

МЕТРОСТРОЙ



МЕТРОСТРОЙ

6 1981

ИНФОРМАЦИОННЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

ИЗДАНИЕ МОСКОВСКОГО МЕТРОСТРОЯ И
ИЗДАТЕЛЬСТВА «МОСКОВСКАЯ ПРАВДА»

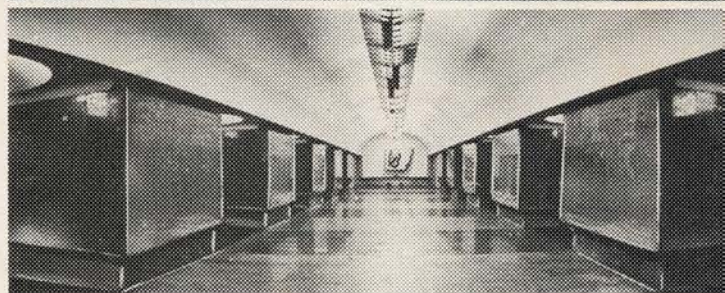
ОСНОВАН В 1932 ГОДУ

В НОМЕРЕ:

С. Власов, В. Ходош, Э. Гартштейн, Э. Каприелянц. Сооружение тоннелей больших сечений	1
С. Людиновский, В. Зборский, В. Осидак, И. Шавернев, И. Шамрин, Л. Чиснюк. Проходка через фундаменты путепровода	4
И. Василенко. Аэрационное осушение грунтов	5
К. Безрздый, П. Степанов, О. Антонов. Тоннели в четвертичных отложениях	8
Г. Завриева, Т. Канделаки, Е. Завриян. Исследования напряжений монолитно-прессованных бетонных обделок	10
П. Васюков. Расчет усилий продавливания тоннелей с учетом влияния стен котлованов	12
Крупноэлементные пространственные конструкции	15
В. Левин, М. Борисова. Совершенствовать планово-экономическую работу	17
Ю. Зильбербранд. Киевский скоростной действует	20
О. Лукинский, В. Лебедева, Н. Азизов, И. Шишкина. Противокоррозионная защита метрополитена	23
А. Ицкович. Стройдормаш-81	26
В. Ауэрбах, Н. Казновская. Установки для бетонирования тоннелей	27
Строительные и отделочные материалы	30
В. Маковский. Тоннели в сложных инженерно-геологических условиях	31

Редакционная коллегия:

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



СООРУЖЕНИЕ ТОННЕЛЕЙ БОЛЬШИХ СЕЧЕНИЙ

С. ВЛАСОВ, В. ХОДОШ, Э. ГАРТШТЕЙН,
кандидаты техн. наук;
Э. КАПРИЕЛЯНЦ,
инженер

ОБЪЕМ работ по сооружению тоннелей больших сечений (станционных, железнодорожных, автодорожных, гидротехнических) постоянно увеличивается. Особенно заметен рост строительства железнодорожных и автодорожных, что связано с прокладкой транспортных магистралей в горных районах страны. Если в предыдущем пятилетии Главтоннельметрострой соорудил 27,5 км горных тоннелей, то в XI пятилетке предусмотрено около 60 км.

Районы строительства горных тоннелей характеризуются, как правило, большим количеством геологических нарушений — слабоустойчивые и неустойчивые породы с коэффициентом крепости от 0,5 до 4 и притоками трещинно-жильных вод от 200 до 700 м³/ч. В таких условиях проходка железнодорожных тоннелей диаметром 8,5÷9,5 м ведется щитовым способом, а автодорожных и более крупных железнодорожных — традиционными горными с раскрытием профиля по частям: способами опертого свода или опорного ядра. Последние характеризуются высокой трудоемкостью, низкими темпами работ, малопригодны для использования нового горнопроходческого оборудования. В этом случае весьма ограничено и проблематично применение щитового способа проходки. С одной стороны, создание щитов диаметром более 10—11 м затруднено по техническим причинам и связано с большими затратами на их изготовление, с другой — круглая форма сечения тоннеля ведет к необоснованному увеличению объемов работ.

Необходимо создать технологию, позволяющую сооружать тоннели большого сечения в слабых породах индустриальными методами. Для решения этой проблемы Главтоннельметрострой проводит комплекс мероприятий по повышению эффективности строительства. СКТБ Главка разрабатывает технологию проходки в слабых породах со сборной или монолитной железобетонной обделкой. За основу взяты традиционные способы, видоизмененные для

горнопроходческих работ с высокопроизводительным оборудованием и механизмами.

Область применения новой технологии — сооружение автодорожных тоннелей под габарит Г8 по СНиП II.44-78 и железнодорожных под габарит приближения строений по ГОСТ 9238-73 в песчаных, глинистых и полускальных раздробленных или трещиноватых породах.

В зависимости от горногеологических условий предусматриваются следующие варианты проходки сводовой части:

в сильнотрещиноватых, но сравнительно устойчивых породах с коэффициентом крепости $f_{кр}=1,5÷4$ — с использованием дугового блокоукладчика для монтажа сборной железобетонной обделки, опирающейся на забетонированные в ранее пройденных опорных тоннелях или штольнях стены;

в сильнотрещиноватых, слабоустойчивых грунтах с коэффициентом крепости $f_{кр}=1,5÷4$ шандорным полуцитом с одновременным возведением монолитной бетонной или железобетонной обделки;

в неустойчивых породах с коэффициентом крепости $f_{кр}=0,5÷1,5$ — шандорным полуцитом с одновременным монтажом дуговым блокоукладчиком сборной железобетонной обделки, опирающейся на забетонированные в ранее пройденных опорных тоннелях стены.

В каждом варианте необходимы дуговой блокоукладчик или шандорный полуцит, либо то и другое вместе. Механизмы будут изготовлены на Московском механическом заводе Главтоннельметростроя по проектам СКТБ.

Дуговой блокоукладчик представляет собой самоходный портал, передвигающийся по рельсам или балкам. Его проем рассчитан на пропуск породопогрузочной машины непрерывного действия ПНБ-3Д, автопогрузчика 4043М, буровой установки ИСБУ-2К. Портал оснащен площадками, откуда можно обуривать верхнюю часть забоя. Со стороны последнего портал имеет две консольно

вынесенные дуги, на каждую из которых укладывается половина блоков свода. При подъеме дуг обе половины свода устанавливаются на ранее забетонированные стены в проектное положение и замыкаются ключевым блоком.

Шандорный полуцит выполнен как корпус арочной формы. На его наружной поверхности расположены коробчатые шандоры, каждая из которых выдвигается двумя гидроцилиндрами по направляющим, укрепленным на корпусе. Он оснащен перегородками, где установлены породоразрушающие экскаваторные рабочие органы, и может оборудоваться выдвжными площадками для размещения проходчиков и механизированного инструмента, чтобы обуривать забой.

Полуцит позволяет вести проходку и возводить конструкцию с уширенными пятнами. Он передвигается без упора в обделку подтягиванием корпуса к выдвинутому к забою шандорам. Чтобы облегчить передвижение и корректировку, полуцит в нижней части оснащен вспомогательными гидроцилиндрами.

Основные технические характеристики полуцита:

площадь поперечного сечения выработки по наружной поверхности шандор, м ²	65
расчетная вертикальная нагрузка на полуцит от горного давления, кН/м ²	300
количество шандор, шт.	14
максимальный ход шандор при выдвжении, мм	600
максимальное усилие выдвжения шандор, кН	4000
количество экскаваторных рабочих органов, шт.	2
удельное давление опор полуцита на подошву выработки, МПа	2
установленная мощность электродвигателей, кВт	110

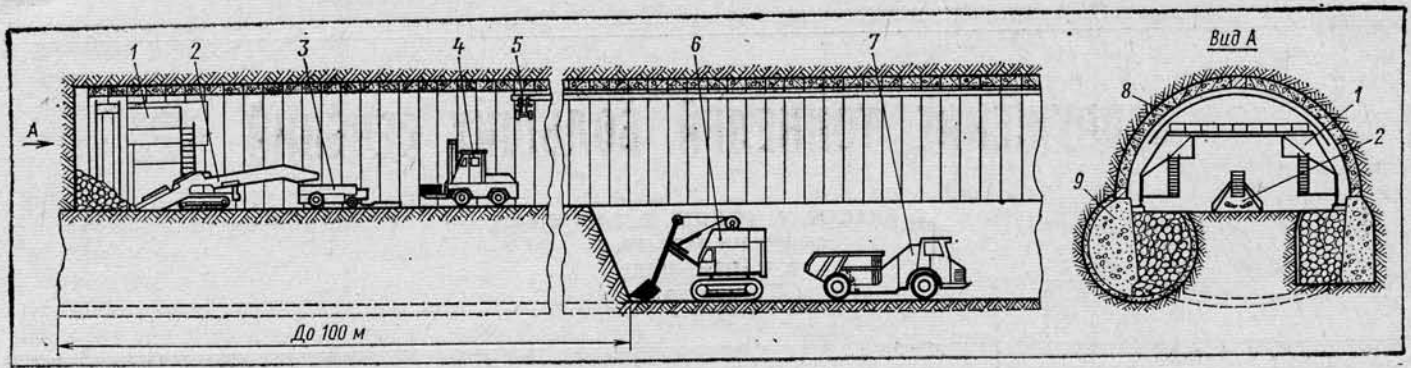


Рис. 1. Схема проходки тоннеля в относительно устойчивых породах:

1 — дуговой блокоукладчик; 2 — породопогрузочная машина ПНВ-ЗД; 3 — самоходный вагон ВС-5П1; 4 — автопогрузчик 4043 М; 5 — таль электрическая для подачи материалов; 6 — экскаватор подземный ЭО-5114; 7 — самосвал МоАЗ 6401-9585; 8 — сборная обделка свода; 9 — боковая опора.

Для возведения в хвостовой части полущита монолитной бетонной или железобетонной обделки одновременно с ним будет изготовлена шарнирная секционная опалубка. В зависимости от крепости породы и ее устойчивости величина заходки бетонирования может меняться от 1 м (в менее устойчивых породах) до 3 (в более устойчивых). Секции опалубки устанавливаются самоходным порталным перестановщиком, рассчитанным на пропуск самосвалов МоАЗ 6401-9585.

Конструкция полущита предусматривает его модификацию для работы в комплексе с дуговым блокоукладчиком. Новую технологию строительства тоннелей предполагается внедрять поэтапно.

В первую очередь намечено построить 900-метровый участок железнодорожного Мысового тоннеля № 3 на БАМе со сборно-монолитной обделкой конструкции Ленметрогипротранса. По проекту Сибгипротранса здесь в сравнительно устойчивых, но сильнотрещиноватых гранитах и гнейсах предусматривалось сооружение тоннеля с раскрытием сечения и возведением монолитной железобетонной обделки по частям. СКТБ Главтоннельметростроя и Бамтоннельстрой предложили другой вариант (рис. 1).

Сначала агрегатом АБТ-5,5 сооружаются так называемые опорные тоннели. Их проходка возможна с использованием буровых агрегатов (в штольневом исполнении) с устройством временной арочной или анкерной крепи.

В готовых опорных тоннелях возводятся монолитные бетонные или железобетонные стены (боковые опоры) под свод. При бетонировании каждой стены в их верхней части устанавливаются закладные металлические консоли, по которым укладываются балки, образующие путь для дугового блокоукладчика.

Проходка сводовой части ведется буровзрывным способом с применением установок 1СБУ-2К или каретки с лентью перфораторами. Железобетонный свод монтируется дуговым блокоукладчиком. Блоки к нему подвозятся автопогрузчиком. Укладчик подается к забою после взрывания и проветривания, с его площадок производится оборка кровли и лба забоя. В сильнотрещиноватых малоустойчивых породах предусмотрено устройство опережающей крепи (экрана) из металлических труб.

Одновременно с отставанием до 100 м разрабатывается ядро тоннеля, а далее сооружается обратный свод.

Следующий этап внедрения новой технологии намечается на строительстве

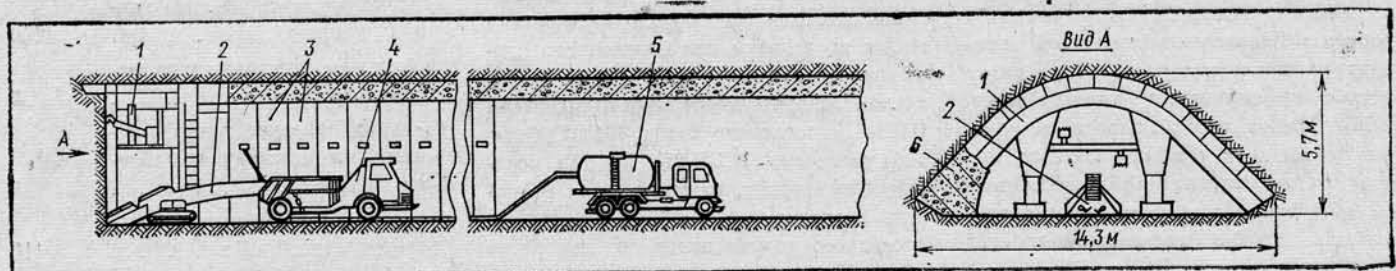
одного из автодорожных тоннелей на Кавказе в сильнотрещиноватых, слабоустойчивых породах. Его будут сооружать способом нижнего уступа с проходкой сводовой части шандорным полущитом и возведением монолитной обделки свода (рис. 2).

Проходческий цикл начинается с разработки забоя двумя экскаваторными органами, установленными на полущите. Этот процесс ведется под прикрытием шандор. Они выдвигаются вплотную к забою и постоянно поддерживают кровлю и бока выработки. Ее контур за полущитом поддерживается хвостовыми частями шандор. Под их прикрытием устанавливается секционная опалубка и бетонруется свод. При возведении железобетонной обделки предварительно монтируют арматурный каркас. Свод бетонруется одновременно с проходкой. Затем разрабатывается нижний уступ и под готовый свод подводятся монолитные стены.

На третьем этапе внедрения новой технологии планируется соорудить тоннель со сборно-монолитной обделкой в неустойчивых породах. Порядок организации строительства здесь аналогичен варианту сооружения Мысового тоннеля № 3 на БАМе, но средства и способы производства работ отличаются (рис. 3). Так, проходку опорных тоннелей предусмотрено вести щитовым способом с возведением сборной обделки. Может использоваться как обычный щит с ручной разработкой породы, так и механизированный с экскаваторными органами. Проходку сводовой части намечается вести комплексом оборудования с модифицированным шандорным полущитом и дуговым блокоукладчиком. В

Рис. 2. Схема проходки сводовой части тоннеля в слабоустойчивых породах:

1 — полущит шандорный; 2 — породопогрузочная машина ПНВ-ЗД; 3 — переставная секционная опалубка; 4 — самосвал МоАЗ 6401-9585; 5 — автобетоноукладчик емкостью 3 м³; 6 — монолитная обделка свода.



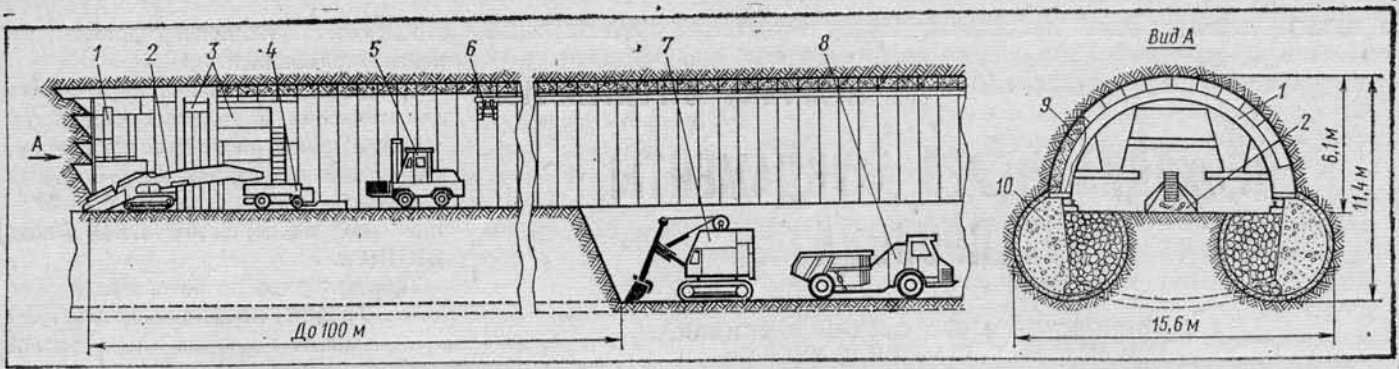


Рис. 3. Схема проходки тоннеля в неустойчивых породах:

1 — полуцит шандорный; 2 — породопогрузочная машина ПНБ-ЗД; 3 — дуговой блокоукладчик; 4 — самоходный вагон ВС-5П1; 5 — автопогрузчик 4043М; 6 — таль электрическая для подачи материалов; 7 — экскаватор подземный ЭО-5114; 8 — самосвал МоАЗ 6401-9585; 9 — сборная обделка свода; 10 — боковая опора.

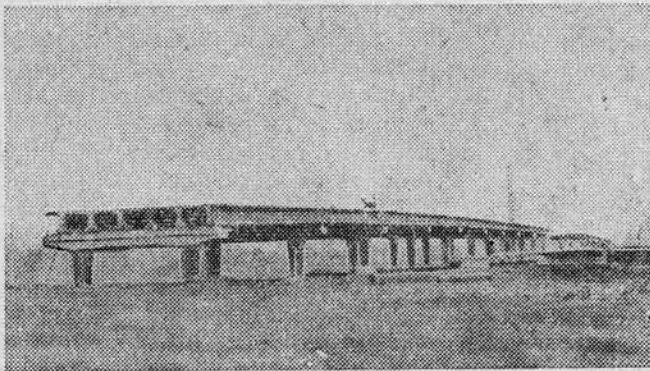
этом случае монтаж сборного свода осуществляется под защитой хвостовой части полуцита, передвигающегося по монолитным, забетонированным в опорных тоннелях стенам.

Новая технология, как показывают

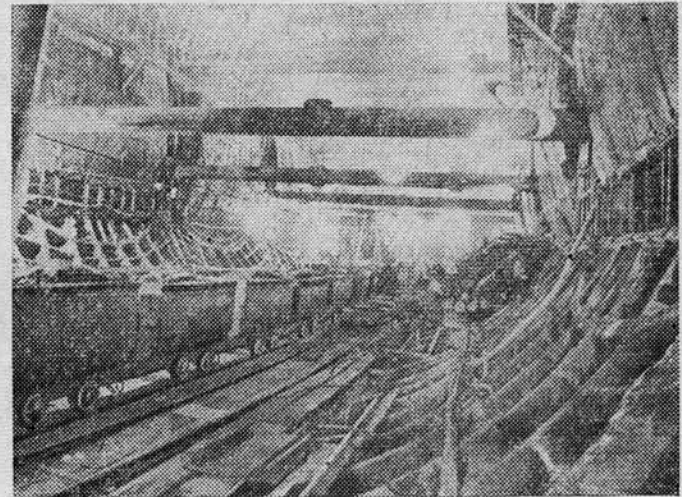
расчеты, позволит сооружать сводовую часть автодорожных и железнодорожных тоннелей со скоростью 60—65 м/мес. в породах с $f_{кр}=1,5\div 2$, 70—75 м/мес. с $f_{кр}=2\div 3$ и 85—90 м/мес. с $f_{кр}=3\div 4$. Внедрение этой

технологии позволит снизить общий объем и стоимость работ на 30—35%, расширит возможность применения высокопроизводительных машин и механизмов, повысит безопасность труда проходчиков. □

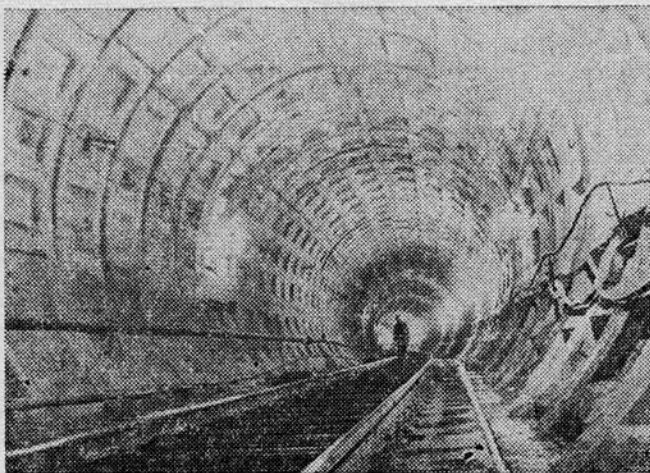
НА СТРОЯЩИХСЯ МЕТРОТРАССАХ ХАРЬКОВА



Участок метромоста через реку Харьков



Средний зал станции «Советская-2»



Левый перегонный тоннель «Советская-2» — «Дзержинская» с обделкой, обжатой в породе



Контур «Дзержинской»

ПРОХОДКА ЧЕРЕЗ ФУНДАМЕНТЫ ПУТЕПРОВОДА

С. ЛЮДИНОВСКИЙ, В. ЗБОРОВСКИЙ, В. ОСИДАК,
И. ШАВЕРНЕВ, И. ШАМРИН, Л. ЧИСНЮК,
инженеры

УЧАСТОК тоннелей на перегоне «Ленинская» — «Заречная» на строящейся трассе первой очереди Горьковского метрополитена пересекает путепровод, имеющий опорную часть из трех рядов железобетонных колонн на бетонных фундаментах (рис. 1).

Неблагоприятные гидрогеологические условия, а также ограничения максимальных уклонов оси тоннеля в профиле не позволили полностью исключить пересечения бетонных фундаментов контуром тоннеля. Поэтому возникла необходимость разработать нижнюю часть фундаментов, которые сложены из монолитного бетона марки 400. На расстоянии 20 см от нижней кромки в бетоне имеется сетка из стальной арматуры диаметром 20 мм с ячейками 30×30 см.

Протяженность проходки через каждый из трех бетонных массивов составляла 7 м.

С целью сохранения несущей способности фундаменты усилили с дневной поверхности в соответствии с проектом производства работ*.

Взрывные работы на данном участке исключались из-за возможности нарушения целостности опор на ответственной магистрали города.

Разрушение бетона здесь производили отбойными молотками, что значительно снизило скорость сооружения тоннеля. Первый фундамент был пройден за 31 календарный день.

По предложению Горметростроя и ЦНИИСа решили вести проходку безвзрывным шпуровым дроблением скальных пород — гидроклином конструкции ЦНИИСа. Он представляет собой гидроцилиндр с рабочим органом, который помещается в предварительно пробуренный шпур и, расклинивая, разрушает горную породу

или бетон. Такое устройство изготавливается серийно и эксплуатируется на ряде объектов Главтоннельметростроя. Для дробления же бетона при

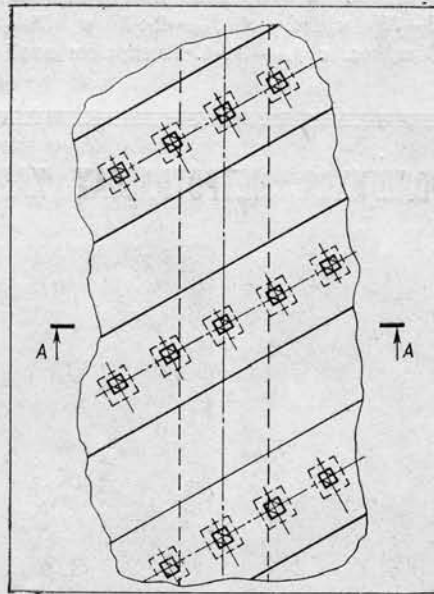


Рис. 1

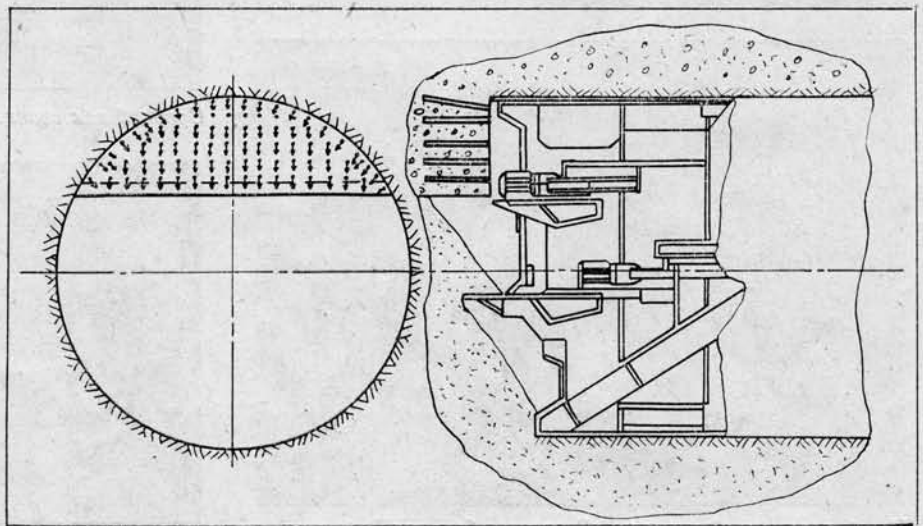


Рис. 2

строительстве тоннелей гидроклин ранее не применялся.

Предварительно выполнили оценку геологических и технологических условий, и для данного участка был рекомендован гидроклин модели ГК-2050Б, образец которого изготовили на экспериментальном заводе ЦНИИСа.

При проходке по бетонным фундаментам в них с площадки щита ТЩБ-7 при помощи ручного перфоратора ПР-30Л на пневмоподдержке бурились горизонтальные шпуровые. Диаметр шпуров 42 мм (паспорт бурения подобен паспорту при буровзрывной разработке забоя). Исходя из физико-механических показателей бетона и технических параметров гидроклина (длина рабочего органа, радиальный ход щёк), шаг между осями шпуров был принят равным 30 см. На рис. 2 представлена схема обуривания забоя. Общий объем бурения составлял в среднем 16 м шпура на 1 м³ бетона.

Рабочий орган гидроклина, помещенный в шпур, производил откол куска бетона на обнаженную поверхность. На рис. 2 стрелками показаны направления действия расклинивающих усилий при разработке забоя. За рабочий цикл гидроклина бетон разрабатывался на глубину около 30 см. Отбойка выполнялась по всем шпурам, затем повторялась по оставшейся их глубине вплоть до разработки забоя на глубину заходки. При необходимости производилась доработка боков и свода выработки. Затем удалялась арматурная сетка и осуществлялись выгрузка разрушенной массы при помощи челюстных погрузчиков щита и передвижка комплекса.

Гидроклин присоединялся к гидро-

* См. «Метрострой» № 2, 1981, стр. 7.

системе среднего давления щита ТЩБ-7.

Время рабочего цикла гидроклина составляет 2—3 сек., а с учетом подготовительно-заключительных операций — 20 сек., суммарные трудозатраты — 0,4 чел.-часа на 1 м³ бетона.

Процесс шпуроклинового разрушения бетона безопасен, бесшумен, не создает вредных воздействий на окружающий бетонный массив и проход-

ческую технику, поэтому может совмещаться с другими операциями, в частности, с буровыми работами.

Второй фундамент путепровода с применением гидроклина ГК-2050Б был пройден за 20 календарных дней, третий — за 19.

Всего на разработку второго и третьего фундаментов было затрачено 109 рабочих смен против 170 по проекту. В результате производительность труда выросла в 1,56 раза.

Фактическая экономия трудозатрат только на операции проходки составила 206 чел.-смен.

Поскольку увеличение скорости проходки комплексом ТЩБ-7 непосредственно увеличивает скорость сооружения тоннеля, налицо значительный экономический эффект за счет снижения затрат на обслуживающие процессы и экономии отчислений за эксплуатацию дорогостоящего проходческого комплекса. □

АЭРАЦИОННОЕ ОСУШЕНИЕ ГРУНТОВ

И. ВАСИЛЕНКО,
инженер

СПОСОБ аэрационного осушения грунтов применяется в особо сложных геологических и гидрогеологических условиях вместо кессона и сплошного замораживания (например, был использован на переходном участке с глубокого заложения на мелкое Рижского радиуса Московского метрополитена).

До начала проходки грунтовой массив осушается в герметизированных отсеках. Вода откачивается из них через водоотливные скважины, оборудованные глубинными насосами, при непрерывной подаче сжатого воздуха.

Выбор системы расположения скважин, схемы закачки воздуха и его

давления определяется в зависимости от геологического строения грунтов в том или ином отсеке и их физико-механических свойств.

Как показала практика осушения грунтов этим способом на строительстве Рижского радиуса, наиболее целесообразным следует считать расположение воздухоподающих скважин у стен отсека, а водоотливной — в его середине. Для определения оптимальных режимов осушения здесь провели эксперимент по выявлению рациональности той или иной схемы* закачки воздуха при различном

* «Экспресс-информация», выпуск 2. М., 1981.

его давления. На основании этого эксперимента построили графики зависимости продолжительности работы водоотливных скважин T и их дебита Q от давления нагнетаемого воздуха P (см. рисунок).

Поддержание пластового давления в отсеке в результате нагнетания сжатого воздуха стабилизирует работу водоотливных скважин и сокращает сроки осушения грунтов в отсеках, снижая уровень остаточной воды над водоупором до минимума.

Итак, осушение грунтов в герметизированном отсеке происходит в результате вытеснения воды из пор грунтового массива сжатым воздухом, нагнетаемым в отсек, и откачки ее насосом. При этом вода вытесняется не полностью, вследствие чего образуется воздушно-водяная смесь. В начале осушения вокруг каждой нагнетательной скважины образуются свои очаги воздуховодности, которые во время закачки воздуха смыкаются и образуют сплошную зону, заполненную смесью воды и воздуха.

Объемные соотношения между воздухом и водой (фазы) в этой зоне с течением времени меняются. Их величина зависит от схемы насыщения грунта воздухом. Насыщенность зо-

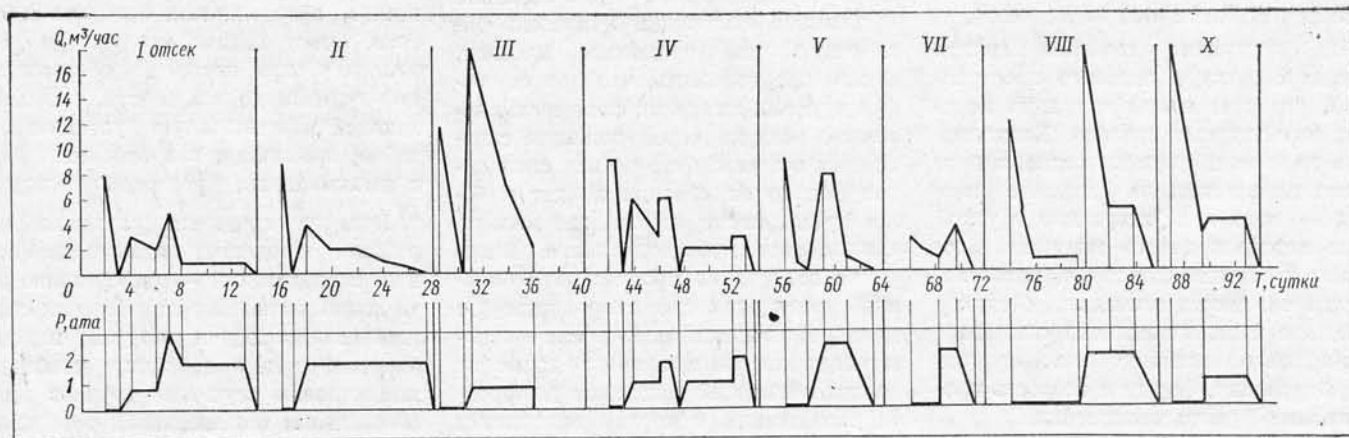


График продолжительности работы скважин и их дебита в зависимости от давления воздуха в отсеках.

ны той или иной фазой изменяет так называемые фазовые проницаемости воды и воздуха. В результате меняется подвижность фаз, а следовательно, и скорость движения воды и воздуха, т. е. динамика всего процесса осушения.

Степень осушения грунтового массива характеризуется коэффициентом вытеснения. Он измеряется объемным соотношением между воздухом и водой в зоне вытеснения и зависит в основном от проницаемости, пористости грунтового массива и скорости перемещения фронта вытеснения (поверхность, на которой одна из фаз замещает другую). Тот же коэффициент выражает эффективность процесса осушения грунта и степень равномерности перемещения фронта вытеснения, который формируется в зависимости от структуры и физических свойств грунта и вызван действием капиллярных эффектов. В неоднородных грунтах фронт вытеснения на разных участках перемещается с различной скоростью и приобретает зубчатую форму. Местами могут образоваться довольно длинные языки воздуха, способные обойти и отсечь участки грунтов с низкой проницаемостью, которые остаются насыщенными водой.

Условно физическая неоднородность грунтов сведена к четырем видам:

микронеоднородность (различие в форме и размерах слагающих пласт частиц, что обуславливает наличие различных капиллярных каналов);

макронеоднородность (участки резко отличаются по своим свойствам от средних пластовых значений);

местная неоднородность (разные физические свойства в небольших участках);

слоистость (характерны пропластки, каждому из которых присущи вышеречисленные неоднородности).

На физические свойства грунта влияет структура порового пространства, размеры и конфигурация поровых капиллярных каналов. Капиллярные давления, возникающие в процессе вытеснения на границе воздух — вода и действующие в узкой зоне воздуховодяного контакта, создают градиенты давления, превосходящие пластовые значения. Поэтому действие капиллярных сил оказывает значительное влияние на процесс формирования, форму и скорость продвижения фронта вытеснения.

Исходя из понятия микронеоднородности пористую среду можно

представить в виде бесчисленного множества элементов, образованных соединением двух капиллярных каналов различных диаметров. При подходе вытесняющего воду воздуха к такому элементу в каждом канале возникают мениски, создающие капиллярное противодействие для воздушной фазы. Так как перепад давления на входе в элемент и его выходе одинаков, то капиллярное давление приводит к резкому отставанию мениска в капилляре меньшего диаметра, а часто и полной его неподвижности. В результате происходит прорыв воздуха через больший канал и образуется вогнутый мениск в меньшем канале, когда он еще в значительной степени заполнен водой.

При встрече фронта вытеснения с участком, обладающим макро- или микронеоднородностью, то есть меньшей проницаемостью, а следовательно, и размерами поровых каналов, капиллярное противодействие на этом участке возрастает, и фронт начинает его огибать. Это происходит до тех пор, пока потери давления между остановившейся частью фронта и ушедшей вперед не станут равными разности капиллярных давлений в пограничной зоне участка меньшей проницаемости и зоны основной части пласта. После этого воздух начинает проходить в менее проницаемую зону. Так как потери давления при движении воздуха вследствие его малой вязкости относительно невелики, общий фронт воздух — вода может уйти далеко вперед. Таким образом, участки, обладающие местной неоднородностью, могут быть обойдены и закупорены со всех сторон менисками, обращенными выпуклостями внутрь.

Закачка воздуха в отсек при аэрационном осушении грунтового массива осуществляется через короткие и длинные скважины. Учитывая физическую неоднородность массива, можно предположить, что при осушении грунтов, имеющих слоистость, закачкой воздуха через длинную скважину и выпуском его во все слои одновременно он сначала войдет в более проницаемые из них, где меньше капиллярное противодействие. Внедрение воздуха из пропластка с большей проницаемостью в пропласток с меньшей начнется лишь после выравнивания потерь давления по длине (от воздухопадающей скважины до фронта вытеснения) в первом пропластке с разностью капиллярных давлений воздух — вода в пограничной между

пропластками области. Итак, фронт вытеснения в менее проницаемом пропластке будет отставать тем больше, чем меньше его проницаемость. И это будет происходить до тех пор, пока капиллярные противодействия в обоих пропластках не сравняются.

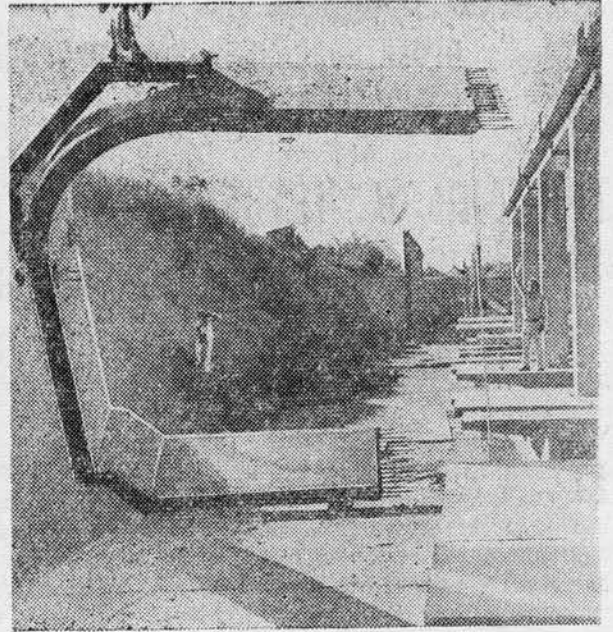
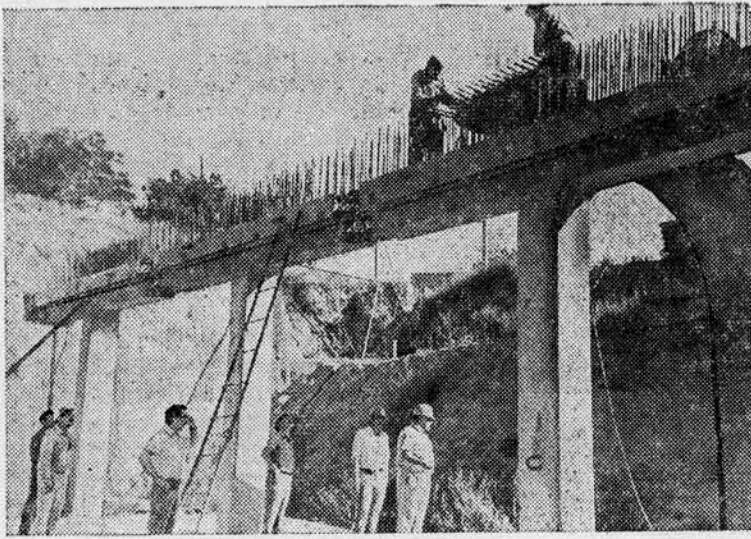
При осушении слоистого грунта закачкой воздуха на всю высоту отсека и одновременным выпуском его через водоотливную скважину фронт вытеснения из наиболее проницаемых пропластков может успеть дойти до водоотливной скважины и выйти на поверхность прежде, чем это произойдет в менее проницаемом пропластке; в результате последний также окажется закупоренным и неосушенным.

При закачке воздуха в отсек, имеющий слоистость, через короткую скважину в пропласток с большей проницаемостью фронт вытеснения будет двигаться вдоль него, обтекая менее проницаемый пропласток. Учитывая при этом, что давление воздуха в нем возрастает, можно предположить, что движение фронта вытеснения в менее проницаемом пропластке будет не продольным, а сверху вниз, совпадающим с направлением действия гравитационных сил воды. Если насыщать отсек воздухом по такой схеме закачки, то можно добиться наиболее полного поршневого вытеснения воды.

Итак, формирование и динамическое развитие процесса осушения происходит в зависимости от схемы подачи воздуха и величины давления его закачки в отсек. Выбор режима осушения — наиболее рационального для данных геологических условий — важная практическая задача.

Разработать рациональный режим — это значит найти такую систему расположения воздухоподающих и водоотливных скважин в отсеке, схему подачи воздуха и его давление, при которых обезвоживание грунтов до влажности, обеспечивающей максимальную устойчивость забоя, произойдет в кратчайший срок с минимальным расходом воздуха.

Понятие сущности рационального режима определяет задачи дальнейших исследований — определение оптимальных систем расположения скважин и схемы подачи воздуха; величины наибольшего давления; необходимой степени осушения грунтов для обеспечения максимальной устойчивости забоя, а также времени осушения отсеков по оптимальным схемам. □



СТАНЦИЯ ИЗ ОБЪЕМНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

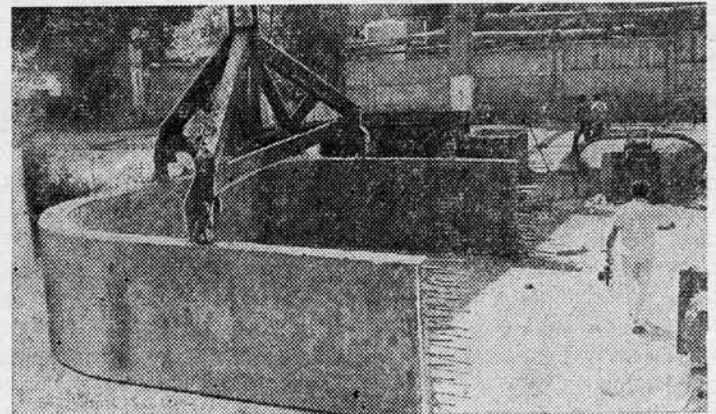
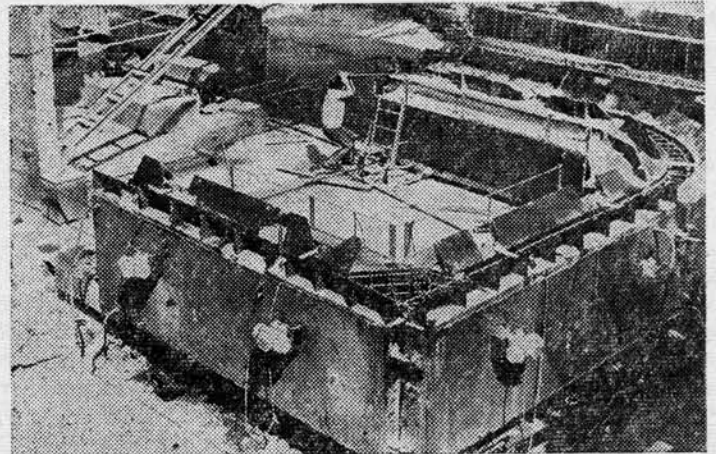
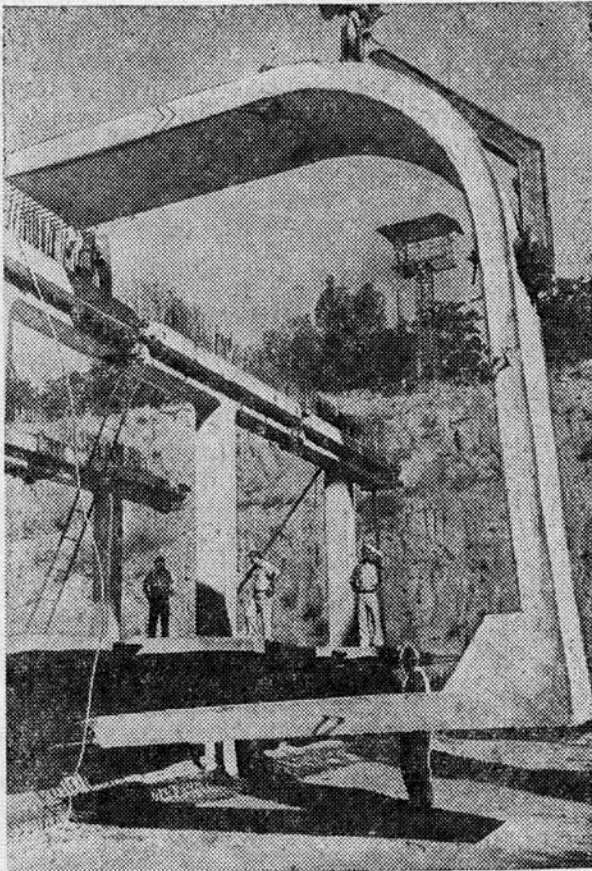
На второй линии метрополитена в Ташкенте сооружается новая конструкция станции «Айбек» из объемных железобетонных крупноразмерных (весом до 20 т) элементов.

На базе исследований и по техническому заданию ЦНИИСа в короткие сроки коллективами Ташметропроекта, Метрогипротранса, СКТБ Главтоннель-

метростроя была разработана техническая документация на конструкцию станции, технологию ее монтажа, а Ташметростроем своими силами изготовлены уникальная оснастка для выпуска элементов и грузоподъемные приспособления для монтажа и транспортировки большеразмерных и крупнотоннажных блоков.

По сравнению с конструкцией типовой станции открытого способа работ из сборного железобетона в три раза уменьшено количество типоразмеров элементов и в десять раз снижен объем железобетона моноличивания.

В настоящее время полностью закончено изготовление оснастки и идет монтаж станции.



ТОННЕЛИ В ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

К. БЕЗРОДНЫЙ, П. СТЕПАНОВ, О. АНТОНОВ,
кандидаты техн. наук

ПЕРЕГОННЫЕ тоннели мелкого заложения на одном из участков Кировско-Выборгской линии Ленинградского метрополитена проходят в четвертичных отложениях. Вмещающие породы — моренные глины зеленовато-серого цвета и суглинки серого и коричневатого цвета с галькой и единичными валунами туго- или мягкопластичной, реже — текучепластичной консистенции.

Применены обделки трех видов: сборная железобетонная из гладких блоков 5-БНЛ-2, обжимаемая в породе; сборная железобетонная из тюбингов \varnothing 6 м и из чугунных тюбингов \varnothing 5,5 м. Обжатая обделка собирается без перевязки швов (как многослойная), остальные — с перевязкой и соединением тюбингов болтами.

Тоннели с обжатой железобетонной обделкой и обделкой из чугунных тюбингов сооружали немеханизированными щитами с полностью замкнутой оболочкой, породу разрабатывали отбойными молотками с пиколопатками, кольца монтировали односторонними рычажными укладчиками. При монтаже обжатой обделки выше горизонтального диаметра тоннеля до полного замыкания блоки поддерживали выдвижными балками. Блочную железобетонную обделку обжимали инвентарным гидравлическим домкратом в лотке с усилием в 30 тс.

В железобетонной и чугунной обделках из тюбингов во второе от забоя кольцо нагнетали цементно-песчаный раствор. Тоннель с железобетонной тюбинговой обделкой сооружали с помощью эректора. Кровлю забоя крепили деревянными марчеванами сплошную, а лоб — металлическими трубами с установкой досок вразбежку.

Во время проходки исследовали особенности статической работы кон-

струкции в четвертичных отложениях и осадки земной поверхности. Данные по усилиям в элементах обделки получали по измеренным местным деформациям и с помощью струнных датчиков, которые устанавливали в продольные стыки между блоками. Перемещения обделки определяли по изменению диаметров (горизонтального и под углом 45°). Одновременно нивелировали лоток и шельгу свода и находили положение щита в плане и профиле. Над опытными участками, где изучали геометрию колец и положение щита, были заложены реперы вдоль и перпендикулярно оси тоннеля для наблюдения высотного положения поверхности земли.

На участке со сборной железобетонной обжатой в породе обделкой особенности инженерно-геологических условий привели к тому, что во время работы проходческого щита нож находился выше хвостовой части в среднем на 42 мм. Это сделано, чтобы предотвратить «опускание» щита. При таком ведении щита выработка приобретает эллиптическое очертание. В данном случае породы (моренные глины и суглинки) находятся в состоянии вязкопластического течения при действующем уровне напряжений. Грунт над щитом перемещается, заполняя зазор, что приводит к осадкам поверхности земли.

После контакта с окружающим массивом обделка практически сохраняет круговое очертание: осадка шельги в среднем составляет 25 мм, причем, деформации интенсивно нарастают в первые 6 суток, а затем стабилизируются (рис. 1).

Смещение породного массива над тоннелем происходит также из-за несовпадения геометрических размеров щита и обделки. Так, средняя величина наружного диаметра обделки после обжатия в оболочке равна

5542 мм, а наружный диаметр щита — 5590 мм (больше на 48 мм).

Осадки поверхности начинаются еще до подхода забоя к месту наблюдения на расстоянии, равном 0,8 глубины заложения тоннеля. До момента замыкания кольца и обжатия его на породу реализуется около 40% конечной осадки (рис. 2). Максимальная осадка 68 мм через 6 дней после монтажа обделки. Площадь поперечного сечения мульды оседания, соответствующая максимальным осадкам, — $0,9 \text{ м}^2$. Анализ причин, вызывающих смещение массива, показывает, что площадь эллиптической формы разрабатываемой выработки отличается от круговой на $0,18 \text{ м}^2$; разница площадей поперечных сечений щита и кольца

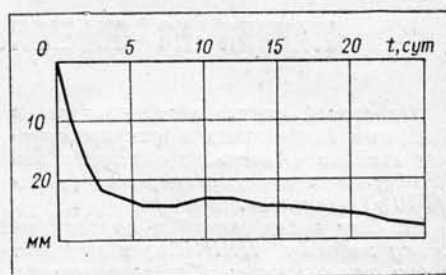


Рис. 1. График средней величины осадки шельги свода обжатой обделки.

обделки равна $0,43 \text{ м}^2$; осадка шельги свода вызывает уменьшение площади по сравнению с кругом на $0,25 \text{ м}^2$, сумма составляет $0,86 \text{ м}^2$. Исследования обнаружили выпирание породы со лба забоя, что вызывает также дополнительные осадки поверхности.

Обделку обжимали гидравлическими домкратами с усилием в 30 тс.

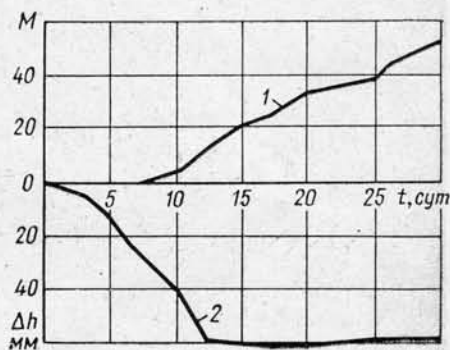


Рис. 2. Осадка поверхности земли над тоннелем со сборной железобетонной обделкой:

1 — график проходки; 2 — график осадки.

Измеряемые параметры обделки (мм) и мульды оседания	Тип обделки		
	сборная железобетонная		Сборная из чугунных тюбингов Ø 5,5 м
	обжатая в породу	тюбинговая Ø 6 м	
Увеличение горизонтального диаметра	0	0	25
Уменьшение наклонных диаметров	0	25	34
	0	8	20
Осадка шельги свода	25	60	81
Осадка лотка	0	30	40
Наибольшие осадки поверхности	68	60	109
Отношение пролета мульды оседания к толще грунта над тоннелем	2	2	0,85
Площадь сечения мульды оседания, м ²	0,19	1,26	1,15

Примечание: толщина грунта над чугунной обделкой в 3—4 раза меньше, чем над железобетонной.

Установлено, что до уровня горизонтального диаметра доходит усилие около 13 тс. При обжатии вертикального поднятия блоков сводовой части не наблюдали, что говорит о недостаточной величине усилия разжатия. Нормальные силы в блоках интенсивно растут в течение 6 суток после разжатия, а затем стабилизируются. Конечное среднее значение нормальной силы примерно на 25% превышает усилия от полного веса столба пород над тоннелем. Через 3 месяца после проходки дополнительных деформаций и видимых нарушений не обнаружено.

На участке тоннеля со сборной железобетонной обделкой из тюбингов наблюдали за развитием деформаций конструкции и осадками земной поверхности. Измерения показали, что длина диаметров, расположенных под углом 45° к вертикальному, уменьшается: правого — на 25, левого — на 8 мм. Эти изменения происходят в течение первых 5 суток, а затем положение конструкции стабилизируется (рис. 3).

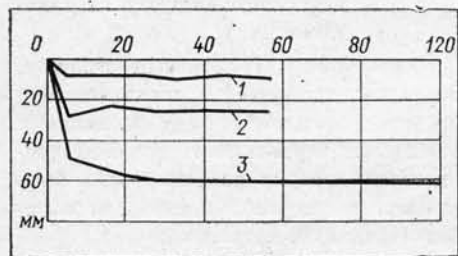


Рис. 3. Средние величины изменения геометрии колец железобетонной обделки Ø 6 м:

1 — левый диаметр под углом 45°; 2 — правый — под углом 45°; 3 — осадка шельги свода.

Нивелирование лотка и шельги свода тоннеля выявило их осадку. Максимальные осадки шельги свода — 60, лотка — 30 мм, то есть уменьшение вертикального диаметра составляет 30 мм.

Сечение разрабатываемой выработки больше поперечного сечения конструкции. Это привело к тому, что породный массив на контуре выработки деформировался до монтажа тюбинговых колец в данном случае на 70 мм. Общие осадки кровли в шельге тоннеля достигали 130 мм.

Нивелирование реперов на земной поверхности показало, что максимальная осадка равна ~60 мм. Ширина мульды оседания составляет примерно удвоенную величину толщи налегающего грунта. Площадь поперечного сечения мульды — 1,26 м².

Итак, уменьшение выработки по вертикальному диаметру равно 70 мм (с учетом строительного зазора и зазора после изъятия крепления кровли). В результате площадь поперечного сечения выработки изменяется на 0,69 м², а за счет совместных перемещений обделки и породы — на 0,57 м². Сравнивая сумму этих величин с площадью поперечного сечения мульды, можно сказать, что названные факторы являются причиной смещения породного массива.

Осадки поверхности начинаются с 10÷12 м до подхода забоя, и за это время происходит до 50% смещений. Стабилизация массива наступает через 6—8 суток после проходки.

На третьем участке — с обделкой из чугунных тюбингов глубина заложения была существенно меньше, чем на предыдущих.

Исследования особенностей ведения щита здесь показали, что отклонения его положения от проектного в плане и профиле меняются в широких пределах. С одной стороны, это вызывает подвижки породного массива и осадки поверхности, а с другой — увеличивает площадь сечения выработки.

Измерения геометрии колец обнаружили увеличение их горизонтального диаметра на 25 мм в течение 4—5 суток, а под углом 45° — уменьшение на 27 мм. Осадка шельги свода происходит в первые 3—4 дня и достигает 81 мм. Затем положение свода стабилизируется.

Вся обделка претерпевает осадку порядка 40 мм.

Еще одна причина, вызывающая смещение породного массива, — разница наружных диаметров щита и обделки (100 мм). Смещения земной

поверхности начинаются за 2 суток до подхода забоя тоннеля, и до монтажа обделки реализуется около 18% их конечной величины. Осадки интенсивно растут в течение 4—5 суток после проходки, затем прекращаются. Максимальная величина осадок — 109 мм. Ширина мульды оседания соответствует примерно двум глубинам заложения.

Особенности ведения щита по трассе вызывают увеличение площади поперечного сечения выработки на 0,29 м², осадку шельги свода — на 0,23 м². Разница площади поперечного сечения щита и обделки — 0,87 м². Суммарное увеличение площади поперечного сечения выработки равно 1,39 м².

Чугунная обделка в данных инженерно-геологических условиях имеет значительные запасы несущей способности: максимальные напряжения сжатия — 550 кгс/см², растяжение практически отсутствует. Нагрузка на обделку достигает своей конечной величины на 4—5 сутки после монтажа, нагрузка на отдельные кольца — 1,2÷1,3 γН.

Вычислен коэффициент постели окружающих пород: увеличение горизонтального диаметра равно 25 мм, напряжения на контакте обделки и породы в этот момент — 1,2 кгс/см²; коэффициент постели — 0,96 кгс/см³.

В различных типах обделок конечная величина действующей на тоннели вертикальной нагрузки близка к γН, причем, нагрузка на отдельные кольца превышает ее на 20—30%.

Железобетонная и чугунная тюбинговые обделки, обладающие большой жесткостью, перемещаются вниз: лоток имеет осадки до 40 мм.

По косвенным данным, полученным при исследовании изменения гео-

метрии колец обделки, можно сделать вывод о неравномерной нагрузке по периметру обделки.

Выводы:

в четвертичных отложениях наиболее целесообразна сборная железобетонная обделка, обжатая на породе. Эта конструкция лучше других «приспосабливается» к действующим нагрузкам и имеет наименьшие деформации. Объем мульды оседания над обжатой на породу железобетонной обделкой — также наименьший.

Величина осадки земной поверхности зависит от отклонения щита от проектной оси; различия между наружными диаметрами оболочки щита и обделки; перемещения обделки под действующими нагрузками; наличия строительного зазора и временной кровли при эректорной проходке.

Проходка тоннелей в четвертичных отложениях характеризуется ростом нагрузки от горного давления, а также перемещением окружающего массива в первые 4—6 суток после монтажа обделки; возникновением деформаций вязко-пластического течения при действующих уровнях напряжений в окружающем массиве, что обуславливает быструю посадку породы кровли выработки на обделку сразу после выхода ее из-под щита и в итоге — всестороннее обжатие конструкции.

Для уменьшения осадок поверхности целесообразно:

обеспечить более точное ведение щита по трассе тоннеля;

свести к минимуму разницу в геометрических размерах между щитом и обделкой;

повысить точность изготовления элементов обделки на заводе;

уменьшить величину задаваемого строительного зазора при эректорной проходке тоннеля;

осуществлять первичное нагнетание в первое от забоя кольцо тоннеля при возведении обделок из тюбингов без обжатия на породу;

убрать (если позволяют геологические условия) нижнюю часть оболочки в хвосте щита для возможности укладки нижней половины обделки на породу.

Повысить эффективность обжатия обделки на породу в рассматриваемых инженерно-геологических условиях можно переносом узла разжатия на уровень горизонтального диаметра тоннелей либо увеличением усилия обжатия в 2,5÷3 раза при расположении узла в лотке. □

ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ МОНОЛИТНО-ПРЕССОВАННЫХ БЕТОННЫХ ОБДЕЛОК

Г. ЗАВРИЕВА, Т. КАНДЕЛАКИ, Е. ЗАВРИАН,
инженеры

ЗА ПОСЛЕДНИЕ десятилетия широкое применение получили обделки из монолитного бетона, уложенного в тоннеле и подвергнутого прессованию.

Значительный интерес представляет изучение совместной работы обделки и массива горной породы, проводимое в натуральных условиях при помощи измерительных приборов. Однако при возведении монолитно-прессованной конструкции затруднена закладка измерительной аппаратуры, так как в процессе бетонирования происходит обжатие бетонной смеси щитовыми домкратами и перемещение ее в пространство. Оно освобождается после ухода вперед оболочки щита, т. е. переформировывается первоначально уложенная масса. Это может привести к существенным перемещениям заложенных в бетонную смесь приборов и к потере их ориентирования в пространстве.

Наиболее целесообразна установка приборов в уже возведенном сооружении.

Для измерения напряжений в обделке применялся метод динамометрического разреза. Суть его в следующем. В обделке бурятся по соседству две скважины диаметром 50 мм с оставлением между ними целика бетона такой же толщины. В скважинах, глубина которых доходит до горной породы, цементируются стальные динамометры в виде двутавров с наклеенными на стенке тензодатчиками сопротивления. Дальнейший этап — устройство прорезей в бетоне путем бурения смежных скважин. Сначала делается прорезь, лежащая в плоскости динамометров, образованная пятью или семью смежными скважинами. Затем по концам этой прорези перпендикулярно к ней бурят две другие. В итоге на фасаде обделки образуется вырез в форме буквы Н. Потенциальная энергия сжатия обделки в этом случае реализуется в виде смещения в сторону динамометров образо-

ванных бетонных отсеков, которые загружают динамометры.

Напряжения в бетоне определяются из условия

$$\sigma = \frac{N}{F},$$

где: N — нагрузка на динамометр, найденная по показаниям тензодатчиков сопротивления и данным тарировки на прессе,

F — площадь бетонного блока, передающего нагрузку на динамометр.

При опытах с Н-образным разрезом, когда число скважин в горизонтальной прорези равняется числу скважин в каждой из вертикальных прорезей (полученная форма разреза может быть вписана в квадрат), дальнейшая обработка данных ведется так.

Чтобы определить фактическое напряжение, действующее в бетоне до начала опыта, применяется выведенная теоретическая зависимость

$$K = \frac{\sigma_g}{P} = \frac{(2 - \mu^2)n - 1,29}{(2 - \mu^2)n + A \frac{E}{E_c}},$$

где P — фактическое напряжение в бетоне; K — поправочный коэффициент; E и μ — модуль деформации и коэффициент Пуассона; E_c — модуль деформации стали; n — число скважин в горизонтальной прорези; A — числовой коэффициент, зависящий от толщины стенки двутавра (для величин 4, 8 и 16 мм он соответственно равен 18,4; 11,3 и 7,84).

Результаты расчетов для трех случаев толщины стенки двутавра 4, 8 и 16 мм представлены на рис. 1. По вертикальной оси отложены величины поправочных коэффициентов, по горизонтальной — отношение модулей деформаций стали и бетона.

Как видно из рис. 1, поправочный коэффициент измерения довольно близок к единице, особенно для легких бетонов, что свидетельствует о надежности методики.

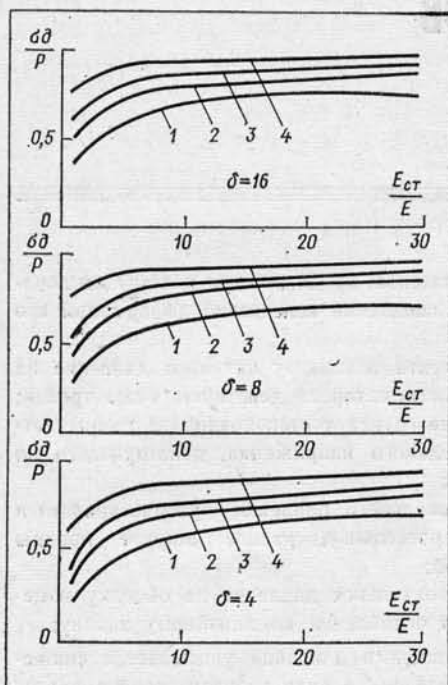


Рис. 1. Измеряемые напряжения.

На каждом из опытных колец имелось четыре измерительных створа, расположенных вблизи концов горизонталь-

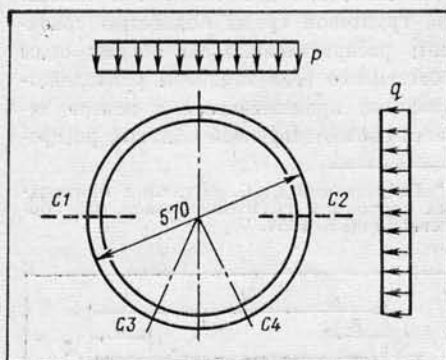


Рис. 2. Створы измерений.

ного диаметра и около подошвы тоннеля (рис. 2). В случае, если эпюра напряжений в сечениях обделки близка к равномерной, а данные измерений на

отдельных блоках близки друг к другу, то величина вертикального горного давления на блок приблизительно определится из следующей зависимости

$$\sigma_{\theta} = P(r + b),$$

где σ — напряжение в стенке обделки на горизонтальном диаметре; b — ее толщина; r — радиус обделки.

Аналогично по данным измерений напряжений в подошвенной части тоннеля можно вычислить и горизонтальное горное давление.

Эксперименты по определению напряжений ставились на трех тоннелях. Один из них пересекал трещиноватые майкопские глины.

Здесь измерения проводились на двух опытных участках.

Для первого, залегающего на определенной глубине, характерно проявление сильно трещиноватых глин. Напряжения в пятах свода составили 1,78 и 1,59, в среднем 1,69 МПа. Вертикальное горное давление равно 0,18 МПа. Напряжения в бетоне в подошве тоннеля достигали 1,17 и 1,25 в среднем 1,21 МПа, горизонтальное горное давление — около 0,13 МПа.

Второй опытный участок проходил на большей глубине, также в майкопских глинах, но со слабо выраженной трещиноватостью. В пятах свода среднее напряжение в бетоне равнялось 1 МПа, вертикальное горное давление — 0,11 МПа. В подошве тоннеля соответственно 1,1 МПа и 0,12 МПа.

Таким образом, сильная трещиноватость в глинах почти в два раза увеличила вертикальное горное давление на обделку, а горизонтальное не изменилось, что свидетельствует о подвижках блоков горной породы над сводом тоннеля.

Третий и четвертый опытные участки находились в другом тоннеле. На всем протяжении он проходил в прочных массивных туффилах. В подошве у входного портала ниже туффилов залежали сланцеватые глины с редкими прослоями песчаников на известково-глинистом цементе. Коэффициент крепости этих пород принят равным 2. В них расположен третий участок, находившийся в 13 м от портала. Измеренные напряжения в подошве тоннеля составили 0,31 МПа. Для створов, расположенных на уровне горизонтального диаметра, напряжения равны 0,41 МПа, что соответствует горизонтальному гор-

ному давлению около 0,034 МПа и вертикальному — 0,045 МПа.

На четвертом участке, залегающем в скальной породе, напряжения в обделке оказались весьма незначительными — около 0,1 МПа, что говорит об отсутствии горного давления на обделку.

Пятый опытный участок на трассе тоннеля метрополитена располагался на небольшой глубине в плотных песках. Напряжения в бетоне для сечения в пятах свода здесь составили 0,45 и 0,38 МПа, т. е. в среднем 0,41 МПа. Часть его вызывается собственным весом тоннельного свода. По приближенному подсчету она достигала в бетоне 0,1 МПа. Следовательно, напряжение в бетоне только от вертикального горного давления равно 0,31 МПа, что соответствует осредненному вертикальному — 0,035 МПа. Напряжения в бетоне для сечения в подошве составили в среднем 0,45 МПа, горизонтальное горное давление — 0,05 МПа.

Отметим, что расчет по общепринятым формулам дает здесь величину вертикального горного давления в 3,8 раза больше, чем при эксперименте. А подсчитанное теоретически горизонтальное горное давление наоборот в 1,5 раза меньше.

Измерения на всех участках показали, что величины вертикального и горизонтального горного давления довольно близки. Этим объясняется совпадение напряжений в бетоне по всем сечениям кольца обделки. Вывод благоприятен для работы тоннельных конструкций и, очевидно, связан с процессом их изготовления методом прессования.

Из тела обделки первых двух тоннелей взяты керны алмазного бурения, которые затем испытывались в лаборатории на прочность при сжатии и растяжении. Оказалось, что в результате прессования давлением до 4 МПа прочность бетона резко повысилась — при сжатии примерно на 30%, а при растяжении даже в 2÷2,3 раза по сравнению с бетоном из смеси, не подвергнутой прессованию.

На основании проведенных исследований выявлено, что бетонная конструкция, изготовленная этим методом, обладает высокой прочностью и способствует образованию эпюры горного давления, близкой к всесторонней равномерной нагрузке. Последнее обстоятельство особенно благоприятно для тоннелей кругового профиля. □

РАСЧЕТ УСИЛИЙ ПРОДАВЛИВАНИЯ ТОННЕЛЕЙ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ СТЕН КОТЛОВАНОВ

П. ВАСЮКОВ,
инженер

ПРИ АНАЛИЗЕ усилий продавливания тоннелей в общем случае* было указано, что когда относительная протяженность продавливаемого тоннеля мала, то есть $L/N=6\div 8$ (L — общая протяженность участка продавливания, N — толщина слоя грунта над тоннелем), на величину усилий влияет крепление стен котлованов, служащих для размещения домкратной установки и демонтажа ножевой секции. Это влияние выражается в том, что по поверхности крепления стенок, взаимодействующих с грунтовым массивом, возникают силы трения, снижающие вертикальное давление на обделку тоннеля и, как следствие, усилие продавливания. Это явление зафиксировано измерениями, проведенными при сооружении тоннелей Рижского радиуса метрополитена в Москве под насыпью Окружной железной дороги (рис. 1).

Если в общем случае расчета усилий продавливания вертикальное и горизонтальное давление грунта на обделку тоннеля определяются из условий плоской задачи, то в рассматриваемом случае действующее на обделку давление изменяется вдоль тоннеля. Ниже приводится инженерный метод расчета усилий продавливания, учитывающий пространственные условия задачи. Расчетная схема показана на рис. 2. Принимаются следующие исходные положения:

* См. «Метрострой» № 4, 1981.

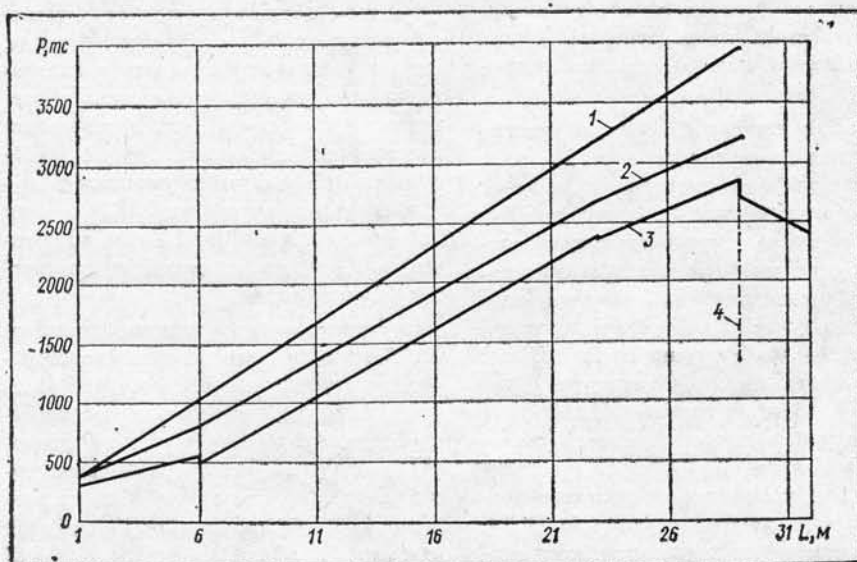


Рис. 1:

1 — расчетные усилия продавливания без учета влияния стен котлованов; 2 — измеренные усилия продавливания для правого тоннеля; 3 — то же для левого тоннеля; 4 — расположение шпунтовой стены приемного котлована.

в части грунтового массива, прилегающего к стене котлована, образуется призма сползания вследствие деформаций его крепления;

призма сползания грунта оказывает активное давление на крепление, по поверхности которого действуют силы трения; вертикальное давление грунта у стен котлована уменьшается на величину касательного напряжения, действующего по поверхности крепления;

зона снижения вертикального давления распространяется вдоль оси тоннеля на расстояние, равное ширине призмы сползания над обделкой;

вертикальное и горизонтальное давление на обделку изменяются в пределах зон ослабления по линейному закону;

уменьшение горизонтального давления учитывается снижением вертикального. Зона ослабления горизонтального давления равна по длине тоннеля зоне ослабления вертикального.

Касательные напряжения τ вдоль крепления котлована определяются по условию предельного равновесия сыпучей среды в пределах призмы сползания. Так как основные положения расчета исходят из ряда упрощающих предпосылок, то для определения касательных напряжений (рис. 3) целесообразно принять приближенный метод С. С. Голушкевича*. Здесь сделаны следующие допущения: геометрия областей предельного напряженного состояния для весомой и невесомой грунтовой среды полностью совпадает; распределенные по объему силы собственного веса заменены равнодействующими, приложенными в центре тяжести соответствующей области; распре-

* Голушкевич С. С. Статика предельных состояний грунтовых масс. М., Гостехтеориздат, 1957.

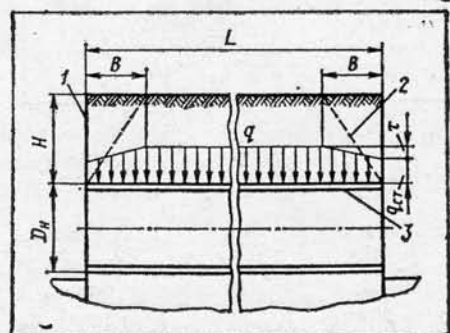


Рис. 2:

1 — крепление стены котлована; 2 — граница скольжения призмы сползания грунта; 3 — обделка тоннеля.

деленные поверхностные силы заменены равнодействующими; равнодействующая сила реактивного давления грунта направлена вдоль линий скольжения второго (неактивного) семейства, проходящих через центр тяжести области предельного напряженного состояния.

Реактивная сила E крепления котлована, отклоненная от горизонтали на угол трения δ грунта по материалу крепи, определяется из условия равновесия всех приложенных к призме сползания равнодействующих сил.

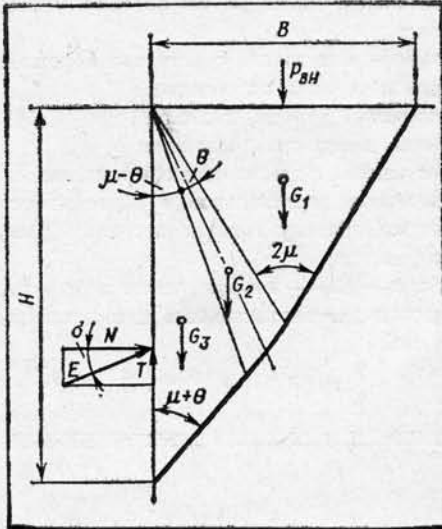


Рис. 3.

Грунтовая среда характеризуется двумя параметрами прочности на сдвиг — углом внутреннего трения φ и сцеплением c . При расчете касательных напряжений не будем учитывать сцепление, что идет в запас усилий продавливания (сцепление уменьшает вертикальное давление). Эпюра распределения касательных напряжений вдоль крепления вертикальной стены котлована имеет треугольную форму. Наибольшая ордината эпюры вычисляется по тангенциальной составляющей T реактивной силы крепления котлована E

$$\tau = \frac{2T}{H},$$

где H — расстояние от верха тоннеля до поверхности земли. Величина тангенциальной составляющей T определяется следующей формулой

$$T = \frac{0,5(G_1 + P_{вн}) [1 + \operatorname{tg} \mu \cdot \operatorname{ctg} (\mu - \frac{\theta}{2})] + G_2}{\operatorname{ctg} (\mu + \theta) + \operatorname{ctg} (\mu - \frac{\theta}{2})} + \frac{\operatorname{ctg} (\mu + \theta) + \operatorname{ctg} (\mu - \frac{\theta}{2})}{1 + \operatorname{ctg} \delta \cdot \operatorname{ctg} (\mu - \frac{\theta}{2})} + \frac{G_3}{1 + \operatorname{ctg} \delta \cdot \operatorname{ctg} (\mu - \frac{\theta}{2})},$$

где $P_{вн} = q_{вн} \cdot B$ — внешняя сосредоточенная нагрузка, вычисляемая по равномерно распределенному давлению $q_{вн}$ на поверхности земли;

$$B = \frac{H \sin (\mu + \theta)}{\cos \mu \cdot e^{\operatorname{tg} \varphi \theta}} - \text{ширина призмы сползания;}$$

$$G_1 = \frac{\bar{\gamma} B^2}{4} \operatorname{ctg} \mu;$$

$$G_2 = \frac{\bar{\gamma} B^2 (e^{2 \operatorname{tg} \varphi \theta} - 1)}{16 \operatorname{tg} \varphi \cdot \sin^2 \mu};$$

$$G_3 = \frac{\bar{\gamma} B^2 \cdot \operatorname{ctg} \mu \cdot \sin (\mu - \theta) e^{2 \operatorname{tg} \varphi \theta}}{4 \sin (\mu + \theta)};$$

$$\mu = 45^\circ - \frac{\varphi}{2};$$

$$\theta = \frac{\Delta - \delta}{2};$$

$$\Delta = \arcsin \frac{\sin \delta}{\sin \varphi};$$

$$\bar{\gamma} = \frac{\sum_{i=1}^n \gamma_i h_i}{H} - \text{средневзвешенное значение объ-}$$

емного веса грунта;

γ_i — объемный вес i -того слоя грунта;

h_i — толщина i -того слоя грунта;

n — количество слоев грунта над тоннелем.

Касательное напряжение τ можно найти исходя из построенных по вышеприведенным формулам графиков зависимости τ от угла внутреннего трения φ и угла трения грунта по креплению δ (рис. 4). Касательные напряжения даны в безраз-

мерной форме $\tau' = \frac{\tau}{\bar{\gamma} H}$. Это позволяет распространить график на случаи с различной глубиной заложения тоннеля и с различным объемным весом грунта.

Для определения ширины призмы сползания B в зависимости от углов φ и δ служит график на рис. 5. Ширина призмы здесь также приведена в безразмерной форме $B' = \frac{B}{H}$.

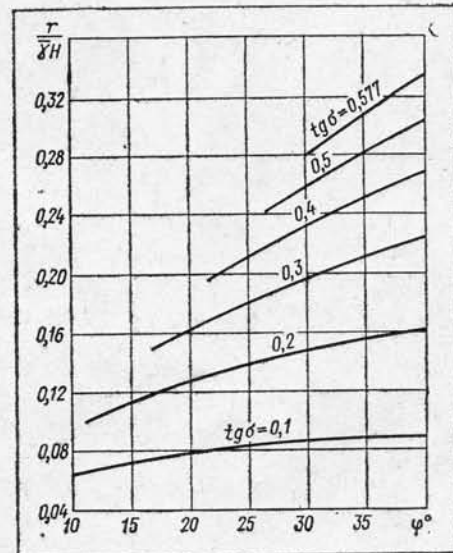


Рис. 4.

Расчет предельного усилия продавливания с учетом влияния стен котлованов производим по общей формуле

$$p = k(W_{л.с} + W_{тр}),$$

где $k=1 \div 1,1$ — коэффициент запаса (условий работы);

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

$W_{тр}$ — сопротивление трения грунта или нагнетаемого материала по обделке тоннеля.

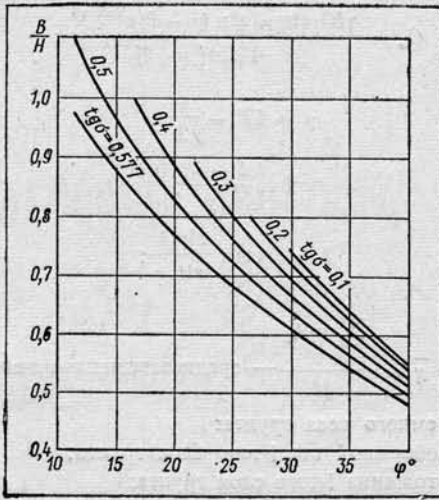


Рис. 5.

Сопrotивление трения $W_{тр}$ находим по преобразованной формуле, учитывающей влияние крепления стен котлованов,

$$W_{тр} = [2(q_{ст} + p_{ст})D_n + g] f_0 B + [2(q + p)D_n + g] \cdot f_0 (L - B),$$

где $q_{ст} = n_q \left(\sum_{i=1}^n \gamma_i h_i - \tau \right)$ — расчетное вертикальное давление на обделку у стены котлована;

$$p_{ст} = n_p \left(\sum_{i=1}^n \gamma_i h_i - \tau \right) \cdot \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) — \text{расчетное горизонтальное давление на обделку у стены котлована};$$

f_0 — коэффициент трения грунта или окружающего тоннель материала по обделке;

D_n — наружный диаметр тоннеля;

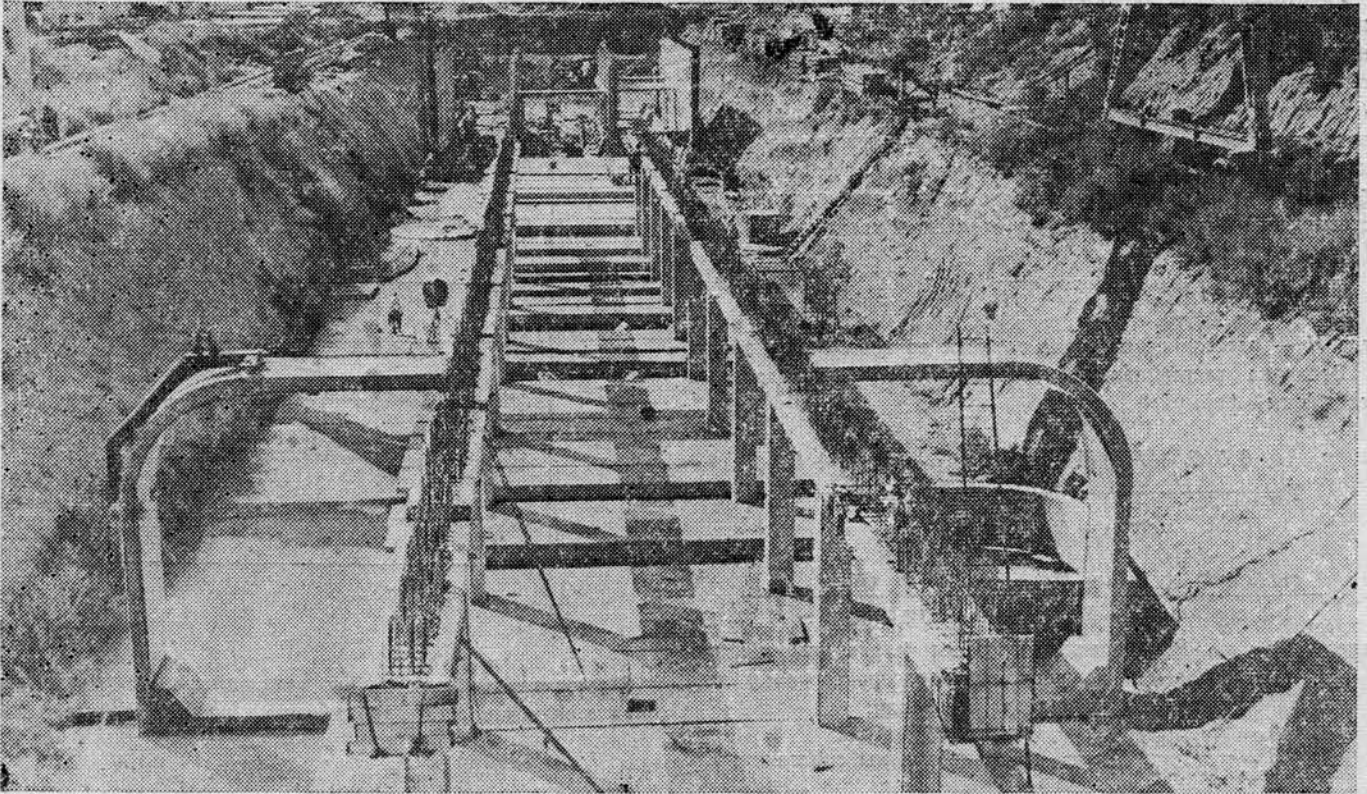
L — общая длина продавливания;

g — вес единицы длины обделки тоннеля;

q, p — расчетные вертикальное и горизонтальное давления на обделку тоннеля вне зоны влияния стен котлованов;

$n_q = 1,1; n_p = 1,3$ — коэффициенты перегрузки соответственно для вертикального и горизонтального давления. □

СТАНЦИЯ ИЗ ОБЪЕМНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ



На строительстве станции «Айбек» Ташкентского метрополитена

КРУПНОЭЛЕМЕНТНЫЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Рассмотрев представление Госстроя СССР, Государственного комитета СССР по науке и технике и ВЦСПС, Совет Министров СССР постановил присудить премию Совета Министров СССР 1981 года за разработку и внедрение пространственных конструкций в массовое строительство общественных зданий и сооружений в Ленинграде и других городах страны:

Гнедовскому Михаилу Васильевичу, **Панарину** Сергею Николаевичу, заведующим лабораториями, **Карасеву** Геннадию Петровичу, **Минину** Юрию Трофимовичу, руководителям групп, **Лубо** Лидии Николаевне, заведующей сектором, **Миронкову** Борису Анатольевичу, главному конструктору, **Неофитову** Борису Кирилловичу, главному инженеру проекта, работникам ЛенЗНИИЭПа Государственного комитета по гражданскому строительству и архитектуре при Госстрое СССР; **Иванову** Николаю Васильевичу, бригадиру, **Липину** Алексею Николаевичу, **Тузину** Марату Васильевичу, начальникам управлений, **Максимову** Борису Дмитриевичу, заместителю начальника управления строительства, **Теленкову** Николаю Николаевичу, главному технологу, **Тихонову** Дмитрию Ивановичу, директору завода, работникам управления строительства Ленметрострой Министерства транспортного строительства, **Гецину** Арону Соломоновичу, начальнику отдела Ленметрогипротранса того же министерства; **Нетребу** Михаилу Павловичу, бывшему главному инженеру проекта института Калининградского облисполкома; **Хайдукову** Георгию Константиновичу, руководителю лаборатории НИИЖБа Госстроя СССР; **Голубенкову** Виктору Александровичу, директору завода треста Ленинградоргстрой, **Рахнику** Сергею Михайловичу, бригадиру того же завода, **Богатову** Николаю Антоновичу, бригадиру управления № 453, работникам организаций Главленинградстрой при Ленгорисполкоме; **Перовичу** Ивану Ивановичу, управляющему трестом № 7 Министерства промышленного строительства Белорусской ССР; **Тилипкину** Льву Тимофеевичу, директору завода объединения Калининградстрой Министерства строительства СССР.

ЛенЗНИИЭПом в содружестве с Ленметростроем и другими организациями создана система унифицированных конструкций, включающая в себя три основных типа покрытий — складки, своды и плиты регулярной структуры. Они позволяют перекрывать различные объемно-планировочные типы общественных зданий с использованием тонкостенных сборных элементов из армоцемента, изготовляемых в заводских условиях с применением передовых технологических методов и монтируемых без специальных лесов или подмостей.

Разработка конструкций велась на основе анализа их напряженно-деформированного состояния. Расчетный экспериментальный комплекс с широким применением ЭВМ позволил выявить основное преимущество их работы: за счет пространственной жесткости конструкции обеспечивается их местная и общая устойчивость при минимальной толщине граней элементов, работающих на центральные усилия плоского напряженного состояния без значительных усилий изгиба и кручения.

В ленинградской практике метро-

строения широкое применение получили сборные водозащитные армоцементные зонты — двухшарнирные своды — из волнистых элементов толщиной 15 мм и шириной 1,6 м для наклонных ходов и подземных станций, а также структурных покрытий наземных сооружений (станция «Комсомольская», вестибюли «Приморской» и «Пролетарской»). Применяются своды пролетом от 4,5 до 18 м.

Характерная волнообразная структура формы создает специфический мотив речной ряби или морской волны, благодаря чему проявляется оттенок ассоциаций, которые могут быть свойственны для архитектуры города, стоящего на воде. В то же время, например, на станции «Площадь мужества» удалось создать совершенно новое внутреннее пространство интерьера. Светотеневой контраст, подчеркнутый острыми ребрами складок, удачная форма светильников, красивый и свободный рисунок свода создают строгий и торжественный архитектурный образ станции, созвучный ее названию.

Не нарушая систему конструктивных элементов, можно решать искусственное освещение и, что особенно важно, пропускать внутри конструкции, в ее внутренних полостях (складки, своды) или в пустотах (плиты регулярной структуры) любые инженерные коммуникации.

По сравнению с ранее применявшимися техническими решениями покрытий станций и наклонных ходов метрополитена предложенные конструкции армоцементных зонтов позволили снизить трудозатраты на строительство в 3 раза, значительно сократить материалоемкость покрытия. На сегодняшний день этими конструкциями перекрыто более 55 тыс. м² подземных помещений метро и предполагается, что на последующих строящихся линиях армоцементные зонты останутся основным типом конструкций покрытия.

Наиболее эффективными оказались плиты регулярной структуры из армоцементных элементов. Основной несущей частью конструкции является пирамидальный армоцементный элемент высотой 90 см в основании, имеющий форму квадрата с размерами 1,5×1,5. Толщина наклонных стенок элемента 15 мм. Кровельная ребристая плита, также имеющая в плане форму квадрата со сторонами 1,5 м, толщиной 15 мм, при высоте ребер 100 мм, укладывается на вер-

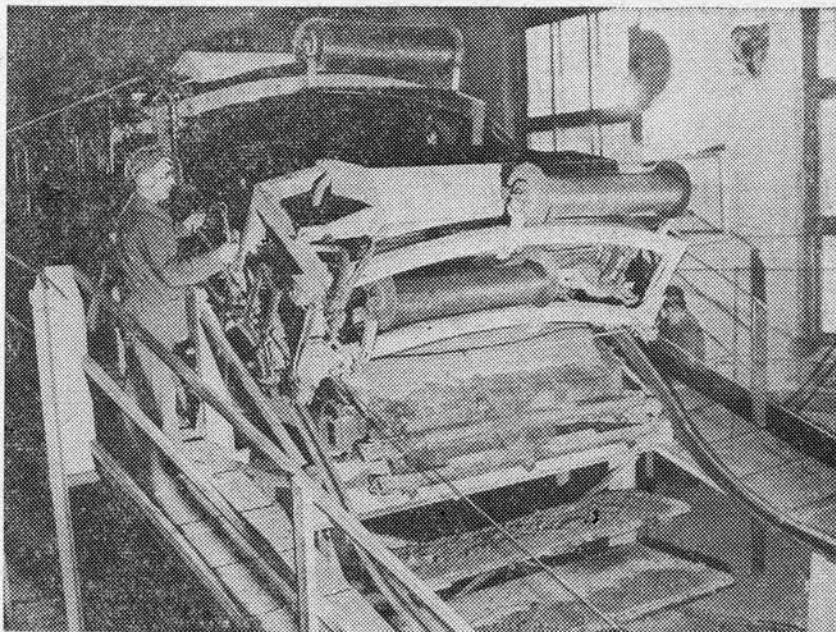
шины пирамидальных элементов. Как правило, отдельные несущие элементы и кровельные плиты собираются в заводских условиях на кондукторах в укрупненные блоки размером 3×9 м или 3×12 м.

Применение для изготовления армоцементных элементов способа послойного формования позволяет совместить в единый процесс операции армирования и бетонирования, а также обеспечить фиксацию как тканой сетки, так и стержневой арматуры. Кроме того, способ дает возможность применять умеренно-жесткие и жесткие бетонные смеси, так как подвижность последних не зависит от номера сетки, а только от параметров вибрации вибропрофилеров.

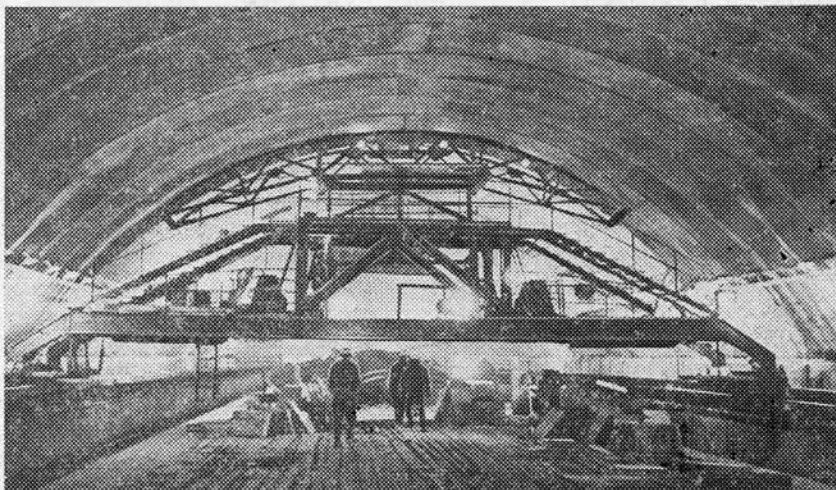
Все работы, связанные с контролем точности изготавливаемого оборудования, монтажом, доводкой, освоением новой технологии и выпуском продукции, осуществлялись в тесном содружестве научных работников ЛенЗНИИЭПа с коллективами заводов ЖБКиД Ленметростроя и Экспериментальным заводом треста «Ленинградоргстроя». Главленинградстроя. Многолетнее творческое содружество научных работников и производственников позволило отработать методику внедрения и довести сроки освоения технологических линий от начала монтажа оборудования до выпуска изделий до 2—3 месяцев.

Изготовление элементов армоцементных зонтов осуществляется по поточно-агрегатной схеме. Транспортировка элементов ведется в контейнерах по шесть штук. Монтаж производится с помощью специального передвижного кондуктора, оборудованного гидродомкратами и обеспечивающего установку элементов «в распор».

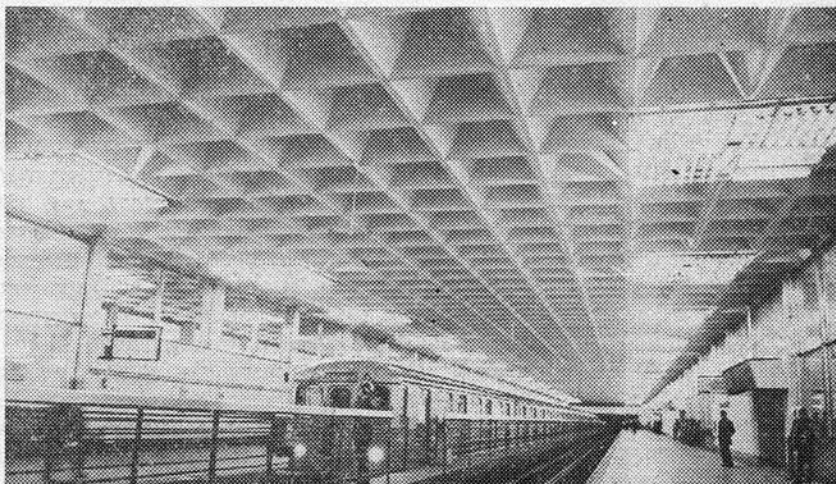
Дальнейшая углубленная работа над формообразующими и эстетическими качествами предложенных систем покрытий может и должна значительно расширить и обогатить палитру архитектора, создающего сооружения для массового строительства. Но и в тех архитектурных решениях, которые возникли на основе уже существующих конструкций, далеко не использованы все возможности эстетического обогащения последних. Совершенно не используется цвет. Например, в метро могли бы применяться не только зонты, окрашенные в белый цвет, но и покрытые росписью в технике гризайли или гротесковой живописи. То же можно сказать и о структурах. □



Изготовление армоцементных блоков методом послойного формования на заводе ЖБКиД Ленметростроя



Монтаж водозащитного зонта с помощью передвижной кран-балки с кондуктором



Кессонированное перекрытие станции «Комсомольская» Ленинградского метрополитена из плит регулярной структуры

СОВЕРШЕНСТВОВАТЬ ПЛАНОВО-АНАЛИТИЧЕСКУЮ РАБОТУ

В. ЛЕВИН, канд. экон. наук;
М. БОРИСОВА, инженер

У СПЕШНОЕ решение задач в деле дальнейшего повышения эффективности строительного производства во многом зависит от улучшения плано-аналитической работы и совершенствования экономического стимулирования.

Разработке плановых показателей должен обязательно предшествовать глубокий и всесторонний анализ производственно-хозяйственной и финансовой деятельности строительных управлений.

Такой анализ был проведен по всем хозяйникам Мосметростроя за прошедшую пятилетку. Он позволил вскрыть резервы строительного производства и наметить конкретные мероприятия по их использованию.

В первую очередь следует проанализировать выполнение плана по вводу в действие объектов, а также степень реализации производственной программы.

Так, в СМУ № 3 программа строительно-монтажных работ собственными силами была выполнена в 1976 г. на 61,3%; 1977 — 112,1; 1978 — 120,8; 1979 — 120,4 и в 1980 г. на 100,8%, а по СМУ № 5 соответственно на 101,4%; 118,9; 133,7; 119,6 и 101,4%. Такое высокое выполнение производственной программы обусловлено прежде всего ритмичной работой организаций в течение года. Количественная оценка равномерности реализации производственной программы характеризуется коэффициентом ритмичности (K_p), который определяется по формуле:

$$K_p = 1 - \frac{\sum A}{100},$$

где $\sum A$ — сумма отклонения фактических объемов работ за отдельные кварталы от объемов работ при абсолютно ритмичном производстве, т. е. когда за каждый квартал выполняется 25% годового плана.

В табл. 1 приведены исходные данные и рассчитанные по исходной формуле соответствующие коэффициенты ритмичности.

Таблица 1

Годы	Выполнение годового объема работ по кварталам, %				Коэффициент ритмичности, K_p , %
	I	II	III	IV	
СМУ № 3					
1976	14,3	34,6	23,5	27,6	0,756
1977	21,6	24,3	26,1	28	0,918
1978	24,7	25,2	24,1	26	0,976
1979	25,5	27,3	26,3	20,9	0,918
1980	23,6	26,1	25,1	25,2	0,972
СМУ № 5					
1976	21,1	26,3	27,8	24,8	0,918
1977	21,7	26,7	27,4	24,2	0,919
1978	22,1	24,1	28,3	25,5	0,924
1979	23,6	25,3	24,2	26,9	0,956
1980	21,2	26,2	27,5	25,2	0,925

Высокая ритмичность (максимальное значение K_p может быть равно 1) свидетельствует о равномерном использовании производственных ресурсов, что оказывает положительное влияние на все другие экономические показатели работы строительных организаций. Правда, как видно из табл. 1, в 1976 г. в СМУ № 3 коэффициент ритмичности оказался довольно низким (0,756), вследствие чего и производственная программа была выполнена только на 61,3%.

Проведенный анализ себестоимости в этих организациях за тот же период показал, что если по статьям «Материалы», «Основная заработная плата» и «Накладные расходы», как правило, имеется экономия, то по статье «Расходы по эксплуатации машин» — перерасход. Так, в СМУ № 3 в 1979 г. он составил 47 тыс. руб., а в 1980 г. — 80 тыс. руб., в СМУ № 5 — соответственно 49 и 89 тыс. руб. Это указывает на нерациональное применение строительной техники. Эффективность использования можно повысить, увеличив коэффициент сменности, степень использования по времени, производитель-

ности и др. Но обобщающим, синтезирующим показателем является фондоотдача, которая определяется отношением объема строительно-монтажных работ к стоимости основных производственных фондов. Так, в СМУ № 3 фондоотдача составляла: в 1976 г. — 5,82 руб/руб.; 1977 — 5,56; 1978 — 5,11; 1979 — 5,10 и в 1980 г. — 3,61 руб/руб., т. е. неуклонно уменьшалась. В то же время механоооруженность непрерывно увеличивалась и на 1 рабочего соответственно достигала: 1,44; 1,57; 2,21; 2,40 и 3,52 тыс. руб.

При анализе себестоимости строительно-монтажных работ необходимо выявить по каждой из статей изменения величины отклонения фактических затрат от плановых с учетом удельного ее веса в общих затратах. С этой целью рассчитывается «постатейный» индекс снижения себестоимости по следующей формуле:

$$I_c = \frac{\sum (i - 100) d_{пл}}{100},$$

где i — индивидуальный индекс снижения себестоимости по каждой статье затрат;

$d_{пл}$ — удельный вес данной статьи затрат в плановой себестоимости.

В табл. 2 приводится порядок расчета «постатейного» индекса снижения себестоимости по СМУ № 3 за 1980 г.

Из таблицы видно, что за счет экономии по статье «Материалы» в сочетании с ее наибольшим удельным весом в общих производственных затратах плановая себестоимость снизилась на 1,69%. В то же время допущен перерасход по статье «Расходы по эксплуатации машин» в размере 1,52%, что указывает на необходимость уделять больше внимания данному вопросу при разработке плана работы строительного управления.

Основной задачей анализа плана по труду является проверка выполнения задания по росту производительности, обеспеченности рабочими кадрами, расходованию фонда заработной платы, а также использованию рабочего времени, внедрению низового хозрасчета и т. д.

Так, в СМУ № 3 фактическая среднегодовая выработка одного работающего в 1980 г. составила 11254 руб. при плане — 11170 руб., т. е. возросла на 84 руб. или 0,8%. Это позволило при неизменной численности работающих получить дополнительно строительной продукции на сумму 38052 руб., т. е. при плане объема строительно-монтажных работ 5060 тыс. руб. фактически выполнено — 5098.

В настоящее время большое внимание

Таблица 2

Статьи затрат	Плановая себестоимость, тыс. руб.	Фактическая себестоимость, тыс. руб.	Индивидуальный индекс $i, \%$ $(\frac{гр.3}{гр.2} \cdot 100)$	Значение $(i-100), \%$	$d_{пл}, \%$	Постатейный индекс $(\frac{i-100}{100}) \times d_{пл}$
Материалы	2640	2550	96,6	- 3,4	49,8	-1,69
Основная заработная плата	932	928	99,6	- 0,4	17,6	-0,07
Расходы по эксплуатации машин	474	554	116,9	+16,9	9	+1,52
Прочие прямые затраты	187	184	98,4	- 1,6	3,5	-0,06
Накладные расходы	1063	1062	99,9	- 0,1	20,1	-0,02
Итого	5296	5278	-	-	100	-0,32

Примечание: — экономия, + перерасход.

уделяется совершенствованию работы с кадрами, их подбору, расстановке и воспитанию, что играет немаловажную роль в деле повышения эффективности строительного производства, а также сокращения текучести кадров. Она определяется отношением численности рабочих, выбывших в течение года по неуважительным причинам, к общей их численности в строительном управлении. Например, в СМУ № 3 текучесть кадров составила в 1979 г. 10,8%, а в 1980 г. — 9,1%. Это говорит о хорошей работе по закреплению кадров. В частности, много внимания здесь уделяется постоянному повышению квалификации рабочих на курсах в технической школе, в школах коммунистического труда, а также улучшению жилищных и культурно-бытовых условий. Сокращению текучести кадров способствует и внедрение бригадного хозрасчета. В СМУ № 3 ежегодно растет число бригад, переведенных на эту прогрессивную форму. В настоящее время около 70% всего объема работ строительного управления выполняется хозрасчетными бригадами, имеющими, как правило, высокие экономические показатели.

На Мосметрострое были проанализированы и такие показатели, как прибыль, рентабельность, оборотные средства, незавершенное производство, фонды экономического стимулирования и т. д., что позволило более обоснованно разработать планы производственно-хозяйственной и финансовой деятельности хозяйств.

С целью сокращения затрат труда каждое строительное управление должно наметить конкретные организационно-технические мероприятия. В их основу следует положить неуклонное повышение производительности труда (выработки). Экономия трудоемкости Θ_T можно определить по формуле:

$$\Theta_T = \left(\frac{V_{пл}}{W_{пр}} - \frac{V_{пл}}{W_{пл}} \right) n,$$

где $V_{пл}$ — объем строительно-монтажных работ в планируемом году, тыс. руб.;

$W_{пр}, W_{пл}$ — выработка на одного работника в предыдущем и планируемом годах, тыс. руб.;

n — количество рабочих дней в году.

Для СМУ № 3 в 1981 г. при исходных данных $V_{пл}=3404$ тыс. руб.; $W_{пр}=11,254$ тыс. руб.; $W_{пл}=11,420$ тыс. руб. и $n=307$ дн. экономия затрат труда должна составить:

$$\Theta_T = \left(\frac{3404}{11,254} - \frac{3404}{11,420} \right) \cdot 307 = 1350,8 \text{ чел./дн.}$$

В текущей пятилетке предусматривается постепенный переход в строительстве к планированию объемов работ и производительности труда по показателю нормативной условно-чистой продукции (НУЧП), который отражает величину живого труда, т. е. вновь созданной данной организацией стоимости. В этот показатель включаются сметные затраты на основную заработную плату, эксплуатацию строительных машин, накладные расходы и плановые накопления.

Величина накладных расходов определяется путем умножения их предельной нормы на соответствующий коэффициент. По Минтрансстрою он установлен в размере 0,57 с дифференциацией его по главам (для Главтоннельмостростроя — 0,6). Плановые накопления, включаемые в состав НУЧП, устанавливаются в размере 45% основной заработной платы рабочих и затрат по эксплуатации строительных машин, содержащихся в прямых затратах.

Пересчет составленных смет на новый показатель, по-видимому, можно начать с 1984 г., когда будут введены новые сметные цены со специально выделенной НУЧП.

Однако в настоящее время строительные управления могут приблизительно установить размер НУЧП в общем объеме строительно-монтажных работ на основании данных, отраженных в форме № 2-С («Отчет о себестоимости строительных и монтажных работ»).

Приведем методику и пример такого расчета по СМУ № 3 за 1980 г.:

сметная стоимость фактически выполненных работ собственными силами — 5098 тыс. руб.,

в том числе плановые накопления — 288 тыс. руб. ($5098 \times 5,66 : 100$),

сметная себестоимость работ — 4810 тыс. руб. ($5098 - 288$),

плановая себестоимость (форма № 2-С, строка 050, графа 1) — 5296 тыс. руб.,

льготы и компенсации, оплачиваемые сверх сметной стоимости (строка 050, графа 3) — 412 тыс. руб.,

сметная себестоимость работ на 1 рубль плановой себестоимости за вычетом компенсаций — 0,98 руб/руб.

$$\left(\frac{4809,5}{5296 - 412} \right);$$

исключаемые затраты по плановой себестоимости:

материалы (строка 031, графа 1) — 2640 тыс. руб.,

компенсации по материалам (строка 031, графа 3) — 89 тыс. руб.,

затраты на материалы за вычетом компенсаций — 2551 тыс. руб. ($2640 - 89$),

накладные расходы (строка 041, строка 1) — 1063 тыс. руб.,

заработная плата в них (строка 041, графа 4) — 608 тыс. руб.,

компенсации по накладным расходам (строка 041, графа 3) — 61 тыс. руб.,
исключаемые затраты по накладным расходам — 420 тыс. руб.

$$\left(1063 - 608 - \frac{608}{1063} \cdot 61 \right).$$

Итого исключаемых затрат по плановой себестоимости работ — 2971 тыс. руб. ($2551 + 420$);

то же по сметной себестоимости работ — 2911 тыс. руб. ($2971 \times 0,98$),

объем НУЧП — 2187 тыс. руб. ($5098 - 2911$).

Следовательно, величина НУЧП (2187 тыс. руб.) в общем объеме работ (5098 тыс. руб.) по СМУ № 3 в 1980 г. составляла 43%.

Проведенные расчеты по данному строительному управлению показали, что колебания этого показателя по отдельным годам незначительны (от 41 до 44%). Таким образом, на планируе-

мый период показатель НУЧП можно принять на уровне 43—44% от общего объема строительно-монтажных работ.

Производительность труда (выработка) следует определять по двум показателям: общему объему работ и по НУЧП. При этом необходимо обязательно сопоставить их темпы роста с темпами роста среднегодовой заработной платы. Такое соотношение по СМУ № 3 приведено в табл. 3.

Таблица 3

Годы	Выработка по полной сметной стоимости		Выработка по показателю НУЧП		Среднегодовая заработная плата	
	руб.	%	руб.	%	руб.	%
1976	6175	100	2696	100	2149,2	100
1977	8949	144,9	3924	145,5	2343,9	109
1978	10203	165,2	4064	150,7	2607	121,3
1979	10879	176,2	3964	147	2751,1	128
1980	11254	182,3	4826	179	2910,4	135,4

Как видно из таблицы, здесь неуклонно росла выработка с одновременным увеличением среднегодовой заработной платы. Причем, наблюдается опережение роста производительности труда по сравнению с заработной платой, что является положительным фактом и обя-

зательным условием для снижения себестоимости строительно-монтажных работ.

Большое внимание уделяется совершенствованию экономического стимулирования в строительных организациях. Показателями для исчисления фондов материального поощрения являются рост производительности труда и прибыль. При этом на их стимулирование направляется по 50% общей суммы фонда материального поощрения. Норматив отчислений за рост производительности труда определяется путем деления соответствующей части средств фонда материального поощрения, выраженной в процентах к фонду заработной платы 1980 г., на установленный в плане на 1980 г. темп роста производительности труда, а норматив отчислений от суммы прибыли — делением соответствующей части средств фонда материального поощрения на размер прибыли по плану на 1980 г.

Приведем пример расчета соответствующих нормативов и фондов материального поощрения по СМУ № 3 на 1981 г. Необходимые исходные данные:

часть средств фонда материального поощрения по плану на 1980 г., направляемая на стимулирование роста производительности труда — 184,5 тыс. руб. ($\Phi_{в}^{80}$);

то же на стимулирование роста прибыли — 184,5 тыс. руб. ($\Phi_{п}^{80}$);

фонд заработной платы работников, занятых на строительно-монтажных работах и в подсобных производствах, по плану на 1980 г. — 1321,4 тыс. руб. ($\Phi_{з.п.}^{80}$);

рост производительности труда по плану на 1980 г. (в % к плану предыдущего года) — 93,1% (B^{80});

сумма прибыли по плану на 1980 г. — 240 тыс. руб. (Π^{80});

задание по росту производительности труда на 1981 г. к уровню 1980 г. — 102,2% (B^{81});

сумма прибыли по подрядной деятельности по плану на 1981 г. — 327 тыс. руб. (Π^{81}).

Нормативы отчисления в фонд материального поощрения за рост производительности труда $\Pi_{в}$ и от прибыли $\Pi_{п}$ рассчитываются по формулам:

$$\Pi_{в} = \frac{\Phi_{в}^{80} \cdot 100}{\Phi_{з.п.}^{80} \cdot B^{80}},$$

$$\Pi_{п} = \frac{\Phi_{п}^{80} \cdot 100}{\Pi^{80}}.$$

Плановая сумма фонда материального поощрения на 1981 г., исчисляемая исходя из задания по росту производительности труда ($\Phi_{мп}^{в}$) и прибыли ($\Phi_{мп}^{п}$), определяется следующим образом:

$$\Phi_{мп}^{в} = \frac{\Phi_{з.п.}^{80} \cdot \Pi_{в} \cdot B^{81}}{100},$$

$$\Phi_{мп}^{п} = \frac{\Pi^{81} \cdot \Pi_{п}}{100}.$$

Подставив исходные данные в формулы, получим значения $\Pi_{в} = 0,15\%$, $\Pi_{п} = 76,9\%$, $\Phi_{мп}^{в} = 202,57$ тыс. руб. и $\Phi_{мп}^{п} = 251,46$ тыс. руб.

Общая сумма фонда материального поощрения по плану на год составит 454,03 тыс. руб.

Следует иметь в виду, что доля отчислений в фонд материального поощрения от суммы прибыли по плану на 1981 г. не должна быть выше доли, предусмотренной на 1980 г. Для СМУ № 3 в 1980 г. она составляла 154%, а в 1981 г. — 139%.

Сумма фонда социально-культурных мероприятий и жилищного строительства определяется по соответствующему нормативу от полученного фонда материального поощрения. В последний включаются также премии за ввод в действие в срок и досрочно производственных мощностей и объектов и премии рабочим (по фонду заработной платы). □

МОСКОВСКОМУ МЕТРОСТРОЮ — 50



А. Стаханов (в центре) среди строителей станции метро «Маяковская». Ноябрь, 1935 год

Фото А Столяренко

КИЕВСКИЙ СКОРОСТНОЙ ДЕЙСТВУЕТ

Ю. ЗИЛЬБЕРБРАНД,
инженер

СТОЛИЦА Советской Украины в 1982 г. будет отмечать 1500-летие со дня основания. Сегодня Киев — это один из крупнейших городов страны, численность населения которого перевалила двухмиллионный рубеж. Большой размах экономического развития определил значительный территориальный рост города, возникновение новых промышленных комплексов и жилых массивов. Некоторые из них по числу жителей превышают многие большие и средние города страны. Так, Оболонь, Воскресенка, Никольская Борщаговка — это по существу города в городе. В этих условиях проблемы городского транспорта стали особенно актуальны.

В Киеве основной упор делается на развитие электротранспорта, в наибольшей степени отвечающего современным требованиям. Трамвай, троллейбус, метрополитен и электрички осуществляют свыше 70% всех пассажироперевозок. Только на долю трамвая и троллейбуса приходится 55% внутригородских пассажироперевозок.

Успешно завершено строительство первой в Советском Союзе скоростной трамвайной линии протяженностью 9,25 км (с пятью транспортными развязками), которая надежно связывает новые жилые массивы Никольско-Борщаговский, Отрадный и Политехнический с центром города — площадью Победы. (Заметим, что первая скоростная трамвайная линия в нашей стране построена именно в Киеве, городе, где в 1892 г. было открыто движение на первой в России линии электрического рельсового транспорта). Трамвай столицы Украины сегодня — это скоростной, надежный, экономичный и бесшумный вид современного транспорта.

Для обеспечения высоких скоростей движения, безопасности и на-

дежности эксплуатации на всем протяжении трамвайный путь полностью огражден и вынесен на обособленное полотно с размещением его по оси уличных магистралей, а пересечение трассы с другими видами транспорта осуществляется только через транспортные развязки, подземные переходы или надземные пешеходные мостики. Пассажиры попадают на платформы через вестибюли всех двенадцати станций, из которых в отдельных зданиях — две конечные станции, встроенные в транспортные развязки — три, совмещенные с подземными пешеходными переходами — семь.

Трасса скоростной трамвайной линии (рис. 1) начинается оборотным кольцом у Большой Окружной магистрали в отдаленном районе крупного жилого массива Никольская Борщаговка и пролегает по проспектам 50 лет Октября и Комарова, улицам Борщаговской и Жадановского и заканчивается оборотным кольцом в центре города у площади Победы. Линия на всем протяжении наземная, проложена на обособленном полотне шириной от 10 до 18 м. Полная длина эксплуатируемых путей по трассе (в однопутном исчислении) составляет 19,915 км, развернутая протяженность главных путей — 18,472 км.

В плане трасса представляет собой прямую с несколькими кривыми радиусом от 400 до 800 м. Минимальный радиус кривой на перегоне 250 м (на подходах к станции «Улица Полевая»). На оборотных кольцах по главному пути применены кривые радиусом 25—27 м.

Трасса скоростной линии разделена на 22 перегона средней длиной 840 м (максимальная — 1061 и минимальная — 556 м). На конечных оборотных кольцах предусмотрено пу-



Рис. 1.

тевое развитие для отстоя, обгона и изменения составности поездов.

Рельеф по трассе относительно спокойный, и уклоны продольного профиля, за исключением рамповых участков на транспортных развязках и подходах, незначительны. На станции «Улица Гната Юры» линия ответвляется к улицам Картвелишвили, Ромена Роллана и Семьи Сосниных (см. рис. 1). Сейчас этот участок по направлению 1 реконструирован под ускоренное движение. Направления 2—3 пересекают линию скоростного трамвая по путепроводу транспортной развязки.

Применена надежная конструкция бесстыкового пути температурно-напряженного типа с рельсами Р65 на шпально-щебеночном основании с использованием железобетонных шпал С-56-2 и промежуточного скрепления

КБ65 с упругими клеммами «Краб» с изолирующими и шумопоглощающими элементами. Эпюра шпал на прямых 1680 шт/км, на кривых 1840 шт/км. Длина непрерывных сварных плетей доходит до 3 км. Для соединения рельсов в длинные бесстыковые плети применена контактная электросварка с помощью автоматизированных машин К-155 и К-355.

Энергоснабжение линии выполнено с учетом современных требований и осуществляется от шести тяговых подстанций, телеуправляемых из одного РДП. Контактная сеть принята продольно-цепной с грузовой компенсацией натяжения провода. Контактный провод подвешен на кронштейнах металлических опор типа ТМ VII, установленных в междупутье с шагом 50 м. Устройства контактной сети оборудованы дистанционным управлением.

Применена система частотной автоблокировки и автоматической поездной сигнализации АЛС-АРС-СТ, которая позволит создать в будущем полностью автоматизированную систему управления движением (АСУД).

На линии скоростного трамвая создано все для удобства пассажиров и обслуживающего персонала. На ряде станций можно удобно и быстро пересесть на другие виды городского транспорта. Все помещения станций отделаны в соответствии с современными требованиями технической эстетики. При сооружении и отделке станций и пассажирских платформ широко использованы современные строительные и отделочные материалы: сталь, сборный и монолитный железобетон, гранит, стекло, стеклопрофилит, алюминий, керамика, пластмассы, чеканка и др.

На линии эксплуатируются поезда из трех вагонов типа Т-3 чехословацкого производства в трехдверном исполнении (рис. 2), обеспечивающие максимальную скорость движения 65 км/ч при частоте движения 43 поезда в час. Один такой поезд может перевезти 400 пассажиров. В дальнейшем предполагается внедрить в эксплуатацию подвижной состав, обеспечивающий максимальную скорость движения на перегоне до 80 и даже до 100 км/ч. План и профиль линии, высокая несущая способность пути и сооружений, автоблокировка и автоматическая поездная сигнализация могут обеспечить реализацию таких скоростей даже при увеличении осевых нагрузок.



Рис. 2.

Сегодня трасса скоростного трамвая успешно осваивается. Созданы первые эксплуатационные подразделения — дистанция пути, участки по обслуживанию контактной сети, устройств СЦБ и другие. Построена станция технического обслуживания. Завершены пусконаладочные работы, опробована эксплуатационная документация, проведены занятия с обслуживающим персоналом. В пусконаладочный период осваивалась проектная мощность скоростного трамвая. А это значило достигнуть скорости сообщения 28,7 км/ч, довести провозную способность в час пик в одном направлении до 15—16 тыс. пассажиров и обеспечить выполнение пассажироперевозок в 39 млн. чел. в год.

После устранения недоделок и завершения пусконаладочных работ комфортабельные и бесшумные поезда развивают скорость 65 км/ч.

Составность поезда может быть доведена до четырех одиночных четырехосных вагонов или до двух-трех шестiosных, управляемых по системе «многих единиц». Частота движения увеличится до 55 поездов в час. При этом провозная способность линии достигнет порядка 25—30 и более тыс. человек в час и станет равной половине провозной способности метрополитена. В прошлом году скорость сообщения достигла 28,7 км/ч, средний интервал между поездами в часы пик составил 1,5 мин., а регулярность движения — 99,3%. (Для сравнения укажем, что на линиях обычного трамвая средняя скорость составляет 17,5 км/ч, интервал между поездами — 4,2 мин. и регулярность движения — 97,5%).

Производительность работы подвижного состава на новой линии увеличилась в 1,6 раза, значительно возросла и производительность труда.

Один водитель трехвагонного поезда за счет увеличения скорости его движения и составности перевозит в 4,8 раза больше пассажиров, чем водитель одиночного вагона на линиях обычного трамвая за одно и то же время. По сравнению с обычным трамваем время проезда сократилось более чем в два раза. По данным института «Главкиевпроект», новая линия уже в первый год эксплуатации дала значительную экономию — бо-

лее 5 млн. чел./час в год. Затраты же на сооружение линии скоростного трамвая в 5—7 раз ниже, чем метро.

Скоростной трамвай в Киеве успешно дополняет сеть метрополитена. Его трасса проходит между действующей Святошино-Броварской линией и строящимся участком Курневско-Красноармейской.

В дальнейшем трассу скоростного трамвая предполагается продлить в район Печерска к мосту им. Патона.

Ответвление у станции «Улица Гната Юры» по направлению 1 (см. рис. 1) в перспективе, с продлением этого участка к новому Южно-Борщаговскому жилому массиву, намечается преобразовать в линию скоростного движения. Некоторые остановки скоростного трамвая получают непосредственную связь со станциями метрополитена.

Строительство скоростного трамвая ведется сейчас еще в нескольких городах Советского Союза: Волгограде, Саратове, Кривом Роге, Старом Осколе, Новополюцке и др., для большой группы городов идет проектирование таких линий.

Особенно велико значение скоростного трамвая теперь, когда число городов с миллионным населением в нашей стране достигло 20, а по прогнозам ученых к 2000 году их будет уже более 30, когда особенно возросли требования к защите окружающей среды и остро встали на повестку дня вопросы экономии топливно-энергетических ресурсов.

Анализируя киевский опыт проектирования, строительства и эксплуатации скоростного трамвая, следует отметить, что более целесообразно его внедрение одновременно с проектированием и строительством жилого массива или промышленного комплекса, так как «вписать» скоростной трамвай в существующую застройку, особенно старую, значительно сложнее. На наш взгляд, прокладка линий скоростного трамвая в наземном варианте может быть допущена при ширине городской магистрали не менее 50—60 м. Проектом должна быть заранее четко разработана система эксплуатации и указаны пути поэтапного усиления перспективной линии на 5, 10, 15 и 20 годы ее работы и возможности перевода ее из одной категории в другую со всеми необходимыми при этом проектными проработками. Нужно заранее наметить и учесть возможность удлинения посадочных платформ с изменением их высотного положения, строительство транспортных развязок и подземных или надземных пешеходных переходов, увеличение пропускной способности и т. д. Важно обратить особое внимание на пересадочные узлы как на строящиеся одновременно с линией скоростного трамвая, так и на перспективные. Следует стремиться к осуществлению большинства пересадок по системе «из двери в дверь», а также к расширению беспересадочных сообщений. □

МОСКОВСКОМУ МЕТРОСТРОЮ — 50



ПРОТИВОКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА МЕТРОПОЛИТЕНА

О. ЛУКИНСКИЙ,
канд. техн. наук;

В. ЛЕБЕДЕВА, Н. АЗИЗОВ, И. ШИШКИНА,
инженеры

Э КСПЛУАТАЦИОННАЯ надежность и долговечность метрополитена в большой степени определяется водонепроницаемостью и коррозионнотойкостью тоннельных конструкций, что в свою очередь зависит от качества гидроизоляционных материалов и конструктивно-технологических решений.

При обследовании бетонных и железобетонных обделок метрополитена выявлены их коррозионные поражения:

течи в швах из-за низкой плотности цементно-песчаного раствора;

трещинообразования, вызванные некачественным нагнетанием и просадками лессовых грунтов;

коррозия бетона вследствие повышенной сульфатной агрессии грунтовых вод.

Долговечность железобетонных блоков обделки зависит от структуры бетона, на которую основное влияние оказывает соотношение твердой и жидких фаз в смеси, качество и гранулометрический состав заполнителей, вид и точность помола. Характер контактной зоны — цементный камень-заполнитель, капилляры в зоне контакта — основной путь проникновения воды и агрессивных жидкостей, и здесь образуются очаги коррозионного поражения.

Для сборных обделок по-прежнему нет доработки с водонепроницаемым швом. При существующих конструкциях и способах монтажа в них образуются разновеликие стыки со сквозными зазорами переменной ширины. Последние зачеканивают расширяющимися цементными составами после первичного нагнетания. Натурные обследования таких обделок в водоносных грунтах показали, что зачеканенные швы не обеспечивают надежности герметизации, особенно при изменении габаритов в эксплуатации. Эти недостатки определили цель исследований ЦНИИ МПС — создание эластичных мастик с высокими и стабильными показателями адгезивно-когезионной прочности.

Значительное распространение получили мастики на основе полисилоксановых каучуков, обладающих высокой де-

формативностью и адгезивно-когезионной прочностью в широком диапазоне температур, технологичностью при нанесении, способностью вулканизироваться на «холоду». Олигомерные каучукогены (например, форполимеры) представляют собой бифункциональные углеродородные полимеры с различными концевыми реакционноспособными группами — COOH, —OH, —SH, —Cl, —Br, —NCO, что позволяет вулканизировать процесс за счет их взаимодействия с различными химическими реагентами. Форполимеры SKU-ДФ-2 получают обработкой исходного каучука с концевыми гидроксильными группами избытком 2,4'-толуиленидиизоцианата при 70—80°C.

Совместно с лабораторией герметиков НИИРП проведены лабораторно-производственные исследования форполимерных мастичных герметиков 14Д-01, 14Д-03, изготовленных на основе уретанового форполимера SKU-ДФ-2.

Состав герметиков	14Д-01	14Д-03 (в частях массы)
Уретановый форполимер SKU-ДФ-2 (ТУ-384003211-72)	100	100
Технический углерод (ГОСТ 7885-68)	—	50
Двуокись титана (ГОСТ 98-88-65)	10	—
Тиурам (ТУ-6-14-970-73)	1	1
Аэросил (ГОСТ 14922-69)	—	4

Таблица 1

Показатели механических свойств черного герметика 14Д-03

Наименование свойств	Показатели
Жизнеспособность, час . . .	До 4
Адгезионная прочность к бетону, кгс/см ²	15
Адгезия к металлу, кгс/см ² . . .	10
Предел прочности при отслаивании от бетона, кгс/см . . .	0,4
Относительное удлинение, % (по ГОСТу 270-64)	140
Водонепроницаемость	Водонепроницаемость сохраняется при избыточном давлении воды 2 кгс/см ²

Герметик — высоковязкий, и для испытаний его разжижали бензином БР-1 («Галоша»), что снижало механические показатели. Совместно с Дзержинским филиалом ГИАП для уплотнения жестких неизменяющих свои размеры стыков разработан принципиально новый состав на основе полиизоцианатной смолы — продукт «К». Его получают при полном отгоне легколетучих компонентов и частичном отгоне 4,4'-дифенилметандиизоцианата из полиизоцианатов марок «А» и «Б». К полимерам с плотной упаковкой молекул и химической стойкостью и адгезией к большей части строительных материалов относятся полнуретановые смолы, содержащие в своих молекулах группы с реакционной способностью — R—NH—COO—. При взаимодействии с аминами они приобретают сетчатую структуру с высокой прочностью и термостойкостью.

Различные марки полиизоцианатов существенно отличаются по своей реакционной способности, которая определяется заместителями, связанными диизоцианатными группами. Один из них дифенилметан-4,4'-диизоцианат. Стоящие в орто-положении алкильные группы ослабляют реакционную способность NCO. Поэтому в дифенилметан-4,4'-диизоцианате NCO-группа в положении 4 более активна, чем в положении 2. Диизоцианаты, NCO-группы которых различны по реакционной способности, могут вступать ступенчато, — сначала за счет одной, а потом другой NCO-группы. Благодаря высокой реакционной способности изоцианатов рецептура композиций может составляться так, чтобы обеспечить высокую химическую, атмосферную стойкость композиций и адгезию к бетону и металлу.

При исследовании герметизирующих материалов оценивались механические показатели и их адгезия с бетоном и чугуном при продолжительном давлении воды. Прочность наполненных композиций на основе полиизоцианатов существенно зависит от содержания и вида наполнителя.

Исследования по подбору состава для герметизации, приведенные в табл. 2, показали, что в полимерную композицию целесообразно вводить смешанный наполнитель — гашеную известь и длиноволокнистый асбест до 20% от массы смолы.

Таблица 2

Показатели технологических и механических свойств полиизоцианатной композиции

Наименование свойств	Показатели
Внешний вид	Смесь пластичная темной окраски, высоковязкая
Когезионная прочность, кгс/см ²	60
Адгезия к бетону (разрыв склеенных бетонных половосьмерок*), кгс/см ²	
влажная поверхность . . .	15
сухая поверхность	30
Адгезия к металлу, кгс/см ² . .	45
Водонепроницаемость	Непроницаемая при избыточном давлении воды 10 кгс/см ² в течение года
Жизнеспособность	до 60 мин.

Жизнеспособность полиизоцианатной композиции зависит от отвердителя (рис. 1), оптимальное количество которого 2 ч. м. на 100 ч. м. смолы при 60 мин. жизнеспособности композиции.

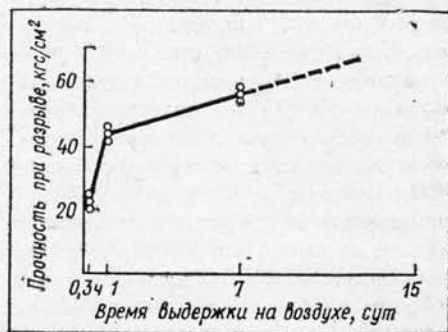


Рис. 1. Зависимость жизнеспособности полиизоцианатной композиции от количества отвердителя.

Герметизирующий состав на продукте «К» состоит из цемента с влажным песком в соотношении 1:0,5 (до 100 частей массы на 100 ч. м. продукта «К») и пластификатора — этиленгликоля (до 15 частей), одновременно являющегося инициатором отверждения смолы. При необходимости получения состава, увеличивающегося в объеме после отверждения более чем на 10%, в

композицию вводят 1,5 частей массы порофора, ЧХЗ-21 в диметилформамиде. После отверждения он имеет прочность при разрыве более 60 кгс/см² через семь суток, которая интенсивно изменяется в воде (рис. 2, 3).

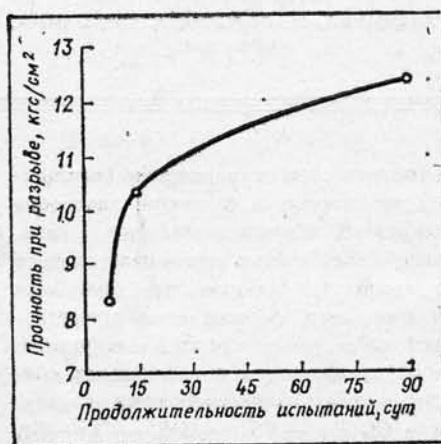


Рис. 2. Нарастание когезии полиизоцианатного герметика при выдерживании в агрессивных условиях.

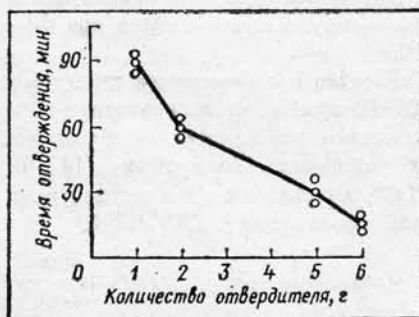


Рис. 3. Зависимость скорости отверждения полиизоцианатного герметика от количества ПЭПА.

Испытание на водонепроницаемость (прибор ВНИИСТА) натуральных фрагментов швов обделок тоннелей из чугуна и бетона показало, что они сохраняют водонепроницаемость при избыточном давлении воды 10 кгс/см² в течение года.

Пластификатор, отвердитель (полиэтиленполиамин или УП-0633м) и инициатор заблаговременно дозируют, смешивают и хранят в закрытом стеклянном сосуде до двух-трех недель. Перед употреблением в емкость с продуктом «К» вводят соответствующее количество этой смеси, а затем при повторном перемешивании добавляют цементно-песчаную.

Расчищенный промытый стык в сопряжении чугунных или железобетонных конструкций заполняют компози-

цией, когда в ней начинается полимеризационный процесс, сопровождающийся выделением пузырьков воздуха и увеличением объема. При интенсивном водопитоке в нижней части расчищенного стыка укладывают полиэтиленовую трубку длиной 8—10 см и внутренним диаметром до 1,5 см для отвода воды. После схватывания трубку извлекают и в отверстие забивают деревянную пробку, а полость заполняют такой же композицией.

Совместно с НИИЖБом исследованы составы и технология нанесения полиизоцианатных композиций с регулируемым сроком схватывания. Для нанесения гидроизоляционных покрытий опробованы воздушная установка типа С-562 и безвоздушная УБРХ-1М с модернизированными соплами. Полиизоцианатные композиции на основе продукта «К» применены на станции «Шаумян» и в перегоне «Улдуз» — «Азизбеков» Бакинского метрополитена. Нанесение производилось на влажную поверхность железобетонной обделки установкой С-562 с насадками, разработанными ЦНИИ МПС.

Лабораторно-производственные испытания показали абсолютную водонепроницаемость швов, сохранившихся под воздействием сульфатной агрессии. Полиизоцианатная композиция отличается стойкостью к действию воды, кислот, щелочей и рекомендована для герметизации швов в чугунной и железобетонной обделках тоннелей. Она характеризуется сроками схватывания, регулируемые в широких пределах; механической прочностью, превышающей бетон; высокой и стабильной адгезией к металлу и бетону; водонепроницаемостью при длительном воздействии давления воды и агрессивных факторов. Такие показатели новой композиции позволяют рекомендовать ее для широкой производственной проверки в условиях, где цементные составы не обеспечивают эксплуатационной надежности.

«Дышащие» швы следует герметизировать мастиками — эластомерами, сохраняющими высокую деформативность.

Трехкомпонентный герметик 51-УТ-37, разработанный НИИРПОм (выпускается Казанским заводом РТИ), эффективен в глубоких швах, эксплуатирующихся в диапазоне температур от —30 до +120°С. Высыхающий однокомпонентный 51-Г-17 повышенной адгезионно-когезионной прочности и деформативности наносят слоями до 2 см каждый.

На участках тоннеля с избыточным давлением воды до 2 кгс/см² использованы железобетонные блоки с двухслойным покрытием герметиком 51-Г-17

общей толщиной до 0,8 мм, а в местах с избыточным давлением до 3 кгс/см² — с прослойкой стеклоткани Т-12-41.

Повысить надежность обделки и устранить фильтрацию можно также использованием универсальной карбамидной смолы для повторно-контрольного ремонтного нагнетания. Она представляет собой водный раствор молочно-бе-

лого цвета со слабо выраженным запахом формальдегида. В качестве инициатора отверждения УКС используют 4—5%-ный раствор щавелевой кислоты, добавляемый от 10 до 15 частей массы.

Чтобы снизить усадку при отверждении, добавляют обработанный 5%-ным раствором соляной кислоты песок, а также порофор ЧХЗ-21 (табл. 3).

Таблица 3

Техническая характеристика составов для ремонтного нагнетания

Соотношение по массе компонентов (смола-песок)	Технологическая характеристика состава	Прочность при разрыве, кгс/см ²
1:0,75	Высоковязкий состав с пузырьками и раковинами в отвержденной массе	26
1:0,5	Технологичен, но дает усадку	20
1:0,5 1 ч.м. ЧХЗ-21	Повышенная вязкость, ускоренное гелеобразование	18
1:0,75 1 ч.м. ЧХЗ-21	Повышенная вязкость и пониженная усадка	21

Наряду с традиционной карбамидной исследованы новые, разработанные НИИПМ смолы: карбамидобензогуаниминоформальдегидная (СМБ-25 или КБФ25-В-К), КС-М, 0,3-СВЛ (ТУ-6-05-211-10877) и КС-В-СК (ТУ-6-05-211-1006-75). Первую выпускает Кусковский химзавод по ТУ-6-05-211-007-78. Она представляет собой негорючую суспензию с повышенной в сравнении с УКС водостойкостью. Для получения скорости отверждения новых смол в тех же пределах, что и УКС, необходимо использовать щавелевую кислоту 10—15%-ной концентрации.

Таблица 4

Механические показатели модифицированных карбамидных смол

Показатели	СМБ-25	КС-МО, 3-СВЛ	КС-В-СК
Предел прочности при разрыве, кгс/см ²	11	13,5	11,5
То же при сжатии, кгс/см ²	120	265	160

Карбамидные смолы нагнетаются стандартным отечественным оборудованием, в частности, аппаратом Ленметростроя НКН-10, а также ручными насосами. В местах, где выполняют ремонтное нагнетание, можно хранить раствор дигидрата щавелевой кислоты. Скважины пробуривают на глубину, превышающую толщину обделки на 5—

6 см. В чугунных конструкциях ремонтное нагнетание ведут только через центральные отверстия при избыточном давлении до 8 кгс/см², а в сборной железобетонной обделке — как через центральное, так и в «крестовины» (места сопряжения четырех смежных блоков) при 4 кгс/см². При фильтрации по всему периметру ремонтное нагнетание производят попеременно по обе вертикальной от обделки стороны в симметрично расположенные отверстия последовательно снизу вверх, начиная с прилегающих к лотку блоков. При использовании обычных инъекторов скважины после нагнетания уплотняют деревянными пробками (рис. 4).

Проводилось повторно-контрольное нагнетание карбамидной смолой УКС за чугунную обделку в перегоне «28 Апрель» — «Гянджлик» и на станции «Гянджлик» Бакинского метрополитена. Проверка показала, что при наличии значительного объема воды за обделкой тоннеля зона центрального отверстия затампонируется, раствор затвердел в заданное время и при снятии пробки фильтрации не обнаружено.

Смола УКС нагнеталась за обделку свода в нижнем коллекторе шахты № 425 на станции «Комсомольская» Московского метрополитена. Течи прекратились — таков результат этой работы.

ЦНИИ МПС совместно с ВНИИ-стройполимеров и ЦНИИпромзданий разработали широкую гамму эпоксидно-каменноугольных мастик на

эпоксидных смолах ЭД-20; Э-85; МСЭ-1, ЭИС-1. Ее наносят после перемешивания одинаковых объемов компонентов I и II машиной УНМ-1.

Разработан новый состав, используемый без разжижения растворителями, что не только упрощает и удешевляет противокоррозионные мероприятия, но и улучшает санитарное состояние в тоннеле. В тех случаях, когда фильтрацию через бетон невозможно приостановить даже на короткое время, рекомендуется выполнять торкрет-штукатурку полимерцементным составом на основе продукта «К». Состав торкрета идентичен герметику на продукте «К» пониженной вязкости за счет уменьшения количества наполнителей и увеличения массы пластификатора-этиленгликоля. Торкретирование выполняют приставкой инженера Марчукова. Перед этим поверхность бетона следует промыть струей воды под давлением и закрепить по своду до лотка мелкую сетку Рабица.

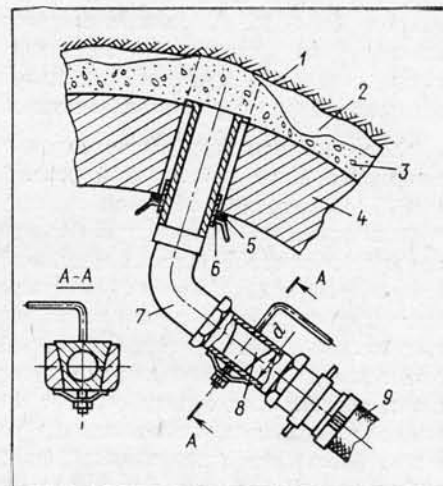


Рис. 4. Конструктивная схема нагнетания:

1 — порода; 2 — полости; 3 — старое нагнетание; 4 — железобетонная обделка; 5 — прокладка; 6 — муфта; 7 — патрубок; 8 — лобковый кран; 9 — материальный шланг.

Противокоррозионные мероприятия на бетонной и железобетонной обделках рекомендуется выполнять в определенной последовательности:

ремонт фильтрующих швов полимербетонной композицией;

нагнетание карбамидных смол на участках с ярко выраженной просадкой, трещинообразованием и интенсивными течами;

гидроизоляция внутренней поверхности бетона эпоксидными композициями. □

СТРОЙДОРМАШ-81

А. ИЦКОВИЧ,
канд. техн. наук

Л ЕТОМ этого года на ВДНХ и в московском парке Сокольники проходил международный смотр «Стройдормаш-81». Экспозиция Советского Союза — крупнейшая на выставке, содержала около семисот экспонатов, охватывающих все сферы строительного, дорожного и коммунального машиностроения. В их числе пневмопробойники для бестраншейной укладки трубопроводов, кабелей и других подземных коммуникаций. Хорошо зарекомендовал себя за рубежом и гидравлический экскаватор ЭО-3322 на пневмоколесном ходу Калининского экскаваторного завода. На выставке демонстрировалась также серия образцов свайных дизель-молотов Стерлитамакского завода строительных машин.

В экспозиции зарубежных стран представляли интерес различные виды инвентарной опалубки фирмы «Ное» (ФРГ). Опалубка отличается легкостью, что позволяет транспортировать ее зачастую без применения крана. Она представляет собой щит из многослойной фанеры толщиной 15—21 мм, уложенный в стальную раму. Размеры щита варьируются в зависимости от технического решения железобетонной конструкции. Для переноса щиты снабжены двумя приваренными к каркасу опалубки ручками; соединяются между собой с помощью специальных клиновых захватов, имеющих на ребрах с тыльной стороны. Жесткость щита высотой до 2,5 м обеспечивает его установку без подкосов. Такая опалубка применима и для зимнего бетонирования. Универсальность щита позволяет монтировать опалубочные элементы для различных конструкций (рис. 1). А наличие в нем дырчатого раstra дает возможность варьировать сборку крупногабаритных строительных конструкций. С помощью клиновых замков щиты зажимаются в структурную опалубку, что способствует получению четкой поверхности строительного элемента. Каждый зажим может располагаться горизонтально или вертикально в зависимости от технического решения всей опалубки и необходимого давления на укладываемый бетон. Применение фанеры для щитов гарантирует хорошее качество поверхности бетона. В результате исключаются штукатурные и затирочные процессы, снижается трудоемкость работ и сокращаются сроки строительства объекта.

Фирма выпускает также специальную тоннельную опалубку. Она изготавливается в зависимости от размеров на полное сечение тоннеля или из полурам. Причем, щиты последних позволяют комбинировать размеры опалубки и ее конфигурацию. Щиты стен и перекрытия тоннеля соединяются с помощью шарнирно стянутых крепежных

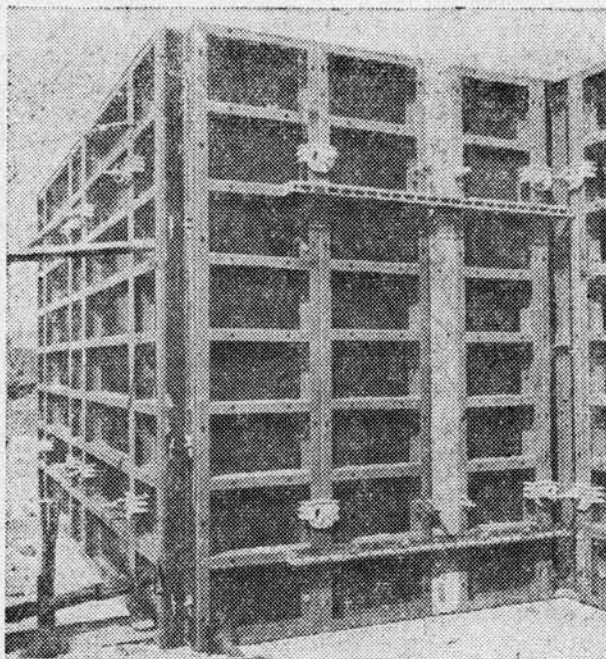


Рис. 1.

элементов типа форкопфов. Стандартизированные элементы тоннельной опалубки приняты — 2,55—2,6 м. Вместе с крепежными уголками ее высоту доводят до 2,75 м. При большой высоте тоннеля опалубку надстраивают специально имеющимися щитами. Время установки — 0,12—0,25 ч/м². Опалубку перекрытия устраивают на трубчатую конструкцию, снабженную роликами, что позволяет легко ее перемещать (рис. 2). Трубчатые стойки, поддерживающие опалубку перекрытия, решены телескопически — расположенные в них трубы способны передвигаться по высоте. Подъем трубы осуществляется с помощью простого гидравлического устройства, смонтированного рядом с роликами опор стоек. По окончании бетонирования данного этажа опалубку выдвигают наружу и краном поднимают на следующий этаж. Металлические ребра жесткости опалубки имеют специальные отверстия для крепления консолей, по которым укладывают инвентарные щиты для перехода бетонщиков в процессе работы. Фанерные щиты опалубки крепят к стальному каркасу самонарезающими полыми винтами, которые рассверливают отверстия, одновременно нарезаая резьбу. При этом стружка металла и дерева отводится внутрь полости стержня винта.

Резиновые компенсаторы для восприятия шума и колебаний, расширения и перемещения труб, для горячей воды, масел и химикалий экспонировала фирма «Вильбранд унд КО» (ФРГ). Указанные приборы и оборудование допущены к использованию Регистром СССР.

Торкрет-машины для строительных растворов и бетона, транспортеры для сухих смесей бетона, дозировочные насосы для жидких добавок и дренажные желоба демонстрировала фирма «Алива Акциенгезельшафт» (Швейцария).

Предприятие внешней торговли «Бумар» (Польша) показало на выставке машины для земляных работ, самоходные и автомобильные краны, бетоносмесители, машины для отделочных работ в строительстве.

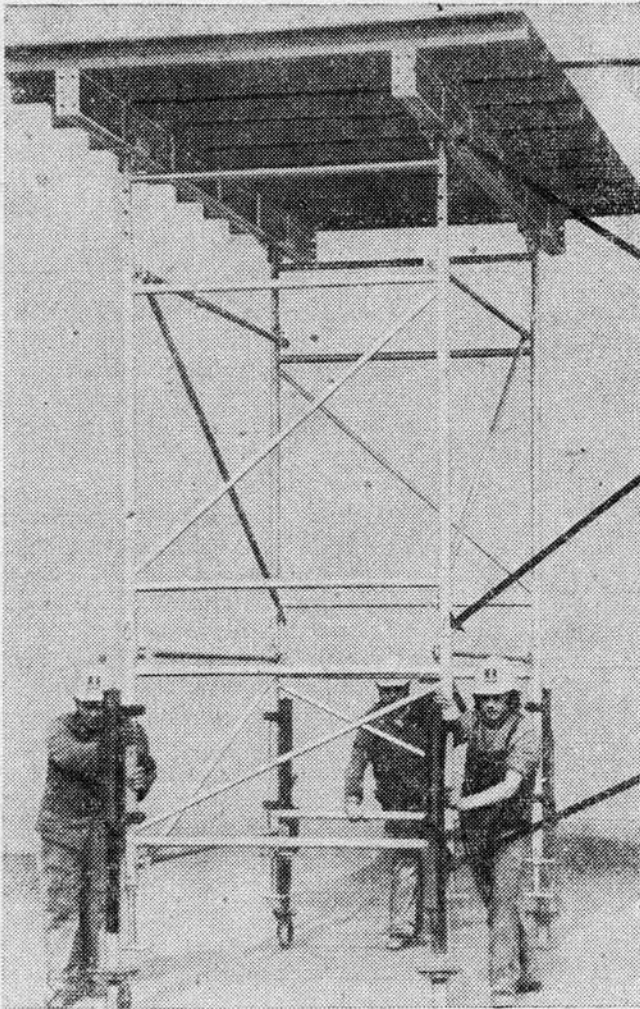


Рис. 2.

Итальянская фирма «Грегори С.П.А.» выпускает комплекты оборудования для обработки мрамора и гранита. На стендах выставки можно было увидеть многорядные пильные станки для резки мрамора и гранита с 1, 15, 18, 20, 60, 80 и 100 полотнами, автомат с непрерывным циклом для обтески мрамора и гранита и поточные линии для их обработки.

На открытой площадке ВДНХ фирма «Дельмаг машинофабрика» (ФРГ) экспонировала грунтоуплотнители, копры, сваевыдергиватели и земляные буры.

На выставке были представлены железобетонные предварительно напряженные конструкции инвентарных производственных зданий различного назначения французской фирмы «Сарет ППБ», специализирующейся в области производства элементов предварительно напряженного железобетона с фасонной арматурой. Каркас здания пролетом 10,2—12,2 м собирают из железобетонных колонн сечением 20×20 см с глубиной заделки в бетонный ленточный фундамент на 0,7 м. Ригель монтируют из двух предварительно напряженных железобетонных балок сечением 10×20 см с металлической затяжкой. Соединение колонн с ригелем и балок в коньке осуществляют высокопрочными болтами, пропускаемыми через обоймы из ковкого чугуна. □

УСТАНОВКИ ДЛЯ БЕТОНИРОВАНИЯ ТОННЕЛЕЙ

В. АУЭРБАХ,
канд. техн. наук;
Н. КАЗАНОВСКАЯ,
инженер

ЗНАЧИТЕЛЬНЫЙ интерес на выставке «Стройдормаш-81» представляло оборудование, предназначенное для приготовления, транспортировки и укладки бетонной смеси. Некоторое находит или может найти применение в транспортном тоннелестроении.

Бетононасосы различных типов демонстрировала фирма «Путцмайстер» (ФРГ). Автобетононасосы этой фирмы (рис. 1) системы «Элефант» типа *BF* и *BRF* смонтированы на двух, трех- или четырехосных шасси автомобилей грузоподъемностью до 30 тс.

Основными узлами агрегата являются: бетононасос, бункер с переключателем и шарнирно-складывающаяся стрела с бетоноводом.

Автобетононасосы оборудованы гидравлическими аксиальными двухцилиндровыми бетононасосами, рассчитанными на подачу от 40 до 120 м³/ч смеси при создаваемом давлении от 43 до 120 кгс/см² (табл. 1).

Гидроцилиндры работают попеременно в цикле подача-всасывание. Система переключения цилиндров, подающих бетонную смесь к бетоноводу, решена при помощи качающегося трубопровода. Его приемный патрубок (так называемый «хобот») скользит по пластине, в которой расположены выходные отверстия гидроцилиндров (рис. 2). При этом износу подвержены лишь пластина и сменное прижимное кольцо, установленное на торце «хобота». Благодаря разнице сечений гидроцилиндра и «хобота» (диаметр последнего несколько меньше) создается постоянное усилие, прижимающее кольцо к пластине и уплотняющее зазор. При качании «хобота» в бункере происходит принудительное перемешивание смеси.

Бетононасосы с увеличенным до 2100 мм ходом поршня дают возможность увеличить подачу на 80%.

Стрелы-бетоноводы, выпускаемые фирмой, могут быть смонтированы на различных шасси и соединены с бетононасосами разнообразных типоразмеров.

В зависимости от условий бетонирования стрелы выпускаются с разными геометрическими соотношениями колен для подачи смеси на высоту от 13 до 40 м и по горизонтали — от 17 до 36 м.

Система очистки бетоноводов предусматривает всасывание воздуха в трубопровод стрелы с последующей очисткой его нагнетательной части и «хобота» синтетической губкой.

В специальном тоннельном исполнении выполнена, в частности, стрела-бетоновод марки МТ 17/15-150, рассчитанная на подачу смеси на высоту до 17 м, а по горизонтали — на 15 м при производительности подачи 150 м³/ч.

Наличие поворотного узла в середине сочлененного бетоновода позволяет бетонировать всю поверхность выработки

Показатели	Размерность	Марка автобетононасоса						
		BF 1004C	BF 1405	BRF 1408	BRF 1410	BRF 1411	BRF 2111	BRF 2112
Производительность	м ³ /ч	40	50	80	100	60	110	120
Давление бетонной смеси	кгс/см ²	43	85—120	53—95	70—117	54—90	54—90	70—100
Диаметр цилиндра подачи	мм	180	180	230	230	230	230	200
Ход поршня	мм	1000	1400	1400	1400	1400	2100	2100

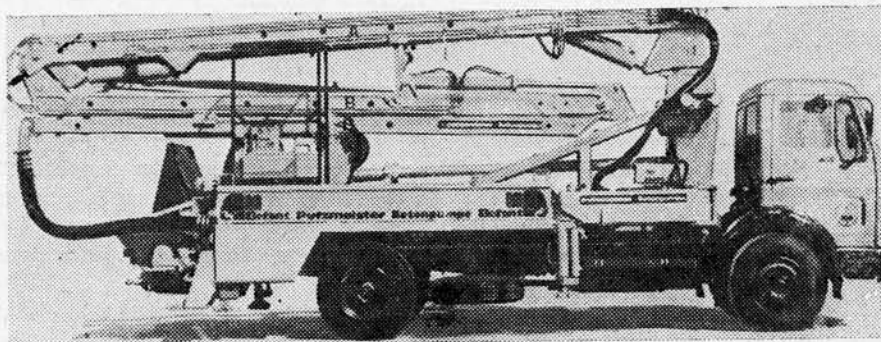


Рис. 1. Автобетононасос BRF 1408

из бокового положения. Раздаточный патрубок (сопло) может заводиться глубоко в опалубку. У стрелы на конце смонтирован трубчатый телескоп, выдвигаемый посредством гидропривода на 2 м. Диаметр бетоновода (\varnothing 150 мм) обеспечивает подачу бетонной смеси с размерами фракций до 70 мм.

Установки этого типа успешно работают на различных тоннельных объектах.

Автобетононасосы фирмы «Путцмайстер» оборудованы четырьмя выдвигаемыми аутригерами, причем два передних смонтированы на откидных кронштейнах. Во время бетонирования установка с выдвинутой стрелой может передвигаться на небольшие расстояния вперед и назад.

Всеми рабочими и вспомогательными операциями управляют с дистанционного пульта.

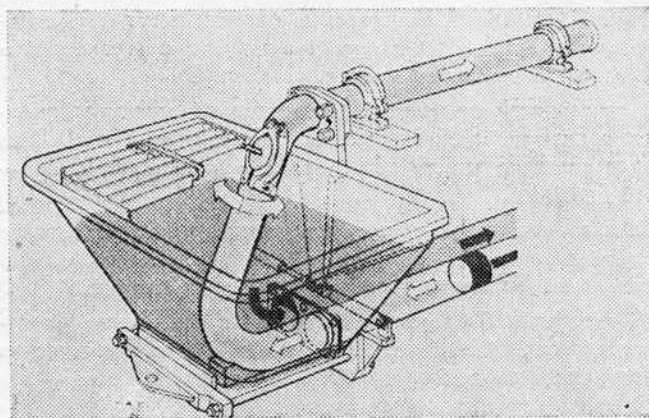


Рис. 2. Бункер с переключателем системы «Хобот»

Стационарные прицепы-бетононасосы (рис. 3) выпускаются фирмой в нескольких модификациях. Диаметр всасывающего отверстия бетоновода колеблется у этих насосов от 120 мм до 230 мм. Производительность установок — от 14 до 120 м³/ч.

Прицепные насосные установки типа BA и BRA эффективны, в основном, для непрерывного бетонирования, например, для сооружений с применением скользящей опалубки. Удобный доступ к бункеру, расположенному на высоте 900 мм, дает возможность заполнять его непосредственно из самоходного смесителя без промежуточного питателя.

Прицепы-бетононасосы целесообразны и для работы в тоннелях. Этому способствуют и дистанционное управление всеми рабочими операциями и минимальная ширина установки. Для очистки бетоновода губку-пыж «закачивают» в противоположном ходу бетона направлении.

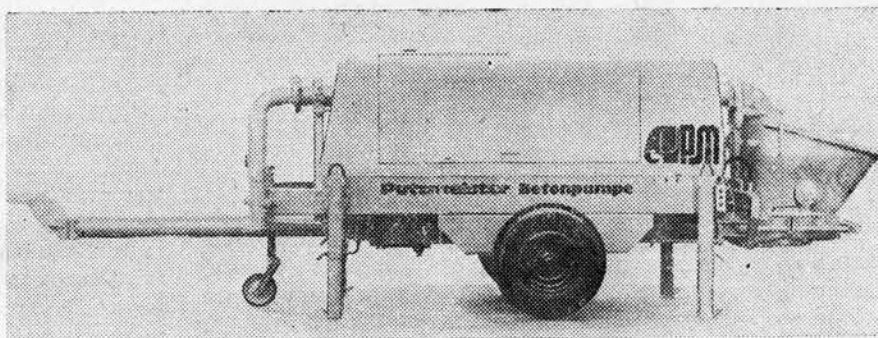


Рис. 3. Прицеп-бетононасос BRA 2100

В зависимости от условий работы в конструкциях установок варьируются: величины напора и подачи бетонной смеси, тип системы привода, габариты, конструкция кузова (в частности, исполнение с откидными навесами для защиты рабочих от непогоды), место расположения бетоновода, эргономические параметры (исполнение с шумопоглощающей системой и пр.).

Перекачиваемая этими насосами бетонная смесь может иметь практически любую консистенцию: для бетоноводов с диаметром 100 мм крупность фракций должна быть не более 40 мм, для диаметров 150—180 мм — до 70 мм.

Прицепы можно транспортировать с помощью вспомогательных средств передвижения со скоростью до 80 км/ч.

Компактные бетононасосы-прицепы серии BSA выпускаются также нескольких исполнений, в частности, с S-образным бетононасосом-распределителем и вибратором на решетке бункера. Насо-

сы удобны для работы в подземных выработках на бетонных смесях с размерами фракций до 50 мм и консистенцией до 3 мм усадки.

Среди бетононасосов этой серии следует выделить модель BSA 1002. Этот агрегат можно использовать для торкретирования бетонных смесей, нагнетания водоцементного раствора в подземном строительстве. В конструкции насоса использована система S-образного трубного развода с прием-

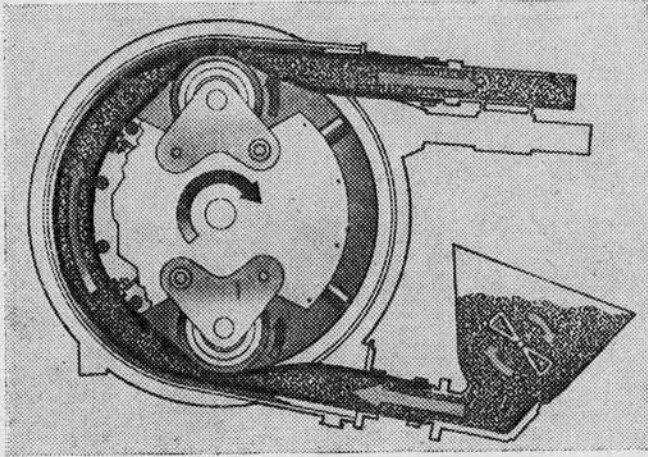


Рис. 4. Роторный бетононасос «Вибау»

ным отверстием $\varnothing 100$ мм. Трубный развод обеспечивает автоматическое регулирование зазора между изнашивающимися элементами. В качестве приводного может быть установлен как дизельный, так и электродвигатель.

Примером практического применения насосов «Путцмайстер» в тоннелестроении может служить бетонирование обделки 6-км водоотводного тоннеля при помощи бетононасоса BRA 1405 H/E. Насос работал от двигателя мощностью 110 кВт, создавая давление в бетонной смеси 135 кгс/см².

Бетононасосы этой фирмы могут также применяться для транспортировки грунта от забоя, разрабатываемого с помощью проходческого щита. Бетононасос BA 1400 HD используется японской фирмой «Мицуи» при сооружении тоннеля метрополитена. Глинистый грунт с примесью песка и с каменными включениями поступает от щита к двойному шнековому транспортеру, откуда он попадает в приемное устройство бетононасоса и под давлением 120 кгс/см² сначала по горизонтальной трубе длиной 500 м, а затем по вертикальной длиной 40 м выдается на поверхность.

Насосы малой производительности используются для отделочных работ, в частности, оштукатуривания поверхностей, облицовки декоративными покрытиями (поршневой насос двойного действия P13), а также смешивания и нанесения на заданной высоте строительных растворов (насос PKM).

Производительность насосов регулируется в пределах 10–

60 л/мин, при этом материал транспортируется на высоту до 50 м и наносится на площади в радиусе до 75 м. Мощность приводных двигателей насосов для отделочных работ не превышает 5 кВт. Управлять ими можно также при помощи дистанционного пульта посредством пневмосистемы с приводом от компрессора производительностью 25 л/мин.

Большой интерес представляет бетононасос роторного типа фирмы «Вибау» (рис. 4), который обеспечивает непрерывную выдачу смеси под давлением и не требует переключений, как это имеет место у двухцилиндровых аксиальных насосов системы «Путцмайстер».

Внутри ротора находится пластиковый армированный рукав. Ролики, перекрываясь по рукаву, выдавливают порцию бетонной смеси в подающий трубопровод. Этот агрегат входит в комплект автобетононасосов типа BRF (рис. 5) со стрелами-манипуляторами, рассчитанными на дальность подачи бетонной смеси по вертикали от 19,8 до 23,3 м и по горизонтали — от 16,5 до 20,4 м при производительности от 56 до 84 м³/ч.

Фирма «Вортингтон» (США) выпускает бетононасосы, предназначенные для работы при температурах от -40°C до $+50^{\circ}\text{C}$. Для всех моделей предусмотрена возможность монтажа на автомобильном шасси, на прицепе и на платформе, передвигающейся по рельсам или на смазках. Насосы, применяемые на установках, так же, как и у фирмы «Путцмайстер», двухцилиндровые аксиальные. Для подачи бетонной смеси в трубопровод на выходе из цилиндров применяется распределительное устройство типа «Ротари».

Установки оснащаются различного типа стрелами. Применительно для работы в тоннелях разработана конструкция двухсекционной стрелы с гидравлическим приводом. Она может использоваться при бетонировании тоннеля как на полный профиль, так и при сооружении свода. Стрела работает по принципу параллелограмма, благодаря чему вторая секция всегда расположена горизонтально при любом наклоне первой. Если стрела смонтирована на автомобиле, она приводится от его двигателя, но может и от автономного силово-

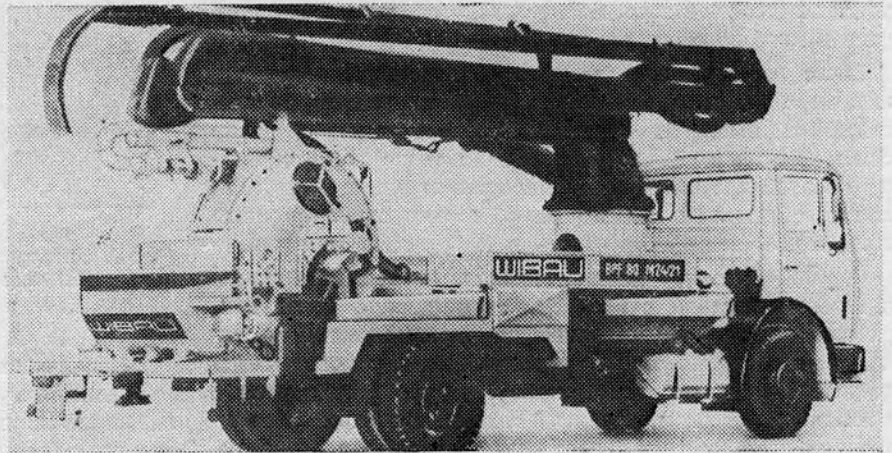


Рис. 5. Установка с роторным бетононасосом BRF 80 м системы «Вибау»

го агрегата. Для подачи бетонной смеси по всему профилю тоннеля стрела оборудуется насадкой-соплом, установленной на телескопической рукояти, которая может поворачиваться вокруг продольной оси. Управление дистанционное. Бетононасосы выпускаются фирмой «Вортингтон» как на обычных автомобильных шасси, так и на автобетоносмесителях. □

СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ОТДЕЛОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

НА ВДНХ СССР прошла выставка финских строительных и отделочных материалов. На ней в числе других экспонатов был представлен морозостойкий бетон рудус, выпускаемый заводами сухих смесей фирмы «Лохья». Он твердеет при температуре -15°C . Применение рудуса эффективно при монтажных работах, заделке швов, установке анкеров и других креплений, необходимых для подвески оборудования. Бетон, застывающий при минусовой температуре, широко используется и в ремонтных работах. Его особенности — отсутствие усадки при твердении, хорошая заполняющая способность, быстрое нарастание прочности и возможность применения в труднодоступных местах.

Рудус изготавливают из цемента и высушенного щебня с максимальной крупностью зерен 3 мм. Его консистенцию подбирают исходя из конструктивных форм опалубки — открытую опалубку заполняют менее вязким бетоном, для замоноличивания узких мест тоннельных сводов пользуются более вязким. Рудус целесообразен при устройстве крепей из монолитного железобетона и зачеканке сборных элементов в тоннелях арочного сечения.

Бетонную смесь в околоствольном дворе загружают в пневмонагнетатели, транспортируемые электровозом. Ее можно также подавать по трубам к месту работы.

Та же фирма экспонировала полимербетонные полы для ремонтно-механических мастерских, гаражей-профилакториев и производственных зданий.

Полы изготавливают на основе акриловых и эпоксидных смол. Акриловый бетон получают смешением акриловой смолы и кварцевого песка. Его наносят на основание слоем 3—4 мм. После отверждения такие полы обладают высокой плотностью и не пропускают влаги. Акрил является обратимым полимером. Поэтому акрил-бетонные полы можно переформовывать и легко ремонтировать.

Фирма «Садолин» демонстрировала на выставке уплотнительные мастики и клеи для герметизации швов. Так, рабэрсил 1К — однокомпонентная полисульфидная мастика, хорошо сцепляемая и эластичная, не нуждается в подогреве при низких температурах, удачно комбинируется с алюминием, бетоном, стеклом, сталью, гранитом, керамическими материалами, известняком, мрамором, деревом, полихлорвинилом. Рабэрсил 1К поставляют готовой к употреблению в патроне или пленочном пакете.

Рабэрсил 2К — двухкомпонентная эластичная полисульфидная мастика для герметизации бетонных швов (ширина заделываемого шва — до 30—40 мм). Ее готовят смешиванием основного компонента с отвердителем с помощью электромешалок, затем нагнетают в шприц. Для увеличения двухчасового срока действия мастику хранят в морозильной камере при $t=-30^{\circ}\text{C}$ (до месяца). При

$t=+22^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности 50% шов становится твердым и атмосферостойким. Эластичную силиконовую мастику силсил для герметизации швов во влажных условиях в конструкциях из керамики, стекла и нержавеющей стали поставляют в патроне, содержащемся в pistolетных шприцах. Наконечник патрона вырезают в соответствии со швом, патрон устанавливают в шприц, нагнетают мастику в швы слева направо и сверху вниз, затем прижимают ее к основе и разглаживают шводелочным шпателем.

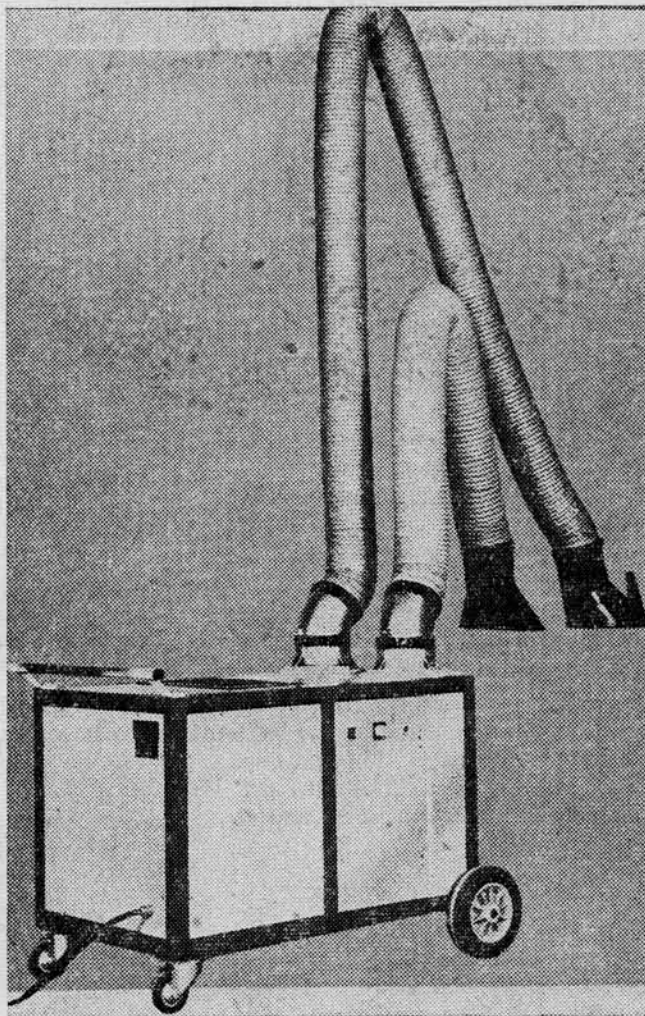
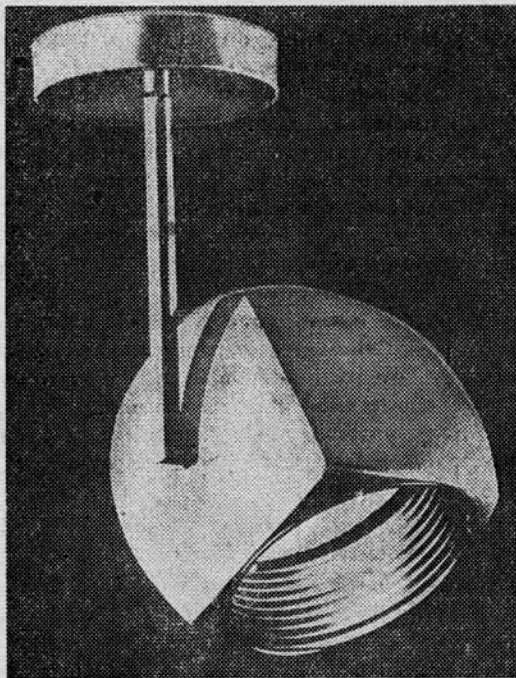


Рис. 1. Отделитель «Электро-2» — передвижная система местного устранения загрязнений.

Оборудование для местного отсоса сварочного дыма, возникающего при сварке металлоконструкций в тоннелях, экспонировала фирма «Коя». Оно укомплектовано электронными дымоочистительными устройствами. Мелкофракционные пылевидные частицы (менее 0,5 микрона) улавливаются электронными очистителями. На выставке были представлены две системы местного отсоса. Одна из них — стационарно установленный блок, включающий фильтр, вентилятор и отводящую собирательную трубу; каждый сварочный пост снабжен гибким шлангом, соединенным с собирательной трубой. Вторая система представляет собой переносной фильтрующий блок, состоящий из вентилятора, фильтра и шлангов (рис. 1). Модель



предназначена для одного или двух сварщиков. Загрязненный воздух, поступающий внутрь прибора, попадает в сильное магнитное поле, причем, частицы получают электрический заряд. Пластины плюсового и минусового потенциалов в собирательной части гальванического элемента объединяют эти частицы.

Более 100 разных видов светильников (рис. 2) представила фирма «Альстрем». Они выполнены из прочных материалов — пластмасса, стекло, металл — мощностью 40, 60, 75, 100, 120 и 150 вт.

Синтетические тиксотропические супералюминидные краски под общим названием Садотекс экспонировала фирма «Садолин». Они предназначены для окраски древесины, металла, бетона и других поверхностей, подвергаемых сильному износу в процессе эксплуатации. Краски имеют 28 оттенков, которые можно смешивать между собой.

На выставке демонстрировались также изоляционные плиты, изготавливаемые фирмой «Стирокс» из самозатухающего пенопласта. Они рекомендованы для использования в качестве теплоизоляции. □

ТОННЕЛИ В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ*

В. МАКОВСКИЙ,
проф., докт. техн. наук

ЯПОНИЯ. Крупнейший в мире подводный железнодорожный тоннель протяженностью 53,8 км соединит острова Хоккайдо и Хонсю под морским проливом Цугару (23 км непосредственно под морем, на глубине 140 м). Мощность защитной кровли пород под дном моря — 100 м. Вначале на береговых участках пройдены наклонные и вертикальные шахтные стволы, затем в подводной части — пилот-тоннель шириной 3,6 м, высотой 3—4 м. Параллельно трассе основного тоннеля проложен служебный тоннель-галерея. Разведочное бурение велось из забоя на длину 500—1000 м. С целью водопонижения широко применяли цементацию породного массива. При обрушении пространства (объемом 1000 м³) в забой прорвалась морская вода.

В сложных геологических и гидрогеологических условиях проходки тоннелей обращают особое внимание на крепление выработок. Применяется новая арочная крепь из труб, заполняемых цементным раствором. В докладах изложены методы измерения горного давления на арочную крепь в натуральных условиях и приводятся результаты экспериментов; дан теоретический анализ зависимости на-

пряженно-деформированного состояния тоннельной крепи и грунтового массива; рассмотрены причины нарастания горного давления во времени, развитие пластической зоны грунтов вокруг выработки, случаи пучения грунта, вызванные увлажнением. Для восприятия горного давления возводят анкерную или арочную крепь (легкую и простую в установке). Последняя принята по контуру выработки из труб: для тоннелей диаметром 5 м — трубы \varnothing 20 см; 9 м — \varnothing 25 см; 11 м — \varnothing 30 см. В трубы нагнетается цементный раствор. Арки между собой скрепляются стальными листами. Впервые такая крепь применена на строительстве железнодорожного тоннеля Шин — Наборикава.

При сооружении в гранитах автодорожного тоннеля протяженностью 8489 м под Фудзиямой горное давление достигало 80 т/м²; под давлением 50 атм наблюдался приток подземных вод. Предварительно был пройден пилот-тоннель для уточнения геологических условий и создания благоприятного режима проходки основного тоннеля. Временное крепление, применявшееся на отдельных участках, претерпело определенные деформации.

На железнодорожной линии Шинкансен (протяженностью 1930 км) — много двухпутных тоннелей: Дайсимидзу длиной 22,2 км, 9 тоннелей более 10 км и 21 тоннель длиной от 5 до 10 км. Условия строительства неблагоприятны: значительное горное давление и обильный приток подземных вод.

Запроектированы конструкции тоннельных обделок из монолитного бетона и железобетона и двухслойные обделки. Сооружение тоннелей принято горным способом при раскрытии профиля по частям с использованием штольневых выработок. В неустойчивых водонасыщенных грунтах намечено применять их химическое закрепление и водопонижение. В Японии проведены научные исследования по проходке таких грунтов: в тоннелях Икута (длиной 10 км) — в песчаных породах и Урамоти (2,7 км) — в

* Окончание. Начало в № 5 «Метрострой» за этот год.

гравийных отложениях, а также по нагнетанию, дренажу и водопонижению (в тоннелях Накаяма и Харуна).

При проходке тоннеля длиной 3,6 км под горной цепью Японских Альп встречены нарушенные горные породы с большим притоком подземных вод под давлением до 12 атм. Из дренажных выработок и камер забуривались дренажные скважины. Через 3 месяца после интенсивной откачки воды (до 600 тыс. м³) напор её снизился до 3 атм.

Эффективным оказался щитовой метод работ в сложных инженерно-геологических условиях при проходке под морем гидротехнического тоннеля в порту Нагойя. Толщина налегающей кровли пород — 11—14 м. Геология — водонасыщенные илстые, песчаные, гравелистые и глинистые отложения. Гидростатическое давление — 3,5 атм. Проходка велась механизированным щитом с забойной камерой для пригрузки бентонитовой суспензией под давлением 3,8 атм. Уплотнение строительного зазора в хвостовой части оболочки щита достигнуто специальной металлоизоляцией. Был осуществлен автоматический контроль за работой щита и оборудования для обеспечения циркуляции и регенерации глинистой суспензии. В забое предусмотрена возможность замораживания грунта.

В Токио пройдены два параллельных однопутных железнодорожных тоннеля (Ø 9,4 м), 8 раз пересекающих существующие линии метрополитена, 3 раза — скоростные автомагистрали, надземную железнодорожную и новую железнодорожную линию Токайдо вблизи многоэтажных зданий. Глубина их заложения 30 м. На 7 километрах длины тоннеля работы велись механизированным щитовым способом в сочетании с химическим закреплением грунтов. Обделка тоннелей — преимущественно из сборного железобетона. На участках, пересекающих водоносные песчано-гравелистые грунты, применяли блоки железобетонной обделки с внутренними стальными листами. Сообщается о проведенных измерениях давления грунта на обделку и распределении напряжений в элементах несущей конструкции последней. Принятая технология работ обеспечила устойчивость зданий и сооружений по трассе тоннеля.

При проходке перегонных тоннелей линии № 10 Токийского метро в илстых грунтах (длина 2,1 км) применен щит с закрытой грудью. Илстые грунты мощностью 25—40 м подстилаются песчаными и гравелистыми отложениями. Трасса пересекает две реки, железнодорожную линию и проходит вблизи многоэтажных зданий. Это создало чрезвычайно неблагоприятные условия для строительства. В процессе работ измеряли давление грунта в забое при вдавливании в него щита и деформации грунтового массива. На симпозиуме представлены графики горизонтальных и вертикальных смещений грунта.

В неустойчивых породах в городских условиях используются щиты с гидравлической пригрузкой и грунтовой «пробкой» в забойной части, оснащенные исполнительным

рабочим органом роторного типа. Они предназначены для проходки в водоносной среде под высоким гидростатическим давлением, что обеспечивает определенную стабилизацию грунта. Строительный зазор в хвостовой части герметизируют нагнетанием тампонажных растворов.

В докладах дана характеристика щитовых агрегатов, указана область их применения; приводится описание технологических процессов производства работ; отмечаются преимущества агрегатов с гидравлической пригрузкой по сравнению с применяемыми в практике проходческими щитами под сжатым воздухом.

На строительстве новой линии № 11 Токийского метрополитена уделено внимание охране зданий и сооружений по трассе тоннелей с помощью химического закрепления грунта и применения щитовой проходки под сжатым воздухом. Предусмотрены также защитные экраны и упругие прокладки под верхнее строение пути в целях борьбы с шумом и вибрацией.

Проходка двухпутного тоннеля метро в Кобэ (1,8 км) в сложных геологических и гидрогеологических условиях осуществлялась с применением пилот-тоннеля с последующим раскрытием профиля по частям. Для предупреждения осадок поверхности земли требовалось химическое закрепление грунтов и устройство защитного экрана путем задавливания труб в сводовой части тоннеля. Взрывные работы в городских условиях велись с определенными ограничениями. Дается описание различных видов взрывчатых веществ и технических средств взрывания.

По результатам исследований, проведенных на опытных участках автодорожного тоннеля Манацуру (1565 м), определены уровни шума и вибрации.

Проанализирован новый австрийский метод на строительстве тоннеля Накаяма. Тоннель — железнодорожный, двухпутный, длиной 14,8 км, заложен в вулканических туфах на глубине до 400 м от поверхности земли. Использовали в ходе работ 4 шахтных ствола. Значительные деформации контура выработки (до 10 см) потребовали удлинить анкеры с 3 до 6 м и поставить дополнительные арки. Указанный метод, примененный в Японии впервые, оказался здесь достаточно эффективным и экономичным.

В докладах обращается внимание на вопросы охраны окружающей среды при подземном строительстве, борьбы с шумом и вибрацией, осадок поверхности и особенно проявления «дефицита» воды вследствие дренажного эффекта тоннелей. Эти проблемы учитываются при выборе трассы, проектировании и строительстве. Особо тщательно изучаются запасы подземных вод и сезонные колебания их горизонтов.

В Японии построено 3800 железнодорожных тоннелей общей протяженностью 1800 км; они оказывают влияние на потери питьевой воды, а также воды для сельского и рыбного хозяйства, индустрии и т. д. □

На обложке — эмблемы метрополитенов мира. Подборка П. Пузанова.

Художественно-технический редактор Е. К. Гарнухин

Сдано в набор 30.07.81. Подписано в печать 09.09.81. Л73609. Формат 60×90¹/₈. Бумага типографская № 1. Гарнитура новогазетная и литературная. Печать высокая. 4,0 печ. л. 5,2 уч.-изд. л. Тираж 4590 экз. Заказ 2490. Цена 30 коп.

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

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



МЕТРОСТРОЙ

253

ИНДЕКС 70572

ЦЕНА 30 коп.

