

СКОРОСТНЫЕ проходки в устойчивых грунтах осуществимы благодаря созданию новой технологии сооружения тоннелей (Ø 5,6 м), предусматривающей сквозную — от забоя до поверхности — комплексную механизацию. Все звенья технологического процесса: тоннельный комбайн, горизонтальный транспорт, шахтный подъем и автотранспорт связаны в единое целое.

Основа комплексной механизации горнопроходческих работ по скоростному сооружению перегонных тоннелей — комбайн, которому необходимо уделять особое внимание.

Дальнейшее развитие проходческой техники невозможно без ее проверки в экстремальных условиях. Без проверки, какую скорость она может показать на пределе своих возможностей. В результате тщательного анализа работы машин и достигнутых ранее темпов проходки на строи-

тельстве Ленинградского и других метрополитенов установлено, что существующие механизированные щиты работают на пределе и не в состоянии обеспечить значительный рост скоростей.

Первый ленинградский механизированный щит имел породоразрабатывающий орган в виде крестообразного водила с 6 фрезами, которые были оснащены в общей сложности 50 резами. Водило и фрезы вращались в разные стороны. Каждый резец описывал траекторию гипоциклоиды. Грунт излишне измельчался, и на это затрачивалось до 40% энергии привода. Скорость проходки этим щитом составляла около 1 м/час.

Обделку монтировали рычажным укладчиком блоков. Работа была трудоемкой и малопроизводительной. На сборку кольца затрачивалось 30—40 мин.

Стало ясно, что дальнейшее повы-

шение темпов сооружения тоннелей в устойчивых грунтах невозможно без качественного скачка во всех звеньях технологического процесса, и в первую очередь в совершенствовании конструкции проходческого комбайна.

В результате творческого сотрудничества конструкторов, строителей и заводчан появился новый щитовой комплекс КТ1-5,6, который имеет режущий орган в виде планшайбы с резцами, работающий по принципу крупного скола. В забое прорезываются концентрические щели, а затем скалываются целики между ними.

Комбайн оснащен мощным, надежным приводом. Он показал скорость разработки забоя в 3 раза большую, чем первый ленинградский щит.

На выработку забоя на глубину 0,5 м уходит 10 мин. Дуговой конвейерный укладчик состоит из трех шарнирно соединенных дуг, опирающихся на тележку. Внутри боковых дуг движется при помощи гидроцилиндров каретка с захватом для блоков. Блоки проталкиваются один другим, что позволяет производить монтаж кольца обделки и обжатие на породе в одном месте — в лотковой части тоннеля. Время монтажа кольца сократилось до 8—10 мин. Появилась возможность одновременно разрабатывать забой и укладывать обделку. □

ПУСК УЧАСТКА «ЛОМОНОСОВСКАЯ» — «ОБУХОВО» В ЛЕНИНГРАДЕ

Н. ТЕЛЕНКОВ,
главный технолог Ленметростроя

С 1955 г. — года пуска первого 10-километрового участка I очереди Ленинградского метро — четырнадцать раз разрезались ленточки при вводе в строй новых подземных магистралей. В этом году вступил в эксплуатацию еще один участок Невско-Василеостровской линии глубокого заложения, связанный с поверхностью трехленточными эскалаторами, с двумя станциями — «Пролетарская» и «Обухово» (продолжение действующей линии от «Ломоносовской»). Он ведет в юго-западную часть Невского района с массивами новой жилой застройки и промышленными предприятиями.

Новый участок призван улучшить связь этих районов с центром, а также с пригородными зонами Московского и Волховского направлений Октябрьской железной дороги через пересадочную «Обухово». Теперь общая протяженность Невско-Василеостровской линии превысила 19 км.

Наземный вестибюль станции «Пролетарская» находится на проспекте Обуховской обороны. Станция очень удачно вписывается в ок-

ружающую застройку и парковую зону, гармонично смотрится на рельефе. В перекрытии вестибюля использованы пирамидальные модульные армоцементные конструкции в виде плиты регулярной структуры.

«Пролетарская» — станция колонного типа в сборной железобетонной отделке и с несущими металлоконструкциями из низколегированной стали. Архитектурное решение станции и вестибюля отражает трудовую и революционную доблесть тружеников Невской заставы.

Наземный вестибюль станции «Обухово» расположен на площади у переходов через железную дорогу к ее платформам и обеспечивает пассажирам удобную пересадку, в частности, на автобусы.

«Обухово» — третья на Ленинградском метрополитене односводчатая станция глубокого заложения. И хотя она выполнена с использованием элементов, примененных на станциях «Площадь Мужества» и «Политехническая», имеет ту же ширину платформы, ее конструкция — следующий шаг в эволюции сооружений

такого типа; это — станция будущего по компоновке объектов станционного узла. Впервые основные элементы станционного узла собраны здесь в одно целое. За счет удлинения выработки односводчатого сечения вместе собраны собственно станция, натяжная камера эскалаторов, совмещенная тягово-понижительная подстанция и служебные помещения. Конструкцию возводили из одинаковых элементов, по единой технологии и единым комплексом механизмов.

Опыт этого строительства будет учтен при сооружении подобных станционных узлов следующего участка Московско-Петроградской линии.

Обе станции и перегоны построены в сложных гидрогеологических условиях. Протерозойские (кембрийские) глины, в которых расположены основные конструкции, переслоены значительными пластами крепкого водосдерживающего песчаника, поэтому скорость проходки механизированным комплексом КТ1-5,6 была ниже обычной. Пришлось прибегнуть к дополнительной гидроизоляции тоннельных конструкций.

Необычным было сооружение приямка к действующему участку метрополитена. Необходимость гашения части ранее пройденных тоннелей, используемых эксплуатационниками для подземного отстоя поездов, потребовала четкого взаимодействия коллективов строителей и служб эксплуатации метро.

На новом участке Ленинградской лабораторией ЦНИИС исследуются конструкции односводчатого сечения. Большой объем работы по изучению трудовых процессов и разработке технологических карт по возведению односводчатых конструкций проделан технологической группой ВПТИтранстроя при Ленметрострое. □

Комбайном КТ1-5,6 в Ленинграде уже построено свыше 30 км тоннелей. Осуществлен ряд скоростных проходок с выдающимися результатами. Хорошая надежность и высокая степень механизации работ (до 98%) являются основой для создания автоматизированной системы управления технологическим процессом проходки.

На Ленметрострое предполагается внедрить АСУ ТП в несколько стадий. В первую (внедрение в 1982—83 гг.) входят: ведение щита по лазерному лучу, разработка и погрузка породы.

Цель внедрения АСУ ТП: уменьшение числа людей, работающих под землей, улучшение условий их труда, увеличение производительности труда, повышение качества строительства. При этом достигается значительный социальный эффект: коренным образом меняется характер работы проходчика — он становится оператором технологического процесса.

На очереди — комплексная механизация горнопроходческих работ по сооружению односводчатой станции.

В настоящее время специалисты Ленинградского СКТБ в содружестве

с Ленметрогипротрансом, ЦНИИСом и Ленметростроем выполняют рабочие чертежи механизированного агрегата для сооружения калоттной прорези односводчатой станции. Это увеличит скорость строительства в 2 раза, освободит рабочих от тяжелого физического труда. Опытный образец находится в стадии изготовления.

В перспективе — механизация горнопроходческих работ на возведении станций колонного типа, наклонных ходов, стволов и малых выработок. Предстоит автоматизировать шахтный подъем. □

НА ОЧЕРЕДИ — МИНСКИЙ МЕТРОПОЛИТЕН

Б. БУХАРИНА

СТОЛИЦА Белоруссии — девятый город нашей страны, в котором (в наступившей пятилетке) будет метрополитен. Строительство его первой очереди в разгаре.

— Выдано уже 80 процентов проектной документации, — рассказал начальник Минскметропроекта **Ю. Плотников**. — Своевременно построена первая очередь завода по выпуску железобетонных конструкций, в этом году вступит в строй вторая очередь. Мощности предприятия позволят беспрепятственно вести подземное строительство.

Сейчас в Минске сооружается 8,5 км трассы и 8 станций. Девятую предусматривается ввести позже.

Работа по созданию Минского метро стала интересной и творческой потому, что здесь наряду с использованием имеющихся достижений в области отечественного метростроения сделан шаг вперед в решении многих новых инженерных задач.

Сложность возведения станции «Площадь Ленина» — в градостроительной ситуации: метровокзал мелкого заложения строится в условиях действующего наземного транспорта. Сейчас сооружаются понизительная подстанция и платформенная часть. Принципиально новое инженерное решение воплощено в конструкции свода. На станции минчане используют хорошо зарекомендовавший себя метод «стена в грунте». Но применяют ее не как временную, а как постоянную конструкцию.

«Стена в грунте» используется и при сооружении станции «Площадь Победы». Она возводится вблизи символа города — пика Победы. Строительная площадка небольшая. Чтобы при разработке котлована не нарушить памятник и близлежащие здания, «стена в грунте» служит как временная конструкция.

Станция «Площадь Победы» будет не типовой, с поднятым сводом.

Одна из станций носит название «Московской». Она уже полностью выполнена в конструкции. За станцией сооружаются тупики. Заложено 50 м «стены в грунте» как постоянной конструкции. Торец станции выполнен тем же методом.

Есть отступление в типовой конструкции колонного метровокзала «Академия наук»: поднят средний пролет, опущен ригель. Этот «диссонанс» позволит как бы расширить пространство подземного зала.

На первой линии Минского метро будут две односводчатые станции. Одна из них — «Институт культуры». Здесь смонтированы вестибюли и бетонирована платформенная часть.

Односводчатый метровокзал «Парк Челюскинцев» полностью сдан под монтаж оборудования. Минские метро-



строевцы с высоким качеством выполнили здесь монолитные бетонные конструкции.

Колонная, не типовая станция «Октябрьская» с интересным планировочным решением — пересадочная на вторую линию. Метровокзал запланирован двухэтажным, т. е. с использованием подземного пространства над станцией, где планируется разместить кассы Аэрофлота и железной дороги. Пока на «Октябрьской» забиты сваи, разрабатывается грунт.

Полностью подготовлен котлован для возведения станции «Якуба Коласа». Сейчас бетонировается лоток, идет монтаж конструкций вестибюля. Станция типовая, колонная.

Полным ходом сооружаются перегонные тоннели. И здесь широко используются все прогрессивные методы отечественного метростроения. Пройден перегон между станциями «Институт культуры» и «Площадь Ленина» под 17 железнодорожными путями без нарушения движения поездов.

Обычная щитовая проходка — на перегоне между станциями «Площадь Ленина» и «Октябрьская».

От станции «Якуба Коласа» к «Площади Победы» идут щиты ТЩБ-7 с монолитно-прессованной обделкой.

Наиболее сложным оказался перегон между станциями «Якуба Коласа» и «Академия наук». На пути обычных щитов — большое количество валунов до 2,5 м в диаметре, которые приходится дробить гидроклином. Активно появляется в забое вода, что характерно для всей линии, но для этого участка трассы — особенно.

Пройден перегон между станциями «Академия наук» и «Парк Челюскинцев» в монолитно-прессованной обделке. Далее в направлении к станции «Московская» использовался щит ЦМ-17.

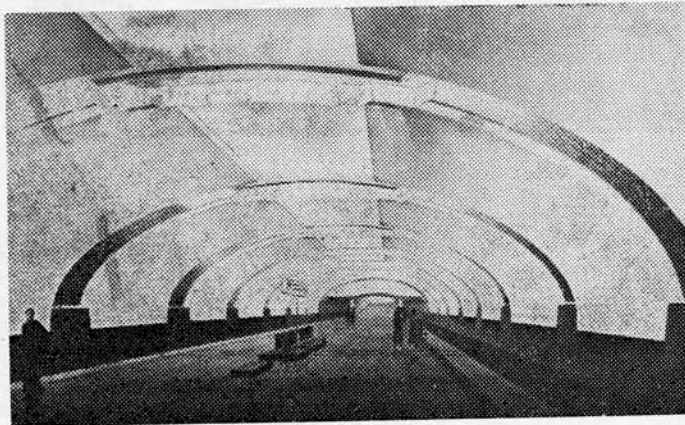
Одновременно с выдачей документации на строительство первой очереди Минскметропроект подготовил технико-экономическое обоснование второй линии длиной 13 км с 10 станциями — от «Проспекта Пушкина» до «Автозаводской». Утверждено ТЭО новой трассы. Вторая линия пройдет перпендикулярно первой, свяжет северо-запад с большим жилым массивом и промышленной зоной Минска. Проектируется также продление первой линии от «Московской» на один перегон в микрорайон «Восток». □

СИЛУЭТЫ НОВЫХ СТАНЦИЙ

И. КОЗЛОВА

ВАЖНЫМ штрихом к портрету столицы Белоруссии станут первые метровокзалы (две станции уже переданы в руки отделочников). Архитектурный облик 8 станций пускового участка метро Минска несет определенную идейную нагрузку, их оформление и названия увязаны с местонахождением на трассе.

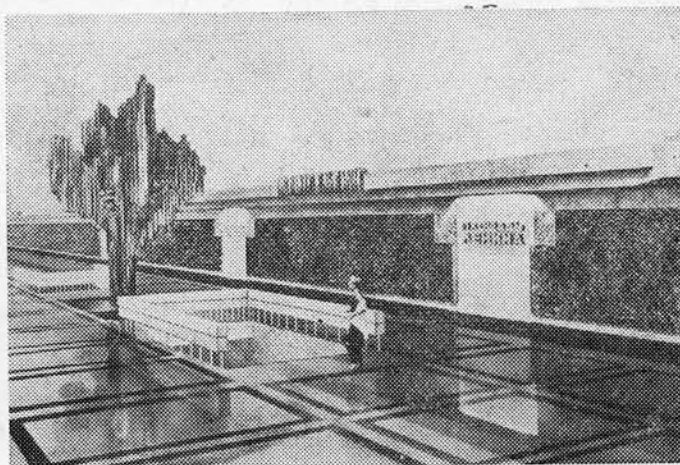
Станция «**Институт культуры**» (В. Ивличев — Белгоспроект). Назначение этого подземного вокзала — обслуживать крупный перспективный жилой массив города. Конструкции односводчатой станции — из монолитного и сборного железобетона. Свод, несущий основную художественную нагрузку, «прорезан» в определенном ритме падающими. В его архитектурных элементах предусмотрены плоские декоративные люстры. На торцах перрона — художественные панно из стекла и смальты с включением скульптурных барельефных композиций, идея которых служит белорусской культуре. Стены подземных переходов и кассовых залов также украшены панно. Кассовый зал — колонный. Стены и колонны облицованы мрамором, полы — гранитные.



«Институт культуры».

Односводчатая станция «**Площадь Ленина**» (Л. Левин, Ю. Градов — Минскпроект). Необычность конструктивного решения — в новой форме свода и в значительной по сравнению с другими станциями протяженности под землей (один выход — к железнодорожному вокзалу, другой — на одноименную площадь); архитектурно — в оригинальной планировке платформенного зала, его освещении, информационной установке и др. Лейтмотив торжества ленинских идей звучит в пламенном сиянии алого знамени из оргстекла с подсветкой в центре станционного вестибюля и в цвете основного облицовочного материала стен платформы — темно-красного мрамора. Освещение перонного зала задумано скрытыми светильниками за боковыми надплатформенными карнизами. Последние служат одновременно информационным поясом. Основную задачу в создании образа станции «Площадь Ленина» автор сформулировал так: добиться современности, простоты и своеобразия. И она решена успешно.

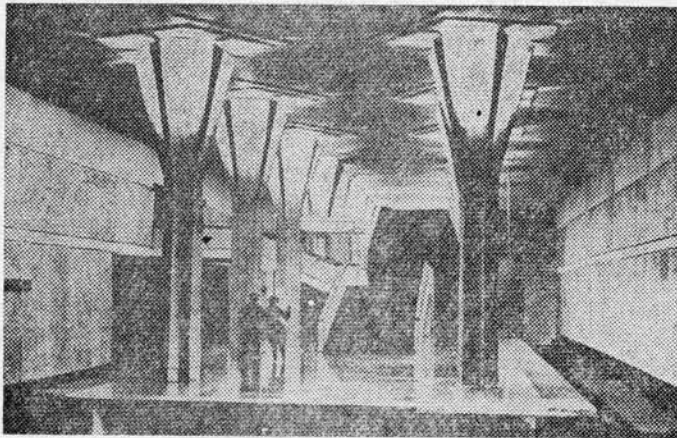
Под Центральной площадью Минска строится станция «**Октябрьская**» (Ю. Вдовин, М. Тренин — Метрогипротранс). На торцевых стенах платформенного зала авторы предложили оформить художественные панно. Реализовать идею воплощенного в жизнь Октября в ее историческом развитии — такова, по словам Ю. Вдовина, цель архитекторов и художника проекта. На панно будут отображены революционные события, годы первых пятилеток, Великая Отечественная война (Хатынь, партизанское сопротивление) и время мирного созидания Белоруссии. Основным материалом — плиты из белого мрамора разных оттенков. Высота вестибюля позволит выполнить эти панно строгими и впечатляющими одновременно. Платформенная часть станции — трехпролетная, из монолитных железобетонных покрытий. Метровокзал будет отделан



«Площадь Ленина».

«Октябрьская» (Ю. Вдовин, М. Тренин — Метрогипротранс). На торцевых стенах платформенного зала авторы предложили оформить художественные панно. Реализовать идею воплощенного в жизнь Октября в ее историческом развитии — такова, по словам Ю. Вдовина, цель архитекторов и художника проекта. На панно будут отображены революционные события, годы первых пятилеток, Великая Отечественная война (Хатынь, партизанское сопротивление) и время мирного созидания Белоруссии. Основным материалом — плиты из белого мрамора разных оттенков. Высота вестибюля позволит выполнить эти панно строгими и впечатляющими одновременно. Платформенная часть станции — трехпролетная, из монолитных железобетонных покрытий. Метровокзал будет отделан

гранитом и мрамором сортов «коелга», «возрождение», «сюскюнасаари». Колонны подземного вестибюля, облицованные светлым мрамором с вкраплением полос из цветного металла, расширяясь в верхней части, постепенно переходят в свод. Они подчеркивают монументальность



«Октябрьская».

станции и в то же время легкость ее интерьера. В капителях колонн установят основной источник света — люминесцентные светильники. Поскольку «Октябрьская» (так же, как «Площадь Ленина») планируется пересадочной на вторую линию Минского метрополитена, в центре платформы запроектирован лестничный сход.

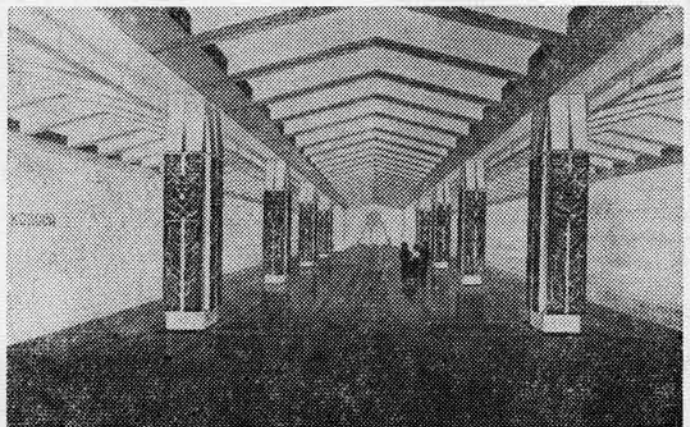
Колонны станции «Площадь Победы» (Б. Ларченко — Минскпроект) несут на себе не только ее своды, но и основную смысловую нагрузку. Поскольку они переходят снизу в электроосветительный колокол, то смотрятся, как вѣшники победного салюта. Задачу поможет решить не-



«Площадь Победы».

манское стекло. Основной отделочный материал — белый мрамор в сочетании с металлическими полосами должен создать у пассажиров мажорное настроение торжественности. Полы на посадочной платформе будут выложены из красного, остальные — из серого гранита. Путевые стены украсят фризы с геральдикой на военную тему. На входах в верхнем вестибюле задуманы художественные витражи из стекла. Название станции обязывает ко многому, считает автор проекта, особенно в городе, наиболее сильно пострадавшем в годы Великой Отечественной войны. И мера ответственности архитектора позволила преобразить станцию метро в подземный праздничный зал.

Художественно-декоративное оформление Минского метрополитена исключительно многогранно: сколько станций — столько граней его архитектурного облика. Отличительная черта «Якуба Коласа» (А. Зензин, М. Пирогов — Белгоспроект) — соответствие духу белорусского народа. Именно она выделяет «Якуба Коласа» из всего ряда проектов. Кропотливо, тщательно исследовали авторы материалы для отделки, уточняли детали оформления. И вот принят окончательный вариант: широко использовать керамику, разноцветные в стиле традиции белорусской архитектуры изразцовые плитки, которыми составят национальный орнамент. Его решено расположить в цент-



«Якуба Коласа».

ре подземного вестибюля — в облицовке колонн. Тему народного зодчества подчеркивают оригинальные стационные перекрытия в виде наклонных ребер, которые ассоциируются с деревянными стропилами деревенских домов в Белоруссии. Декоративные элементы акцентных мест перонного зала, кассовых вестибюлей и подземных переходов посвящены национальной поэзии. Светящиеся структуры в подземных переходах, выполненные из неманского стекла, созвучны белорусскому эпосу и фольклору. Освещение платформенного зала предусмотрено с помощью специальной установки отраженного света — над путями за боковыми односторонними карнизами и над платформой — за двусторонними карнизами. Для освещения кассовых залов приняты светильники с подвесным потолком из художественного стекла. В отделке станции будут применены естественные материалы — гранит и мрамор. В одном из двух подулочных входов на станцию

со стороны ЦУМа разместятся торговые киоски и рекламные витрины-выставки универмага.

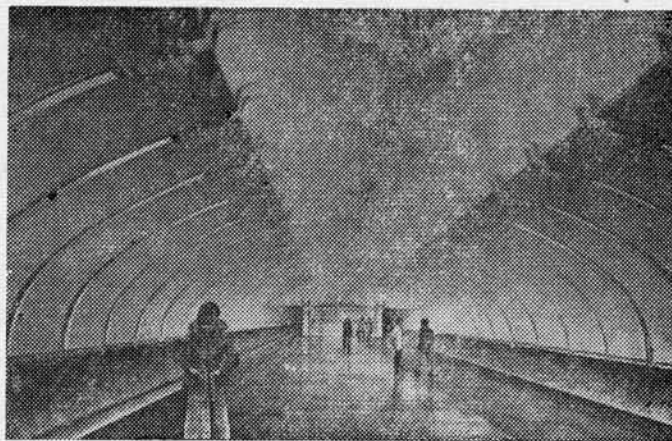
Станция колонного типа «Академия наук» (А. Зензин, М. Пирогов — Белгоспроект). Рядом находятся Академия наук БССР, институты и учреждения, которых немало в этом районе центральной магистрали Минска — Ленинского проспекта. Тема оформления станции также отвечает ее названию. О достижениях современной науки, в частности белорусской, подстрочно читаем мы в проекте. Выражает замысел архитектора геометрически строгая форма главного зала, решенная с помощью ритмически



«Академия наук».

повторяющегося ряда плит покрытий. Той же задаче подчинены декоративные панно в подземных переходах и на торцевых стенах в лестничных зонах. Станция будет выполнена в светлых тонах; колонны — из белого мрамора; их углы, цоколи и верх отделаны нержавеющей сталью, цоколи стен — лабрдоритом. Полы покроют темным полированным гранитом. В конструкции продольных балок подземного вестибюля вмонтируют светильники. Они призваны высвечивать потолок зала, остальная часть которого будет освещена отраженным светом.

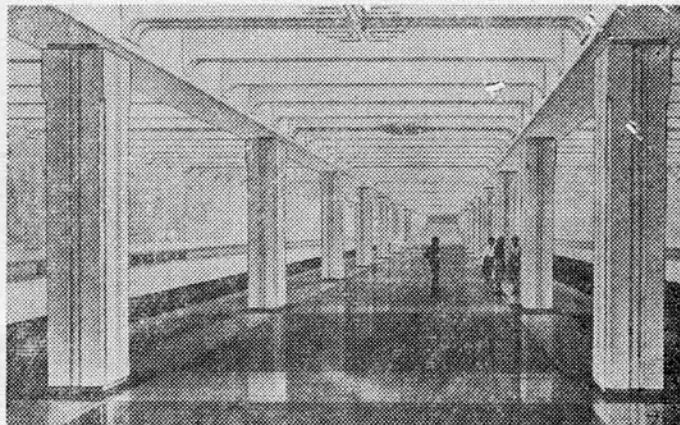
Односводчатая станция из двух подземных вестибюлей — «Парк Челюскинцев» (Б. Юртин — Минскпроект). Четыре лестничных схода расположены по обе стороны Ленинского проспекта. Большую зеленую зону отдыха минчан образуют находящиеся здесь Ботанический сад АН БССР, парк имени Челюскинцев и бульвар по улице Толбухина. Основная тема станции — гимн природе. Ей подчинен цвет облицовки путевых стен платформенного зала — серо-зеленый гранит. На торцевых стенах перон-



«Парк Челюскинцев».

ного вестибюля будут выполнены из декоративной керамики животные и растения. Свод станции расчленен крупными элементами, которые в сочетании с продольными нишами придают ей своеобразный облик. Большую роль в художественном оформлении должно сыграть освещение. В центральной части свода с шагом 12 м разместят люстры из неманского стекла в соответствии с ритмичным членением свода.

Своеобразным памятником дружбе русского и белорусского народов станет станция колонного типа «Московская» (Л. Погорелов — Минскпроект). Художественное оформление ее соответствует традиционной характеристике Москвы как белокаменного города: основной облицовочный материал стен и колонн вестибюлей — белый



«Московская».

мрамор «коелга». Из этого мрамора на путевых стенах платформенного зала будет выложена плитами композиция на тему Москвы — «Москва в дымке». Для отделки колонн, пола и некоторых декоративных элементов зала принят металл золотистого цвета. Его блеск и торжественность темно-красного гранита на полах явятся контрастом преобладающей светлой гамме красок. Для освещения всех помещений станции предложен единый прием — подвесной потолок в кессонах перекрытия из белого оргстекла, дающий рассеянный свет. В подземных переходах стены будут облицованы полированным светло-серым гранитом, ступени и лестничные площадки — темно-красным. □

ЭКОНОМИКА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ

С УЧЕТОМ НОРМАТИВНОЙ УСЛОВНО-ЧИСТОЙ ПРОДУКЦИИ

А. ЗАХАРЕВСКИЙ,
начальник сметного отдела Харьковметропроекта

ОСНОВНЫЕ проблемы механизации работ, трудоемкости строительства и материалоемкости решаются при проектировании.

Переход в XI пятилетке к планированию производительности труда в строительномонтажных организациях по нормативной условно-чистой продукции (НУЧП) позволит более объективно оценить уровень производительности труда, устранить преимущественную заинтересованность в выполнении в первую очередь материалоемких работ, а также будет способствовать применению более дешевых и эффективных материалов и развитию механизации.

В техническом проекте метрополитена Свердловска Харьковметропроектом были предложены односводчатые станции глубокого заложения с обделкой из монолитного железобетона. Станции предусматривается сооружать в скальных грунтах VII—VIII группы горным способом. Проходка пятых выработок осуществляется на полное сечение 36 м² с установкой временного крепления из металлических арок с затяжкой досками или же железобетонных анкеров длиной 2,5 м с затяжкой кровли сеткой, временное крепление кровли при разработке калотты выполняется железобетонными трехметровыми анкерами с затяжкой сеткой; обуривание забоев предусматривается установками СБУ, бурение скважин при разработке ядра — станками СВМК-5, отгрузка породы — породопогрузочными машинами ПНБ-Зк. Анализ технико-экономических показателей такой станции с учетом нормативной условно-чистой продукции представил ее значительные преимущества. Для сравнения принята строящаяся в настоящее время на II очереди метрополитена в Харькове пилонная станция «Пушкинская» из сборных железобе-

тонных тубингов $d=8,5$ м на базе пилот-тоннелей $d=5,5$ м.

Приведенные данные (табл. 1) показывают, что выработка при планировании по-новому в процессе возведения односводчатых станций возрастает на 57%. В то же время сооружение такой станции в настоящее время снижает экономические показатели строительной организации.

В настоящее время Харьковметропроектом закладываются аналогичные

станции в технический проект метрополитена в Днепропетровске.

Расчеты нормативной условно-чистой продукции по различным объектам и видам работ метрополитенов показывают, что наиболее эффективна — работа с применением машин и механизмов независимо от вида конструкции. В таблице 2 приведены показатели для различных участков перегонных тоннелей в условиях Харькова.

В настоящее время сметная документация разрабатывается с выделением НУЧП с целью создания нормативно-сметной базы для планирования производительности труда. Однако сметные нормы, которые создавались 20 лет назад, по многим видам работ отсутствуют либо не соответствуют фактической технологии производства. Различие это наиболее существенно в прогрессивных решениях: станции из укрупненных элементов, односводчатые станции с передвижной опалубкой, тоннели с цельносекционной обделкой и т. д. Необходимо, чтобы решение этих вопросов нашло отражение в новых сметных нормах. □

Таблица 1

Показатели	Единицы измерения	Односводчатая станция из монолитного железобетона	
		Пилонная станция из сборных железобетонных тубингов	
Сметная стоимость подземной станции (платформенный участок)	тыс. руб.	838	1441
в том числе нормативная условно-чистая продукция	"	333	336
Трудоемкость сооружения станции	т.-чел.-дней	20,2	32,3
Выработка на одного человека в год	тыс. руб.	10,1	11,3
Выработка НУЧП на одного человека в год	"	4,12	2,61
Материалоемкость:			
бетон и железобетон	м ³	4200	4560
чугун	т		1450
арматура, прокат	"	1050	885

Таблица 2

Показатели	Единицы измерения	Тоннели закрытого способа работ с чугунной обделкой		Тоннели открытого способа работ с цельносекционной обделкой (в котловане со свайным креплением)
		сооружаемых механизированным щитом	сооружаемых обычным щитом	
Сметная стоимость участка	тыс. руб.	725	1678	2211
в том числе нормативная условно-чистая продукция	"	162	353,5	449,6
Трудоемкость	т.-чел.-дней	6,44	20	19,15
Выработка на 1 человека в год	тыс. руб.	28,3	21	28,9
Выработка НУЧП на 1 человека в год	"	6,3	4,41	5,89

РАСЧЕТ УСИЛИЙ ПРОДАВЛИВАНИЯ ТОННЕЛЕЙ

П. ВАСЮКОВ,
инженер

ПРОДАВЛИВАНИЕ тоннелей как техническое средство пересечения железнодорожных линий, автомобильных дорог, водных и других препятствий широко применяется в подземном строительстве, в том числе в области метроостроек.

Успешное использование этого способа зависит от правильного определения основных расчетных параметров: предельного усилия продавливания при заданном расстоянии продвижения обделки тоннеля; максимального расстояния, на которое может быть продавлена обделка при заданном усилии.

Очевидно, что если первую задачу считать прямой, то вторая является обратной по отношению к первой.

При проектировании тоннеля целесообразно определять предельное усилие продавливания, то есть решать прямую задачу, так как расстояние, на которое необходимо продавить тоннель, входит в число исходных данных.

Определение предельного усилия продавливания имеет решающее значение для назначения рациональной схемы сооружения и выбора эффективного оборудования в зависимости от конкретных условий строительства. В том случае, когда общее усилие гидродомкратов продавливающей установки равно или больше потребной предельной величины усилия, может быть использована простейшая технологическая схема. Она предусматривает одну основную домкратную установку без применения дополнительных мероприятий по уменьшению усилия продавливания. В противоположном случае необходимо изменить технологическую схему и принять специальные меры, снижающие силы сопротивления.

Эти мероприятия могут быть объединены в следующие группы:

1) снижение сил трения, действующих по наружной поверхности продавливаемой обделки:

нагнетание глинистого (бентонитового) раствора за обделку,

покрытие наружной поверхности элементов конструкции антифрикционными материалами (полимерными пленками, эпоксидной смолой, техническими маслами и т. д.),

протягивание стальных лент в зазоре между обделкой и грунтом;

2) выделение сил лобового сопротивления из общего сопротивления продавливанию:

применение головной ножевой секции с собственной домкратной группой;

3) разделение общего сопротивления продавливанию на отдельные составляющие:

использование промежуточных домкратных установок.

По применяемой технологической схеме обычно разраба-

тывают два котлована — в одном размещают продавливающую домкратную установку, другой используют для выхода головной ножевой секции и ее демонтажа. Котлованы имеют вертикальные стены, закрепленные шпунтом или сваями с затяжкой. Они, как показали исследования, влияют на усилие продавливания, уменьшая его, вследствие зависания грунта вблизи стен. Это уменьшение проявляется тем сильнее, чем короче участок продавливания.

Учитывая сказанное, можно выделить два расчетных случая определения усилия продавливания:

1-й случай (общий) — участок продавливания значительной относительной протяженности, $L/H > 6 \div 8$, где H — толщина слоя грунта над тоннелем, L — общая длина продавливания. В данном случае влияние стен котлованов мало сказывается на величине усилия продавливания, и уменьшением этого усилия можно пренебречь;

2-й случай — участок продавливания малой относительной протяженности, $L/H < 6 \div 8$. Здесь стены котлованов могут существенно уменьшить усилие продавливания, и это целесообразно учитывать при проектировании. В одних условиях учет данного фактора позволяет уменьшить требуемую величину, в других — увеличить плечо продавливания при заданной грузоподъемности домкратной установки.

Рассмотрим 1-й расчетный случай. Предельное усилие продавливания P в прямолинейном направлении должно удовлетворять условию

$$P \geq W \quad (1),$$

где W — общее сопротивление продавливанию, определяемое по формуле

$$W = W_{л.с.} + W_{тр} \quad (2).$$

Здесь $W_{л.с.}$ — лобовое сопротивление вдавливанию головной ножевой секции в грунт;

$W_{тр}$ — боковое сопротивление трения грунта или материала окружающей тоннель среды по наружной поверхности обделки.

Учитывая (2), можно записать условие (1) в виде

$$P = k(W_{л.с.} + W_{тр}),$$

где k — коэффициент запаса (условий работы), который следует принимать равным в пределах $1 \div 1,1$ в зависимости от полноты исходных данных.

Между составляющими $W_{л.с.}$ и $W_{тр}$ имеется разница: если $W_{л.с.}$ — величина постоянная (при неизменных условиях продавливания), то $W_{тр}$ — переменная, нарастающая по мере увеличения расстояния продавливания. При этом необходимо отметить, что основную часть общего усилия составляет $W_{тр}$.

Лобовое сопротивление $W_{л.с.}$ может быть установлено двумя способами: теоретическим, на основе методов теории предельного равновесия сыпучей среды, и практическим, путем обобщения данных измерений и опыта продавливания. Например, для головной пожевой секции комплекса КМ-35 с чугунной обделкой перегонного тоннеля метрополитена наружным диаметром 6 м, продавливаемой в разнозернистых песчаных грунтах естественной влажности, лобовое сопротивление $W_{л.с.}$ составляет 350—400 тс по данным измерений на строительстве Рижского радиуса метрополитена в Москве.

Сопротивление трения $W_{тр}$ следует определять по следующей формуле

$$W_{тр} = [2(q + p)D_n + g] f_0 y + \pi D_n c_0 y \quad (3),$$

где D_n — наружный диаметр обделки;

q — вертикальное равномерно распределенное давление грунта на обделку;

p — горизонтальное равномерно распределенное давление грунта;

g — вес единицы длины обделки;

f_0 — коэффициент трения окружающей среды по обделке;

y — текущее расстояние, на которое продавлена конструкция, считая от начальной точки;

c_0 — сцепление между окружающей средой и обделкой.

Вертикальную и горизонтальную нагрузку рекомендуется вычислять по указаниям СНиП*. Ввиду небольшой глубины залегания продавливаемых тоннелей и ведения работ, как правило, в мягких грунтах с коэффициентом крепости 0,5—1,2 по М. М. Протодьяконову вертикальная нагрузка возникает от веса всей толщи породы над тоннелем, так как вероятность сводообразования в таких условиях мала.

Для мелкого заложения расчетная вертикальная нагрузка q составит

$$q = n_q \cdot q^n,$$

где $n_q = 1,1$ — коэффициент перегрузки;

$$q^n = \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i — \text{нормативное вертикальное давление;}$$

$\gamma_i h_i$ — объемный вес и толщина i -того слоя грунта над тоннелем;

n — количество слоев.

Расчетное горизонтальное давление по СНиП определяют по формуле

$$p = n_p p^n,$$

$n_p = 1,3$ — коэффициент перегрузки;

p^n — нормативное горизонтальное давление.

$$p^n = \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i \cdot \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (4),$$

где φ — угол внутреннего трения грунта.

В формуле (4) в СНиП приводится кажущийся угол внутреннего трения. Для продавливания в мягких грунтах следует принимать действительный угол внутреннего трения, определяемый по результатам испытания образцов грунта.

Горизонтальное давление p^n можно вычислить также путем умножения вертикального давления q^n на коэффициент бокового распора, который принимают по опытным данным:

для глинистых грунтов

пластичной консистенции 0,4

твердой » 0,3

для песчаных грунтов

при пористости $\geq 40\%$ 0,4

» » $< 40\%$ 0,3

Большое влияние на величину предельного усилия продавливания оказывает коэффициент трения материалов, находящихся в контакте. Как показывают исследования, коэффициент трения определяется силами молекулярного взаимодействия и видом контакта: упругим (в местах контакта поверхностей трущихся материалов возникают упругие деформации) и пластическим (пластические деформации). Поскольку при продавливании нормальное давление по своей величине во много раз меньше нагрузки, вызывающей пластическое течение материала обделки, контакт носит упругий характер. Это значит, что в случае отсутствия смазки между контактирующими материалами трение зависит лишь от молекулярных составляющих — сцепления на контакте (адгезии) и коэффициента при нормальном давлении. Таким образом, здесь имеет место закон трения Кулона, что и позволяет для определения силы трения применить двухчленную формулу (3).

Величина коэффициента трения зависит от многих факторов и, прежде всего, от физико-механических свойств контактирующих материалов, геометрических характеристик поверхности (шероховатости и волнистости), динамики процесса скольжения.

При определенном сочетании свойств материалов и геометрии контакта сдвиг может происходить не по контактной поверхности, а внутри прилегающего к обделке слоя окружающей среды в результате ее пластического деформирования. Сдвиговые деформации грунтовой среды отвечают закону Кулона. Отсюда следует, что сдвиг по контактной поверхности наблюдается при соблюдении следующего условия

$$\sigma_n \text{tg} \varphi + c \geq f_0 \sigma_n + c_0,$$

где σ_n — нормальное к поверхности контакта давление, c — сцепление грунта.

Указанное условие состоит в том, что тангенциальное напряжение в прилегающем слое грунта больше удельной силы трения на контакте.

Если сцепление на контакте c_0 и сцепление грунта c отсутствуют или незначительны, условие сдвига по контактной поверхности приобретает вид

$$\text{tg} \varphi \geq f_0.$$

При его нарушении в формулу для определения сопротивления продавливания (3) вместо коэффициента трения f_0 подставляется тангенс угла внутреннего трения грунта $\text{tg} \varphi$, а сцепление на контакте c_0 заменяется сцеплением c грунта.

При продавливании скольжение на контакте носит характер статического трения, так как скорости взаимного проскальзывания контактирующих материалов во много раз (10^3 — 10^4 раз) меньше значений, при которых коэффициент трения начинает зависеть от скорости.

Коэффициент трения окружающей тоннель среды по обделке принимают в зависимости от вида находящихся в контакте материалов:

сталь — [песок] мелкозернистый		крупнозернистый
сухой	0,57	0,48
влажный	0,61	0,50
бетон — песок		
сухой	0,78	0,72
водонасыщенный	0,67	0,60

* СНиП П-44-78. Нормы проектирования. Тоннели железнодорожные и автодорожные. М., Стройиздат, 1978.

бетон — глинистый грунт	число пластичности I_p		
	0,04 супесь	0,12 суглинок	0,22 глина
показатель консистенции			
$I_L = 0$	0,81	0,84	0,67
$I_L = 0,5$	0,70	0,70	0,53
$I_L = 1$	0,36	0,19	0,09

сталь—сталь (без смазки) 0,14—0,18
 сталь — бентонитовая глина (раствор плотностью
 1,06—1,08) 0,10—0,15

Если при продавливании возможны различные сочетания материала окружающей среды и обделки, то следует принимать средневзвешенный коэффициент трения \bar{f}_0 с учетом соотношения площадей контактируемых поверхностей соответствующих пар материалов.

$$\bar{f}_0 = \frac{\sum_{i=1}^m f_{0i} \cdot n_i}{100},$$

где f_{0i} — коэффициент трения i -той пары контактирующих материалов;
 n_i — процент площади контакта i -той пары;
 m — количество пар материалов.

Второе слагаемое сопротивления $W_{тр}$ в формуле (3), зависящее от сцепления на контакте c_0 , учитывается не всегда. При продавливании в несвязных песчаных грунтах им можно пренебречь. В связных глинистых грунтах сцепление способно привести к существенному росту сил сопротивления. В этих условиях необходимо различать трение покоя и трение скольжения. В состоянии покоя сопротивление сдвигу возрастает в сравнении с процессом скольжения из-за усиления адгезионных связей между обделкой и окружающим грунтом. В практике строительства используется технологический прием уменьшения сопротивления продавливанию во время длительных перерывов в работе, состоящий в периодических проталкиваниях обделки на небольшие расстояния. Такое средство препятствует восстановлению нарушенных адгезионных связей и сводит сцепление на контакте к минимальной величине. Необходимость учета сцепления c_0 должна анализироваться в каждом конкретном случае. Однако вопрос количественной оценки сил сцепления связного грунта и обделки тоннеля нуждается в дальнейших исследованиях.

Как показано, усилие продавливания тоннеля в большой степени зависит от характеристик трения на контакте — сцепления и коэффициента трения. Чтобы повысить надежность и точность расчета усилия продавливания, необходимо при проектировании проводить детальные инженерно-геологические изыскания для более полного выявления геологического строения грунтовой толщи и дополнительно к обычным измерениям физико-механических свойств грунта производить определение характеристик трения для каждого вида грунта, залегающего на участке продавливания. □

ИСПЫТАНИЕ ОПЫТНЫХ АНКЕРОВ

Э. МАЛОЯН, В. РАЮК,
кандидаты техн. наук;

И. МАЛЫЙ, В. МИШАКОВ, С. ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ,
инженеры

НА СТРОЯЩЕЙСЯ станции «Южная» Серпуховского радиуса Московского метрополитена проведены экспериментальные работы по установке четырех опытных анкеров, забуренных в забой котлована. Цель — исследование форм и размеров в зоне заделки, проникновения цементного раствора в окружающие грунты. При разработке грунта до уровня второго яруса крепления опытные анкеры были откопаны. Схема их установки приведена на рис. 1.

Геологические условия представлены глинистым грунтом и мелкозернистым песком с прослойками пылеватого кварцевого песка и глины (до 0,1 м). Рабо-

чая зона анкеров находилась в песчаных грунтах.

Размеры анкеров назначались из условия их полного вскрытия при разработке котлована. Устанавливали анкеры двух типов.

Тяга анкеров первого типа (1 и 3) имела защитную ПВХ-трубу только по свободной ее длине — 3,5 м, а усилие растяжения на инъекционное тело передавалось по другой половине тяги, т. е. по незащищенной рабочей длине.

Анкеры второго типа (2 и 4) имели защитную ПВХ-трубу по всей длине тяги, а на нижнем конце — упор из металлической пластины $d=115$ мм и гай-

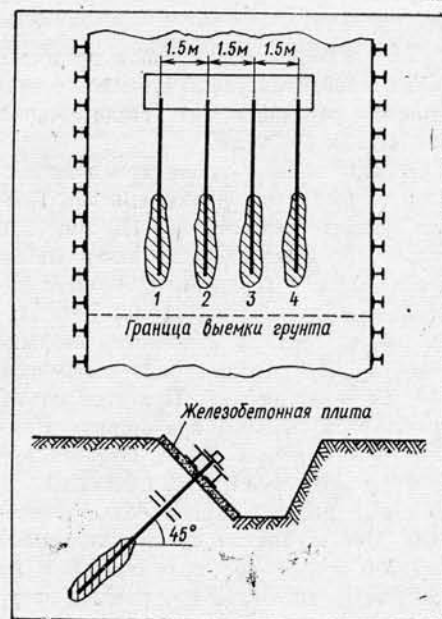


Рис. 1. Схема установки опытных анкеров.

ки. В этом типе анкеров инъекционное тело работает на сжатие, так как усилие передается в конце анкера через упорное устройство. Каждый анкер снабжен инъекционной трубкой для повторного нагнетания с 4 отверстиями, покрытыми изоляционной лентой.

Таблица

Показатели	Анкеры			
	1	2	3	4
Максимальная несущая способность P_{\max} , т	67,5	13,5	27	13,5
Максимальная деформация S_{\max} , мм	33,56	5,35	11,56	6,46
Остаточные деформации $S_{\text{ост}}$, мм	16,28	1,71	8	3,95

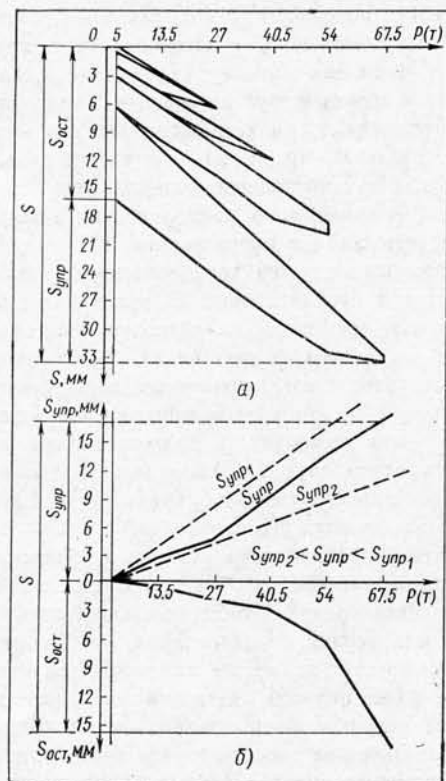


Рис. 2. Графики: «усилия-перемещения» (а); упругих и остаточных перемещений (б) по результатам испытания анкера 1.

Тяга анкеров обоих типов представляла собой арматурный стержень с винтовым рифлением из стали марки St 110/135; \varnothing 32 мм.

В испытаниях пользовались комплектом оборудования фирмы «Бауэр». После бурения скважины ($d=120$ мм) под углом 45° в нее вводился анкер. Затем производилось первичное нагнетание цементного раствора с В/Ц=0,4 (без давления) до полного заполнения скважины, а через сутки под давлением 40 атм — вторичное. При этом объем раствора в анкере 1 при вторичном нагнетании составил 200 л. Отмечен выход раствора через устье скважины. В анкер 3 раствор уходил без ограничения. При вторичном нагнетании закачено 350 л раствора под давлением до 20 атм: в анкерах 2 и 4 раствор сразу стал выходить через устье скважины.

Натяжение анкеров происходило через 10 суток после вторичного нагнетания. Упором служила железобетонная плита, вдоль которой установили два пояса из двутавровых балок № 45. Деформации упора в процессе натяжения регистрировались датчиками часового типа с точностью до 0,01 мм.

Испытания проводились осевой растягивающей ступенчато возрастающей нагрузкой с выдержкой на каждой сту-

пени до затухания деформаций и последующим ступенчатым разгрузением анкеров, которые испытывались до максимальной несущей способности по грунту. Эти данные приведены в таблице.

На рис. 2а представлен график испытания анкера 1, показавшего наибольшую несущую способность, на рис. 2б — графики упругих $S_{\text{упр}}$ и остаточных $S_{\text{ост}}$ перемещений анкера в зависимости от усилий натяжения. Кривая упругих перемещений $S_{\text{упр}}$ находится между верхней $S_{\text{упр}(1)}$ и нижней $S_{\text{упр}(2)}$ граничными линиями.

$$S_{\text{упр}(2)} < S_{\text{упр}} < S_{\text{упр}(1)};$$

$$S_{\text{упр}(1)} = (l_c + 0,5 l_a) \frac{N}{E \cdot F};$$

$$S_{\text{упр}(2)} = 0,8 l_c \frac{N}{E \cdot F},$$

где l_c — свободная длина анкера;

l_a — длина заделки анкера;

N — усилие натяжения;

F — площадь сечения тяги;

E — модуль упругости материала.

Верхняя граница $S_{\text{упр}(1)}$ соответствует удлинению анкерной тяги при увеличении свободной длины на половину предусмотренной длины рабочей части анкера; нижняя граница $S_{\text{упр}(2)}$ — уменьшению на 20% свободной его длины*.

Очевидно, у анкера 1 фактическая свободная длина существенно не отличается от назначенной и действительные упругие деформации близки к расчетным. Под остаточными перемещениями понимаются деформации заделки $S_{\text{ост}} = S - S_{\text{упр}}$.

Через месяц после установки произвели раскопку анкеров. Ее результаты показали следующее.

Тело инъекции анкера 4 (с упорной пятой) представляет собой по всей длине цилиндр с диаметром основания равным 127—134 мм. Шероховатость поверхности цилиндра — 15—20 мм. Тяга анкера и инъекционная трубка находятся по центру цилиндрического инъекционного тела. Окружающий слой цементного раствора имеет толщину

* См. Руководство по проектированию и технологии устройства анкеров подземных сооружений. ВНИИГС, ЦНИИС, Ленинград, 1977.

40 мм. Из 4 отверстий на инъекционной трубке в двух не была прорвана защитная изоляционная лента.

Тело инъекции анкера 2 (с упорной пятой) аналогично анкеру 4. У нижнего фиксатора диаметр цилиндра равен 110 мм. В этом месте прочность раствора меньше, чем по остальной длине анкера ввиду отсутствия сцепления между раствором и пластмассовым фиксатором. Одно отверстие инъекционной трубки осталось непрорванным.



Рис. 3. Тело инъекции анкера 1.

При обследовании анкеров 2 и 4 установлено отсутствие сцепления между цементным раствором и пластиковой защитной трубой. Слой цементного раствора в рабочей зоне по длине ПХВ-трубы имел трещины и легко отделялся кусками. Выход раствора от вторичного нагнетания был замечен по контакту цементного тела с ПХВ-трубой.

Тело инъекции анкера 1 представляет собой цилиндр с уширением в центре рабочей длины (рис. 3). Осредненный диаметр — 240 мм. В месте пластмассового фиксатора — сужение до 145 мм. Тяга в рабочей зоне смеще-

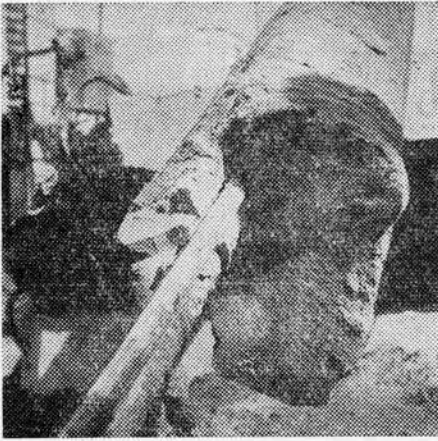


Рис. 4. Расположение тяги анкера 1 в цементном теле рабочей зоны.

на от центра к нижнему краю (рис. 4), т. е. раствор при вторичном нагнетании формировался не симметрично цементному телу, образованному при первичном.

Рабочая зона анкера 3 не имеет уширения. Она представляет собой цилиндр с примерно одинаковым диаметром по всей длине тяги (128—140 мм) и шероховатыми стенками. На инъекционной трубке не прорваны два отверстия. Обнаружен выход раствора в виде плиты толщиной 35—40 мм, простирающейся на значительном протяжении до контакту между песком и глинистой прослойкой.

Высокое давление (до 50 атм) при вторичном нагнетании в дальнейшем падало до 20 атм. В начале формирования цементного тела оно было значительным, а когда раствор нашел в грунте «слабое место», сопротивление спало и практически весь раствор ушел в зону контакта. Этим объясняется меньшая по сравнению с анкером 1 несущая способность анкера 3 и больший расход цементного раствора при вторичном нагнетании.

Результаты раскопки показали, что инъекционное тело может формироваться при выходе раствора не из всех отверстий трубки вторичной инъекции.

Чтобы не нарушать целостности рабочей зоны, пластмассовые фиксаторы в дальнейшем следует ставить в верхней части непосредственно перед началом рабочей зоны или в нижнем конце анкера.

Анкеры первого типа (1 и 3) имели более высокую несущую способность при меньшей остаточной деформации. В анкерах второго типа даже при небольших усилиях натяжения не удалось получить трещиностойкую рабочую зону. Это объясняется тем, что усилие натяжения передается на цементное тело через упор, имеющий относительно малую площадь. С ростом нагрузки цементное тело под упором разрушалось.

Раствор при вторичном нагнетании сразу выходил из устья скважины, имея свободный выход, по контакту с ПХВ-трубой. Поэтому при вторичном нагне-

тании не произошло увеличения диаметра рабочей зоны.

Повышение несущей способности анкера, у которого цементное тело работает на сжатие, требует увеличения площади передачи усилия на него от тяги. Кроме того, для повышения трещиностойкости целесообразно применять дополнительную рифленую трубу, передающую усилие по длине рабочей зоны.

Выводы:

рабочая зона инъекционных анкеров со вторичным нагнетанием образуется за счет уплотнения грунтовых стен скважины;

несущая способность этих анкеров пропорциональна давлению и количеству раствора вторичного нагнетания, однако последнее при второй инъекции не всегда указывает на увеличение несущей способности анкера, более характерно конечное давление при нагнетании;

при устройстве анкеров в смешанных грунтах надо тщательно контролировать количество раствора повторного нагнетания и возможное падение давления во избежание перерасхода цемента в связи с выходом раствора по границе слоев грунта;

при установке постоянных анкеров, рабочая зона которых должна работать на сжатие, анкерную тягу на длине зоны следует помещать в металлическую трубу с рифлением. □

МОСКОВСКОМУ МЕТРОСТРОЮ — 50



«Электроводская»

О СТАТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ ОБЖАТЫХ ОБДЕЛОК

С. СИЛЬВЕСТРОВ, К. БЕЗРОДНЫЙ, О. АНТОНОВ, П. СТЕПАНОВ,
кандидаты технических наук

ПРИ СООРУЖЕНИИ Ленинградского метрополитена оборудовали четыре опытных участка для изучения статической работы конструкций. Тоннели проходили в плотных сухих протерозойских глинах на различной глубине. Обделки представлены двумя типами конструкций тюбингов (блоков), причем в последних вариантах применяли обжатие на одном участке в лотке, на другом — на горизонтальном диаметре.

Для определения усилий в сечениях элементов обделок использовали две методики: по измеренным местным деформациям и с помощью стальных динамометрических шпилек со струнными датчиками, монтируемыми в продольных швах.

В Ленинградской лаборатории ЦНИИСа разработана методика по определению усилий в железобетонных стержневых элементах по измеренным деформациям с учетом ползучести, старения бетона и перераспределения напряжений между арматурой и бетоном.

Участок № 1 включает 5 колец обжатой в породу обделки из блоков РБ, собранных без перевязки швов. Обжатие производили на горизонтальном диаметре. Зазор от разжатия фиксировали винтовыми шпильками и заполняли бетоном.

Участок № 2 — из 6 колец обжатой конструкции того же типа. Здесь для сравнительных исследований применена необжатая обделка из блоков РБ с перевязкой швов и связями между элементами в кольцевых стыках.

Семь колец обжатой обделки из блоков типа РБ с разжатием в лотке включили в участок № 3. Зазор от разжатия фиксировали металлическими вставками из двух отрезков стальных труб и заполняли бетоном.

Участок № 4 оборудован на обжатой обделке 5-ВНЛ-2.

По установленным приборам и мерным базам проводили длительные (до 6 лет) наблюдения. Результатом явилось определение нормальных сил в кольце, эксцентриситетов приложения нормальных сил и нагрузок, действующих на обделку. В табл. 1 представлены величины нормальных сил в элементах конструкции. Единицы измерения условные.

Нормальные силы вычислялись с учетом ползучести бетона и без учета (упругое решение). В последнем случае величины нормальных сил больше. Из таблицы видно, что в шельге свода они почти вдвое меньше, чем на горизонтальном диаметре

(участок № 3). Сравнение усилий в обжатой и необжатой обделках показало несколько более высокое значение нормальных сил в первых (участок № 2).

Изгибающие моменты при упругом решении превосходят моменты при решении с учетом ползучести бетона. В табл. 2 представлены вычисленные по экспериментальным данным величины эксцентриситетов.

Эксцентриситеты приложения нормальной силы в той и другой обделке практически одинаковы. Эксцентриситеты в шельге свода в 2—3 раза больше, чем на горизонтальном диаметре.

По полученным внутренним усилиям в сечениях элементов определены контактные давления, действующие на обделку. В табл. 3 представлены величины напряжений в процентах от γH .

Контактные напряжения на горизонтальном диаметре в 2,5 раза больше, чем в шельге свода. Примерно такое же соотношение получено на обычных необжатых обделках перегонных тоннелей из железобетонных тюбингов, собранных с перевязкой швов.

Различие в контактных напряжениях объясняется неодинаковой податливостью протерозойских глин в горизонтальном (параллельно слоистости) и вертикальном направлениях. Так, длительный модуль деформации

Таблица 1

№ участков	Место определения нормальных сил	Тип обделки	Значения нормальных сил, ед. усл.	
			вычисленные по местным деформациям	определенные по струнным датчикам
1	горизонтальный диаметр	обжатая	59	—
2	•	•	100	—
3	горизонтальный диаметр	необжатая	90	—
	шельга свода	обжатая	21	24
4	горизонтальный диаметр	•	55	—
	•	•	28	27

Таблица 2

№ участков	Тип обделки	Место определения	Значения эксцентриситетов, см			
			упругое решение		с учетом ползучести бетона	
			среднее	максимальное	среднее	максимальное
1	обжатая	горизонтальный диаметр	1,3	2	1,2	1,7
2	необжатая	•	1,2	2,9	0,9	2,4
		•	1,3	4	0,9	2,4
3	обжатая	•	2,2	5,4	2	4,7
		шельга свода	6	6,8	5	5,9

Таблица 3

№ участка	Тип обделки	Место измерения	Продолжительность наблюдений, мес.	Средняя величина напряжений, % γ H	Максимальная величина напряжений, % γ H	Коэффициент вариации
1	обжатая	горизонтальный диаметр	14	78	96	0,27
2	необжатая обжатая	•	72	37	54	0,30
		•	72	38	48	0,16
3	•	шелыга свода	3	12	12	0,13
		горизонтальный диаметр	3	30	52	0,36
4	•	•	3	22	29	0,30

первых в 2,5 раза меньше, чем вторых. Характер распределения контактных давлений показывает, что относительная податливость обделок тоннелей больше, чем вмещающих протерозойских глин.

Примерно одинаковые соотношения контактных напряжений в шелыге и на горизонтальном диаметре для многослойных (обжатых в породу) и железобетонных тубинговых обделок говорят о подобии их совместной работы с окружающим массивом.

Сравнивая значения контактных напряжений по периметру обделки и характер их нарастания во времени для обжатых и необжатых обделок, можно отметить, что большая величина контактных напряжений в первом случае объясняется большей реализацией перемещений контура выработки во втором. Обжатая обделка раньше вступает в контакт с породным контуром и включается в совместную работу с окружающим массивом, что подтверждается также более интенсивным ростом контактных напряжений.

Параллельно с исследованиями усилий в элементах конструкции про-

водили наблюдения за изменением геометрических размеров колец, для чего заложили марки, расстояние между которыми измерялось рулетками с точностью до 1 мм. По периметру каждого кольца было закреплено пять точек: 1, 5 — несколько ниже горизонтального диаметра; 2, 4 — в своде под углом 45° слева и справа от вертикального диаметра; 3 — в шелыге свода. Результаты наблюдений показали, что обделка в начальный момент совместной работы с массивом (примерно до 9 суток) подвергается всестороннему сжатию (табл. 4). Затем осадка свода замедляется и практически прекращается

Таблица 4

Сутки	Средние перемещения точек обделки во времени, мм				
	1	2	3	4	5
9	-2	-9	-19	-9	-5
80	0	-9	-20	-11	-1
143	2	-10	-16	-11	4

Примечание: знаком (-) отмечены перемещения, направленные внутрь выработки.

(точки 2, 3, 4), а конструкция ниже горизонтального диаметра (точки 1 и 5) претерпевает обратные перемещения.

Деформации обжатых обделок значительно отличаются от ранее исследованных необжатых. Так, в последних происходит осадка свода (точки 2—4) и «развал» колец на уровне горизонтального диаметра (точки 1, 5), причем величина этих перемещений гораздо больше, чем у обжатой. Это объясняется следующим: у необжатых обделок в начальный период отсутствует плотный контакт с породой, что приводит к описанным выше деформациям при развитии в первую очередь вертикальной нагрузки от горного давления.

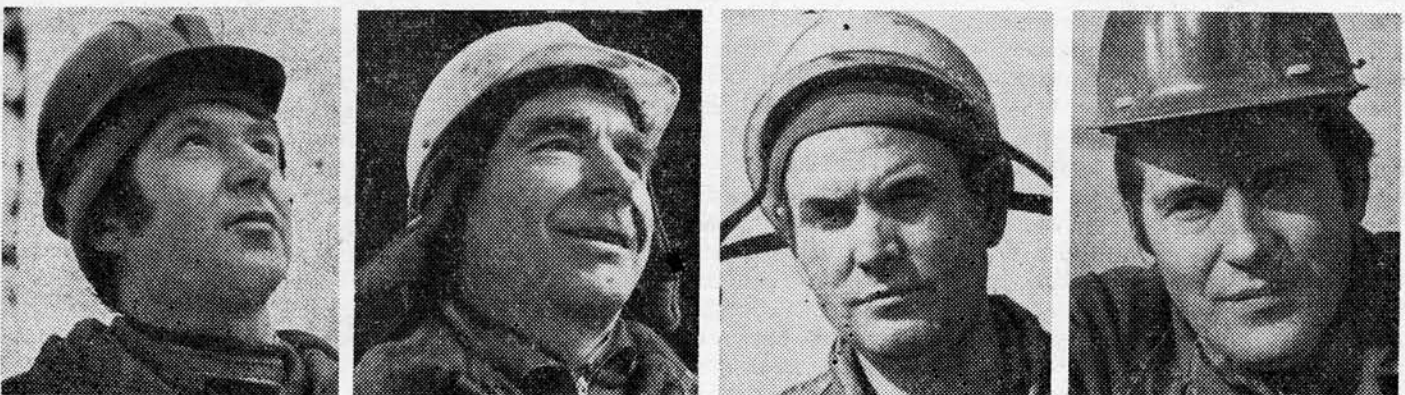
Выводы:

усилия, действующие в обжатых и необжатых обделках, на конечные моменты наблюдений близки по своим значениям и в большей степени зависят от характера взаимодействия конструкции с окружающим массивом (например, от промежутка времени между разработкой породы до вступления обделки в контакт с контуром выработки);

близкий характер распределения напряжений на контакте с породой сборных железобетонных обжатых и необжатых обделок говорит о сходстве их статической работы в грунте;

нормальные силы и эксцентриситеты в шелыге свода почти в два раза больше, чем на горизонтальном диаметре;

деформации обжатых обделок меньше и более равномерны по периметру, чем необжатых. □



Бригады Московского метростроя: В. Захаров, И. Гальченко, А. Афанасьев, Н. Трофимов

БИОГРАФИЯ ОДНОГО КОЛЛЕКТИВА

Г. ШКАРЛЕТ,

горный мастер



СТРОИТЕЛЬСТВО первой очереди. Десятки тысяч юношей и девушек, не имея достаточных знаний, опыта, пришли на Метрострой по путевкам комсомола и взялись за дело. Учились и строили, строили и учились. Сколько людей сменилось на Метрострое с тех пор, сколько раз передавалась трудовая эстафета из рук в руки!

За пятьдесят лет коллектив пятого строительного-монтажного управления, так же, как и всего Московского метростроя, прошел славный трудовой путь. Он и по сей день является правофланговым строителем столичного метро, одним из опытных и высококвалифицированных горняцких коллективов.

Первый экзамен был выдержан в 1935 г. на строительстве станции метро «Красные ворота» (ныне «Лермонтовская»). Далее — перегоны «Динамо» — «Белорусская» и «Бауманская» — «Курская». Особенно памятна станция «Курская»-кольцевая.

В истории метростроения сооружения этой станции — одно из ярких, неповторимых событий: здесь всплотились все виды горностроительного искусства. Свод ее подпирают многотонные цельнометаллические колонны. Опустить их в тоннель, доставить к месту установки и смонтировать в стесненных условиях было сложной технической задачей.

Сделали специальные тележки для перевозки колонн по подходным штольням. Переделали все путевые хозяйства. На месте установки колонн оборудовали специальные подъемники. На монтаже первых трех колонн учились, а потом все пошло отлично. Основная тяжесть легла на плечи коллектива участка, возглавляемого К. Крюковым, и механизаторов во главе с М. Седых. Победила инженерная мысль плюс смекалка

рабочих. Решительность и самоотверженность в труде — главные составляющие, из которых слагалась победа. За сооружение «Курской»-кольцевой были удостоены Государственной премии: начальник строительства П. Сметанкин, главный инженер М. Сеткин, главный механик М. Седых, главный маркшейдер А. Курдюков, начальники участков К. Крюков и К. Овчинников, бригадир проходчиков А. Дотов, бригадир слесарей-монтажников И. Лапкин.

10 июля 1948 года в газете «Московский большевик на Метрострое» опубликовали фотографии трех бригадиров и статью под заголовком «Три богатыря труда». В ней рассказывалось о бригадирах проходчиков Г. Авдюхове, П. Ананкове и Ш. Миняеве. На целый месяц они опередили график проходки наклонного хода в пльвунных породах в районе Курского вокзала, за что получили вторую премию во Всесоюзном социалистическом соревновании.

Участок, на котором работали эти бригады, возглавлял Н. Федоров, ныне начальник СМУ № 5. Перед эскалатором станции «Курская» ими построен просторный круглый зал с большой колонной посередине, которая удерживает четверть площади Курского вокзала. Сооружение уникального зала обеспечило беспрепятственное движение большого потока людей на обеих станциях метро и крупнейшем вокзале столицы.

Во время войны на строительстве этой станции первой и единственной в истории Московского метро женщиной-взрывником стала Зинаида Григорьевна Самородская, которая была (также на Метрострое) зачинателем движения за овладение несколькими смежными профессиями. Она овладела десятью специальностями: взрывник, машинист руки эректора, лебед-

чик, машинист насоса, тельферист, машинист электровоза, откатчик, ствольной-рукоятчик, машинист шахтного подъема, машинист козлового крана.

Нелегко было возводить станцию «Арбатская» — одну из самых крупных в Москве. Большой приток воды, сложная геология, неустойчивые грунты постоянно требовали громадного напряжения сил. Каждый трудился с максимальной отдачей. Всего два года потребовалось метростроителям СМУ № 5 для завершения этой великокопной станции. Работа велась через один ствол с тремя подъемными устройствами, под третий подъем использовался лесопуск.

От объекта к объекту росло мастерство коллектива. Строители СМУ № 5 в числе первых осваивали новые проходческие механизмы, более совершенную технологию работ.

Новый этап биографии коллектива — сооружение станции «Рижская» и перегонных тоннелей между «Рижской» и «Проспектом Мира». Работали под девизом «Каждому трудовому дню — рабочий контроль». Не теряли ни минуты. Резервный ствол станции «Рижская» прошли за рекордно короткий срок — 18 дней. Погрузка породы велась механизированным способом при помощи пневмогрейфера БЧ-1. При проходке ствола одновременно его полностью армировали, устанавливали направляющие, вентиляцию, кабельное хозяйство, водоотлив, а также монтировали подъемную машину, эстакаду, копер. Горный комплекс был готов через 27 дней. На

участке работали бригады проходчиков Г. Авдюхова, А. Кондрашева, М. Полякова. Здесь впервые на Метрострое соорудили механизированную эстакаду. Проходка шахтного ствола была выполнена за 20 дней.

Досрочно сдали и наклонный ход. Чтобы ускорить возведение станции «Рижская», впервые применили метод проходки станционных тоннелей встречными забоями. Сбойка станционных тоннелей была настолько точной, что тубинги сошлись отверстие в отверстие, без дополнительных прокладок. Ее осуществили во главе с маркшейдером, лауреатом Государственной премии А. Курдюковым.

На «Рижской» родилось постоянное действующее производственное содействие (ПДПС), которое помогает строителям и по сей день.

При проходке перегонных тоннелей между станциями «Рижская» и «Проспект Мира» впервые на Московском метрострое внедрен механизированный щит. С помощью этого щита коллектив В. Иванникова добился рекордного показателя — 203 метра тоннеля в месяц. На этом же участке освоили облегченный щит.

А впереди новая работа — строительство в обезвоженных песках станции «Университет» с двумя эскалаторными тоннелями, переходным тоннелем и двумя вестибюлями. Предполагалось возвести станцию открытым способом с выемкой грунта шагающим экскаватором. Но горняки решили по-другому: проходку вести закрытым способом с применением пилот-тоннеля. Высокое инженерное искусство проявил начальник участка А. Халтурин. Станция была построена за два года.

Одновременно возводили «Студенческую».

В 1961 г. СМУ № 5 сданы в эксплуатацию три станции: «Багратионовская», «Филевский парк» и «Пионерская». Высокое качество и темпы показали строители участков В. Телюкова и В. Захарова. Особенность заключается в том, что один коллектив сооружал не отдельно взятую станцию или перегон, а целую линию с тремя станциями.

Одновременно был проложен транспортный тоннель на Октябрьской площади участком В. Баркалова, в сложных условиях сооружен подземный пешеходный переход на улице Димитрова, у кинотеатра «Авангард».

В 1962 г. выдержан экзамен на строительстве станции «Ленинский

проспект»: участок Г. Гликина строил станцию открытым способом под действующими железнодорожными путями Окружной железной дороги без остановки движения поездов. В тот же год сдана в эксплуатацию «Академическая». Работа на этом радиусе отмечена радостными событиями: коллективу участка А. Халтурина (впервые на Мосметрострое) присвоено звание «Участок коммунистического труда»; бригада проходчиков И. Гальченко стала «Бригадой коммунистического труда». Это были первые зачинатели движения за коммунистический труд на Метрострое. Тогда же возникло движение «За коллективную ответственность за состояние охраны труда и техники безопасности в бригаде» по принципу — «один за всех и все за одного». На проходке перегонных тоннелей «Профсоюзная» — «Академическая» механизированным щитом в глинистых грунтах на небольшой глубине бригада проходчиков В. Ерохина дала за смену 5 м 11 см готового тоннеля. На этом перегоне получил путевку в жизнь московский способ сооружения тоннелей — на небольшой глубине без вскрытия дневной поверхности и перекладки подземных коммуникаций.

Московским способом — двумя горнопроходческими щитами прошли перегонные тоннели между «Войковской» и «Соколом». Работой руководил начальник участка Л. Травин. Главный инженер Главтоннельметростроя П. Часовитин говорил тогда: «Участок Л. Травина является маяком не только Московского метростроя, но и Главка. У него на участке такой же порядок и чистота, как в действующем метрополитене».

В 1964 г. участок Горьковского радиуса с тремя станциями «Войковская», «Водный стадион» и «Речной вокзал» сдан досрочно.

На трудовом счету СМУ № 5 продолжение Кировского радиуса от «Сокольников» до «Преображенской», тупиковые тоннели и камеры съездов за станцией и понизительной подстанцией, а также венткамеры. На одном из участков строители искусно соорудили тоннель под домом.

На Ждановском радиусе между «Таганской» и «Пролетарской» в короткий срок, в сложных условиях и на небольшой глубине прошли щитами 700 пог. м тоннеля. Одновременно строили наклонный ход станции «Таганская», а также второй эскалаторный тоннель «Дзержинской» и

станцию «Каховская». Ее начали на год позже, чем остальные станции Замоскворецкого радиуса. Коллектив сумел вписаться в общий ритм и вместе со всеми завершить на 4,5 месяца раньше намеченного строительство радиуса. Здесь впервые был применен и освоен козловой двадцатитонный кран ККТС-20. Это позволило монтировать многотонные детали и преодолеть отставание. Работами руководил начальник участка Ю. Захаров; одной из лучших была бригада А. Смирнова (парторг участка).

Следующий этап — проходка перегонных тоннелей между «Октябрьской» и «Новокузнецкой», затем «Тургеневской» и «Колхозной». При строительстве станции «Тургеневская» соорудили переход на действующую «Кировскую». Средний зал этой станции впервые в практике метростроения возведен без остановки движения поездов. «Тургеневская» вступила в строй на год, а переход и средний зал «Кировской» — на два года раньше срока.

При сооружении пересадочного узла бригада проходчиков Д. Васина из 12 человек прошла за смену 1,24 м станционного тоннеля. Здесь же бригада проходчиков Н. Леденева, не имевшая случаев травматизма в течение десяти лет, выступила с почином «Работать высокопроизводительно, без травм и аварий!».

Еще одна из трудовых побед СМУ № 5 — сооружение среднего зала станции «Дзержинская» без нарушения графика движения поездов. То, что не удалось сделать на «Дзержинской» на первой очереди, завершено было в 1979 г. силами только одного участка, без замораживания грунтов.

В честь столетия со дня рождения В. И. Ленина наш коллектив включился во Всесоюзное соревнование за высокую культуру производства. По итогам Всесоюзного общественного смотра наше СМУ получило диплом первой степени. Участку Г. Гликина первому на Метрострое присвоено звание «Участок высокой культуры», звания же «Бригады высокой культуры производства» были удостоены бригады проходчиков Г. Авдюхова, Н. Леденева, И. Гальченко, А. Смирнова, В. Прилепского.

На «Площади Ногина» СМУ № 5 построило два наклонных хода, подземный вестибюль и два подземных пешеходных перехода с пятью выходами на поверхность.

Перегонные тоннели между станциями «Щукинская» и «Пушкинская» соорудили под каналом имени Москвы. Надо было вести проходку в нескольких метрах от дна канала. Работа здесь стала школой мастерства, мужества и формирования характеров.

На строительстве Краснопресненского радиуса коллектив внедрил целый ряд технических новшеств.

Сооружение перегонных тоннелей мелкого заложения при помощи проходческих щитов здесь велось без горного комплекса. Сделали пологий съезд в тоннель, самосвал вывозил породу из забоя, а в забой завозил тубинги и строительные материалы. Тем самым исключался горный комплекс: работа ствола с обслугой, электровозная откатка, экономия электроэнергии. Это позволило высвободить стволых, рукоятчиков, откатчиков, электрослесарей, машинистов электровоза. Экономия — сотни тысяч рублей.

Впервые на открытом способе работ тоннели из железобетонных блоков монтировались при помощи козлового крана ККУ-10. Проходчики стали монтажниками. Значительно возросли скорости. Так, бригада Л. Логвинова за 16 дней смонтировала 170 м тоннеля, бригада А. Смирнова — 200 м.

На строительстве трехпутной станции «Полежаевская» открытым спо-

собом на большой глубине в неустойчивых грунтах впервые применили химическое закрепление грунтов.

Проходку перегонных тоннелей между станциями «Калужская» — «Новые Черемушки» пришлось вести под действующими путями метрополитена, ведущими в Калужское депо, без остановки движения поездов. По данным маркшейдерских замеров, просадка путей не превысила 8 миллиметров — такая ювелирная работа была выполнена коллективом участка Г. Гликина.

На стройке впервые был применен метод бригадного подряда проходчиками Р. Нугаева. Этот метод сразу же дал положительные результаты.

На участке Э. Рубинчика впервые без горного комплекса была полностью механизирована выдача породы в вагонетках из тоннелей мелкого заложения. Механизировали также растворный узел.

В 1978 г. был сдан в эксплуатацию Рижский радиус. Наш коллектив соорудил станцию «Свиблово», перегонные тоннели к «Бабушкинской» и вытяжную ветку в депо метрополитена. Работы велись открытым способом.

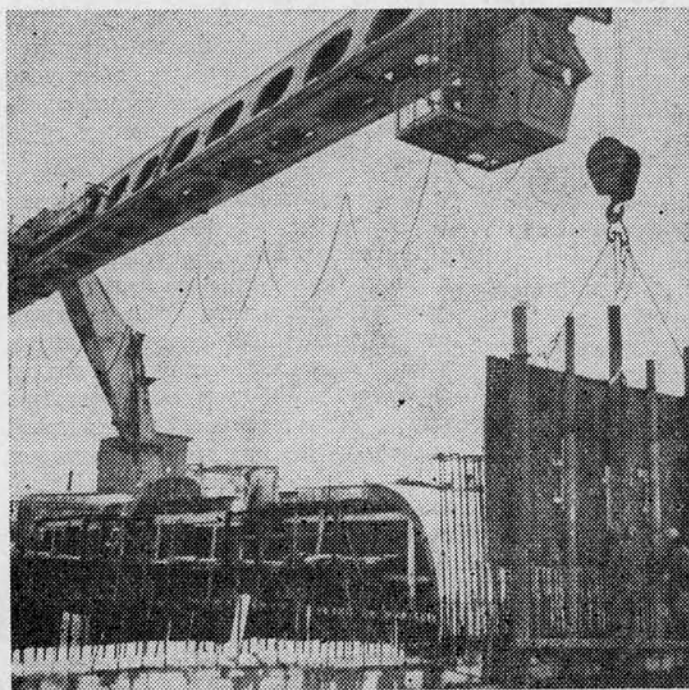
Бригада проходчиков-монтажников А. Смирнова, разбившись на три звена и работая круглосуточно, одним (вместо двух) краном ККТС-20 за два месяца построила среднюю часть

станции. Такого в истории метрополитена еще не было.

Половину работ на радиусе успешно выполнили методом бригадного подряда бригады проходчиков Н. Леденева, Р. Нугаева, А. Смирнова, М. Акиншина, В. Слободянюка, Н. Логунова и др.

Двадцатая станция СМУ № 5 — «Авиамоторная» — досталась коллективу тяжело. Проходка шла в неустойчивых грунтах, с большим притоком воды. Пришлось применить пилот-тоннель. К тому же надо было проложить перегонные тоннели в направлении к «Шоссе энтузиастов», межтоннельные выработки, вентиляционный ствол. И, главное, — освоить новый механизированный щит. Работниками СМУ № 5 внесено много усовершенствований в его конструкцию, в частности, пылеулавливающее устройство. На строительстве наклонного хода был впервые внедрен двухшкиповой подъем. Применены породопогрузочная машина, механизированный растворный узел для приготовления раствора для нагнетания и др.

Пятидесятилетний юбилей коллективы участков СМУ № 5 встретили ударным трудом на строительстве станций «Нахимовский проспект» и «Библиотека имени Ленина», перегонных тоннелей «Нахимовский проспект» — «Севастопольская» и «Севастопольская» — «Чертановская». □



Строится станция «Чертановская»



ТБИЛИССКОМУ МЕТРО — ПЯТНАДЦАТЬ

Д. ДЖИНДЖИХАДЗЕ,
главный инженер Тбилисского метрополитена

ПЯТНАДЦАТЬ лет прошло с памятной даты 11 января 1966 г., когда первые станции Тбилисского метрополитена имени 50-летия Великого Октября — «Дидубе», «Электродеповская», «Октябрьская», «Вокзальная» и «Руставели» приняли пассажиров на 6,7-км участке. Через пять лет число станций увеличилось до 11, а протяженность трассы достигла 12,6 км. Четвертый по счету в СССР и тридцать первый в мире Тбилисский метрополитен по абсолютному объему перевозок занимает сейчас 4-е место в стране и 27-е в мире. По количеству перевозимых за сутки пассажиров он вышел на второе место в СССР и в мире.

Метрополитеновцы Тбилиси первыми в Союзе внедрили щекинский метод обслуживания электропоездов и эскалаторов одним машинистом, без помощника; отключили освещение в тоннелях; своими силами оборудовали диспетчерскую централизацию движения поездов и телеуправление рядом эксплуатационных процессов, что позволило высвободить более 800 специалистов разных профессий и дало экономический эффект свыше 1,5 млн. руб. в год.

Первые успехи стали возможными благодаря братской помощи метрополитеновцев Москвы, Ленинграда и Киева. Они подготовили основные кадры ведущих профессий, помогли в освоении устройств и сооружений. Отделка станций и вестибюлей Тбилисского метро палитрой расцветок обязана лучшим материалам, добываемым из недр Украины, Карелии, Сибири, Средней Азии, Грузии.

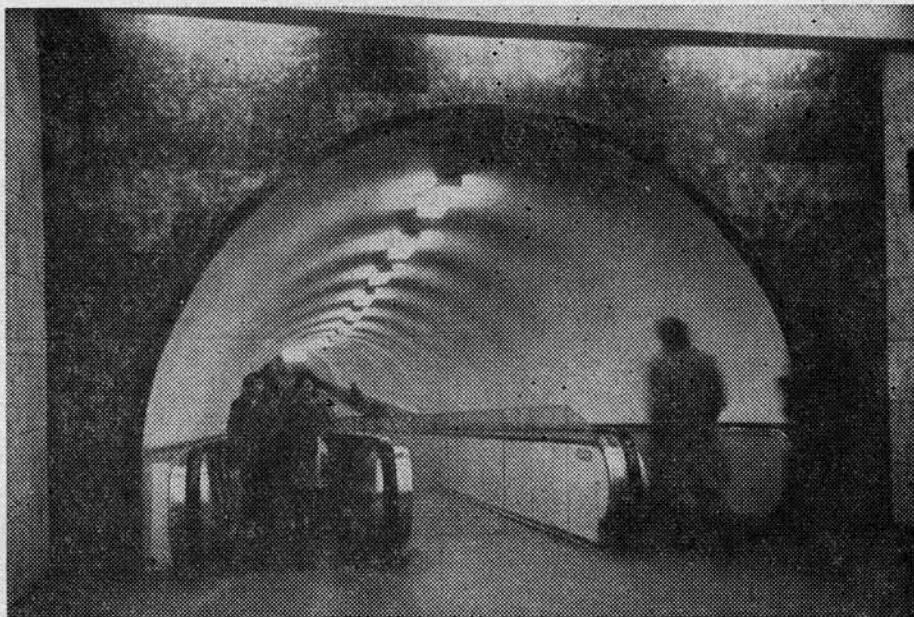
Метрополитеновцы Тбилиси со своей стороны участвовали в подготовке кадров, изготовлении отдельного оборудования, выполнении монтажных и наладочных работ для метро Ташкента и Еревана.

В 1979 году пущена вторая — Сабурталинская линия с пятью станциями. Теперь общая длина трасс 18,8 км с 16 станциями. Если в первом году работы метрополитена им пользовались 55 тыс. пассажиров в

никами молодежи, составляющей половину коллектива. Добросовестный труд обеспечил тбилисским метрополитеновцам неоднократные победы в социалистическом соревновании.

Постоянное стремление к освоению достижений научно-технического прогресса — залог наших успехов. Собственная типография, вычислительный центр, пущенная впервые в республике система ИИСЭ-48 для автоматизированных коммерческих расчетов за электроэнергию, система автоматического контроля микроклимата на станциях, автоматический пуск эскалаторов, электронные сумматоры для подсчета пассажиров, автоматическое регулирование скорости поездов — это лишь часть новшеств, которые дают экономический эффект более 400 тыс. рублей ежегодно.

С 1981 г. на Тбилисском метрополитене будут удлиняться пассажирские



Движущийся тротуар в подземном переходе станции «Самгори»

сутки, то в настоящее время ежедневные перевозки составляют 450—500 тыс. человек, или 45—47% от всей численности населения города.

Комфорт, точность, скорость и безопасность — эти неотъемлемые для метро качества обеспечивают замечательные труженики трехтысячного коллектива. Среди них — более 400 человек работают со дня пуска: 76 ветеранов труда, 45 кавалеров орденов и медалей, более 50 ветеранов Великой Отечественной войны, 120 победителей соцсоревнования, 1000 ударников коммунистического труда — вот те, кто являются настав-

платформы на 7 станциях для перехода их на пятивагонные составы. Выполнены важнейшие работы по укладке новых перекрестных съездов на станции «Электродеповская» с привлечением восстановительных средств дороги без остановки движения поездов.

В настоящее время ведется ускоренное строительство новых участков метро. Удлиняется 12,6-км линия «Дидубе» — «Самгори» до 20 км, будет возведено пять новых станций, а также комплекс вагонного и моторного депо. Пуск их намечен в два этапа — в 1983 и 1984 гг. □

СТРОИТЕЛЬСТВО ГОРОДСКИХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

Л. МАКОВСКИЙ,
канд. техн. наук

В ШВЕЙЦАРСКОМ городе Цюрихе на новых автомагистралях сооружаются два крупных автотранспортных тоннеля.

Тоннель Milchbuck (1310 м) заложен под автомагистралью в плотно застроенной части города на глубине от 6 до 25 м (рис. 1, а).

Инженерно-геологические условия на северном участке тоннеля длиной 960 м характерны перемежающимися пластами водоносных известняков, мергелей и песчаников. На южном — залегают плотные и неоднородные моренные грунты с включением неустойчивых илистых и песчаных прослоек, насыщенных водой под давлением до 0,3 МПа. Моренные отложения имеют следующие геотехнические характеристики: плотность от 16,5 до 23 кН/м³, влажность — 7%, пористость — 20—25%, сцепление — 10—15 кН/м², угол внутреннего трения — 30—35°, модуль деформации — 40—200 МН/м².

Тоннель сводчатого поперечного сечения шириной 14,3 и высотой 12,1 м рассчитан на трехполосное движение в одном направлении (рис. 1, б). Максимальный продольный уклон тоннеля — 27‰, ширина проезжей части 10,85 м, боковых тротуаров — по 0,8, высота транспортного габарита — 4,5 м. В дальнейшем намечается соорудить параллельный ему тоннель.

Строительство затруднено величиной принятого поперечного сечения выработки (площадью 140 м²), а также неблагоприятной геологической обстановкой на сравнительно небольшой глубине и т. д.

Прежде всего, это относится к 350-м южному участку тоннеля, где традиционные методы проходки вызвали бы нарушение поверхности земли, осадки зданий и сооружений, деформацию дорожного покрытия. Поэтому южный участок решено было пройти закрытым способом под защитой мерзлот-

ной завесы в виде ледогрунтового свода, образованного горизонтальными скважинами, пробуренными внутри тоннеля. Такая технология, хотя и трудоемка, сдерживает темпы строительства и требует больших материальных затрат, но обеспечивает безопасность работ, исключает сложные операции по укреплению фундаментов зданий, позволяет свести к минимуму нарушение уличного движения и избежать осадок поверхности земли.

В дополнение к обычным инженерно-геологическим исследованиям проведены эксперименты в лабораторных и натуральных условиях по изучению свойств замороженных грунтов, установлению необходимых параметров замораживания,

технике бурения горизонтальных скважин. Признано целесообразным произвести предварительное понижение уровня грунтовых вод с поверхности земли установкой 40 иглофильтров диаметром 300 мм по обеим сторонам тоннеля.

Строительные работы начали с вскрытия забойной котлована, из которого по контуру тоннеля с небольшим наклоном к его оси забурили замораживающие скважины диаметром 139,7 мм с шагом 1 м на глубину 30 м. Бурение первых 24 скважин производили круглосуточно 5 дней в неделю в течение 3 недель. В них поместили замораживающие колонки, по которым циркулировал раствор хлористого кальция, охлажденный до —40°С. Затем под защитой ледогрунтового свода начали проходку первой секции тоннеля заходками по 3,9 м. Верхнюю часть забоя разрабатывали гидравлическим экскаватором, установленным на специальной платформе, а нижнюю — врубной машиной избирательного действия, размещенной под платформой на подошве выработки (рис. 2, а). Моренные грунты оказались настолько плотными, что средняя скорость проходки не превышала 1,8 м/сут. при двухсменной работе. Сразу после разработки породы на длине заходки возводили первичную обделку из нескольких слоев набрызг-бетона, армированного стальной сеткой. На расстоянии 6—8 м от забоя бетонировали обрат-

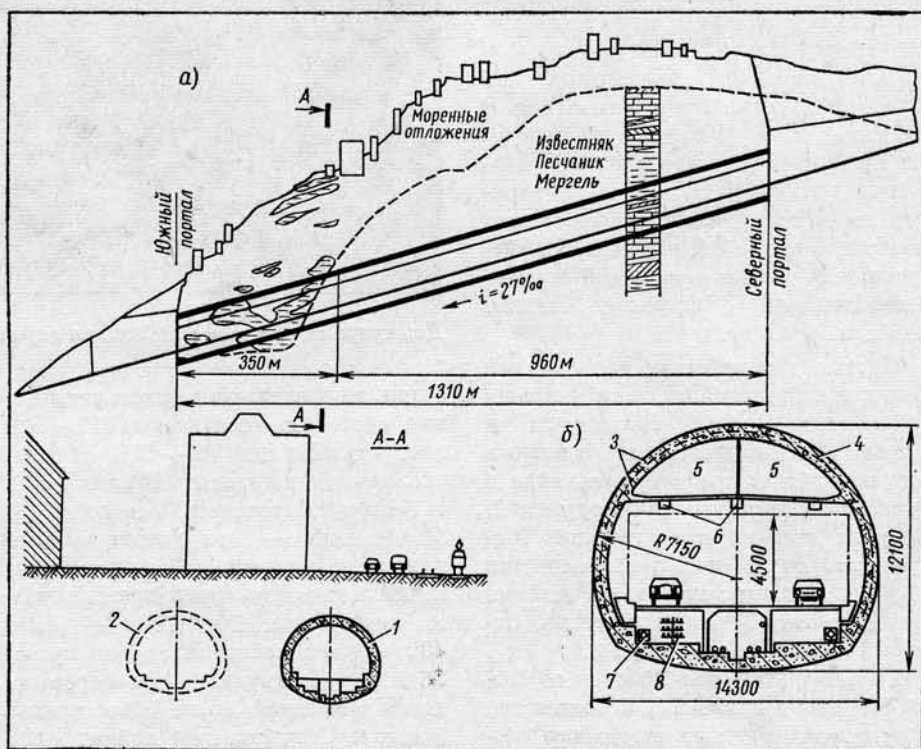


Рис. 1. Продольный профиль (а) и поперечное сечение (б) тоннеля Milchbuck: 1 — строящийся тоннель; 2 — проектируемый; 3 — обделка из набрызг-бетона; 4 — гидроизоляция; 5 — вентиляционный канал; 6 — светильники; 7 — водоотводные трубы; 8 — кабели

ный свод, а затем на внутреннюю поверхность свода и стен первичной обделки наносили пластиковую гидроизоляцию. И, наконец, устраивали вторичную обделку из слоя набрызг-бетона, усиленного стальными арками.

Забой не доводили до конца мерзлотной завесы, обеспечивая перекрытие соседней секции на 4 м. Чтобы пробурить замораживающие скважины второй и последующих секций, устраивали специальные камеры, уширя выработку на отрезке в 8 м до 180 м². Для образования ледогрунтового свода толщиной $d=1,5$ и $d=2$ м забуривали 16 и 24 скважины, размещая их по дуге окружности с центральным углом соответственно $\alpha_1=120$ и $\alpha_2=180^\circ$ (рис. 2, б).

Принятая технология обеспечивает быстрое закрепление выработки несущей конструкцией так, что свод из замороженного грунта работает на восприятие внешних нагрузок весьма непродолжительное время и на небольшой длине, что ограничивает деформации грунтового массива.

В процессе строительства южного участка систематически проверяли состояние поверхности земли, зданий и сооружений по трассе; смещения грунта и напряжения измеряли на различной глубине в нескольких поперечных сечениях индикаторами и экстензометрами, опущенными в пробуренные с поверхности скважины; контролировали температурный режим замораживания, образование и распространение мерзлотной завесы. Для этого из тоннеля были пройдены радиальные термометрические скважины. Осадки поверхности в пределах первой секции в результате понижения уровня грунтовых вод не превышали 5—10 мм, т. е. 0,5—1% от глубины водопонижения.

Деформации дневной поверхности, связанные с замораживанием грунтов, распространялись в обе стороны от оси тоннеля на ~20 м. Причем, отмечен подъем поверхности над стенами выработки — 20 мм, над шельгой свода — 70—100 мм. Осадки, вызванные проходкой, составили 2—4 мм по краям и 10—15 мм по оси тоннеля, что привело к уменьшению подъема поверхности земли, связанного с проявлением морозного пучения грунтов. Горизонтальные смещения грунтового массива достигали 25 мм и уменьшались с глубиной.

Результаты измерений в первой опытной секции тоннеля позволили скорректировать основные параметры замораживания и проходки для последующих этапов строительства. В частности, было установлено, что значительный подъем поверхности земли явился результа-

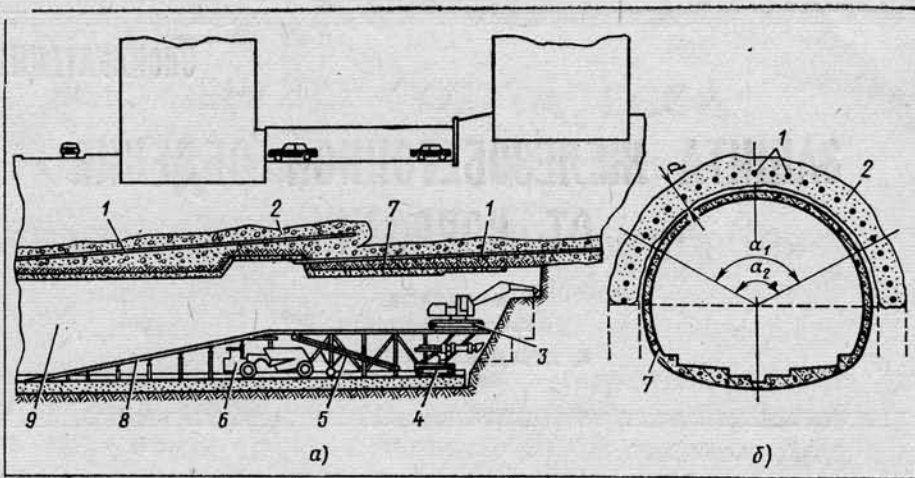


Рис. 2. Технологическая схема проходки тоннеля (а) и схема ледогрунтового свода над выработкой (б):

1 — замораживающие скважины; 2 — ледогрунтовый свод; 3 — экскаватор; 4 — врубовая машина; 5 — транспортер; 6 — думпер; 7 — обделка из набрызг-бетона; 8 — платформа; 9 — камера для бурения скважин.

том длительного и чрезмерно интенсивного замораживания и низких темпов проходки тоннеля. В дальнейшем замораживание грунтов производили в более сжатые сроки, в две стадии, с периодическим отключением замораживающей станции на 2—3 суток. Так, если в пределах первой секции время замораживания составило 110 суток, то затем оно было сокращено до 40 и даже до 7 дней. Кроме того, были повышены темпы проходки. Все это способствовало ослаблению проявления морозного пучения грунта и снижению максимального подъема поверхности земли.

Второй тоннель протяженностью 1428 м расположен на трассе автомагистрали под холмом Розенберг. Он состоит из двух параллельных выработок, предназначенных для двухполосного движения в каждом направлении. На одном из участков тоннели пересекают под углом существующий двухпутный железнодорожный тоннель и заложены под ним на расстоянии 3,9 м. Тоннели строят без прекращения движения поездов. Для предотвращения деформаций железнодорожного тоннеля было решено подвести под него две поддерживающие конструкции в виде мощных предварительно напряженных железобетонных балок, забетонированных в специально пройденных галереях (рис. 3).

Каждая поддерживающая конструкция состоит из двух продольных галерей длиной 27,6 и 47,4 м, соединенных между собой через 12 м поперечными галереями подковообразного поперечного сечения шириной 2,1 и высотой 2,7 м, расположенными на расстоянии 30,5 см от низа железнодорожного тоннеля в сильно слоистых мергелях и песчаниках. Порода здесь разрабатывали пренму-

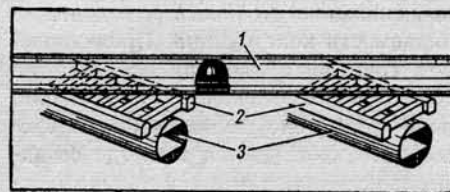


Рис. 3. Схема расположения автодорожных тоннелей в месте пересечения с железнодорожным:

1 — железнодорожный тоннель; 2 — поддерживающие конструкции; 3 — автодорожные тоннели.

щественно буровзрывным способом ограниченными заходками (по 0,5 м), применяя мелкошпуровые заряды и огневое взрывание.

Выработки крепили арками с затяжкой пространства между ними стальными пластинами, по которым наносили покрытие из набрызг-бетона. В пройденные таким образом поперечные галереи укладывали тяжи в виде пучков высокопрочной проволоки, заполняя галереи бетоном. Бетонную смесь укладывали также в продольных галереях на половину их ширины. После набора бетоном необходимой прочности пучки проволоки натягивали домкратами, закрепляя их на бетонных упорах в продольных галереях, которые затем были обетонированы полностью. Одновременно смонтировали механизированный щит (500 т) для проходки первого автодорожного тоннеля, оснащенный 4-стреловыми двухярусными рабочими органами фрезерующего типа и мощным ковшом. По мере проходки на хвостовой оболочке щита монтировали сборную железобетонную обделку, в которую агрегат упирался 35 гидравлическими домкратами. Скорость проходки составляла 4,5 м в сутки. □

ЗАЩИТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ОБДЕЛКИ ОТ КОРРОЗИИ

А. ЛАВРОВ,
канд. техн. наук;
В. ЛЕБЕДЕВА, Ю. ПЕТРОВ,
инженеры

ОПЫТ эксплуатации тоннелей метрополитенов показывает, что в ряде случаев железобетонная обделка подвержена коррозионному поражению и наблюдается значительное снижение стойкости и водонепроницаемости конструкций. Проникновение грунтовых вод происходит не только через стыковые соединения, но и через тело железобетонных блоков. Это наблюдается там, где создаются условия длительного увлажнения со стороны грунта. Такие участки появляются, когда в зоне прохождения трассы метрополитена есть илстые грунты, морская вода, сильно минерализованные грунтовые воды, солончаки, отходы химического производства, заболоченные места и пр. Подобные зоны определяются как весьма агрессивные по отношению к бетону.

Натурные обследования состояния обделок тоннелей в разных метрополитенах выявили причины и формы коррозионного разрушения:

недостаточная плотность бетона и тампонажа, недоучет агрессивности грунтовых вод и толщины защитного слоя в блоках обделки и коррозии арматуры;

течи в швах из-за низкой адгезии и плотности уплотняющих композиций.

На отдельных участках Московского метрополитена наблюдается расстройство швов в вентиляционных стволах, зачеканенных свинцовой проволокой и в железобетонных конструкциях, особенно в местах, подверженных температурным перепадам. Кроме того, возникают течи (капельные потеки) в зоне швов через кромки железобетонных блоков. Значительное количество повреждений из-за коррозии отмечено на Бакинском метрополитене, где под воздей-

ствием агрессивных грунтовых вод (содержание ионов хлора достигает 40000—50000 мг/л, а сульфатных ионов до 2000 мг/л) интенсивно разрушаются железобетонные блоки. Их защитный слой колеблется от 0,5 до 2 см вместо 5.

Развитие коррозионных поражений железобетонной обделки наблюдается также на Ленинградском и Тбилиском метрополитенах.

В условиях повышенной влажности и длительного воздействия на бетон агрессивных сред необходимо применять защитные покрытия повышенной стойкости. При выборе таких материалов для гидроизоляции наружных и внутренних поверхностей железобетонных обделок следует учитывать основные характеристики материалов — их технологичность, степень подготовки поверхности, на которую наносится покрытие, время практического его высыхания, оптимальная толщина защитной пленки. Анализ и исследования позволили выбрать для всестороннего изучения эпоксидно-каменноугольные композиции на основе смол Э-85 (ТУ6-10-1734-79) и МСЭ-1 (ТУ-10-70-10-77), а также полиизоцианатную смолу марки «К» (ТУ6-03-29-2-77). Характеристики этих материалов изучались как в лабораторных, так и в эксплуатационных условиях. Защитные свойства покрытий исследовали в камерах с высокой относительной влажностью — гидростате и аппарате искусственного климата. Испытания проводились на бетонных балочках 50×50×25 мм с приклеенной к ним полочкой полимерного материала 150×25 мм. Образцы с покрытиями в течение 6 мес. подвергались циклам увлажнения — высушивание. Через 2, 4, 6 месяцев выдержки фиксировались их прочностные характеристики. Результаты

приведены в таблице. Здесь же представлены показатели технологических и механических свойств полимерных композиций. Кроме того, изучалось влияние атмосферных условий на качество покрытий, для чего образцы помещались в аппарат искусственной погоды. Он работал по режиму: температура камеры +63°, относительная влажность воздуха в пределах от 35 до 98%, дождевание по циклу 2/18 (на 2 часа работы камеры 18 минут дождевания). Двумя лампами ПРК-2 облучались образцы; через определенное время их вынимали из камеры и испытывали на разрыв. Продолжительность испытаний — 10 циклов.

Устойчивость полимерных покрытий к агрессивным средам определялась экспонированием образцов в растворах — сульфата натрия и магния, соляной кислоте, едкого натра при 20°С на протяжении 1 года. По истечении 1, 3, 6, 12 месяцев устанавливались прочностные характеристики и внешний вид образцов (см. таблицу). Водопроницаемость изучалась на бетонных кругах с полимерными покрытиями. Испытания показали, что толщина пленки, нанесенная на поверхность бетона, должна быть в пределах от 0,5—1,0 мм. Наиболее высоким комплексом физико-механических характеристик обладает композиция на основе смолы Э-85. У нее наиболее высокая прочностная характеристика и адгезия к бетону по сравнению с покрытиями из смолы МСЭ-1 и полиизоцианата «К».

Покрытия из эпоксидно-каменноугольных материалов на основе смол Э-85 и МСЭ-1 имеют незначительную склонность к водонасыщению. Так, после 180 суток водопоглощение у Э-85 составило: 0,22%, у МСЭ-1 — 0,48%, почти в 2 раза ниже, чем у покрытия на основе продукта «К» — 0,99%. Эти материалы целесообразно применять в качестве защитных покрытий для железобетонных конструкций, эксплуатируемых в наиболее агрессивных подземных условиях. Их технологичность проверялась в условиях изготовления железобетонных блоков на одном из заводов, а также на эксплуатируемых участках Московского метрополитена. Определялись расход материалов, время высыхания в условиях эксплуатации, прочность сцепления (адгезия) покрытия с поверхностью бетона.

Гидроизоляционные покрытия на основе рекомендованных материалов

Таблица

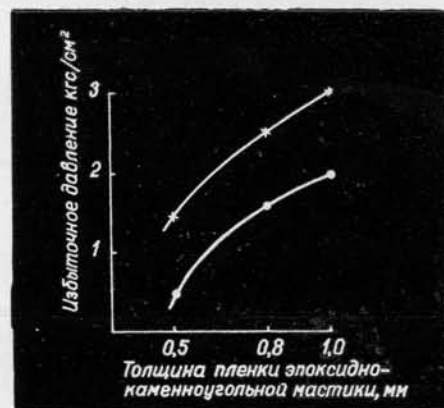
Наименование свойств	Эпоксидно-каменноугольные композиции на основе смол		Полиизоцианат марки «К»
	Э-85	МСЭ-1	
Время высыхания при температуре 18—22 °С, час.	24	24	1
Прочность при ударе, кгс/см.	40	35	15
Адгезия к бетону при нормальном отрыве, кгс/см ²			
на воздухе	32	22	30
в агрессивной среде	30	18	28
Предел прочности при разрыве, кгс/см ²			
при 18—22 °С	92	40	—
после старения в агрессивной среде			
через 1 месяц	88	35	—
3	84	30	—
6	82	28	—
12	80	22	—
Адгезия к бетону при отслаивании, после циклов увлажнения—высушивания, кгс/см			
через 2 месяца	3,1	2,4	—
4	3,0	1,0	—
6	2,5	0,6	—
Водопроницаемость, кгс/см ²	3	3	4
Водопоглощение, %	0,1	0,48	0,99
Относительное удлинение, %	40	30	—

готовились в соответствии с техническими условиями. Перед нанесением на защищаемые поверхности в эпоксидно-каменноугольную мастику и полиизоцианатную композицию вводили отвердитель — полиэтиленполиамин. Технологический процесс гидроизоляции поверхностей железобетонных туннелей проводился по схеме: поверхность предварительно очищали от цементной пыли и других видов загрязнения сжатым воздухом, затем заделывались каверны и трещины в бетоне; на подготовленную поверхность наносили грунтовочный слой из того же самого материала, но с меньшей вязкостью (25—30 сек, по ВЗ-4). Слой из эпоксидно-каменноугольной мастики (ЭКМ) с вязкостью 50—65 сек. доводили до рабочей вяз-

кости растворителем толуолом. Бетонную поверхность покрывали двумя слоями ЭКМ, общая толщина которых составила 150 мкм. Поверхность сплошная, ровная без пропусков, расход ЭКМ составил 0,5 кг/м². Время практического высыхания каждого промежуточного слоя — 18—20 час. при температуре 20—22°С.

Полиизоцианатная смола марки «К» наносилась на бетонную поверхность с вязкостью 55—65 сек. в два слоя. Получено ровное без пропусков покрытие, каждый слой которого высыхал в естественных условиях за 18 часов. Расход материала — 0,5 кг/см².

Результаты испытаний на заводе, производящем железобетонные конструкции, показали, что защитные



Изменение водонепроницаемости полимерных покрытий в зависимости от толщины пленки

—●— смола МСЭ-1.
—×— смола Э-85.

материалы технологичны и могут быть использованы в специальных участках или цехах, где производились бы подобные работы. Нанесение защитных материалов рекомендуется производить методом безвоздушного распыления установкой типа УБРХ-1М, Виза-1 или Факел-3. Однако в процессе транспортировки железобетонных блоков с покрытиями от завода-изготовителя на строительные площадки может быть повреждена защитного слоя. На наш взгляд, гидроизоляционное покрытие целесообразнее наносить непосредственно на площадке строящегося метрополитена.

Применение эпоксидно-каменноугольной мастики на основе смол Э-85 и МСЭ-1 и полиизоцианата «К» согласовано с Главным санитарным управлением МПС и Всесоюзным научно-исследовательским институтом железнодорожной гигиены. □

На 1-й стр. обложки: витражи «Юрий Гагарин» и «Покорение космоса» на станции «Проспект Гагарина» Харьковского метрополитена.

Фото М. Юрченко.

На 4-й стр. обложки: интерьер вестибюля «Исани» Тбилисского метрополитена.

Фото А. Спиранова.

Художественно-технический редактор Е. К. Гарнухин

Сдано в набор 04.05.81. Подписано в печать 03.07.81. Л-81406. Формат 60×90¹/₄. Бумага типографская № 1. Гарнитура новогаетная и литературная. Печать высокая. 4,0 печ. л.

5,32 уч.-изд. л. Тираж 4550 экз. Заказ 1513. Цена 30 коп. Адрес редакции: 103031, Москва, К-31, Кузнецкий мост, 20, 2-й этаж, телефоны: 295-86-02, 223-77-72.

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

253

№	Единица измерения	Количество	Цена за единицу	Сумма
1	м	10	100	1000
2	м	10	100	1000
3	м	10	100	1000
4	м	10	100	1000
5	м	10	100	1000
6	м	10	100	1000
7	м	10	100	1000
8	м	10	100	1000
9	м	10	100	1000
10	м	10	100	1000

