

МЕТРОСТРОЙ

5

1977



ЛЫСОГОРСКИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТОНNELЬ ПЕРЕСЕК КАВКАЗСКИЙ ХРЕБЕТ



НА СНИМКАХ:

- Встреча проходческих комплексных бригад, руководимых В. Великановым и А. Шестопаповым, в момент сбойки тоннелей.
- Коллектив Тоннельного отряда № 1 и гости на торжественном митинге.
- С завершением проходческих работ строители поздравили (на снимке слева направо) начальник Северо-Кавказской железной дороги Г. В. Дадочкин, первый секретарь Краснодарского крайкома КПСС С. Ф. Медунов, начальник Тоннельного отряда А. А. Прокудин и председатель крайисполкома А. М. Разумовский.



Первый тоннельный отряд 60-летию Октября

С магистрали Краснодар — Туапсе — на строительство Минского метро

Яркой строкой вошла в летопись отечественного тоннелестроения дата 29 июня 1977 года, когда коллектив ТО № 1 Главтоннельметростроя произвел сбойку северного и южного порталов Лысогорского тоннеля на сооружении железнодорожной магистрали Краснодар — Туапсе. В сложных горногеологических условиях под главным Кавказским хребтом завершена проходка уникального объекта.

Редакция попросила начальника ТО № 1 Алексея Александровича Прокудина рассказать о работе коллектива, достигнутых результатах и ближайших задачах во втором году десятой пятилетки:

— В жизни каждого производственного коллектива есть знаменательные события, венчающие успехи напряженного труда. Для тоннелестроителей сбойка забоев с высокой точностью всегда — большой праздник.

Завершению проходки Лысогорского тоннеля диаметром 8,5 м предшествовала многолетняя напряженная работа проходчиков и электромонтажников, механиков и крановщиков, думперистов и шоферов, изолировщиков и маркшейдеров, инженеров и техников.

С самого начала мы представляли сложность предстоящих работ по сооружению трехкилометрового тоннеля в намеченные сроки, от которых зависело своевременное окончание и сдача в эксплуатацию новой железнодорожной линии. Проектными изысканиями учитывались трудности, к которым мы должны быть готовы. Но то, что пришлось встретить, то преподнесла нам природа, не мог предположить даже самый неутешительный прогноз: горное давление в 3—4 раза превышающее обычное, условия сейсмичности, неожиданные выходы газа и др.

Почти с первых метров на южном портале проходка велась в перемятых, склонных к обрушению аргиллитах с выделением метана и большим притоком воды. Как известно, Кавказские горы сравнительно молодые, внутри их отрогов происходят тектонические сдвиги. От строителей требовалась особая осторожность и тщательное соблюдение техники безопасности. Были дни, когда бригады продвигались лишь на сантиметр.

В первый год строительства пройдено 193 м тоннеля. Чтобы повысить темпы проходки, решили использовать на северном портале механизирован-

ный щит, на который возлагались большие надежды. В течение двухлетнего испытания в условиях постоянных обвалов кавказских пород мы не получили нужных результатов. Пришлось демонтировать щит и переоборудовать в обычный, изменив всю технологию работ. С апреля 1974 г. возобновилась проходка со стороны северного портала. Бригада В. Великанова преодолевала породы Лысой горы, прокладывая тоннель с помощью взрывов. Росло мастерство, разгорялось соревнование между бригадами южного и северного порталов. Несмотря на трудности, с южного портала было пройдено в 1974 г. 289 м, а с северного — 182 м за 9 месяцев. В социалистическое соревнование за высокие скорости проходки включились звенья бригады А. Шестошалова, которые двигались с южного портала. Случались обвалы, заливала вода, но проходчики достигли проектной годовой скорости. В 1975 г. с каждого портала пройдено по 360 м.

Первый год десятой пятилетки коллектив отряда отметил новым ускорением темпов работ. Со стороны южного портала было проложено 455 м, с северного — 389 м тоннеля при высоком качестве.

Немалую роль в увеличении скоростей, роста производительности труда сыграло внедрение бригадного подряда. Перевод на полный хозяйственный расчет оказал положительное влияние на работу всего коллектива. За счет экономного расходования материальных ресурсов получена экономия 112 тыс. руб., снижена стоимость строительства на 21 тыс. руб. По аккордным на-

Информационный
 научно-технический сборник

Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

М Е Т Р О С Т Р О Й

5 • 1977 г.

издание Московского метростроя
 и издательства «Московская правда»

рядам бригадам выплачено 147 тыс. руб. премий.

За период строительства тоннеля вынута 183 тыс. м³ грунта, уложено 21 тыс. м³ сборного железобетона, 6,7 тыс. м³ монолитного бетона, 3,6 т чугунных колец и прокладок, выполнено 123 тыс. м² гидроизоляции, зачеканено 116 км швов, произведено нагнетание за обделку 84 тыс. м² раствора.

Напряженные трудовые будни, повседневная воспитательная работа партийной, общественных организаций и ветеранов — наставников создали условия для роста в отряде замечательных людей, мастеров своего дела. Невозможно перечислить всех, чья целеустремленная работа принесла трудовую победу. Среди передовиков — бригады проходчиков Н. Щebetюка, А. Шестопалова, В. Великанова, механизаторов М. Краснорядцева, В. Кутасевича, думперистов В. Ястремского. Хочется отметить хорошую работу маркшейдерской службы, обеспечившей точную сбойку забоев.

За достигнутые успехи во всесоюзном социалистическом соревновании коллектив ТО № 1 отмечен переходящим Красным знаменем Министерства транспортного строительства и Центрального комитета профсоюзов. Полугодовой план мы выполнили на 102,1%. Думается, наш опыт проходки на участках с аналогичными условиями смогут использовать тоннелестроители БАМа.

Сейчас, в ходе обсуждения проекта новой Конституции и предъюбилейного социалистического соревнования мы приняли дополнительные обязательства. Считаю своей почетной и важной задачей приступить к подготовке и развертыванию работ на строительстве метрополитена в столице Белоруссии.

Общая протяженность проектируемых линий Минского метро предусмотрена около 50 км. Трасса первой линии пересечет город с юго-запада на северо-восток: из вузовского городка в район примыкания Ленинского проспекта к коль-

цевой автомобильной дороге. Протяженность первой линии 15 километров. Мы уже приступили к подготовительным работам на участке между станциями «Московская» и «Волгоградская». Первая группа тоннелестроителей прибыла в Минск. Началась перекладка подземных городских коммуникаций по всей будущей трассе. В Минск направлено горнопроходческое оборудование, новые щиты и механизированный комплекс для возведения монолитно-прессованной бетонной обделки. Успех работы во многом будет решать эффективное использование получаемой техники.

В IV квартале начинаем проходку от ст. «Парк Челюскинцев» в сторону «Волгоградской». В январе будущего года намечено развернуть сооружение тоннелей в направлении ст. «Академическая». Труженики нашего отряда понимают всю ответственность возложенных на них задач по строительству восьмого метрополитена страны и уже на самом первом этапе в год шестидесятилетия Советской власти полны решимости выполнить принятые социалистические обязательства.

В поле деятельности нашего коллектива — возведение тоннелей для скоростного трамвая в г. Кривом Роге.

Памятуя слова товарища Л. И. Брежнева, сказанные им на октябрьском (1976 г.) Пленуме ЦК КПСС о том, что «каждый советский человек, каждый трудовой коллектив должны добиваться наивысшей производительности труда, строго соблюдать производственную дисциплину и режим экономии, изо дня в день улучшать качество своей работы», мы — тоннелестроители видим сегодня в их претворении в жизнь свою прямую задачу.

Для ускорения темпов выполнения плана строительно-монтажных работ необходимо обеспечить четкое взаимодействие всех участков строительства, включая субподрядные коллективы, развернуть комплексное социалистическое соревнование.

Хроника

На главной магистрали столицы Белоруссии — Ленинском проспекте забиты первые сваи в основание будущей станции метро «Парк имени Челюскинцев».

* * *

Принято решение о начале строительства метрополитена в Горьком — крупном промышленно-культурном центре с населением 1,3 миллиона человек. Первая подземная скоростная магистраль свяжет район автотрассы с Московским вокзалом. Этот участок Горьковского метро станет одним из самых комфортабельных в СССР.

Трассу второй очереди намечается провести через Оку и соединить нагорную часть города с заводом «Красное Сорново».

* * *

В Бакметропроекте состоялось предварительное рассмотрение технического проекта Новосибирского метро. В работе техсовета приняли участие председатель Новосибирского горисполкома И. П. Севастьянов, заместитель председателя облисполкома О. Ф. Деменко и главный архитектор города А. С. Михайлов.

Новосибирск — третий по площади город страны и седьмой по численности населения. Первая линия протяженностью около тридцати километров соединит районы, расположенные на обоих берегах Оби. Здесь предполагается соорудить 12 станций. Метро в Новосибирске значительно облегчит проблему передвижения жителей, особенно в зимнее время, когда бураны и снежные заносы затрудняют работу наземного транспорта.

РАЦИОНАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОДАВЛИВАНИЯ

Е. ДЕМЕШКО, канд. техн. наук; П. ВАСЮКОВ, инженер

У СТАНЦИИ «Ростокинская» строящегося Рижского радиуса под железнодорожными путями Московской окружной дороги СМУ-3 Мосметростроя сооружено без перерыва движения поездов три тоннеля с чугунной обделкой диаметром 6 м — два перегонных и пешеходный переход.

Тоннели пройдены на участке длиной 30 м методом продавливания с помощью опытного образца агрегата, изготовленного Московским механическим заводом Главтоннельметростроя. Агрегат состоит из домкратной установки и ножевой секции*. В процессе сооружения тоннелей ЦНИИСом совместно с Мосметростроем проведены экспериментальные исследования процесса продавливания, а также измерения основных параметров использованного оборудования.

Основными показателями, характеризующими рассматриваемый процесс, являются: усилие продавливания, отклонения тоннеля от проектной оси, осадки и деформации дневной поверхности.

Усилие продавливания тоннеля — переменная величина, нарастающая с увеличением длины выработки. Если технология работ предусматривает одну стационарную домкратную установку, то усилие зависит от бокового сопротивления по наружной поверхности обделки и от лобового сопротивления внедрению ножевой секции в массив. Решающую роль в этой величине играет боковое сопротивление, обусловленное в основном силами трения грунта по обделке.

Предельное усилие определяется техническими характеристиками домкратной установки и зависит от несущей способности тоннельной обделки. Очевидно, что чем меньше сопротивление продвижению тоннеля, тем на большую длину можно продавить тоннель при заданном предельном усилии установки.

При исследовании процесса продавливания были поставлены за-

дачи: измерения его усилия как функции текущей длины продавливаемого тоннеля; определения величины лобового и бокового сопротивления; оценка предельной протяженности проходимого участка; выявление воздействия соседних тоннелей на усилие продавливания; изучение влияния мероприятий по снижению сил бокового сопротивления; сопоставление теоретической и фактической зависимости усилия продавливания от длины выработки.

Усилие продавливания измерялось по методике ЦНИИСа с непрерывной регистрацией продвижения тоннельной обделки и величины давления рабочей жидкости в гидросистеме домкратной установки. При этом постоянно фиксировались количество и номер включенных в работу домкратов. Датчиком давления служил электронный манометр М1М-30, датчиком перемещения — прибор ЦНИИС ДП-1. Электрические сигналы от датчиков поступали через блок масштабных сопротивлений на самописцы. На правом и среднем тоннелях наблюдения велись за каждым продавливаемым кольцом. На левом тоннеле инструментальная запись проведена на 12 кольцах. На остальных кольцах данные получали по визуальным манометрам.

Тоннели сооружались в толще

суглинков с частичным попаданием песка, сначала левый, затем правый и средний.

Результаты измерений усилия продавливания правого тоннеля по длине участка показаны на рис. 1. Зависимости для других тоннелей имеют аналогичный вид. График показывает, что на первом метре проходимого участка боковое сопротивление отсутствует. Усилие продавливания практически совпадает с величиной лобового сопротивления. На конечном участке, после выхода ножевой части за шпунтовую стену в котлован, усилие резко уменьшается, так как забой уже разработан. Эти обстоятельства позволяют экспериментально определить лобовое сопротивление. Величина его, осредненная по трем тоннелям, составила 290 тс в начале участка продавливания и 480 тс — в конце. В среднем для всей трассы лобовое сопротивление составило 385 тс. Зная последнюю величину, нетрудно найти боковое по общему усилию продавливания.

На участках длиной 5—6 м, прилегающих к передней и задней шпунтовым стенкам, нарастание усилия продавливания происходит медленнее, чем на среднем участке. Это свидетельствует о разгружающем действии шпунтовых стен, снижающих вертикальное

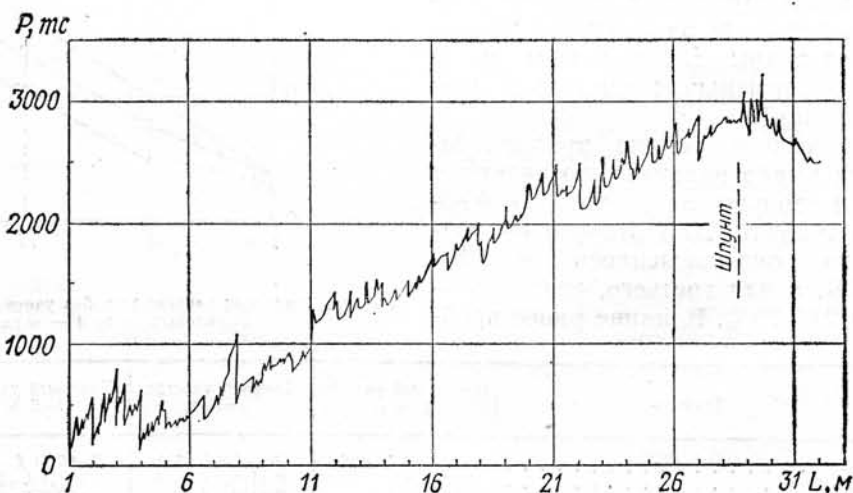


Рис. 1

* См. «Метрострой» № 7, 1976.

давление грунта. Последнее определяет величину сил трения по боковой поверхности тоннеля. Усилия на всех трех участках изменяется пропорционально длине продавливаемого тоннеля.

В пределах каждого кольца обделки усилие меняется неравномерно, часто скачкообразно. Среднее квадратическое отклонение его от среднего значения составляет 250—300 тс и остается практически постоянным по всей длине продавливаемой трассы. Поэтому коэффициент вариации уси-

денного тоннеля на сооружаемый объясняется расширением зоны нарушения состояния грунтового массива. Это приводит к увеличению давления на обделку и, следовательно, к повышению бокового сопротивления.

Наибольшее усилие продавливания наблюдалось при сооружении среднего тоннеля и составило на 29-м метре в среднем 3050 тс. Дальнейшее продвижение осуществлялось с падением усилия. При прохождении задней шпунтовой стены или при встрече

с валунами кратковременные пиковые усилия достигали 3400—3800 тс.

Во время проходки правого, а затем и среднего тоннеля делались попытки снизить боковое сопротивление путем покрытия спинок тубингов эпоксидно-фурановой мастикой, обмазки наружной поверхности монтируемого кольца отработанным трансформаторным маслом. Но эти меры были реализованы частично: в кольцах только отдельные тубинги имели эпоксидное покрытие, а обмазка проводилась лишь в сводовой части обделки. Примененные меры не оказали влияния на снижение усилия продавливания.

Эксперименты дали возможность установить степень достоверности теоретического прогнозирования усилий продавливания и уточнить расчетную схему. При продавливании участков, характеризующихся сравнительно небольшой глубиной залегания, принимают, что боковое сопротивление обусловлено в основном силами трения грунта. Эти силы пропорциональны вертикальному и горизонтальному давлению, определяемому весом всего столба грунта. Сцеплением последнего с

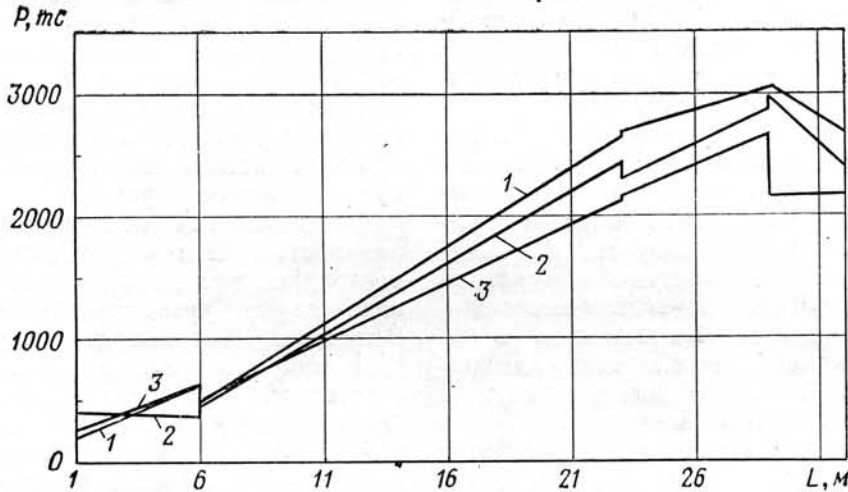


Рис. 2

1 — средний тоннель; 2 — правый; 3 — левый

лия уменьшается с длиной с 25% до 5%.

На рис. 2 приведены графики зависимости усилия продавливания от длины. Они построены в виде линейных корреляционных связей для трех характерных участков сооруженных тоннелей. Корреляционные зависимости усилия P от длины L определены методом наименьших квадратов (см. таблицу).

Конечное усилие продавливания имело наименьшую величину при сооружении первого — левого тоннеля. Для второго — правого оно повысилось на 12—13%, а для третьего, среднего — на 24—25%. Влияние ранее прой-

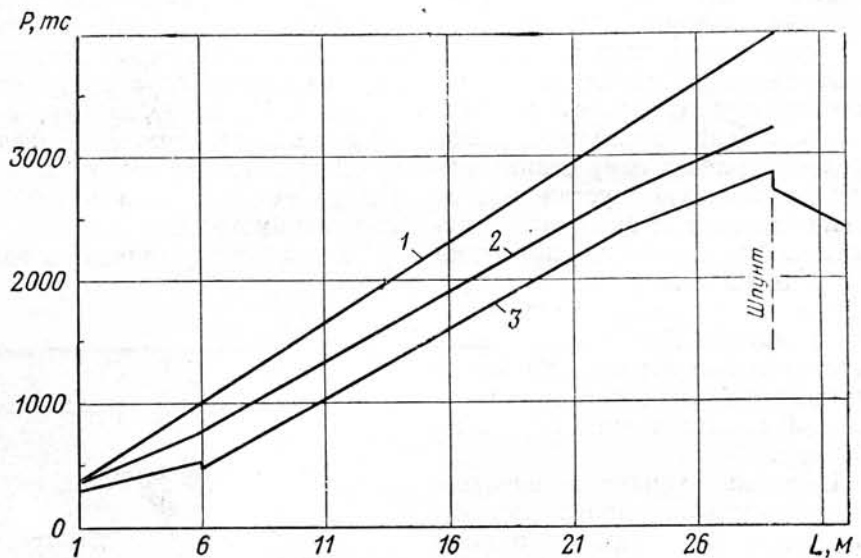


Рис. 3

1 — теоретическая зависимость без учета влияния шпунтовых стен; 2 — то же, с учетом влияния шпунтовых стен; 3 — осредненная экспериментальная зависимость

Тоннель	Начальный участок $l=6$ м	Средний участок $l=17$ м	Конечный участок $l=6$ м
Левый	$P=69,4 L+258$	$P=94,8 L+512$	$P=85,11 L+2142$
Правый	$P=74,8 L+405$	$P=115,2 L+465$	$P=91,1 L+2295$
Средний	$P=76,8 L+218$	$P=126,8 L+488$	$P=59,2 L+2670$
Осредненная зависимость	$P=47,2 L+294$	$P=112,3 L+488$	$P=78,5 L+2369$

наружной поверхностью обделки пренебрегают, поскольку оно нарушается. На рис. 3 показана теоретическая зависимость 1 усилия P от L , рассчитанная этим методом и осредненная по трем тоннелям экспериментальная зави-

симость 3. Очевидно значительное превышение теоретических усилий над фактическими, которое для конечного значения составляет 38%. Для повышения точности разработан метод расчета. Он учитывает влияние шпунтовых стен, снижающих давление грунта на участках, прилегающих к этим стенам. Зависимость усилия P от L показана ломаной линией 2 на рис. 3. В данном случае теоретическое усилие превышает осредненное фактическое лишь на 12%.

Анализ графиков рис. 3 свидетельствует, что при продавливании двух или более тоннелей, расположенных рядом, боковое сопротивление может быть рассчитано по разработанной методике с учетом веса полного столба грунта. Если же сооружается одиночный тоннель, то эту величину следует определять с учетом частичного веса столба грунта. Для условий строительства, близких к рассматриваемым, понижающий коэффициент составляет 0,8.

Одним из важных факторов, определяющих область применения рассматриваемого метода, является точность продавливания.

На опытном участке осуществляли постоянные маркшейдерские наблюдения за положением ножевой секции и тоннеля относительно проектной оси. Отклонения фактической оси от проектной для трех тоннелей в профиле и плане показаны на рис. 4. При продавливании тоннель обнаруживает

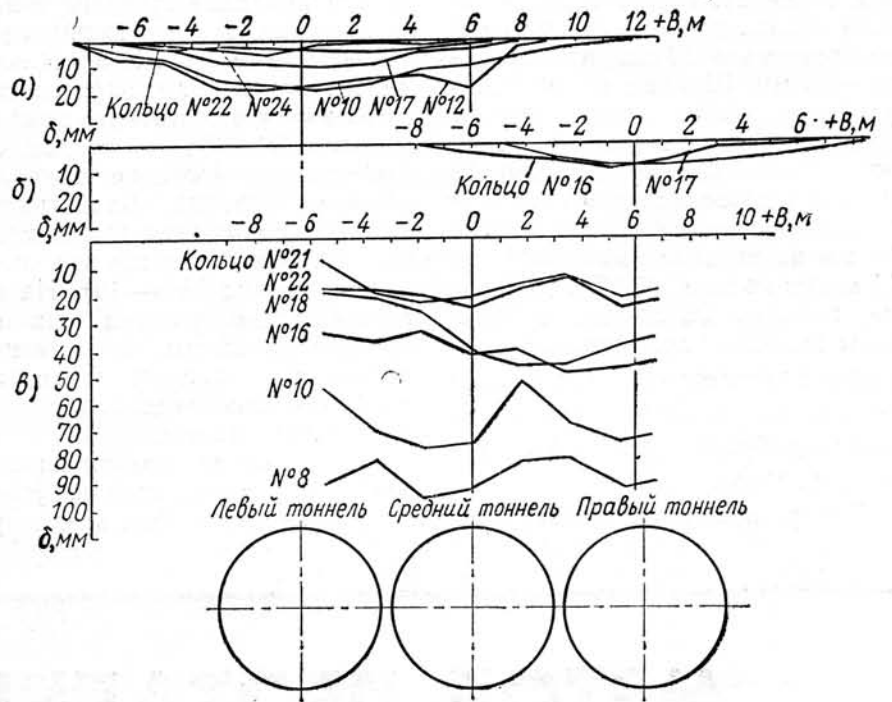


Рис. 5

тенденцию движения на подъем. Абсолютная величина подъема на 29-м метре составила для левого тоннеля 195 мм, для правого — 100 и для среднего — 140 мм. В плане тоннели уходили вправо соответственно на 220, 90 и 260 мм относительно начального положения. Наименьшие отклонения получил правый тоннель. Отклонения в плане всех трех тоннелей имеют одинаковый вид. Это дает основание считать, что уход тоннелей вправо не случаен и объяс-

няется дефектами формы ножевой секции. При продавливании не использовались специальные средства управления ее движением. Корректировать положение секции можно было только путем избирательной разработки забоя, что не дало существенного эффекта.

Продавливание без управления ножевой секции возможно только на участках ограниченной длины (30—35 м).

Метод продавливания позволяет свести осадки до минимума путем устранения строительного зазора, так как наружный диаметр ножевой секции превышает наружный диаметр обделки всего на 12 мм. Возможным источником осадок остаются переборы грунта в забое. Для их предупреждения ножевую секцию оборудовали горизонтальными площадками, разделявшими забой на шесть ярусов.

За осадками и деформациями насыпи и железнодорожных путей велись систематические инструментальные наблюдения. На шести железнодорожных рельсах, пересекавших трассу тоннелей под углом 75°, были нанесены 126 марок с расстоянием между ними 2 м. Результаты контроля приведены на рис. 5а, б (левый и пра-

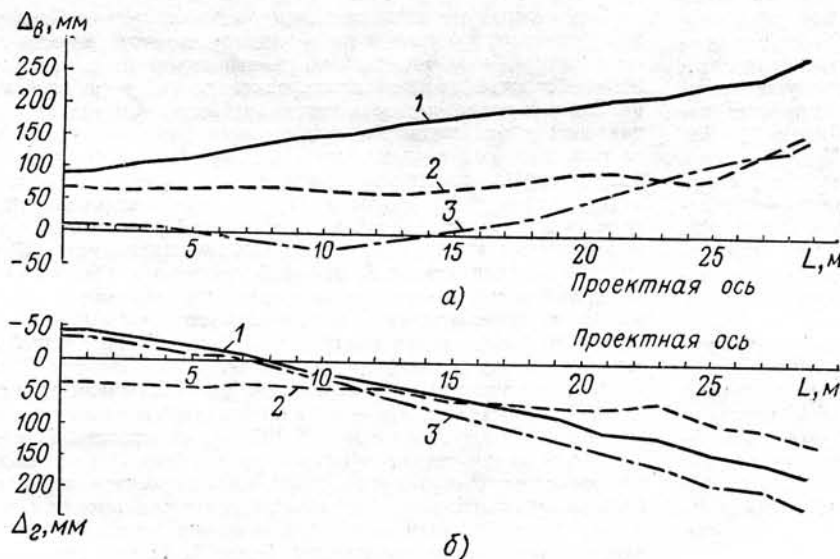


Рис. 4
а — в профиле; б — в плане

вый тоннели). Наибольшая величина осадок для левого тоннеля не превышала 19 мм, для правого — 9 мм. Ширина мульды оседания составила соответственно 20 и 16 м. Форма кривой осадок носит закономерный характер. По мере продвижения левого тоннеля величина осадок уменьшалась: с 19 мм на кольцах № 10—12, до 11 мм на кольце № 17 и до 5 мм на кольцах № 22—24. Результаты явились следствием накопления практического опыта проходки, совершенствования приемов разработки забоя, тщательного технадзора.

Деформации грунтового масси-

ва при проходке среднего тоннеля проявились в значительно большей мере (рис. 5, в). Максимальная величина осадок достигла 96 мм (что составляет приблизительно 30—35% от осадок, сопутствующих проходке тоннелей обычным щитом). Как и ранее, наибольшие осадки имели место на начальном участке продавливания (кольца № 8—10). На последней трети участка они составили 20—26 мм, что практически не оказывает влияния на целостность наземных сооружений и их эксплуатацию.

Существенные осадки на первой трети участка продавливания среднего тоннеля объясняются ус-

ловиями его сооружения. Средний тоннель продавливался между двумя готовыми, причем грунтовый целик между ними составлял всего 20 см. При этом нарушение породы вокруг ранее пройденных тоннелей, малая прочность целиков, низкая управляемость проталкиваемой обделки, возросшая величина сопротивления продавливания затрудняли ведение работ и выемку грунта в пределах проектного очертания тоннеля. Осложняющим обстоятельством явилось также наличие над тоннелем водонасыщенного слоя грунта и поступление в ножевую секцию воды с песком.

МЕТОД ПРОТАЛКИВАНИЯ

В. СИМОНЕНКО, управляющий трестом
горнопроходческих работ № 2 Главмосинжстроя

СПЕЦИАЛИСТАМИ Главмосинжстроя разработан новый способ проталкивания сборных элементов обделки. Его основные преимущества заключаются в резком сокращении толщины конструкции, а также в увеличении плеча продавливания. Достигается это тем, что после сборки каждого кольца внутри него соосно монтируют секцию упорной обечайки (металлического сердечника), на которой закрепляются, не касаясь друг друга, элементы обделки. Обечайка имеет фланцы (передний и задний) и радиальные по периметру отверстия. Их совмещают с отверстиями для нагнетания в кольцо обделки, соединяют передний с задним фланцем секции обечайки предыдущего кольца. Затем через совмещенные отверстия радиальными упорами скрепляют с кольцом секцию обечайки и вдавливают ее. Закрепленный элемент как бы протаскивается вслед за ножевой секцией. Обделка воспринимает нагрузки только от горного давления, а все осевые усилия воспринимаются упорной обечайкой. Таким образом, предложенный способ проходки тоннеля позволяет исключить повреждение торцовых поверхностей колец. Он успешно опробован на десятиметровом участке водосточного коллектора Выставочного комплекса (Краснопресненская набережная). Для устройства камеры вырыли котлован. Размеры стен — 6,7 м × 7,3 м × 7 м. Их крепили стальными трубами диаметром 168 мм. Производилось водопонижение, учитывая близость Москвы-реки. На забетонированном дне камеры смонтировали установку для протаскивания железобетонных колец (условное название — УПК-3). Она состоит из металлического ножевого оголовника, нажимной колонки-сердечника металлического переходника и упорной вставки, направляющего кондуктора и гидравлических силовых цилиндров.

Ножевой оголовник — это стальной клиновидный нож, закрепленный к торцу первого элемента (кольца) обделки по периметру. Он выполняет роль лидирующего элемента системы и служит для размещения механизмов разработки грунта и крепления забоя. При больших габаритах выработки возникает необходимость его крепления. Механизмы разработки забоя такие же, как и при щитовом способе проходки. Металлический ножевой оголовник может быть заменен автономным проходческим щитом как механизированным, так и немеханизированным.

Нажимная колонка-сердечник состоит из пространственной полой стальной конструкции, имеющей очертания,

аналогичные элементам тоннельной обделки. Длина секции упорной обечайки на 20 мм больше. По торцам установлены фиксаторы, которые удерживают элементы на обечайке при продавливании и не позволяют им касаться друг друга. Сочленение производится гнездовыми фиксаторами. Полая форма обечайки обеспечивает транспортировку разрабатываемого грунта.

Металлический переходник с упорной вставкой служит для равномерного распределения давления силовых цилиндров на нажимную колонку-сердечник (упорную обечайку) и представляет собой сварную полую конструкцию, имеющую очертание обделки тоннеля.

Кондуктор в виде сварной металлической конструкции служит для придания элементам обделки нужного направления в плане и профиле и фиксации их в пределах рабочей камеры.

Гидравлические силовые цилиндры закреплены на специальной раме и расположены по периметру тоннеля. Вместе с направляющим кондуктором они смонтированы на вертикальной железобетонной упорной плите, закрепленной в рабочей камере. Здесь и на поверхности устанавливаются насосы, пульт управления и маслостанция, связываемые гидрокоммуникациями из труб высокого давления и распределительных коробок. Продавливание на участке производилось в такой последовательности. В камеру краном опускалось первое кольцо тоннельной обделки с смонтированной в него упорной обечайкой и устанавливалось в кондукторе перед силовыми цилиндрами. К кольцу прикрепляли стальной ножевой оголовник. Силовыми цилиндрами и металлическим переходником ножевая секция через портальное отверстие в передней стенке вдавливалась в породу, подрезая ее по контуру выработки. Клиновидный нож сжимал породу и частично раздроблял ее. Два проходчика, когда прекращалось продавливание, разрабатывали грунт отбойными молотками, после чего он в съемном кузове вагонетки транспортировался краном К-161 на поверхность. После того, как ножевая секция врезалась на глубину, равную ходу штоков силовых цилиндров (1200 мм), последние переключались на обратный ход, штоки возвращались в исходное положение и освобождали место для монтажа второго кольца обделки. Дальше цикл повторялся. Всего было введено четыре кольца обделки. После окончания проходки ножевую секцию и упорную обечайку демонтировали и удалили для возможного

использования. Чтобы обеспечить безосадочность, через специальные отверстия в собранной обделке нагнетали раствор М-100. Конструкция и форма ножевой секции гарантировали устойчивость грунта. Это обеспечивалось еще и совпадением внешних размеров тоннельной обделки с контуром выработки, что исключало возникновение зазоров.

Как показало испытание нового проходческого комплекса УПК-3, повреждений торцовых поверхностей железобетонных колец не обнаружено. После окончания проходки тоннеля рабочая камера была переоборудована в технологическую. При сопоставлении существующих способов с предлагаемым анализировалось напряженно-деформированное состояние конструкции в том и другом случаях. На первом этапе измерялись усилия, необходимые для определения конструкции на длине продавливания L . Решение данной проблемы особенно важно при сооружении тоннелей диаметром 6 м и выше на участках 70 м и более. Для тоннелей больших диаметров значительной протяженности усилие W , необходимое для преодоления сил трения окружающего массива, составляет свыше 80% общих усилий продавливания. При больших габаритах выработки целесообразно использовать автономно работающий щит, преодолевающий лобовое сопротивление грунта. Между тем, существующие методы определения усилий совершенно не учитывают возможность деформации пород и обделки от воздействия внешней нагрузки и т. д., что в конечном итоге ведет к несовпадению расчетов с натуральными замерами.

В общем случае с учетом сил покоя и различия грунтовых условий по трассе плеча продавливания L усилие W , необходимое для преодоления сил трения окружающего массива, определяется из выражения

$$W = \sum_{i=1}^n l_i \left[\left(P_i + \frac{g}{b} \right) f_{mpi} + 2\pi r_n C_i \right] \quad (1)$$

где l_i — длина i -того участка плеча продавливания L , имеющего однородные грунтовые условия,

$$L = \sum_{i=1}^n l_i$$

P_i — полное нормальное давление, действующее на конструкцию единичной длины на контакте системы «обделка-породный массив» в пределах i -того участка; g — вес секции шириной b ,

r_n — внешний радиус конструкции; f_{mpi} и C_i — соответственно коэффициент трения породы о материал конструкции и величина сцепления ее с окружающими породами на i -том участке.

Полное нормальное давление P_i определяется выражением

$$P_i = r_n \int_0^{2\pi} \sigma_i(\varphi) d\varphi \quad (2)$$

где $\sigma(\varphi)$ — контактное давление от внешней нагрузки на системе «обделка — породный массив»;

φ — текущая координата, начало отсчета которой совпадает с вертикальной осью симметрии.

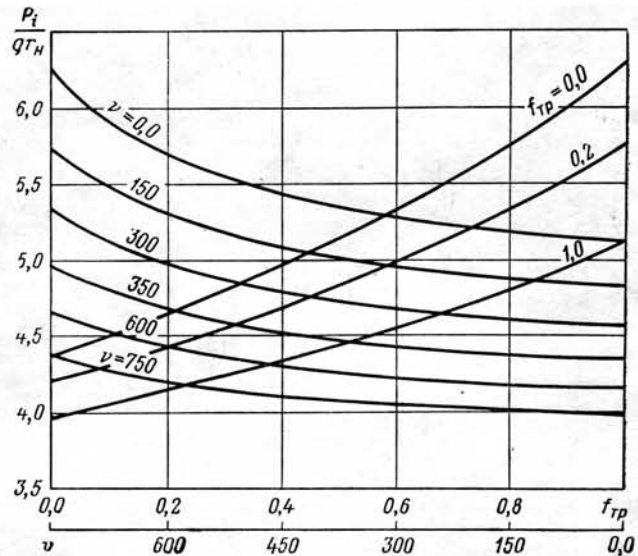
Поскольку метод продавливания применяется, как правило, в нескальных грунтах, то для связи радиальных перемещений $W_i(\varphi)$ с контактными давлениями $\sigma(\varphi)$ используется гипотеза Винклера, зависимость по которой между указанными параметрами линейная. Для нескальных грунтов модель упругого основания наиболее целесообразна.

Для формулировки закона распределения радиальных перемещений $W_i(\varphi)$ с учетом деформационных свойств окружающих пород и материала конструкции, а также сил трения по поверхности контакта, используется дифференциальное уравнение пятого порядка деформации кругового бруса на упругом основании, зависящее от параметров f_{mpi} :

$$m = r_n / r_0; \quad \nu_i = E_{ni} \cdot b r_0^3 / EI (1 + \nu_{ni}).$$

Здесь E_{ni} и ν_{ni} — соответственно модуль деформации и коэффициент Пуассона породы в пределах i -того участка EI — изгибная жесткость, а r_0 — осевой радиус обделки. Чтобы упростить инженерные вычисления P_i , составили программу расчетов на ЭВМ «Минск-32», которая написана на языке «АЛГАС» и передавалась транслятором «МЭИ-3». Для ши-

рокого диапазона изменения параметров f_{mpi} и ν_i , охватывающего практически все горно-геологические условия заложения тоннелей и конструктивные решения их обделки, значения $P_i / q r_n$ затабулированы и представлены на рисунке. Здесь q —



Зависимости $P_i = f(q r_n, \nu_i \text{ и } f_{tp})$

вертикальная равномерно распределенная нагрузка от горного давления. Если принять конструкцию обделки абсолютно жесткой ($\nu_i = 0$) и не учитывать силы трения по поверхности контакта, решение задачи полностью совпадает с результатами, приведенными ниже.

На втором этапе анализировалось напряженно-деформированное состояние конструкции по двум сравниваемым способам продавливания. При определении толщины конструкции по традиционному методу, когда обделка полностью воспринимает осевые усилия, использовались рекомендации СНиП II-21-75. В этом случае для кольцевых и обделок прямоугольного сечения получено следующее выражение:

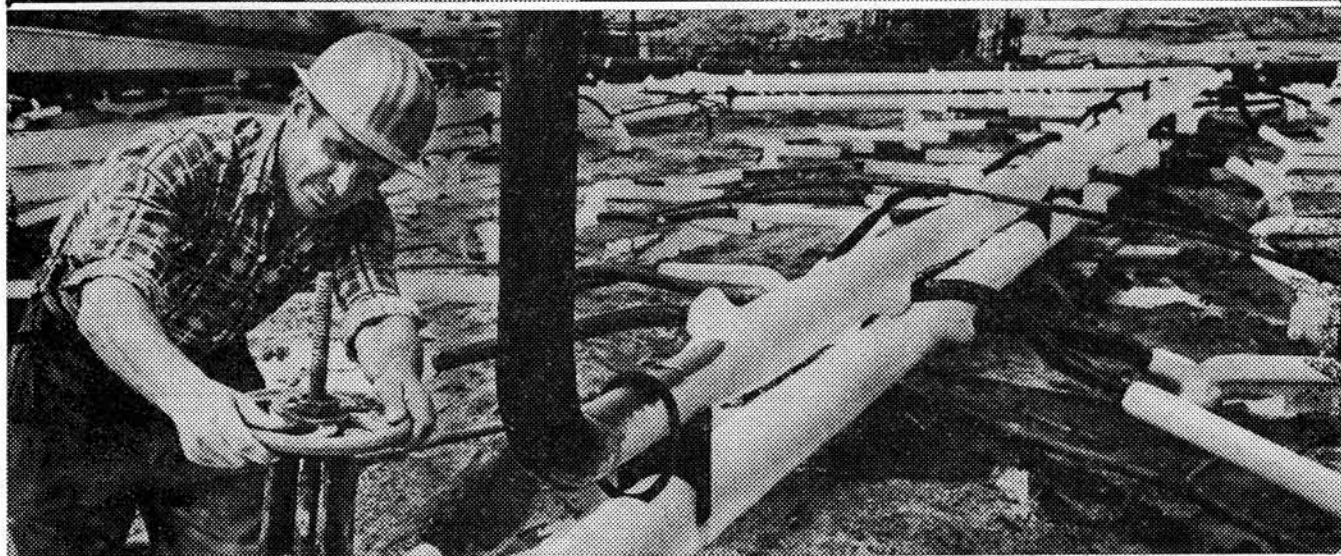
$$t \geq r_n - \sqrt{r_n^2 - \frac{\sum_{i=1}^n l_i (P_i f_{mpi} + 2\pi r_n C_i)}{\pi (R_{np} + \mu_k^c K_k R_a^c - \gamma \sum_{i=1}^n l_i f_{mpi})}} \quad (3)$$

где R_{np} и R_a^c — расчетные призматическая прочность бетона и сопротивление растяжению арматуры сеток косвенного армирования торцового сечения обделки; μ_k^c — коэффициент косвенного армирования K_k — коэффициент, определяемый в зависимости от параметров μ_a^c , R_a^c и R_{np} ; γ — объемный вес конструкции.

При определении толщины обделки по предлагаемому способу, когда конструкция воспринимает нагрузки только от горного давления, измерялись внутренние усилия в сечении тоннеля. (Сечение обделки рассматривалось как внецентренно сжатый железобетонный элемент с коэффициентом армирования, принятым для тоннельных конструкций).

Сопоставляемые расчеты показывают, что для тоннелей диаметром 2—6 м на участках продавливания свыше 50 м толщина обделки может быть уменьшена в 3—8 раз при сокращении расхода арматуры примерно вдвое. Применение нового проходческого комплекса для протаскивания железобетонных колец тоннельной обделки большого диаметра позволяет повысить производительность в 2—3 раза, снизить трудовые затраты и стоимость строительства в 1,5—2 раза. Значительно улучшаются качество сооружаемых тоннелей и условия работы проходчиков.

В МОСКВЕ, НА РИЖСКОМ РАДИУСЕ

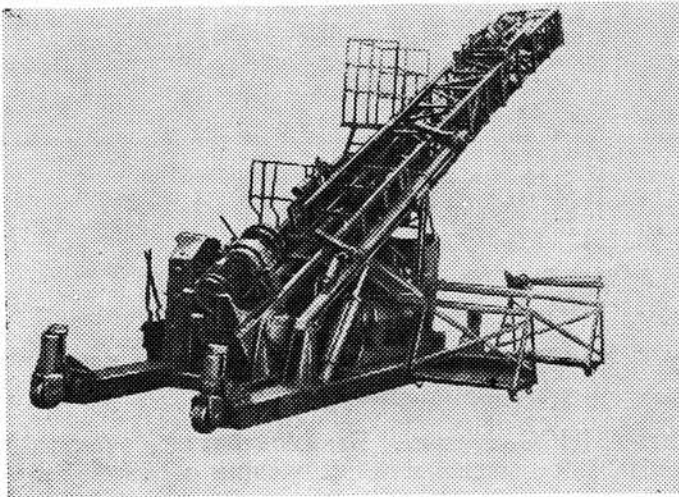


На снимках (сверху вниз): строители Управления № 157 — сменный инженер В. Коновалов и звеньевой П. Агапов (первый снимок), бригадир бурильщиков В. Авдонин (второй снимок) ведут работы по замораживанию грунтов под рекой Лузой. На нижнем снимке — сооружение тоннеля Рижского радиуса. Проходчики Тоннельного отряда № 6 В. Королев (слева) и машинист щита А. Усанов в момент передвижки агрегата.

БУРЕНИЕ НАКЛОННЫХ СКВАЖИН БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

В. ЯКОВЛЕВ, инженер

НЕОБХОДИМОСТЬ в бурении наклонных скважин все более возрастает. В последние годы пройдены весьма сложные в техническом отношении наклонные скважины большого диаметра. Так, станком ТУНБ-150 (см. рису-



Станок ТУНБ-150

нок) пробурены две наклонные скважины с начальным диаметром — 530 мм, конечным — 219 мм.

Техническая характеристика бурового станка ТУНБ-150

Диаметр бурения, мм:	
начальный	300
конечный	150
Диаметр труб, мм	63,5
Диаметр обсадной колонны в зависимости от глубины 273, 219, 158, 114 мм	
Угол наклона к горизонту	30—75°
основной	30°
Тип вращателя	подвижный
Система его подачи	гидравлическая
Ход, мм	2000
Скорость подачи шпинделя, м/сек:	
вверх	0,017
вниз	0,148
быстрый подъем	0,21
Усилие, создаваемое вращателем, кг:	
вверх	8000
вниз	4700
Число оборотов шпинделя, об/мин	58, 103/61, 236
Крутящий момент вращателя при повороте обсадных труб	700
Скорость поворота обсадных труб, об/мин	1,8
Количество патронов, шт.	1
Тип патронов	самоцентрирующийся со сплошным кулачком
Диаметр зажима в патроне труб, мм	63,5; 114; 168; 219
Тип лебедки	планетарный
Грузоподъемность лебедки на прямом канате на 1 скорости, м/т	300
Грузоподъемность установки (номинальная) на крюке, т	6
Размеры в транспортном положении, м:	
длина	7,8
ширина	2,3
высота	2,6
Длина мачты, м	10,4
Вес установки в транспортном положении, кг	6400

Станок изготовлен Барнаульским заводом геологоразведочного оборудования.

Техническая характеристика позволяла бурить наклонные скважины диаметром не более 219 мм. Но в строительстве участка требовался диаметр не менее 273 мм. Работы осложнились еще и точностью выполнения наклона скважин в заданном углу. В связи с этим предусмотрели ряд усовершенствований снаряда и технологии бурения, а также выполнили комплекс подсобных работ. До начала бурения направляющий кондуктор скважины диаметром 530 мм установили с необходимым углом наклона в специальную траншею и забетонировали на полную его глубину. Чтобы закрепить скважину, кроме этого предусмотрели принудительное задавливание труб домкратом ДГ-300, упором для которого служил кондуктор. Площадка на первой скважине стеснена близлежащими зданиями и подземными коммуникациями. Поэтому длину кондуктора вместо 10 м взяли 6.

Участок сооружения характеризовался насыпными грунтами с примесью кирпича, щебенки и других включений, моренными суглинками, супесями, разнозернистыми песками, подстилаемыми глинами, переслаивающимися с крепким известняком.

Перед началом основного цикла провели подготовительные работы: смонтировали грязевый насос 11-ГР и глиномешалку V—0,75 м³; в подвале неподалеку от станка установили металлический резервуар емкостью — 22 м³, предназначенный для глиноотстойника. Одновременно смонтировали трубопроводы, чтобы прокачивать глинистый раствор. Для полной гарантии качества бурения изготовили специальную направляющую Ø426 мм, длиной 5,3 м. В бурильный комплект входили трубы Ø114 мм нефтяного сортамента длиной 12 м, с замками ЗУ-155, трехшарошечное долото Ø495 мм. Крепление скважины проходило с затруднениями. Первоначально трубы Ø426 мм не дошли до нужной отметки. Их опускали в скважину с помощью станка с проворотом. При посадке труб вышел из строя механизм карданного вала. В перерыв трубы заклинило. Их извлекали гидравлическими домкратами. После некоторого подъема труб они стали снова проворачиваться. Колонну повторно опускали вниз с проворотом, они дошли до глубины ниже предполагаемой проекту не менее 10 м, что позволило выйти на конечный диаметр 273 мм. В первоначальный проект внесли коррективы, после колонны Ø426 мм скважину обсадили трубами Ø377 мм, для чего изготовили направляющую Ø377 мм, длиной 11,4 м. Бурение проводили долотом Ø395 мм. Скважину этого диаметра пробурили до проектной отметки. При обсадке трубы Ø377 мм не дошли на 2 м. Далее их обсадили домкратами. После этого изготовили направляющую Ø325 мм, длиной 11,9 м и скважину пробурили долотом Ø345 мм. Трубы Ø325 мм за шесть смен дошли до конечной отметки.

Для обсадки скважины трубами Ø426, 377, 325 и 273 мм изготовили приспособление, состоящее из двух металлических кронштейнов. На одном из них в отверстия вставлены два ролика. По роликам трубы продвигаются вниз. Один кронштейн крепится в нижней части мачты, другой — на тележке станка. Высота предусмотрена такой, чтобы трубы проходили поверх вращателя. Перед опусканием трубы в скважину ее располагают одним концом на нижний кронштейн, другим на кронштейн тележки, у которого вместо роликов кулачки. Труба центрируется, сваривается, и колонна при поддержке тележки опускается вниз. Последняя операция — цементация затрубных пространств: 325 и 377; 377 и 426; 426 и 530.

Всего на бурение затрачено 74 смены. На подготовку, устройство приспособлений и модернизацию некоторых узлов станка, а также на его ремонт — 39. Бурение выполнялось летом в две и три смены. На опускание труб и изготовление дополнительных приспособлений — две, на бу-

рение — три. Применяемая технология позволила выйти на заданный угол 37°2 (по проекту 37°33).

Участок бурения второй скважины был сложен из насыпного грунта, разнородных песков, подстилаемых суглинками, известняков и мергелистых глин.

Скважину пробурили в более короткие сроки. Строительная площадка позволяла нормально разместить оборудование и глиноотстойник, который расположили в специальном помещении. Глубина глиноотстойника — 2,5 м, объем — 45 м³.

Подготовительный цикл: завоз оборудования, монтаж станка и вспомогательного оборудования, сооружение глиноотстойника и помещения для грязевых насосов 11-ГР проведены за 5 рабочих дней. За это время подготовлен глинистый раствор, смонтирована система желобов для его циркуляции и установлен направляющий кондуктор. Произведены профилактический осмотр, ремонт станка и установка на точку. Бурение осуществлено по описанной выше технологии. Используются направляющие, изготовленные для предыдущей скважины. Перед началом работ установили кондуктор Ø530 мм, длиной 10,3 м. В момент бурения долотом Ø495 мм направляющая Ø426 мм удлинена до 14,5 м. Следует отметить, что вначале бурение проходило с частичным и полным поглощением раствора. Первоначально трубы Ø426 мм обсаживались до глубины

23 м; до проектной отметки они были досажены гидравлическими домкратами ДГ-300. Под следующую колонну Ø377 мм скважину пробурили без осложнений. Ниже 28 м трубы задавливали домкратами, с двух сторон закрепленными в специальных каркасах. Каркас надели на колонну и приварили к кондуктору. На трубу, которую необходимо задавливать, установили хомут. Его подводили снизу под домкраты и закрепляли на колонне. При работе домкратов трубы шли вниз. Следующую колонну Ø325 мм опустили обычным способом, а до конечной отметки задавливали домкратами. После подбашмачной цементации труб скважину сдали в эксплуатацию. Угол наклона 45°40'20": проектный наклон — 46°10'.

Бурение второй скважины вместе с подготовительными работами заняло 39 смен; по трудозатратам вдвое меньше, чем на предыдущую. Бурение велось летом в две и три смены. Состав бригады 7 человек.

Число оборотов вращателя — 58 об/мин. Давление на забой — 4000—5000 кг. Средняя скорость — 3,03 м/смену готовой скважины.

Практика показала, что бурение скважин большого диаметра с углом наклона от 30° до 75° на значительную глубину можно выполнять станком ТУНБ-150. Однако успешно проведенные у нас опыты еще не полностью выявили его технические возможности.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА С ПЕРЕДАЧЕЙ ДАННЫХ НА РАССТОЯНИЕ

С. МАНДРИКОВ, С. СИЛЬВЕСТРОВ, кандидаты техн. наук;
В. БУРНШТЕЙН, инженер

ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ статической работы конструкций при их возведении и эксплуатации все большее применение находят автоматизированные информационно-измерительные системы (АИИСС).

Необходимость создания и применения АИИСС, в частности, при натурных исследованиях статической работы несущих конструкций Ленинградского метрополитена (односводчатые станции глубокого заложения и участки перегонных тоннелей с многослойной обделкой в сложных гидрогеологических условиях) и уникальных железнодорожных тоннелей БАМа объясняется следующими обстоятельствами:

в каждом случае при получении информации о работе конструкций приходится измерять показания значительного количества датчиков;

особенности конструкций, их новизна и сложные гидрогеологические условия требуют проведения оперативной в большом объеме камеральной обработки результатов наблюдений как в период строительства, так и эксплуатации сооружений;

расположение датчиков в бетонных несущих конструкциях вынуждает производить расчеты искомым параметров с учетом реологических свойств бетона, что в свою очередь предопределяет использование сложного математического аппарата и привлечение ЭВМ;

измерение показаний датчиков производится дистанционно. Данные должны передаваться в удаленный централизованный вычислительный центр для расчетов на ЭВМ и оперативно возвращаться исследователям в обработанном виде.

Перечисленным требованиям может удовлетво-

рить АИИСС «Метро». Взаимодействие элементов АИИСС осуществляется следующим образом. Текущая информация от датчиков, установленных в соответствующие конструкции, передается через дистанционные переключатели в центральный пульт измерений. Здесь она регистрируется на перфоленге в коде М-2, которая передается на телетайп (например, в Ленинграде или Северобайкальске). Последний имеет двустороннюю связь с телетайпом вычислительного центра ЦНИИС. Переданная сюда информация вводится непосредственно в ЭВМ «Минск-32» для расчетов искомым параметров по заданной программе. Значения искомым параметров выдаются ЭВМ на перфорированной ленте в том же коде и по телетайпу передаются в пункт назначения. Переданная информация выдается непосредственно абоненту в расшифрованном виде.

Рассмотрим подробнее элементы АИИСС, размещенные на станции «Площадь Мужества» в Ленинграде.

В качестве струнных датчиков применяются арматурные динамометры, бетонные телетензометры и гидроподушки. Динамометры и телетензометры устанавливаются в тело железобетонных блоков обделки при их изготовлении. Они служат для определения деформаций соответственно в продольной стальной арматуре и бетоне блоков. Гидроподушки предназначены для прямого определения контактного давления на опоры и обратный свод станции. Все струнные датчики перед использованием подвергаются градуировке. Схема расположения датчиков на ст. «Площадь Мужества» приведена на рис. 1, а типового опытного участка — на рис. 2.

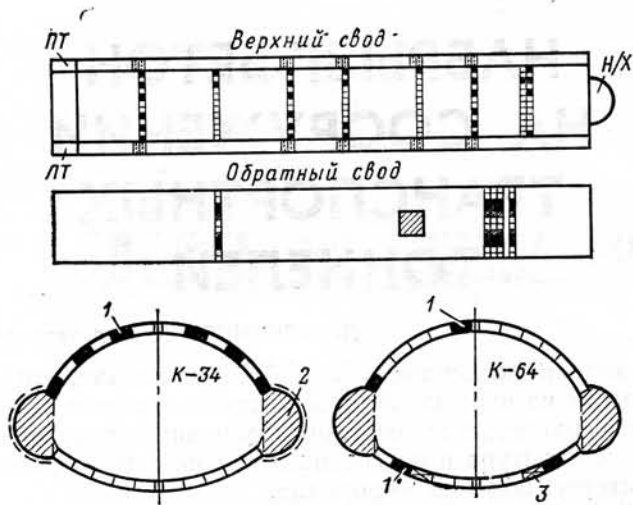


Рис. 1. Схема расположения струнных датчиков на опытных участках станции «Площадь Мужества»

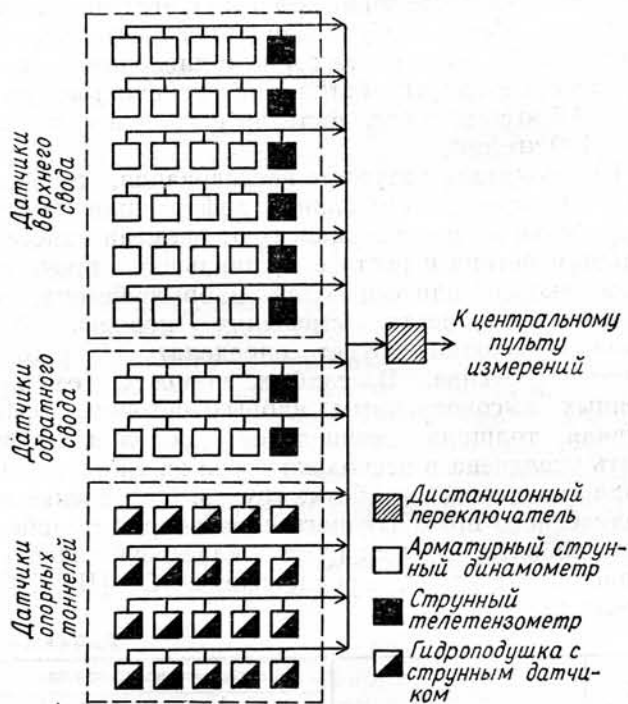


Рис. 2. Схема размещения струнных датчиков на типовом опытном участке станции

Каждый динамометрический блок обделки станции оснащается четырьмя струнными арматурными динамометрами и телетензометром. Динамометры стыкуются с отрезками продольной арматуры контактной сваркой и устанавливаются в каркас блока в угловых точках поперечного сечения, а бетонный телетензометр — в центре. Аналогичным образом оснащается каждый динамометрический блок обделки ст. «Политехническая». На перегонных динамометры ввариваются в продольную и поперечную арматуру железобетонных обойм тоннелей в процессе их сооружения. При этом их равномерно располагают по всему периметру тоннеля. На обеих станциях и двух перегонных тоннелях установлено 442 струнных датчика. Выводы от них соединяются с многожильными кабелями в броне (КВРБГ

19×1,5), которые сходятся группами в установленные места (в кабельных коллекторах под платформами или в тоннелях) и подсоединяются к дистанционным переключателям с шаговым искателем. Последний позволяет коммутировать 50 струнных датчиков.

Переключатели управляются из центрального пульта измерений через пятижильные бронированные кабели. Протяженность их достигает на «Площади Мужества» до 90 м, на перегонных тоннелях — до 700 м. Следует отметить, что в условиях метрополитена длина кабелей из-за электрических помех оказывает существенное влияние на качество измерений. Так, в первом случае (ст. «Площадь Мужества») возникающие электрические помехи практически не сказываются на качестве измерений, а во втором (перегонные тоннели) — они нарушают стабильность показаний струнных датчиков. В настоящее время ведутся работы по устранению влияния этих помех.

Центральный пульт измерений включает: генератор-частотомер «Струна-10»; ленточный перфоратор ПЛУ-1; электрическую цифропечатающую машинку ЭУМ-23; блок управления дистанционными переключателями, генератором-частотомером, регистрацией. Пульт измерений рассчитан на подключение 500 струнных датчиков. Он разработан, изготовлен и испытан во ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева.

На пульте два световых табло. На одном из них высвечивается частота колебаний струны (или период) измеряемого датчика, на другом — номера дистанционного переключателя и датчика в нем. Для контрольного прослушивания звучания струн предусмотрены телефонные гнезда. В аппаратуре применены интегральные полупроводниковые микросхемы.

Аппаратура работает в двух режимах: последовательного автоматического опроса всех датчиков в каждом дистанционном переключателе и выборочного опроса путем разовых вызовов. Последний режим используется при наладке аппаратуры и ревизии работы отдельных датчиков.

В режиме автоматического опроса аппаратура выдает закодированную информацию на перфоленте в виде чередующихся между собой данных о датчике (номере дистанционного переключателя и номере датчика в нем) и периоде (частоте) колебаний его струны. Одновременно эта информация в незакодированном виде при необходимости воспроизводится цифропечатающей машинкой на рулонной бумаге.

Центральный пульт измерений расположен в подплатформенном помещении станции «Площадь Мужества».

Значения констант и программа расчета искомых параметров разрабатываются отдельно для каждого конкретного случая исследований.

Все элементы АИИСС «Метро» практически опробованы. В ближайшее время для передачи информации из Ленинграда в Москву эту систему намечено ввести в полном объеме.

На тоннелях БАМа ведется создание аналогичной системы: разработана программа расчета внутренних усилий в обделке тоннелей, приобретаются струнные датчики, вторичная аппаратура и др.

НЕСМОТЯ на большое внимание, которое уделяется сейчас в нашей стране способу безопалубочного бетонирования, вопросы использования набрызг-бетона в тоннелестроении решаются в основном применительно к достаточно крепким скальным породам.

Однако практический опыт позволяет говорить о возможности закрепления набрызг-бетоном горных выработок и тоннелей в более широком диапазоне: от крепких скальных до слабых связных пород.

На основании анализа существующего опыта различаются три основных типа обделок из набрызг-бетона (табл. 1). Рассматриваемые конструкции в

НАБРЫЗГ-БЕТОН НА СООРУЖЕНИИ ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ

Д. ГОЛИЦЫНСКИЙ, канд. техн. наук

риалов, проведенные в ЛИИЖТе, показали, что покрытия из набрызг-бетона, активно взаимодействуя с поверхностью выработки, ограничивают деформации ее контура и обеспечивают совместную работу системы «обделка — порода».

В слабых породах, где величина горного давления может достигать больших значений, покрытие из набрызг-бетона податливо. Оно оказывает сопротивление перемещениям породы внутрь выработки. Такая обделка постепенно деформируется под нагрузкой и способствует образованию несущего породного свода. По мере роста горного давления набирает прочность и набрызг-бетон с интенсивностью около 3,0—4,5 кгс/см² в час, достигая в суточном возрасте 80—100 кгс/см².

Как показали натурные исследования, проведенные в протерозойских глинах, деформации контура выработки во многом зависят от времени нанесения набрызг-бетона и роста его начальной прочности. Чем скорее нанесен слой набрызг-бетона, тем меньше вероятности смещения породы. А величина заходки будет определяться устойчивостью массива. В слабых породах, омоноличенных высокопрочным набрызг-бетоном, эффективная толщина тоннельной обделки может быть увеличена в несколько раз за счет усиления прилегающего к выработке грунта. При оценке омоноличенного приконтурного слоя вокруг выработки целесообразно пользоваться классификацией трещиноватости пород, предложенной СибЦНИИСоМ (табл. 2).

Таблица 1

Тип обделки	Вид набрызг-бетонного покрытия	Область применения	Схема обделки
Только из набрызг-бетона	Тонкое (до 5 см), в отдельных случаях переменного сечения	В монолитных или слабо трещиноватых скальных породах	
	Толстое сплошное (до 25—30 см)	В слабо трещиноватых скальных и полускальных породах	
Армированные из набрызг-бетона	Армированное металлической сеткой	В трещиноватых скальных и полускальных породах	
	Дисперсно-армированное волокнами (фибробрызг-бетон)	В сильно трещиноватых скальных и полускальных породах	
Комбинированные из набрызг-бетона	В сочетании со штангами и металлической сеткой	В трещиноватых скальных и полускальных породах	
	В сочетании с металлическими арками и сеткой	В слабых или сильно трещиноватых полускальных породах	
	В сочетании с металлическими арками, сеткой и железобетонными штангами	В слабых связных и раздробленных породах	

соответствии с приведенной классификацией достаточно универсальны.

Эксперименты на моделях из эквивалентных мате-

Таблица 2

Класс трещиноватости, К	Характеристика породы	Качественные показатели			
		Расстояние между трещинами <i>l</i> , мм	Ширина трещины <i>b</i> , мм	Объем блоков породы <i>U</i> , м ³	Коэффициент трещиновой пустотности <i>K</i> _{тр} %
1	Нетрещиноватые	—	—	10—20	0,5
2	Слаботрещиноватые	0,5—1,5	2	0,1—5	0,5—2
3	Трещиноватые	0,25—0,5	5—20	0,01—0,1	2—5
4	Сильнотрещиноватые	0,1—0,25	20—100	0,002—0,01	5—10
5	Раздробленные	—	100	0,002	10—20

Ориентировочно толщину бетонопородного слоя Δ_0 (в мм) можно определить:

$$\Delta_0 = 10 + \left(\frac{b}{k-1} \right)^2. \quad (1)$$

По данным натурных исследований эта величина обычно составляет от 1,5 до 30 см.

Набрызг-бетонную обделку с учетом омоноличенного слоя породы можно рассматривать как двухслойную конструкцию, что объясняет ее высокую несущую способность. В этом случае при расчете об-

делок можно использовать общие положения вычисления многослойной крепи.

Перед расчетом непосредственно набрызг-бетонного покрытия необходимо проверить условие прочности на контакте «обделка-порода». При величине касательных нагрузок q_2 на обделку, соответствующим соотношению $q_2 = 2P_2$, в качестве условия прочности можно принять:

$$P_2 < \frac{P_0 \cdot f^* + K^*}{\sqrt{4 + (f^*)^2}}, \quad (2)$$

где $P_2 = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{2}$; $P_0 = \frac{P_{\max} + P_{\min}}{2}$;

P — нормальная (максимальная и минимальная) к поверхности обделки нагрузка;

f^* — коэффициент трения по контакту обделка-порода, кгс/см²;

$$f^* = \text{tg } \varphi_k^*$$

φ_k^* — угол трения по контакту, град.;

K^* — сцепление по контакту, кгс/см².

При невыполнении условия (2) конструктивными мероприятиями (установка анкеров, устройство уширений, «шпор» и т. д.) возможно предотвратить проскальзывание покрытия и обеспечить совместную работу системы «обделка-порода». По достижении их прочной связи расчет замкнутой набрызг-бетонной обделки можно производить как двухслойного кольца, а при установке анкеров — трехслойного (см. рисунок). В первом случае расчет производится как проверочный в соответствии со схемой (исходя из условия, что внутренний слой — набрызг-бетон, а наружный — бетонопородный). Усредненный модуль упругости бетонопородного слоя E_2 можно считать равным

$$E_2 = (0,5 - 0,7) E_{пб} + (0,5 - 0,3) E_{нб}, \quad (3)$$

где $E_{пб}$ — модель упругости породы, кгс/см²;

$E_{нб}$ — то же набрызг-бетона ($2,35 \cdot 10^5 - 2,85 \cdot 10^5$ кгс/см²).

Нагрузки на наружный слой обычно определяются для каждой проектируемой выработки на основании данных натурных исследований или расчетов по действующим нормативным документам. При этом для слабых пород типа глин, аргиллитов и т. п. следует учитывать ползучесть, проявление которой может существенно увеличить нагрузку и изменить напряженно-деформированное состояние тоннельной обделки.

Нагрузки на внутренний слой определяются из выражений (3):

$$\left. \begin{aligned} P' &= P'_0 + P'_2 \cdot \cos 2\theta \\ q^1 &= q_2^1 \cdot \sin 2\theta; \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

где $P'_0 = P_0 \cdot K_0$; $P'_2 = P_2 \cdot K_{pp} + q_2 \cdot K_{pq}$;

$$q_2^1 = q_2 \cdot K_{qq} + P_2 \cdot K_{qp}$$

Здесь K_0 ; K_{pp} ; K_{pq} ; K_{qp} ; K_{qq} — коэффициенты передачи нагрузок на обделку от внешнего ее слоя к внутреннему. После вычисления радиальных P^1 и касательных q^1 нагрузок на внутренний слой, определяется толщина d набрызг-бетонной обделки по формуле

$$d = R_1 \left(\sqrt{\frac{A+B}{D}} - 1 \right). \quad (5)$$

$$A = m_p R_u \delta' - \rho P'_0 + 2(P'_2 - q_2^1);$$

$$B = \sqrt{4m_p(2P'_2 - q_2^1) + (\rho P'_0 - 2P'_2)^2 + 4q_2^1(\rho P'_0 - 2P'_2 + q_2^1)},$$

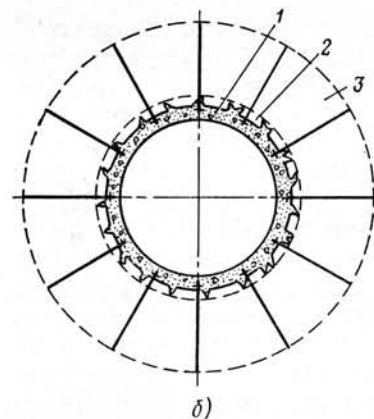
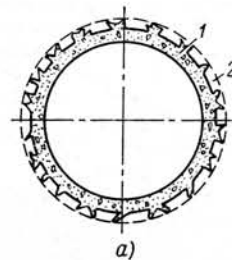
$$D = m_p R_u \delta' - 2(\rho P'_0 + 2P'_2),$$

где m_p — коэффициент условий работы материала обделки ($m_p = 0,9$);

R_u — расчетное сопротивление набрызг-бетона на сжатие при изгибе, тс/см²;

ρ — коэффициент перегрузки ($\rho = 1,25$);

δ^1 — коэффициент, учитывающий неровность контура выработки ($\delta^1 = 1 - 0,65$).



Расчетные схемы набрызг-бетонных обделок: а — двухслойное кольцо (набрызг-бетон и омоноличенный слой породы); б — трехслойное кольцо (набрызг-бетон, омоноличенный слой, усиленный анкерами породный слой) 1 — набрызг-бетон; 2 — омоноличенный слой породы; 3 — усиленный анкерами породный слой

Комбинированную обделку можно рассматривать как трехслойную (считая, что третий представляет собой усиленный анкерами слой породы) — см. рисунок.

Учитывая, что несущая способность породы, закрепленной анкерами, в зависимости от их длины и плотности установки, увеличивается по сравнению с незакрепленной от 20 до 75% можно определить модуль упругости E_3 такого слоя

$$E_3 = 1,4 E_{п} \dots (6)$$

В дальнейшем расчет трехслойной обделки производится аналогично двухслойной.

Подход к комбинированной обделке как к единой системе без разделения ее на составные части (как это делалось до сих пор) наиболее полно отражает физическую

сущность работы набрызг-бетонных конструкций.

Учет каждого сантиметра омоноличенного слоя породы позволяет уменьшить толщину возводимого покрытия примерно на 3—5%.

Примеры практического использования набрызг-бетона в мировом тоннелестроении, данные натурных и экспериментальных исследований, а также расчетные предпосылки открывают возможность расширения области применения набрызг-бетонных обделок вплоть до слабых устойчивых пород.

МЕЖСКВАЖИННОЕ АКУСТИЧЕСКОЕ ПРОСВЕЧИВАНИЕ

ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ЛЕДОГРУНТОВЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

О. АНДРЕЕВ, О. КАЙНОВ, инженеры

Новый эффективный метод контроля состояния ледогрунтовых ограждений позволяет:

- вести поиск зон незамороженных грунтов в ледогрунтовых ограждениях, определять их положение по отношению к строящимся объектам
- следить за изменением конфигурации зон незакрепленных грунтов в процессе замораживания для определения готовности участков к проходке
- получать внутренний контур ледогрунтового ограждения наклонных стволов с высокой детальностью и достоверностью
- устанавливать оптимальные сроки замораживания или переориентировать мощности холодильных станций для ликвидации выявленных зон незамороженных грунтов
- обеспечить безаварийность проходки тоннелей
- повысить производительность работ.

ДО НЕДАВНЕГО времени контроль за состоянием ледогрунтовых ограждений на строительстве Ленинградского метрополитена проводился по времени работы замораживающих станций и по данным термометрических измерений в контрольных скважинах. Низкая эффективность такого контроля объясняется тем, что время работы замораживающих станций рассчитывается по осредненным условиям для проектной сети скважин, тогда как реальные условия могут значительно отличаться от осредненных. Термометрический контроль достоверен только вблизи контрольной (термометрической) скважины, однако в межскважинных пространствах встречаются незамороженные зоны грунтов. Такие зоны в ледогрунтовых ограждениях могут быть локальными или соединенными с пльвуном. В случае утечек хладоносителя термометрический контроль принципиально не применим, так как измеренные температуры не характеризуют состояния грунтов. Для повышения детальности и достоверности контроля состояния ледогрунтовых ограждений применен метод межскважинного акустического просвечивания (МАП). Его сущность в том, что по скоростным характеристикам грунтов определяют состояние ледогрунтовых ограждений. Опытные работы, проведенные на одном из участков зоны «Размыв» Кировско-Выборгской линии, показали, что если скоростные характеристики незамороженных пород изменяются на 15—30%, замороженных на 10—20%, то разность в этих характеристиках составляет 180—250% (рис. 1). Таким образом из-за уменьшения содержания жидкой фазы в грунтах при замораживании значительно меняются их физические свойства.

В производственных условиях метод межскважинного акустического просвечивания реализован аппаратурой МАП-1 (рис. 2). Скважинные приборы —

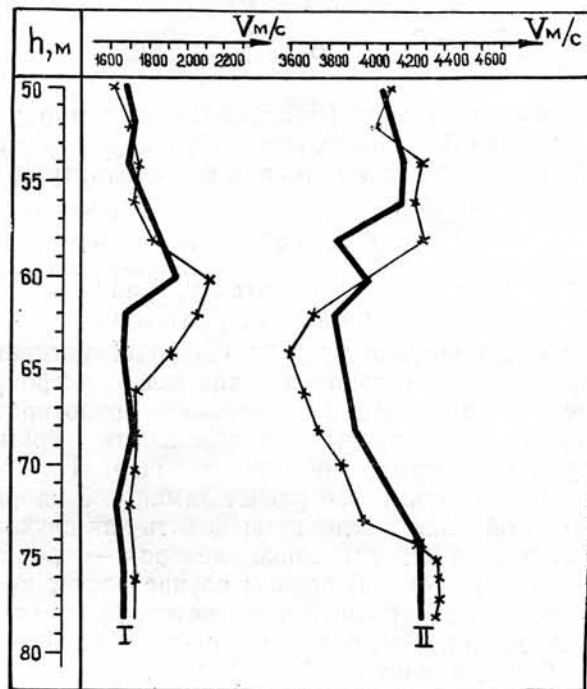


Рис. 1. Скоростные характеристики незамороженных и замороженных грунтов на участке «Размыв» Ленинградского метрополитена
I — незамороженные грунты; II — замороженные грунты; — график скорости в скв. Н29—290; —X—X— график скорости в скв. Н22—Н22

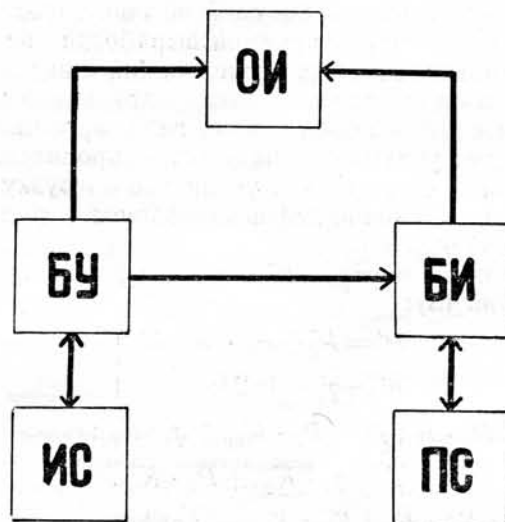


Рис. 2. Структурная схема аппаратуры МАП-1:
БУ — блок управления; БИ — блок измерительный; ОИ — осциллографический индикатор; ИС — излучатель скважинный; ПС — приемник скважинный

излучающий и приемный перемещаются на трехжильном бронированном каротажном кабеле (КПК-2 или КТБД-6), который намотан на две лебедки с электромеханическим приводом (ЛОК-1500). Наземные блоки и лебедки размещаются в фургоне автомашины грузоподъемностью 3—3,5 т.

Принцип действия аппаратуры основан на автоматическом измерении времени прохождения импульса упругих колебаний (УК) при излучении импульса в одной скважине и приеме в другой. Индикация — цифровая в десятичном коде. Наблюдения ведутся с использованием как замораживающих, так и контрольных скважин. В момент измерения из замораживающих скважин при необходимости извлекается одна из питательных трубок для размещения приборов аппаратуры МАП-1. Кроме того, в скважину заливается водный раствор хлористого кальция или других солей, необходимых для работы приборов.

Контроль состояния ледогрунтового массива проводится при синхронном перемещении скважинных приборов с измерением на точках. По измеренному времени распространения импульса УК и расстоянию между точками наблюдения, снятому с плана расположения скважин или найденному расчетным путем по данным инклинометрии, определяется скорость распространения УК в межскважинном пространстве. Скоростная характеристика среды строится по глубине, исходя из найденных скоростей в исследуемых горизонтах.

Задача нахождения зон незамороженных грунтов в ледогрунтовом ограждении сводится к установлению их размера по глубине исследуемого пространства. Это достаточно просто сделать, пользуясь временной или скоростной характеристикой и размером зоны в плане (d) на соответствующих горизонтах. Искомая величина рассчитывается по формуле:

$$d = \frac{V_1 \cdot V_0(t_2 - t_1)}{V_1 - V_0},$$

где V_1 — скорость распространения импульса УК в замороженных грунтах,

V_0 — то же в обводненных грунтах (при расчетах принималась равной 2000 м/с),

t_1 — время распространения импульса УК в замороженных грунтах,

t_2 — то же в замороженных и обводненных грунтах.

Значения V_1 и t_1 выбираются на соответствующих горизонтах по временной и скоростной характеристикам, построенным на одном графике (рис. 3). В области значительных изменений этих характеристик при наличии в закрепленном грунте незамороженной зоны значения V_1 и t_1 выбираются с экстраполированных кривых, построенных без учета последней.

В случае выхода незамороженного участка в одну из скважин положение его достаточно строго определяется в плоскости построений. Если этот участок находится в пространстве между скважинами, положение его уточняется наблюдениями в секущих плоскостях.

Методом акустического просвечивания контроль за состоянием ледогрунтовых ограждений прово-

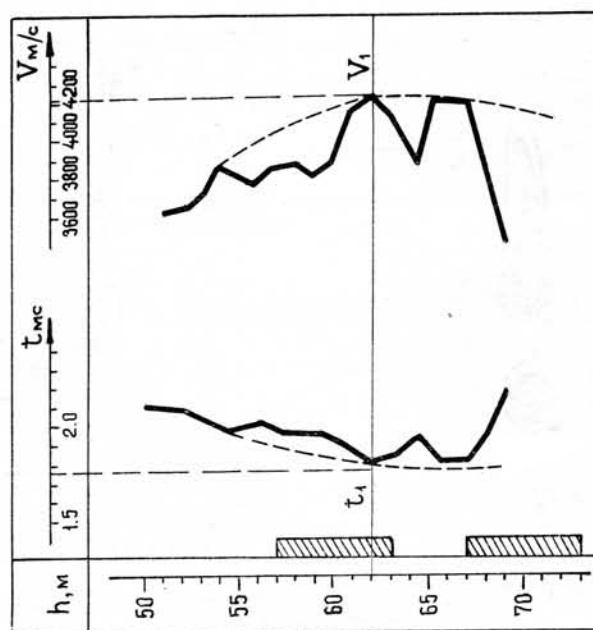


Рис. 3. Временная и скоростная характеристики грунтов на 2-м участке зоны «Размыв»

дился на «Размыве» с использованием как термометрических, так и замораживающих скважин. Были установлены две незамороженные зоны и их ориентировочное положение в пространстве. Первая оказалась локальной, вторая выходила в плавун. Так как она должна была находиться не более, чем в 3 м от обделки верхнего тоннеля, решили заморозить горловину зоны низкотемпературным азотом. Этот метод применили дважды с последующей проверкой состояния ледогрунтового ограждения МАПом. Дополнительные измерения показали, что размеры зон значительно уменьшились, а вторая — локализовалась (рис. 4, 5, 6). После этого началась проходка верхнего тоннеля.

Дефекты замораживания методом МАП обнаружались еще в двух случаях — данные акустического просвечивания впоследствии подтвердились результатами проходки. Для контроля состояния ледогрунтовых ограждений МАП также успешно можно применить при строительстве наклонных стволов.

По проекту контроль за состоянием ледогрунтового ограждения в процессе активного и пассивного

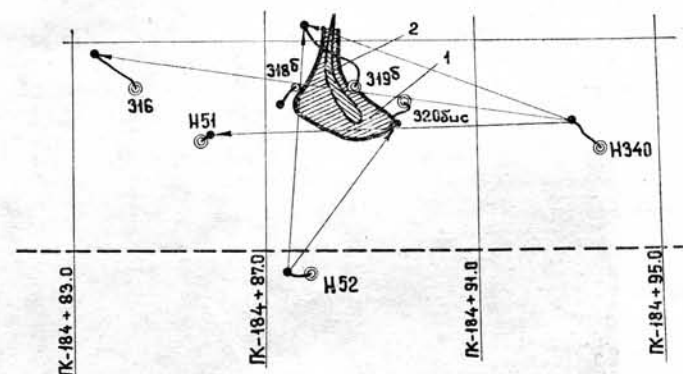


Рис. 4. Проекция зон незамороженных грунтов на горизонтальную плоскость:

1 — контур зоны после замораживания водным раствором CaCl_2 ; 2 — контур зоны после второго воздействия азотом

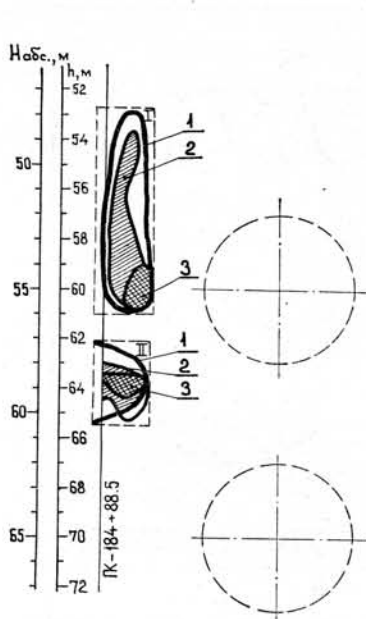


Рис. 5. Проекция I и II зон незамороженных грунтов на вертикальную плоскость, перпендикулярную оси тоннелей: 1 — контур зоны после замораживания водным раствором CaCl_2 ; 2 — контур зоны после первого воздействия азотом; 3 — контур зоны после второго воздействия азотом

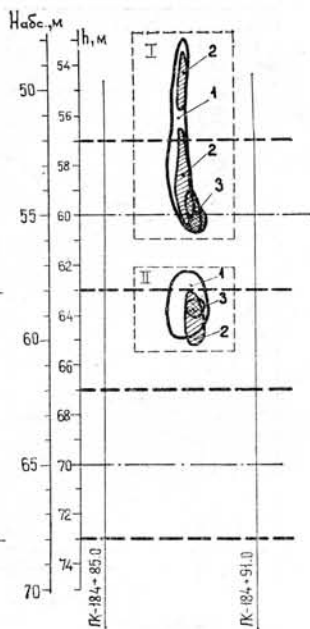


Рис. 6. Проекция зон незамороженных грунтов на вертикальную плоскость, параллельную оси тоннелей: 1 — контур зоны после замораживания водным раствором CaCl_2 ; 2 — контур зоны после первого воздействия азотом; 3 — контур зоны после второго воздействия азотом

замораживания ведется из термометрических скважин по данным измерения температуры в первые 10 дней не реже 2 раз, а в последующее время не ре-

же 1 раза в сутки, через каждые 10—15 м глубины. Наблюдения в гидрогеологических скважинах ведутся не реже 1 раза в сутки. Термометрический контроль позволит судить только о работе замораживающих колонок и установить момент замыкания ледогрунтового ограждения. Основным недостатком такого контроля является отсутствие представлений о внутреннем контуре.

Для МАП используется одна из центральных гидрогеологических скважин, чтобы разместить в ней излучатель импульса упругих колебаний УК. Приемник располагается поочередно в каждой из 36 замораживающих скважин. Приборы синхронно перемещаются по глубине в зоне контроля с шагом, равным 1 м. Измерение времени распространения импульса УК производится при остановке приборов на каждой точке 2÷3 раза, чтобы усреднить результат и исключить ошибки. На время проведения МАП колонки поочередно отключаются от системы замораживания и подключаются после завершения работы в ней, что по времени составляет менее часа.

Скоростная характеристика замороженных грунтов по глубине скважин определяется при проведении наблюдений между ними для каждого из 4 секторов ледогрунтового ограждения. По измеренному времени распространения импульса УК и снятому с плана расположению замораживающих скважин расстоянию между точками наблюдения рассчитывается скорость распространения импульса по глубине закрепленных грунтов.

При построении внутреннего контура сектора ледогрунтового ограждения следует пользоваться скоростной характеристикой замороженных грунтов.

СТРОИТСЯ СЕРПУХОВСКИЙ РАДИУС



Монтаж горного комплекса

СТРОЙМАТЕРИАЛЫ — 77

А. ИЦКОВИЧ, канд. техн. наук

В КИЕВЕ на ВДНХ проходила международная выставка «Строительные материалы и оборудование для их производства».

Две недели 67 фирм четырнадцати стран мира демонстрировали в павильоне «Рукка» и на открытой площадке оборудование и образцы строительных материалов.

Выставка позволила широкому кругу специалистов ознакомиться с основными тенденциями в производстве строительных материалов, изучить все новое, что разработано и создано в демонстрируемой отрасли применительно для наземного и подземного строительства, метро- и тоннелестроения. Стенды рассказали о достижениях стекольной и керамической промышленности, стеновых, вяжущих и полимерных материалов, дорожного строительства и т. п.

Итальянская фирма «БРА» экспонировала машины и оборудование для обработки мрамора, гранита и камней. Комплект оборудования включает: многострипсовую рамную машину для распиловки гранита размерами $3 \times 3,5$ и высотой до 2 м. Машина позволяет применять для резания 100 стрипсов.

Шлифовально-полировальный станок оснащен девятью рабочими головками с полезной шириной 1700 мм и общей установленной мощностью 54,5 л. с. Чтобы на очень твердом граните площадью до 100 м² нарезать полосы глубиной до 2 см со стороной ячейки 30×30 см, затрачивается 8 час.

Фирма «Сакми» (Италия) представила станки и оборудование, производящие керамические плиты для пола и стен с рисованным декоративным покрытием.

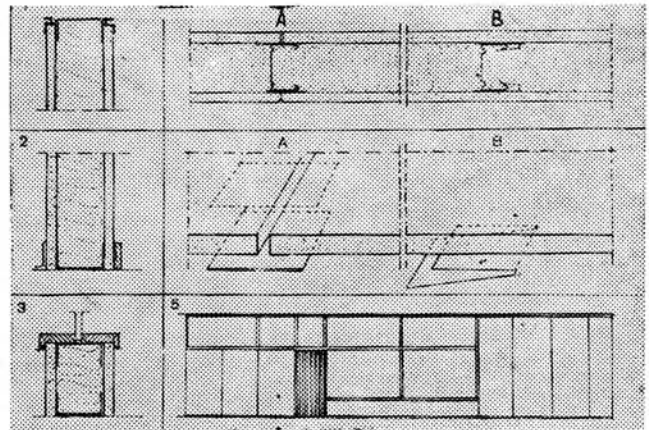
Машины и установки для получения строительного стекла методом горизонтального вытягивания с последующим отжигом демонстрировали английские, бельгийские и американские фирмы.

Стенды фирмы «Лаейс» (ФРГ) выставили прессы типа «Рекорд» для серийного производства однослойных облицовочных, настильных и мозаичных плиток. Ряд других фирм экспонировали комплектные поточные линии для изготовления бесцветных и окрашенных стеклблоков.

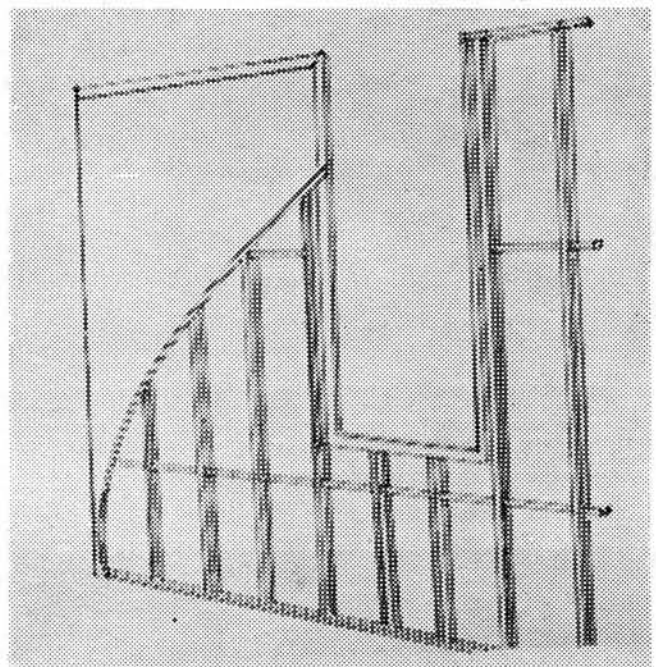
Стекло является одним из важных материалов, применяемых в наземном и подземном строительстве. Остекленная поверхность придает сооружениям архитектурную выразительность, обзор, улучшает освещение рабочих мест.

Повышая эстетические возможности, стекло одновременно служит источником увеличения проводимости солнечных лучей, что вызывает необходимость в устройстве кондиционирования. В результате увеличиваются эксплуатационные расходы по содержанию сооружений и теплопотери. Однако, как верно заметил Ле Корбюзье: «История архитектуры — это история борьбы за свет, борьбы за окна». Поэтому усилия ученых были направлены в соответствующее исследовательское русло.

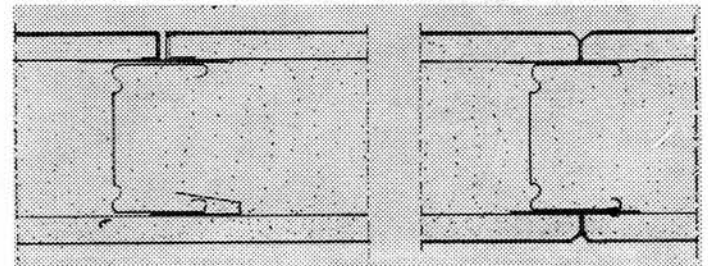
Экспонировавшиеся на стендах типы стекол отвечают современным требованиям архитектуры, комфорта, сангигиены. Это флоат-стекло — прозрачное, теплопоглощающее, окрашенное, а также с покрытием Вари-тран. Фирма «Либби» — Оунс — Форд Компани (США) предложила теплопоглощаю-



Варианты конструктивных решений сборно-разборных перегородок из трехслойных панелей, собираемых без наружных соединительных пластин.



Конструкция перегородки, собираемой на месте монтажа из металлического каркаса с обшивками из стали, плакированной пленкой ПВХ.



Трехслойные панели с обшивками из плакированной пленкой ПВХ стали (поперечный разрез).

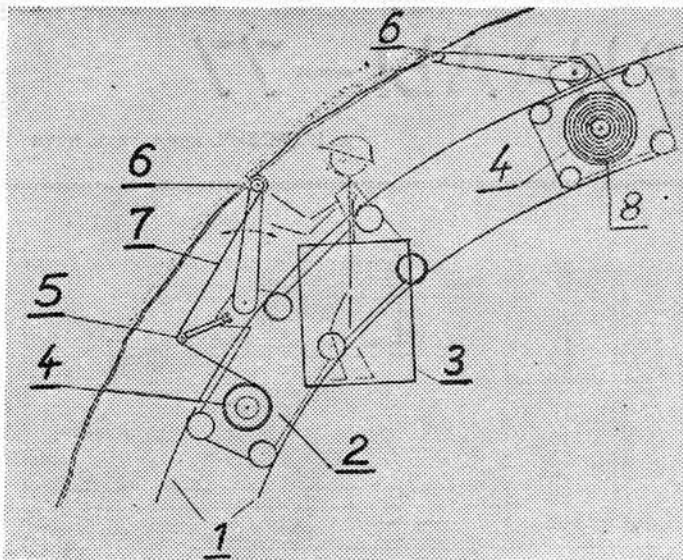
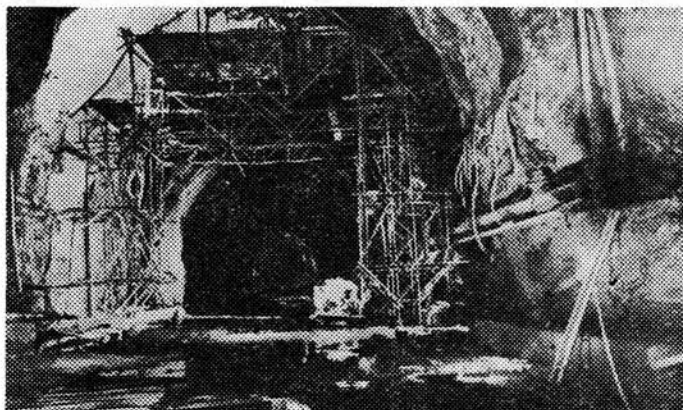


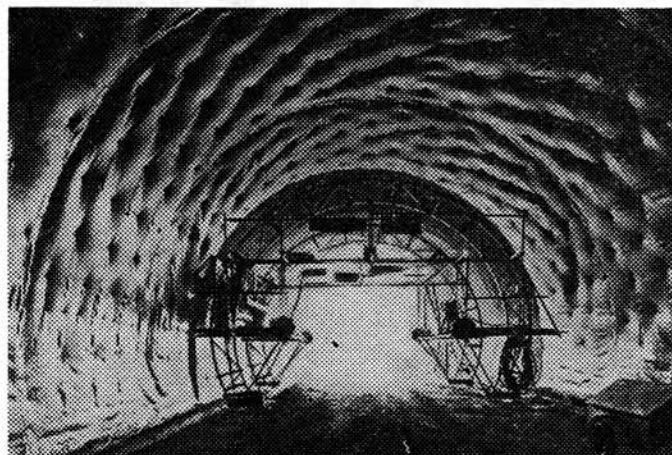
Схема изоляции свода тоннеля:

1 — рельсы; 2 — укладочная вагонетка; 3 — кабина машиниста; 4 — ролик для намотки; 5 — направляющий ролик; 6 — прижимной ролик; 7 — пленка ПВХ; 8 — полиэфирный пенопласт



Тоннель подготовлен под изоляцию битумным каучуком (латексом) с помощью двухкомпонентного распылителя (битумная эмульсия и коагулятор) с последующей наклейкой пленки из синтетического каучука (хипалона) — хлорсульфонового полиэтилен (ЦСМ).

Пленка хипалон сваривается горячим воздухом.



Точечное крепление изоляционной пленки. На заднем плане видна передвижная пленкоукладочная машина (в виде сводчатой рамы).

щее флоат-стекло с голубовато-зеленоватым, серым и бронзовым оттенком, позволяющим уменьшать светопроводимость и ослепительный блеск. Такое покрытие сокращает годовые расходы на эксплуатацию зданий при одновременном повышении зрительного восприятия архитектуры сооружения.

Стекловую продукцию с отражающим покрытием из вари-трана, отожженную или закаленную, выпускают из однолистового и многослойного стекла. Вари-тран — металлическая пленка, прочная и достаточно тонкая. Она производится в пяти основных цветовых гаммах: серебристой, золотистой, бронзовой, голубой и серой. В дневное время этот цветовой ключ выглядит снаружи как зеркальная поверхность, дающая мягкое приятное отражение. Цвет покрытия воспринимается нейтрально, не мешая обзору.

Вари-тран наносится на стеклянную основу методом полунепрерывного вакуумного напыления. Такое стекло может использоваться для окон и витражей, дверей жилых, общественных и производственных сооружений. Витражи станций метрополитенов, остекленные вари-траном, уменьшая яркий свет, снижают летний зной в помещении.

Немецкая фирма «Вальтер Петинг ГМБХ унд КО, КГ Эркрат» выпускает комплектные поточные линии для производства бесцветных и крашенных стеклоблоков и стеклянной черепицы. Компания серийно изготавливает прессы и шлифовальные станки для декоративной обработки стеклоблоков. Они могут использоваться в перегородках служебных и технических помещений станций метрополитена.

Стеклоблок изготавливается из двух половинок. Каждая выпускается с гидравлическим охлаждением. Температура плавки стекломассы в процессе прессования 1550°C. Формы прессы охлаждаются воздухом.

Для создания монолитного стеклоблока из двух половинок их сваривают с помощью горелок, закрепленных на специальной установке по периметру. Всего 8 позиций.

Выпрессованные половинки стеклоблока, охлажденные до температуры 700°C, поступают по конвейеру на установку, где осуществляется сварка. Температура половинок стеклоблока и пламени горелки взаимоувязаны с таким расчетом, чтобы полностью исключить температурные деформации и линейные расширения в изделии, могущие привести к трещинообразованию или разрушению.

Перегородки из стеклоблоков собирают на обычном цементнопесчаном растворе с мелкой фракцией песка и небольшим содержанием воды. При высоких перегородках в стыки укладывают арматуру.

Для лучшей светопроводимости торцы стеклоблоков, поступившие с конвейера, окрашиваются в белый цвет. Краску приготавливают на основе полимеров. На торцы стеклоблока ее наносят с помощью пистолета методом пневматического напыления.

Известно, что сегодня особым спросом у метростроителей пользуются замазки и уплотняющие составы для швов, герметики для муфт, строительные растворы и клеи на синтетической основе и многое другое. В этом отношении представляли интерес экспонаты фирмы «Зика ЛТД». (Швейцария). Фирма занимается исследованиями, разработкой и производством изделий для строительной промышленности.

Ассортимент продуктов, показанный нам «Зика», — бетон и строительный раствор, пластические массы и эластомеры, профили, синтетические смолы, эмульсии, асфальт и битумные материалы, кровельный картон, пленки, пенопласты, звукоизоляционные материалы и огнеупоры.

Для изоляции тоннельных сооружений в Швейцарии выпускают стекловолокно на искусственных смолах (в основном на полиэфирных), смолу на торкрет-бетоне (туните), битумный латекс (шприцуемый), пленочные материалы, жесткую изоляцию.

Покрытия, полученные на основе синтетических смол, не требуют абсолютно ровного основания. Изоляцию наносят вручную или с помощью машин в несколько слоев (1-я позиция — только смола; 2—3-я позиции — смола и стекломаты, выпускаемые в рулонах; нахлестка 8 см; 4—5-я позиции — полиэфирная смола).

Контроль качества нанесения обеспечивается цветовой гаммой отдельных позиций, а также дополнительной проверкой с помощью приборов, работающих на принципе искрового пробы.

После проходки тоннеля поверхность свода покрывают бетоном под давлением (шприц-бетон) или торкрет-бетоном. Благодаря методу распыления сегодня стало возможным изолировать поверхность искусственной смолой одновременно с бетонированием или в комплексе с проходческими работами. По окончании разработки забоя поверхность, имеющая некоторую профилированную форму, покрывается изолирующим материалом. Вода сбрасывается в этернитовый канал и направляется в водоотводную канавку.

На слой предварительной изоляции наносят шприц- или торкрет-бетон с тщательной заделкой трещин, щелей и обработкой (скругливанием) выступающих острых краев. Затем с помощью распылителя накладывают тонко измельченный торкрет-бетон толщиной 1 см. После этого покрытие разравнивается кистью и разглаживается.

Битумный каучук (латекс) наносят на основу с помощью двухкомпонентного распылителя (битумная эмульсия и коагулятор). Каучуковый слой представляет собой вязкую упруго-пластическую массу, вследствие чего не может испытывать касательного напряжения, не деформируясь.

Пленочные изоляционные материалы крепятся в отдельных точках.

В качестве жесткой изоляции тоннелей фирма предлагает тонкослойную и обычную штукатурку с синтетическими и уплотняющими добавками, торкрет- или шприц-бетон, водостойкий бетон с уплотняющими добавками.

Принцип укладки пленки заключается в следующем. Изоляционные материалы со стороны оболочки тоннеля покрываются мягким пенным материалом или тканью (оба вида прокладок огнестойкие), чтобы не повредить пленку в процессе работы. Прокладки прикрепляются к ленточкам, а затем к торкрет-бетону.

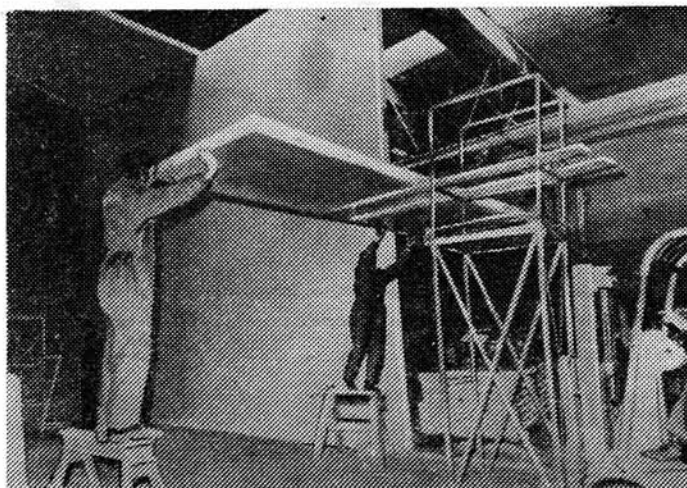
Шаг точек крепления 1,5—2 м. Пленка толщиной 2 мм приваривается к ленточкам горячим воздухом. Затем места стыков пленочных полотен свариваются.

По длине тоннеля пленку из мягкого термопласта «Зика ПВХ» и «Зика хипалон» сваривают без швов.

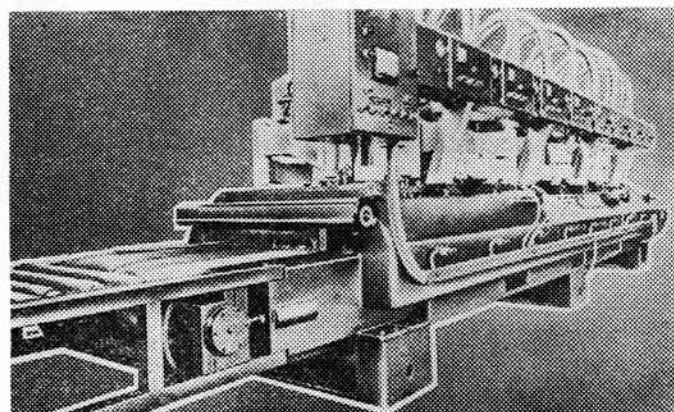
После бетонирования заключительного свода внутреннего кольца неизбежно остаются незаполненными зазоры между изоляцией и внутренним бетонным кольцом. Поэтому необходимо сразу же ввести бетонную смесь по синтетическим трубам, закрепленным в опалубку.

Благодаря применению пенных и волокнистых материалов не предъявляются особые требования к подготовке основы. Поверхность, покрытую торкрет- или шприц-бетоном, не следует подвергать специальному просушиванию.

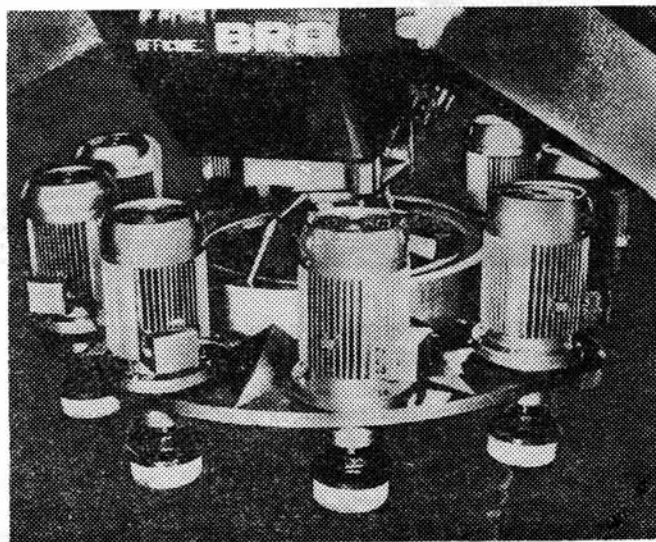
Битумно-латексную эмульсию наносят распылением. Осаждающиеся твердые частицы образуют устойчивые вязко-эластичные слои с малой текучестью и хорошей адгезией между собой и к основе, которая может быть влажной. Проточную



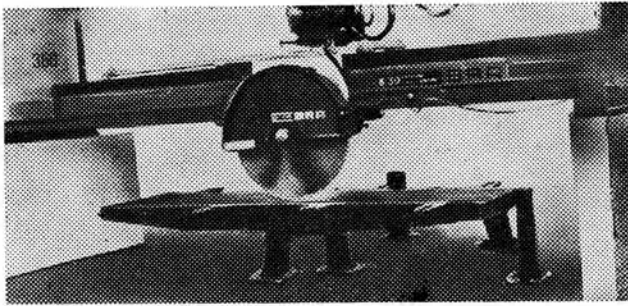
Монтаж перекрытия холодильной камеры из облегченных трехслойных панелей



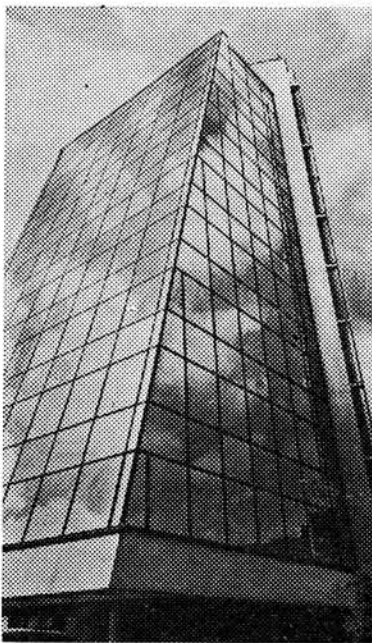
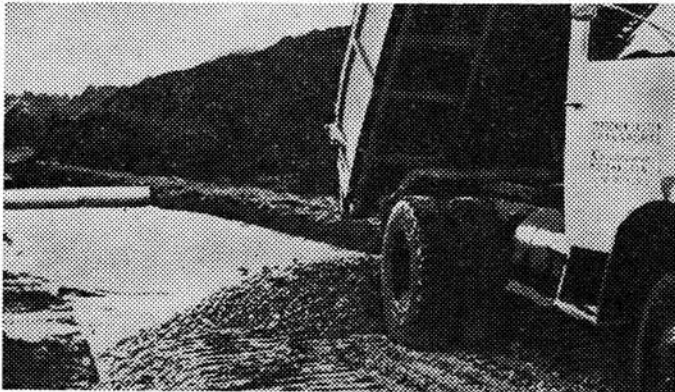
Стан для полирования поверхностей строительных каменных материалов твердых пород (гранит и т. п.)



«Тарелка» с девятью головками полировальной машины (абразивные круги разных типов: крупно- и мелкозернистые, резиновые, войлочные и фетровые). Полезная ширина полировки 1700 мм. Техническая характеристика: 50 оборотов тарелки в мин., 950 оборотов шпинделя абразивов в мин.



Установка для резки камня. Пролет стана — 3500 мм; максимальный ход траверсы — 3900 мм; диаметр диска (фрезы) 600—1200 мм. Мощность двигателя — 25—40 HP шпинделя.



▲ Устройство дорожного покрытия на малопрочных водонасыщенных грунтах.

Раскатанное полотно специального войлочного материала полифелта обеспечивает фильтрацию грунтовой воды и удерживает мельчайшие частицы почвы. На рисунке показан процесс засыпки щебня на полотно полифелта. После уплотнения засыпки дорога пригодна для проезда тяжелых грузовых автомашин.

Остекленный фасад медицинского колледжа в штате Отайо (США). Стекло с покрытием вариант, отражающее солнечные лучи.

воду следует отводить. Хорошая адгезия позволяет наносить потолочные слои, не боясь что распыленный битум будет стекать в виде капель или нитей.

Один из самых «больных» вопросов в области строительства — опускание засыпок в подпочвы с низкой несущей способностью. Обычно делают засыпку прочным строительным материалом — щебнем. Однако при уплотнении щебень или другие обломочные породы смешиваются с влажными малопрочными грунтами. Удаление воды требует значительных материальных и трудовых затрат.

Австрийская фирма «Хеми Линц АГ» выставила специальный материал типа войлока — «Полифелт ТС», который слу-

жит разделительным слоем между почвой и верхней засыпкой. «Полифелт ТС», обладающий изолирующими и фильтрующими свойствами, удерживает мельчайшие частицы почвы и одновременно допускает выход избыточных капиллярных вод. Это повышает несущую способность подпочвы, поскольку засыпка сохраняет не только прочность нижележащего грунта на срез, но и начинает действовать как закрепитель.

При сооружении дорог на малопрочных, насыщенных водой грунтах возникает проблема устранения диффузии мелких частиц и вязких материалов в балластировочный щебеночный слой.

Избежать этого можно, уложив полотно «Полифелт ТС» с последующей засыпкой (щебнем) толщиной 30—40 см. Рулон раскатывается и плотно укладывается внахлестку шириной 40—50 см, либо с нахлесткой примерно 20 см с одновременным свариванием горелкой или паяльной лампой. Затем осуществляют засыпку. В целях оптимального распределения нагрузки насыпной грунт должен быть уплотнен легкими или средними виброролками или виброплитами.

В процессе уплотнения стимулируется интенсивное удаление из подпочвы капиллярных вод. «Полифелт ТС» задерживает мелкие частицы почвы даже при высоком гидравлическом перепаде. Эксплуатация показала, что возникающие в дорожном строительстве деформации не влияют на целостность «Полифелта».

При одноосном напряженном состоянии (растяжении) материал имеет начальный модуль эластичности соответственно 22 и 29 кг/см. Встречающиеся на пути полстна препятствия вызывают удлинение в 10% от начальной длины и придают полотну растягивающее усилие в 290 и 360 кг/см на полосу в 1 м. Последнее сообщает «Полифелту» по интенсивности сравнимое с железобетонном армирующее действие, оказываемое на расположенный поверх насыпной слой (находящийся под давлением проезжающего транспорта).

«Полифелт» находит применение и при сооружении фундаментов. Если разостлать его по дну котлована, покрыв в зависимости от напора грунтовых вод песком, гравием или галькой, получим не только сухую проезжую рабочую площадку, но и эффективную защиту дна котлована от гидравлических разрушений.

Финляндская фирма «Интерпромекс» представила на стендах фрагменты стеновых трехслойных панелей из материалов с эффективным утеплителем. Обшивки панелей из стального листа, плакированного полихлорвиниловой пленкой различных цветовых оттенков и гипсолитовых плит. Средний слой — утеплитель в панелях типа «Сэндвич» — полистирольный, фенольный и полиуретановый (жесткий) пенопласт. В гипсолитовых панелях утеплителем служат минераловатные плиты.

Из панелей собирают легкие передвижные и стационарные перегородки для помещений с повышенным требованием к влажности и теплу, а также сборно-разборные металлические здания: гаражи, склады и т. д. Панели могут найти применение для внутренних конструкций служебных и технических помещений вестибюлей и станций метрополитена.

Изготавливаемые шведской фирмой «Книвста Индустри» на автоматической линии с электронным управлением панели имеют размеры: ширина 1200, длина 1500—7000, толщина 80, 100, 120 и 150 мм. Незначительный вес облегчает монтаж перегородок, который осуществляется вручную с использованием малой механизации. Во избежание отдира тонколистовых стальных обшивок от утеплителя из пенопластов края их загибают на специальных станах, кромки обшивок короткой стороны панелей заделывают на прессе.

ОБДЕЛКА ИЗ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННОГО БЕТОНА

Испытания на кольцевом стенде

Л. АФЕНДИКОВ, М. КАГАН, кандидаты техн. наук;
Г. МАТВЕЕВ, инженер

ОЧАКОВСКИЙ завод ЖБК Московского метрополитена совместно с ЦНИИС проводят исследования по применению дисперсно-армированного бетона (ДАБ) для тоннельных конструкций*. Оценивались свойства обделки по несущей способности и трещиностойкости. На технологической линии изготовили два кольца обделки: одно — на обычном бетоне с армированием стержневой арматурой; второе — из ДАБ.

Применялись следующие материалы: портландцемент Золотобуновского завода марки 600, фактическая активность которого 505 кг/см²; гранитный щебень (насыпная объемная масса — 1422 кг/м³; пустотность — 46%, марка по дробимости «1200», загрязненность — 1%); песок Дмитровского карьера с модулем крупности 2,32, насыпной объемной массы 1680 кг/м³, загрязненность 1%.

Дисперсная арматура представляла собой стальную фибру гвоздеобразной формы диаметром 1,3—1,5 мм и длиной 35—40 мм.

Расход материалов на 1 м³ приведен в таблице.

Материалы	Железобетон, кг/м ³	ДАБ, кг/м ³
Цемент	420	420
Песок	550	550
Щебень	1300	1220
Вода	155	155
Фибра	—	80
Арматурная сталь	64	—

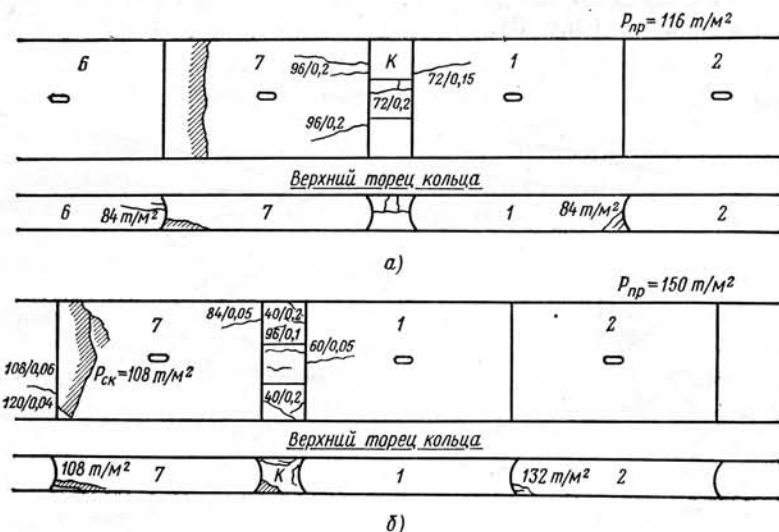
Фракции 5—10 мм в составе щебня было 30%, остальное при-

ходило на фракцию 10—20 мм, по объему введение фибры составило 1%.

Обычный бетон и ДАБ готовили в бетономешалках принудительного действия С-356 емкостью 1000 л. Объем замеса составлял 0,6 м³. Примененная фибра не образовывала «ежей». Лишь временами около лопастей бетономешалки наблюдалось некоторое ее скопление, которое затем самоустранялось. Перемешивание длилось 3 мин. Фактическая жесткость смесей по упрощенной методике составила 30—35 сек.

Блоки изготавливали в одностенных формах с откидными бортами. Бетон уплотняли на вибростолу (амплитуда — 1,09—1,25 мм частота колебаний — 2000 кол/мин). После формирования блоки подвергались тепловлажностной обработке в ямных пропарочных камерах по режиму

2+3+6+2 при температуре 80°C изотермического прогрева. До начала испытаний они хранились в цехе. На кольцевом стенде ЦНИИС через 3 месяца после изготовления блоков проведено два испытания обделок: из железобетона (стержневое армирование) и из ДАБ (с полным отсутствием стержневой арматуры). В обоих случаях одинаковыми были лотковый и замковые блоки, изготовленные из железобетона. Характер трещин и потеря несущей способности одинаковы в обоих типах обделок. Трещины появились в блоках, примыкающих к замковым. В обделке из ДАБ первая трещина обнаружена в блоке № 1 при давлении 60 тс/м² (рис. 1). В обделке из железобетона — при 72 тс/м². В последующей нагрузке у конструкции из ДАБ одна трещина появилась в блоке № 7, примыкающем к замковым



* Результаты экспериментальных исследований относятся к блокам сплошного сечения тоннельной обделки диаметром 5,5 м.

с другой (по отношению к № 1) стороны при давлении 84 тс/м². Две трещины обнаружены в месте стыков железобетонных блоков: № 6 с № 7 и № 1 с № 2. Здесь начинаются сколы при давлении 84 тс/м². Причем в блоке № 7 скол отмечен по всей ширине на длину 40 см).

При нагрузке 96 тс/м² в обделке из ДАБ не было ни трещин, ни сколов. В конструкции из железобетона в месте стыка блока № 7 с замковыми сразу появились три трещины. При давлении 108 тс/м² в стыке блоков №№ 6 и 7 из ДАБ появились трещина и скол на всю ширину, что наблюдалось в обделке из железобетона при значительно меньшем давлении 84 тс/м².

Когда увеличили давление до 116 тс/м², обделка из железобетона разрушилась. Обделка из ДАБ на последующих этапах нагружения не потеряла несущей способности вплоть до 150 тс/м². Отмечено лишь появление двух трещин при давлении соответственно 120 тс/м² и 132 тс/м² в блоках № 6 и № 2 (в месте стыков).

Необходимо отметить, что в обделке из ДАБ первоначальная ширина раскрытия трещин находится в пределах 0,05—0,06 мм, а для железобетона—0,15—0,20 мм.

Динамика изменения эллиптичности у обделок из железобетона и из ДАБ практически одинакова (рис. 2). Характер радиальных перемещений блоков с приложением нагрузок для обделки из железобетона и из ДАБ также практически одинаков (рис. 3).

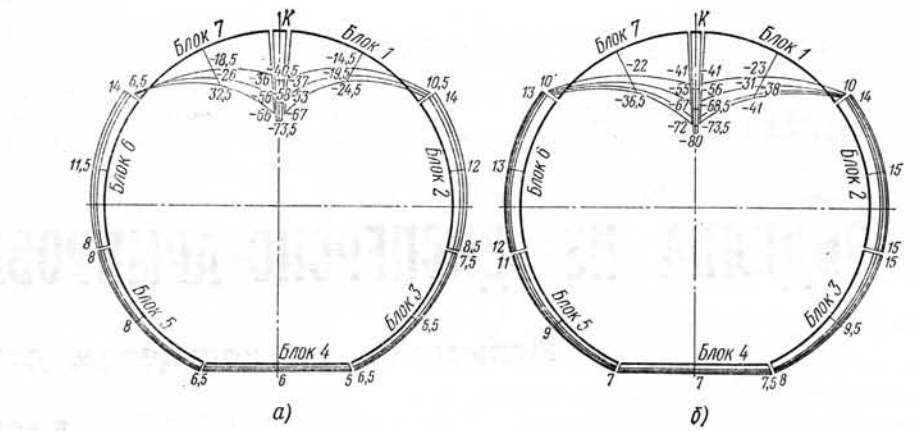


Рис. 3. Радиальные перемещения блоков обделки (мм): а — Очаковского завода (при нагрузках 48, 72 и 96 т/м²); б — с дисперсным армированием (при нагрузках 48, 72, 96 и 108 т/м²)

Местные деформации измерялись в блоках на различных ступенях нагружения. Это делалось с внутренней стороны блоков на базах в 600 мм. Две базы располагались на расстоянии 30 см от выпуклого и вогнутого торцов блока. На них производился замер деформаций по ширине. Шесть других находились вдоль блока в 20 см от фланцевых торцов (по три базы на каждой стороне), и на них замеряли деформации по длине блока.

Как показали исследования, для обоих типов обделок деформации растяжения возникали по ширине блока, а деформации сжатия по его длине. Наибольшая величина изменений отмечена в блоках № 1 и № 7, примыкающих к замковым. Величина относи-

тельных деформаций для обделки из ДАБ ниже, чем у железобетонной. Так, при нагрузке 96 тс/м² эта величина составила по ширине блока для обделки из ДАБ $2,8 \cdot 10^{-4}$, из железобетона — $5,5 \cdot 10^{-4}$ (блок № 1). В блоке № 7 из ДАБ рассматриваемые значения составили $2,5 \cdot 10^{-4}$, из железобетона — $6,8 \cdot 10^{-4}$.

По длине блока (в средней его части) величина относительных деформаций для обделки из ДАБ — $2,0 \cdot 10^{-4}$, из железобетона $5,7 \cdot 10^{-4}$ (блок № 1). Для блока № 7 эти значения для обделки из ДАБ составили $10,9 \cdot 10^{-4}$, из железобетона $12,4 \cdot 10^{-4}$.

Таким образом, величина относительных деформаций в блоках из ДАБ меньше. Это объясняется особенностью материала — дисперсного армирования, сдерживающего их развитие благодаря распределению фибры по бетонной матрице.

Выводы:

характер развития деформаций, появления трещин и разрушения обделки из ДАБ аналогичны железобетонной; несущая способность обделки из ДАБ 150 тс/м² и примерно в 1,3 раза выше, чем у обделки из обычного железобетона; трещиностойкость обделки из ДАБ составляет около 60 тс/м²; полученные данные показывают перспективность конструкций из ДАБ.

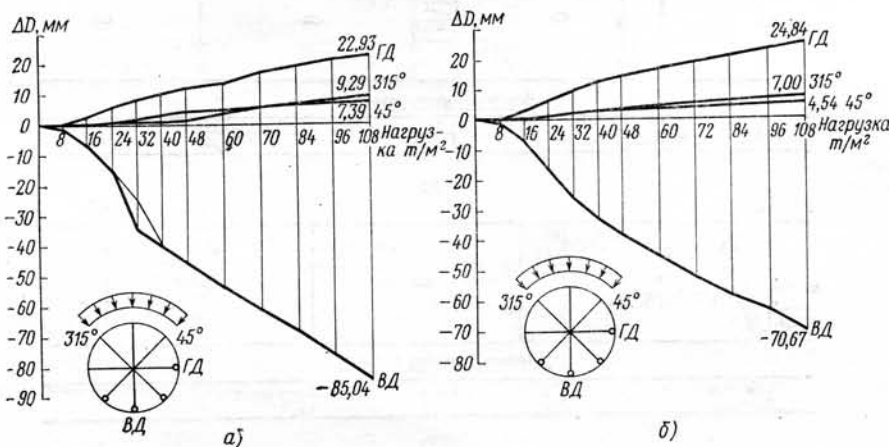


Рис. 2. Изменение диаметров обделки: а — Очаковского завода; б — с дисперсным армированием

Принципы и режимы экономичной работы тоннельной вентиляции

В. ЦОДИКОВ, инженер.

● Поддерживаемые в настоящее время температуры воздуха на станциях метрополитена в холодный период года следует снизить и привести в соответствие с расчетными.

● Осуществляемые системы тоннельной вентиляции с минимально допустимой производительностью при режиме непрерывной работы наиболее экономичны.

НА РАБОТУ вентиляции действующих в нашей стране линий метрополитенов затрачивается около 15% от общей потребляемой ими электрической мощности, что составляет 590000 кВт в сутки или 214 млн. кВт/год. Учитывая это, вопросы экономичной работы вентиляции приобретают важное народнохозяйственное значение.

Определяющим потребителем электроэнергии являются системы тоннельной вентиляции (местные системы затрачивают только около 20—25%).

Как правило, лимитирующими вредностями, по которым определяется величина необходимого воздухообмена при максимальной интенсивности движения более 24 пар поездов в час (состоящих из 5 и более вагонов) являются тепловыделения, а при меньшей — газо-, пыле- и влаговыделения.

В отличие от ряда зарубежных метрополитенов у нас принят принцип совмещенной тоннельной вентиляции станций и перегонных тоннелей. Это обеспечивает активное включение в теплообмен грунтов окружающих все тоннели, упрощает систему вентиляции и дает большую эксплуатационную надежность и экономичность, чем в схемах с раздельной вентиляцией.

Установление оптимальных метеорологических параметров в сооружениях метрополитена предполагает обеспечение комфортного пребывания пассажиров и обслуживающего персонала, а также необходимых условий для надежной работы и сохранности технологического оборудования и отделки интерьеров станций при минимально возможных капитальных и эксплуатационных затратах по системам вентиляции.

Методикой расчетов, разработанной Метрогипротрансом, предусматривается создание минимального воздухообмена за счет максимального использования теплоаккумулирующей способности строительных конструкций и окружающих грунтов, а также увлажненной внутренней поверхности тоннелей для испарения, происходящего по адиабатическому процессу с затратой выделяющегося в тоннелях тепла. Это приводит к соответствующему понижению в них температуры воздуха.

В зависимости от объема влаги, проникающей в тоннели через неплотности их гидроизоляции, количество тепла, идущего на испарение, составляет около 0—30% (от общего тепловыделения в тоннелях).

Как правило, в большинстве случаев, встречающихся в практике метростроения, естественная температура окружающих грунтов ниже расчетной, средней температуры воздуха в

теплый период года*. В это время из общего количества тепла, выделяемого в тоннеле, поступает в грунт около 25—35%. Для холодного периода года расчетами определяется воздухообмен, при котором обеспечивается полная ассимиляция тепла, выделяемого в тоннелях, и ежегодное охлаждение грунта до материковых — естественных температур.

Расчеты показывают, что воздухообмен в холодный период года, как правило, на 15—20% ниже, чем в теплый.

Таким образом, количество тепла, которое должно быть ассимилировано тоннельной вентиляцией в зависимости от местных условий, составляет 35—75% от общего тепловыделения. На основании этого определяется минимально необходимый воздухообмен, являющийся среднерасчетным как для теплового, так и холодного периода года.

Приводим основные уравнения для расчетного участка трассы. Среднечасовое количество тепла, выделяемое в тоннелях

$$\sum_{i=1}^n Q_{cp} = Q_{cp1} + Q_{cp2} + Q_{cp3}, \text{ ккал/ч} \quad (1)$$

Среднее количество влаги, ассимилируемой воздухом тоннелей

$$\sum_{i=1}^{l_{уч.х}} G_{вл.ср.} = G_{вл.ср.1} + \sum_{i=1}^{l_{уч.х}} G_{вл.ср.2}, \text{ г/ч} \quad (2)$$

Среднее количество тепла, аккумулируемое грунтом, окружающим тоннели в теплый период года

$$Q_{гр.т.ср.} = F \frac{t_{в1}^* - t_{гр}}{\frac{1}{\alpha} + \frac{d}{2\lambda} \cdot \ln\left(1 + \frac{2e_p}{d}\right)}, \text{ ккал/ч} \quad (3)$$

$$e_p (d + e_p) \ln\left(1 + \frac{2e_p}{d}\right) = 4\alpha Z \quad (4)$$

Необходимый тепловой поток для охлаждения грунта в холодный период года

$$Q_{гр.х.ср.} = F \frac{Z}{Z_{х.пер}} q \cdot \varphi_1, \text{ ккал/ч.} \quad (5)$$

* Указанной методикой за теплый период года принимается время, когда среднесуточные температуры наружного воздуха выше естественной температуры грунта, а за холодный — ниже.

Среднее количество циркуляционных потоков воздуха от поршневого действия движущихся поездов в тоннелях

$$G_{ц.ср.} = 3600 \cdot v_0 \cdot \gamma_0 \cdot F_{ист.т.т.} \text{ кг/ч.} \quad (6)$$

Угловой коэффициент луча процесса ассимиляции воздухом тепла и влаги, выделяемых в тоннеле в теплый и холодный периоды года

$$\varepsilon = \frac{Q_{изб.т.}}{\sum_{i=1}^{l_{уч.х}} G_{вл.}} = \frac{J_{кон.т.} - J_{нач.т.}}{d_{кон.т.} - d_{нач.т.}} \quad (7)$$

Среднее количество наружного воздуха для вентиляции тоннелей в теплый период года

$$G_{вент.т.ср} = \frac{Q_{изб.т.}}{2(J_{т.кон.} - J_{т.нач.}) - \frac{Q_{изб.т.}}{G_{ц.}} \left(1 - \frac{l_{уч.}}{l_{пер.}}\right)} + \frac{Q_{изб.т.}}{2(J_{т.кон.} - J_{т.нач.}) - \frac{Q_{изб.т.}}{G_{ц.}} \frac{l_{уч.}}{l_{пер.}}}, \text{ кг/ч} \quad (8)$$

$$Q_{изб.т.} = \sum_{i=1}^n Q_{ср.} - Q_{гр.т.ср.}, \text{ ккал/ч} \quad (9)$$

Среднее количество наружного воздуха для вентиляции тоннелей в холодный период года

$$G_{вент.х.ср} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{ср.х} + Q_{гр.х.ср.}}{J_{х.кон.} - J_{х.нач.}} \text{ кг/ч} \quad (10)$$

Здесь $Q_{ср.1}$, $Q_{ср.2}$ и $Q_{ср.3}$ — среднее количество тепла, выделяемого в тоннелях соответственно от движения поездов, пассажирами и обслуживающим персоналом, освещением, стационарным, энергетическим и вентиляционным оборудованием ккал/ч; $C_{вл.ср.}^t$ и $\sum_{i=1}^{l_{уч.х}} G_{вл.ср}$ — среднее количество влаги, ассимилируемой воздухом соответственно от испарения ее с увлажненной поверхности тоннелей и испаряемой пассажирами и обслуживающим персоналом, г/ч; F — поверхность расчетного участка, трассы, м²;

α — коэффициент теплоотдачи от воздуха к поверхности обделок, ккал/м²·ч; d — эквивалентный диаметр тоннеля, м; λ — коэффициент теплопроводности грунтов и конструкций, ккал/м·ч·°C; $t''_{в1}$ — среднерасчетная температура воздуха в тоннеле для теплового периода года, °C; $t_{гр.}$ — естественная температура грунта, °C; e_p — расчетная толщина его прогреваемого слоя, м; a — температуропроводность грунтов и конструкций, м²/ч;

Z и $Z_{х.пер.}$ — расчетное время соответственно теплового и холодного периодов года, ч;

q — расчетный тепловой поток в грунт в теплый период года, ккал/м²·ч; ϕ_1 — коэффициент, учитывающий безвозвратные потери тепла в грунте; v_0 — средняя скорость воздуха от движения поездов, м/с; γ_0 — средняя объемная плотность воздуха в тоннеле, кг/м³;

$F_{ист.т.т.}$ — истинная площадь живого сечения тоннеля, м²; $Q_{изб.т.}$, $Q_{изб.х.}$ — избыточное количество тепла в тоннеле, ассимилируемое наружным воздухом при вентиляции соответственно в теплый и холодный периоды года, ккал/ч; $J_{кон.т.т.}$, $J_{кон.х.}$, $J_{нач.т.}$ и $J_{нач.х.}$ — теплосодержание воздуха соответственно конечное и начальное, в теплый и холодный периоды года, ккал/кг; $d_{кон.т.}$, $d_{кон.х.}$, $d_{нач.т.}$ и $d_{нач.х.}$ — то же влагосодержание, гр/кг; $l_{уч}$ и $l_{пер}$ — длина расчетного участка и перегона, м.

Большая теплоаккумуляционная способность ограждающих конструкций и тоннелей и окружающих их грунтов объясняется высокой тепловой массивностью этой системы $D \rightarrow \infty$, что приводит к резкому снижению амплитуды колебания суточных температур воздуха на станции — до 10–15% от наружных. Так суточное колебание температур наружного воздуха в теплый период года составляет для Москвы — 10,6°C, Киева — 10,8°C, Ташкента — 16°C, Харькова — 11,6°C, а те же величины на станциях метро этих городов соответственно составляют — 1÷1,6°C, 1÷1,6°C, 1,6÷2,4°C, 1,2÷1,7°C.

Снижение амплитуды колебания суточных температур воздуха на станциях и в перегонах учитывает совпадение уменьшения тепловыделений в тоннелях, в связи с сокращением интенсивности движения в вечерние и ранние утренние часы суток. Приведенные колебания вполне допустимы и не требуют регулирования расхода воздуха.

Определенный на основании изложенной методики минимальный воздухообмен систем тоннельной вентиляции является средним для каждого периода года и в пределах расчетных наружных температур обеспечивает заданные параметры воздуха в метрополитене, предотвращает перегрев грунтов в теплый период года и недоохлаждение их осенью — зимой.

За пределами расчетных наружных температур допускается снижение воздухообмена на 50 и 100% (против расчетных величин).

Однако такое снижение требует сокращения работы системы тоннельной вентиляции далеко не каждый год, а в среднем один раз за 50 лет. Например, для Московского метрополитена — на 50% в течение только 438 часов или около 18 суток в году, а на 100% только в течение 162 часов или около 7 суток в году.

Тоннельная вентиляция метрополитена, производительность которой определена исходя из минимально допустимого среднего воздухообмена должна работать в непрерывном режиме, а в случае необходимости осуществляется ее реверсирование в холодный и теплый периоды года. В этих условиях вентиляционная система управляется из единого центра для всех линий и каждого агрегата. Такой принцип обеспечивает минимальные капитальные и эксплуатационные затраты.

Поэтому не вызывает никакой необходимости применять точное автоматическое или дистанционное регулирование производительности систем тоннельной вентиляции, в зависимости от наружных или внутренних температур воздуха. Более того, применение такого регулирования привело бы к необходимости увеличения производительности вентиляционных установок для активного снятия теплоизбытков в период их работы. Это резко увеличило бы капитальные и эксплуатационные затраты.

В холодный период года на станциях поддерживаются температуры воздуха, способствующие охлаждению грунтов до естественных — материковых температур. Обязательные и фактические температуры для станций действующих линий и вводимых в эксплуатацию приведены в таблице.

Города, в которых действуют и вводятся в эксплуатацию метрополитены	Характеристика движения				Расчетные температуры воздуха на станциях, °C		Фактические температуры воздуха на станциях (по данным 1974 г. ± 1976 г.) °C					
	максимальное перспективное		максимальное фактическое		В холодный период года	Максимальная в теплый период года	В холодный период года		В теплый период года			
	Частота движения пар поездов в час	Количество вагонов в поезде	Частота движения пар поездов в час	Количество вагонов в поезде			минимальная*	максимальная	средняя по количеству станций	минимальная	максимальная	средняя по количеству станций
Москва	48	8	45	7	≤ 12	≤ 25,4	14,3	22	18	23	32	26,3
Ленинград	42	8–6	36	6–4	≤ 13	≤ 24,6	15	22	18,7	19,5	26	23,8
Киев	40	5	30	4	≤ 15	≤ 27,7	14,7	16,3	15,5	22,1	26	23
Тбилиси	40	5	24	4	≤ 17	≤ 30	12,4	19,8	16,4	24,2	27,2	25,7
Баку	40	5	24	4	≤ 18	≤ 29,9	11	22,5	18,8	24	29	26,8
Харьков	40	5	30	4	≤ 14	≤ 29,1	—	—	—	—	—	—
Ташкент	40	5	—	—	≤ 16	≤ 30	—	—	—	—	—	—

* В соответствии с действующим СНиП минимально допустимая температура воздуха на станциях не должна быть ниже +5°C.

Анализ таблицы показывает, что в метрополитенах с наибольшей интенсивностью движения — Москва и Ленинград — максимальные температуры воздуха в теплый период года значительно превышают допустимые. Если установившийся эксплуатационный режим тоннельной вентиляции будет сохранен и дальше, то по мере нарастания интенсивности движения будет резко подниматься температура воздуха на станциях, значительно превышая санитарные нормы. Этот тревожный факт вызывается тем, что в холодный период года температуры воздуха на станциях намеренно поддерживаются значительно выше допустимых. Последнее приводит к недоохлаждению грунтов в осенне-зимний сезон и резкому снижению тепла, поступающего в них весной — летом. В результате в этот период повышается температура воздуха на станциях и в тоннелях.

На Ленинградском метрополитене в теплое время года из двух агрегатов тоннельной вентиляции часто работает только один, что нарушает проектный режим, сокращает воздухообмен и приводит к недопустимым повышениям температур.

В Киеве, Тбилиси, Баку и Харькове еще достаточно низкая интенсивность движения по сравнению с перспективной, и воздушная среда на станциях в теплый период года соответствует нормативной. Однако в холодное время фактические температуры на этих метрополитенах превышают нормативные. Поэтому нужно увеличивать в соответствии с проектными данными в холодное время воздухообмен с учетом повышения в последующем интенсивности движения и сохранением допустимых температур в теплый период года.

Одежда пассажиров в холодный период года соответствует наружным метеорологическим условиям. Поэтому во избежание простудных заболеваний при выходе пассажиров из метрополитена целесообразно поддерживать в сооружениях мет-

рополитена воздушные параметры, близкие к наружным, что также полностью отвечает необходимым условиям для охлаждения грунтов. (Они близки приведенным в таблице).

В целях обеспечения при этих параметрах воздуха комфортных условий для линейного обслуживающего персонала предусматриваются утепленные прозрачные кабины в кассовых залах, перед эскалаторами и на посадочных платформах. Кроме того, этот персонал должен быть обеспечен утепленным спецобмундированием.

Целесообразно установить минимально допустимые аэродинамические сопротивления сооружений вентиляционного тракта с максимально возможным увеличением их габаритов.

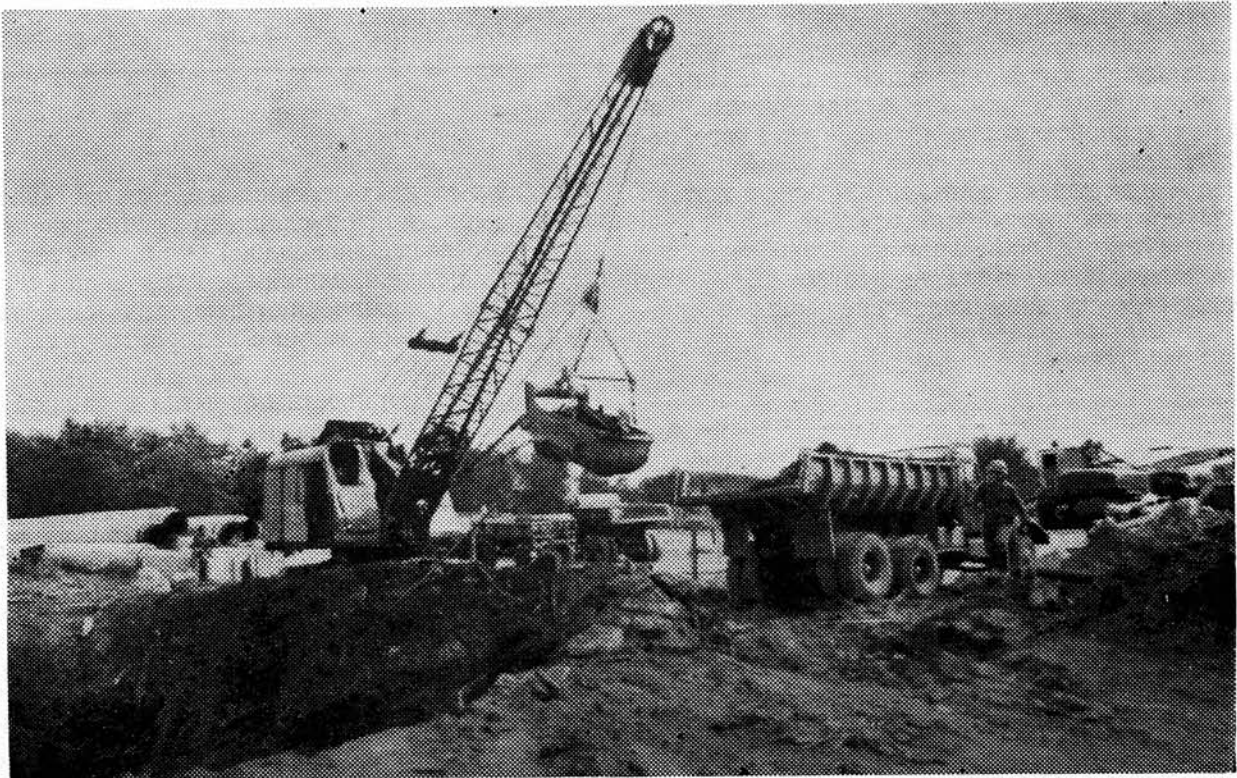
Важным направлением совершенствования экономической работы следует считать существенное повышение КПД вентиляционных агрегатов.

Наиболее целесообразным направлением совершенствования экономической работы тоннельной вентиляции следует считать точное выполнение предусмотренного проектом графика ее работы и существенное повышение КПД вентиляционных агрегатов путем замены технически и морально устаревших, проработавших 42—20 лет, на новые более совершенные типа ВОМД-24. Эти вентиляторы имеют среднегодовой КПД на ~20% выше старых.

Проведенные замеры на метрополитенах Москвы и Тбилиси показали, что после замены любого старого типа вентилятора на осевой двухступенчатый реверсивный с дистанционным управлением типа ВОМД-24 создается годовая экономия электроэнергии 194000 кВт·ч/год, что соответствует 4224 руб/год.

Если провести эти мероприятия на Московском метрополитене, то через 3,5 года после их осуществления ежегодная экономия электроэнергии составит 61.000.000 кВт·час/год, в эксплуатационных затратах — около 1.350.000 руб/год.

СТРОИТСЯ СЕРПУХОВСКИЙ РАДИУС



Разработка грунта котлована на станции «Даниловская» (СМУ-9 Мосметростроя)

ГИДРОИЗОЛЯЦИОННОЕ И АНТИКОРРОЗИОННОЕ ЭПОКСИДНОЕ ПОКРЫТИЕ

Л. ТАЙМУРАЗОВА, Ю. КУЛИКОВ, инженеры

НАИБОЛЕЕ перспективными из антикоррозионных покрытий являются эпоксидные смолы. Они отверждаются с небольшой усадкой без выделения побочных продуктов. Эпоксидные смолы характеризуются высокой адгезионной способностью (самой высокой в современной технологии пластиков); механическими свойствами, превосходящими по прочности отвержденные соединения других смол; химической стойкостью, особенно к действию щелочей и кислот.

Применение эпоксидных композиций обусловлено их высокими изолирующими свойствами и значительным технико-экономическим эффектом.

Основные качества композиции можно регулировать изменением содержания в ней смолы, выбором отвердителя, введением растворителя, модификатора и наполнителя.

Известны также покрытия, в составе которых содержатся модификаторы эпоксидных смол. Наиболее распространены фурановые и полиэфирные. Такие смолы токсичны, а полиэфирные, кроме того, нещелочестойки.

В составе известных композиций наполнитель присутствует как инертный материал.

Для разработки состава эпоксидного покрытия с целью гидроизоляции и защиты от агрессивных вод тоннельных сооружений приняты следующие компоненты:

	вес	%
жидкая эпоксидная смола	28,0	44,8
отвердитель холодного процесса	2,8	11,2
модификатор		
карбомидная смола	5,9	19,6
наполнитель — портланд-цемент	31,7	56,0

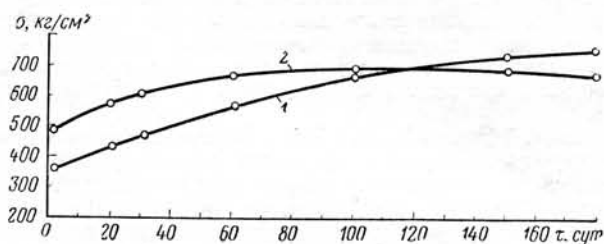
Модификатор — водорастворимая карбомидная смола в сочетании с наполнителем — портланд-цементом устраняет недостатки эпоксидных покрытий. Карбомидная смола не токсична, в составе отвержденного покрытия устойчива к действиям различных сред.

Портландцемент не инертен, в сочетании с водорастворимой карбомидной смолой проявляет вяжущие свойства.

Сравнительные показатели изменения прочности образцов покрытий разработанного состава 1 и образцов состава 2 с наполнителем — кварцевым песком представлены в таблице 1 и на рисунке.

Таблица 1

Состав	Компоненты, вес %				
	эпоксидная смола ДЭ-5	карбомидная смола МФС-0,1	полиэтилен-полиамин	портланд-цемент марки 500	кварцевый песок
1	44,8	5,9	4,5	44,8	
2	44,8	5,9	4,5		44,8



Изменение предела прочности образцов состава 1 и 2 при сжатии (δ) во времени (τ)

Величина предела прочности при сжатии образцов первого состава нарастет в течение 180 суток, второго — за 100 суток. В период хранения первых (от 100 до 180 суток) показатель прочности повышается на 16%, у вторых — остается неизменным (табл. 2).

Таблица 2

Состав	Предел прочности образцов при сжатии, кг/см ²	
	через 100 суток	через 180 суток
1	650	754
2	680	680

В обоих случаях отверждение и нарастание прочности композиций обусловлено поликонденсационными процессами эпоксидной смолы во взаимодействии ее с полиэтиленполиамином, а для состава 1 кроме того и проявлением вяжущих свойств портландцемента в сочетании с водорастворимой карбомидной смолой.

Для оценки стойкости покрытия к различным агрессивным средам образцы разработанного состава выдерживались в 10%-ных растворах соляной и серной кислот, едкого натрия, аммиака и в сточной канализационной воде. Результаты показали хорошие антикоррозионные свойства данного состава. Воздействие агрессивных сред на изменение веса образцов и их прочности почти не наблюдалось.

Износостойкость образцов состава 1 меньше бетонных в 4 раза. Так, истираемость первых на абразивном круге равна 14%, вторых — 48—50% при одинаковых условиях.

Проведены также испытания покрытия на основе эпоксидной смолы и портландцемента на водопоглощение, набухание, капиллярный подсос, водопроницаемость и усадку.

Образцы отвержденных покрытий после погруже-

ния в воду на 24 часа совсем не изменились, их водопоглощение в % равно 0, тогда как показатель цементного составил 6%.

Набухание покрытий наблюдалось в течение 180 суток. Изменение эпоксидного состава незначительно, всего 1%. Это можно объяснить пластифицирующим действием воды на отвержденную эпоксидную смолу. За тот же период исследования набухание контрольных цементных образцов составило 9%.

Проведенный эксперимент на капиллярный подсос раствора 10%-ной концентрации $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в полимерное покрытие показал, что капиллярное движение раствора в нем отсутствует. На контрольных цементных образцах содержание высолов раствора составило 100%. Эпоксидное покрытие очень плотное. А если в нем имеются капилляры за счет наполнителя, то они несмачиваемые.

Испытание полимерного покрытия на специально сконструированной установке, позволяющей подавать на торец образца давление фильтрата до 150 атм, показало полную его водонепроницаемость. Коэффициент фильтрации K_f м/час такого покрытия

равнялся 0, у цементных образцов — K_f м/час $0,17 \cdot 10^{-6}$.

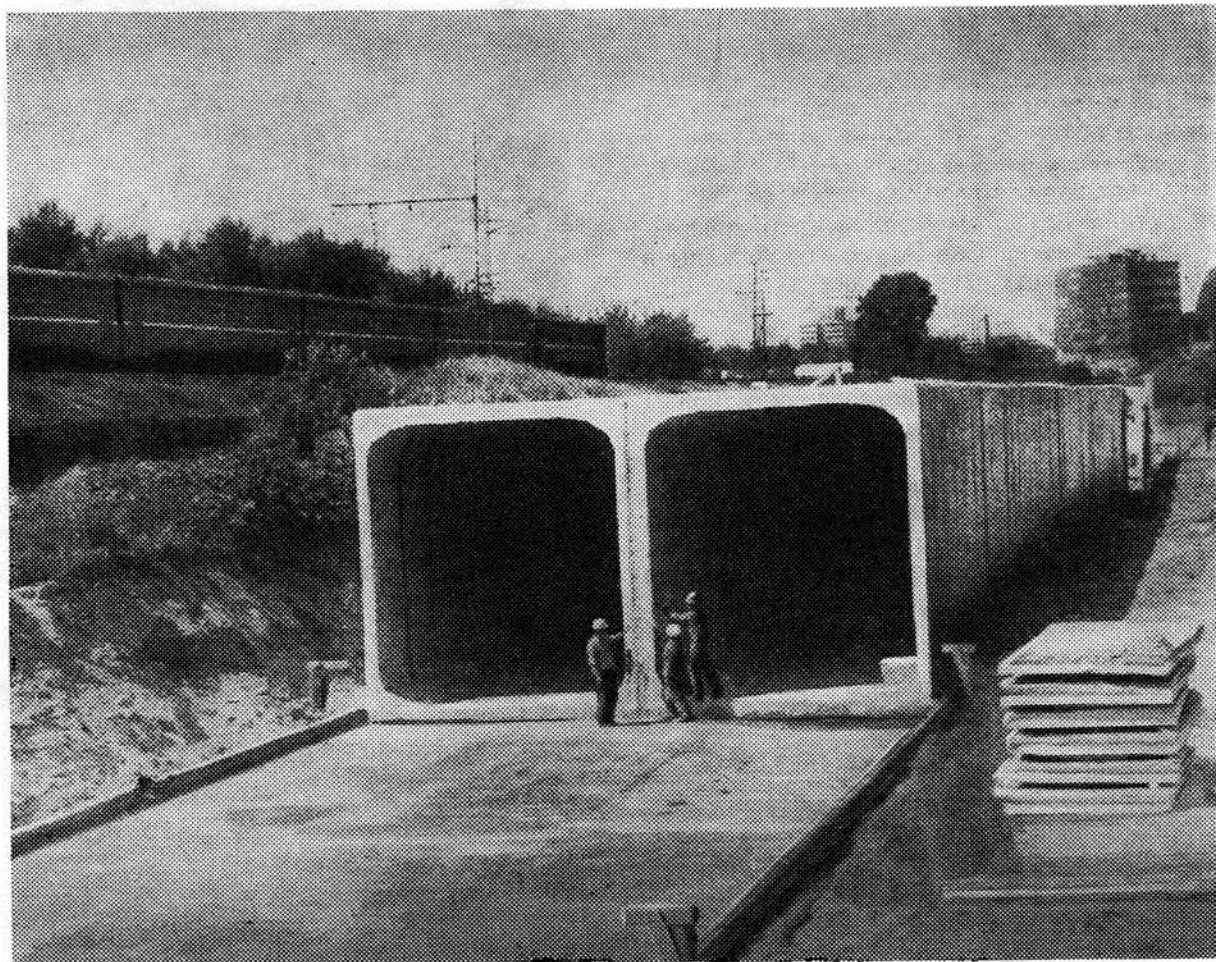
При отверждении смолы, т. е. при реакциях полимеризации и поликонденсации, молекулы сближаются. Это приводит к уменьшению объема отвержденной массы в течение некоторого времени (10—30 суток), затем он остается постоянным. Введение наполнителя в эпоксидную композицию, не содержащую растворитель, обуславливает ее безусадочность. Испытание данного эпоксидного покрытия показало, что усадка высоковязких композиций равна 0, а низковязких — 0,1%.

Разработанный состав низковязкой композиции предназначен для покрытия бетонной поверхности механизированным способом, высоковязкой — ручным, а при расширении возможностей технологии можно будет наносить его и механизированным способом.

Применение данного покрытия в практике позволит увеличить срок службы конструкции в 2—3 раза.

В результате этого можно достигнуть экономии эксплуатационных расходов в размере 15—20% от планируемых.

СТРОИТСЯ СЕРПУХОВСКИЙ РАДИУС



Участок тоннелей из цельных секций на перегоне «Даниловская» — «Нижние котлы» (СМУ-1 Мосметростроя)

МЕТРОПОЛИТЕН САН-ПАУЛО

А. БАКУЛИН, главный инженер Московского метрополитена;
Н. ЛЯСКИНА, начальник отдела технической информации

САН-ПАУЛО — крупный промышленный, коммерческий центр Бразилии. Население его в настоящее время составляет около 10 миллионов человек.

Метрополитен Сан-Пауло — один из молодых. Здесь применены последние достижения мировой науки и техники.

Первая линия метрополитена «Север — Юг» имеет протяженность 17 км с 19 станциями.

Техническая характеристика:

Проектная провозная способность	1 млн. пассажиров в сутки
Фактическая	500 тыс. человек в сутки
Ширина колеи	1600 мм
Максимальный подъем на трассе	10
Минимальный радиус кривых	300 м
Минимальный радиус кривых в депо	150 м
Средняя дальность поездки	7 км
Инвентарный парк	198 вагонов
Тариф	единый
Режим работы метрополитена	с 5 час. до 0 часов ночи
Общая стоимость строительства линии «Север—Юг»	599,6 млн. долларов

Тоннели и станции. 13,7 км эксплуатационной длины линии метрополитена Сан-Пауло проложены в тоннелях и 3,3 км на открытых эстакадах. Диаметр тоннелей 6 м. Они собраны из чугунных тьюбингов. Конструкции свободны от кабельных линий, шкафов автоблокировки, светофоров, автостопов и др.

Эстакады проходят по густо застроенным районам города, имеют ширину, не превышающую поперечные размеры тоннелей.

Отличительная особенность эстакад и тоннелей в том, что по ним на всем протяжении перегонов проходят оборудованные поручнем сходные мостики на уровне полов вагонов. Под мостиками проложены кабели собственных нужд метрополитена.

На открытых участках станции выполнены с береговым расположением платформ и тоннельными переходами. Последние оборудованы эскалаторами.

Закрытые станции, как правило, трехплатформенной конструкции. Это позволяет открывать двери поездов с двух сторон и сокращать время стоянки.

Объемы интерьеров станций, лестничных маршей, кассовых залов и переходов выполнены с учетом роста будущих пассажиропотоков. Так, центральная станция «Сан Бенто» имеет 5 ярусов и 9 входов. Платформы для посадки и высадки пассажиров находятся на разных уровнях.

Надо отметить, что станции лишены архитектурной привлекательности. Стены, как правило, окрашены по штукатурке в светлые тона, нет ни мозаи-



Двухъярусная станция

ки, ни панно, не говоря уже о скульптурном оформлении.

В качестве покрытия для пола применяются трудносгораемая силикатная, гофрированная резина, асфальт и гранит.

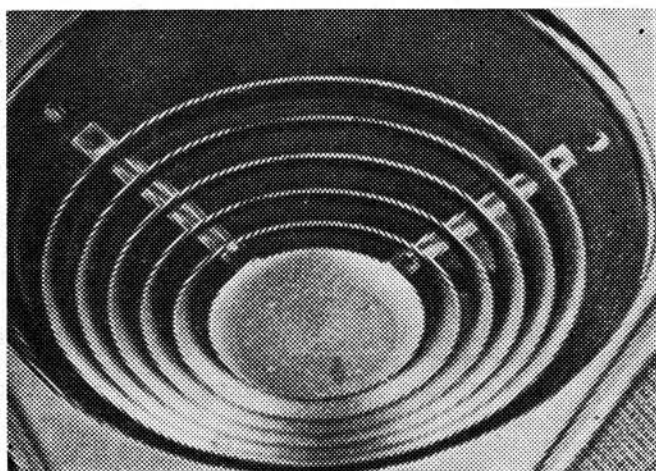
Эксплуатационные помещения размещаются на первом этаже в одном уровне с пассажирскими платформами. Здесь же расположены высоковольтные и низковольтные установки электрооборудования, трансформаторы, вентиляторы,



Подвесная шумопоглощающая конструкция потолка



Салон вагона



Вентилятор, вмонтированный в потолок вагона

насосы, реле; помещение дежурного по станции, туалетные комнаты, пункт первой медицинской помощи. Обслуживающий персонал бывает в этих помещениях только во время уборки или профилактических осмотров оборудования.

Дежурный находится на станции только в часы «пик».

Наблюдение за платформами возлагается на контролера, обслуживающего автоматы для пропуска пассажиров.

Путь и контактный рельс. На метрополитене принята безбалластная конструкция верхнего строения пути. Рельсы укладываются



Теленаблюдение за посадкой и высадкой пассажиров (для машиниста)

на продольные железобетонные балки высотой 200 мм и шириной 500 мм с использованием изоляционно-амортизирующих прокладок, ребристых подрельсовых подкладок и накладок при отсутствии путевых тяг.

Ребристые подкладки крепятся к рельсам сбоку двумя болтами, ввертываемыми в специальные пластмассовые дюбели, забитые в предварительно просверленные отверстия.

Представляют интерес резинометаллические рельсовые подкладки, которые установлены в тоннелях и на открытых эстакадных участках. Подкладки выполнены с наваркой на их нижнюю поверхность слоя резины толщиной 40 мм. Он обеспечивает поглощение энергии вибрации от движения поезда. В результате уровень шума в метро Сан-Пауло значительно ниже, чем на других — с жестким основанием пути.

Подкладки имеют опорную площадь несколько большую, чем на наших метрополитенах и расположены с шагом около метра. Применяются клееболтовые стыки.

Беспальная конструкция пути предполагает открытый дренажный лоток, позволяющий механизировать промывку и уборку тоннелей.

В техническом решении контактного рельса (выполнен из сплава стали и алюминия и представляет собой скорее шину, чем рельс) применена система с нижним токосъемом. Весь комплекс — рельс, кронштейны и изоляторы — облегченной конструкции.

Подвижной состав и депо. На линии метрополитена Сан-Пауло эксплуатируются вагоны бразильского производства фирмы «Маферза ов Бразил» (оборудование поставлялось фирмами ФРГ, Англии, Франции, Японии).

Кузовы вагонов облицованы нержавеющей сталью с прокладками из стеклянной и полиуретановой ваты для обеспечения теплового и акустического комфорта.

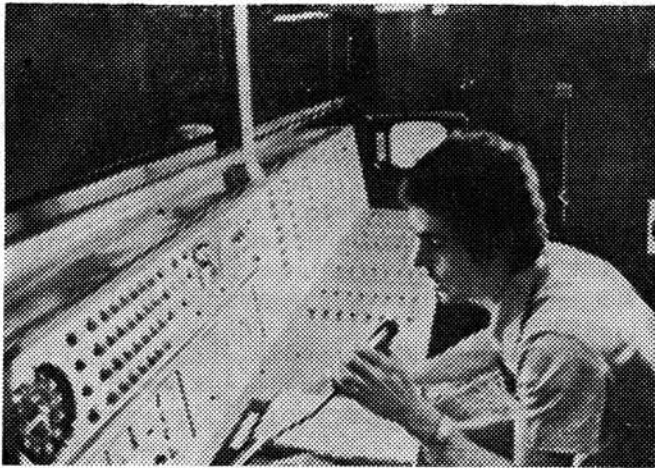
Для подвески кузова применены пневморессоры. Роликовые буксы запрессованы в резиновые обоймы.

Длина вагона — 21,75 м, ширина — 3 м, вместимость — 333 пассажира. Процентное количество мест для сидения — 18. Вес порожнего вагона — 32,3 т, нагруженного — 54 т, расположение сидений — продольно-поперечное, количество дверей с каждой стороны — 4, максимальное ускорение — 1,12 м/сек², средняя величина замедления при служебном торможении — 1,2 м/сек², экстренное торможение — 1,5 м/сек², база вагона — 15,6 м, ходовых тележек — 2,3 м, освещение — люминесцентное, вместимость поезда, исходя из плотности в 7,3 пассажира на 1 м² свободной площади пола, — 2000 пассажиров.

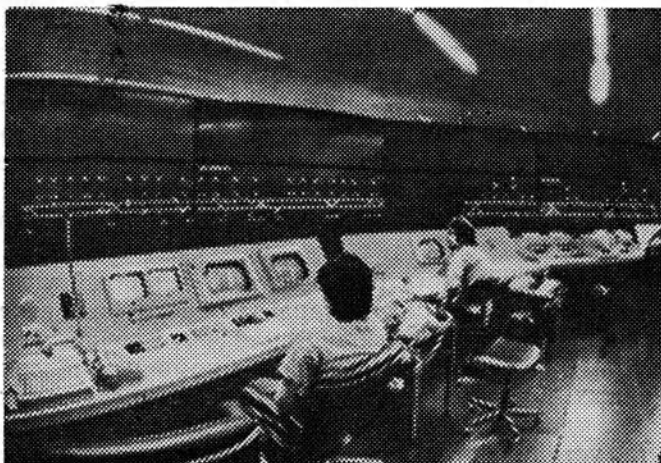
Кабина машиниста расположена в правой угловой части вагона и рассчитана на одного человека. Машинист наблюдает за системой автоведения и посадкой и высадкой пассажиров с помощью телевизионных экранов, установленных на платформах. (Если платформа расположена на кривом участке пути, устраиваются два экрана). Поезд состоит из трех двухвагонных секций. Внутри они соединяются короткой сцепкой, между собой — автосцепкой.



Четырехленточный эскалатор



Кабина дежурного по станции



Диспетчерский зал

Предусмотрена центральная муфта сцепления, обеспечивающая соединение воздухопроводов и проводов цепей управления поездом по системе многих единиц.

Среднее расстояние между станциями — 920 м, а для линии первой очереди 890 м. Продолжительность стоянки поезда — 30 сек. На перегоне скорость в 80 км/час достигается поездом за 30 сек. Надо отметить, что высокие пусковые ускорения и тормозные замедления могут быть обеспечены лишь при оборудовании всех осей вагона электроприводом.

С учетом перспективного роста сети метрополитена и выходом ее в периферийные районы города, расстояние между остановками значительно возрастет, в связи с чем максимальная скорость подвижного состава принята 100 км/час.

Режим эксплуатации и знакопеременный профиль пути позволяют удачно использовать перегрузочную способность тяговых двигателей, с учетом которой потребная установленная мощность для каждой оси подвижного состава принята в 150 квт. Электропривод не имеет жесткого соединения с ходовой тележкой и опирается через амортизаторы на оси вагона.

Пневматическая система подвески обеспечивает возможность сохранения постоянного уровня пола входных площадок вагона над головкой рельса, независимо от нагрузки.

В дополнение к динамическому электрическому торможению, на подвижном составе предусмотрены дисковые тормоза, вступающие в работу при низких скоростях движения. На остановках предусматривается пружинная система торможения с электромагнитной блокировкой и приводом.

В качестве тяговых используются двигатели постоянного тока компенсированного типа, последовательного возбуждения, работающие при напряжении 750 в.

Система автоматического контроля и управления разработана фирмой «Вестингауз», которая поставила и оборудование тиристорно-импульсного регулирования.

Система, обеспечивающая движение поездов по оптимальному графику, состоит из трех ЭВМ и взаимодействующего с ними оборудования.

Напольные устройства автоведения расположены на коробе контактного рельса, а датчики хода и торможения — на бруске токоприемника.

Движение поездов на линии осуществляется по автоматической программе, однако в случае необходимости управление принимает машинист.

Одной из функций контрольного оборудования является автоматизированная защита поезда, выполняемая системой АТР (автоматизированная поездная защита).

В соответствии с информацией, получаемой от блокировочной путевой цепи длиной 150 м, подаются скоростные команды с таким расчетом, чтобы обеспечить оптимальную скорость движения и безопасное расстояние между поездами. Система также контролирует отправление составов и их прибытие на станции.

Сигналы скорости направляются от датчиков, расположенных вдоль рельсового пути. Приемные уст-

ройства, находящиеся на каждом поезде, классифицируют и расшифровывают сигналы, преобразуя их в контрольные команды для систем пуска и торможения.

На случай превышения максимальной скорости движения в системе предусмотрена специальная защита.

Связь между центральным пунктом управления и станциями обеспечивается с помощью телеметрических устройств.

Такие функции, как контроль длительности стоянки поезда на станции, ускорения, замедления, эксплуатационной скорости, а также обеспечение безостановочного проследования состава через станцию выполняются системой линейного контроля.

Оборудование центрального контроля позволяет определять местоположение всех поездов метрополитена.

Система линейного контроля разработана для полностью автоматического контроля, однако предусматривается возможность ручного управления системой оператором.

Из трех ЭВМ, установленных в центральном пункте управления, одна используется для контроля графика следования поездов на линии, вторая — для выполнения автоматических операций на станциях, третья (в сочетании со второй) — для моделирования вариантов движения (в частности с учетом увеличения пассажиропотоков в последующие годы), экспериментальных работ, а также обучения операторов.

Устройства автоматического контроля фиксируют пробег, длительность эксплуатации вагонов, расход электроэнергии.

Система тиристорного регулирования обеспечивает автоматический пуск и торможение плавно без ступеней. При этом пуск происходит без потерь тепла, выделяемого подвижным составом.

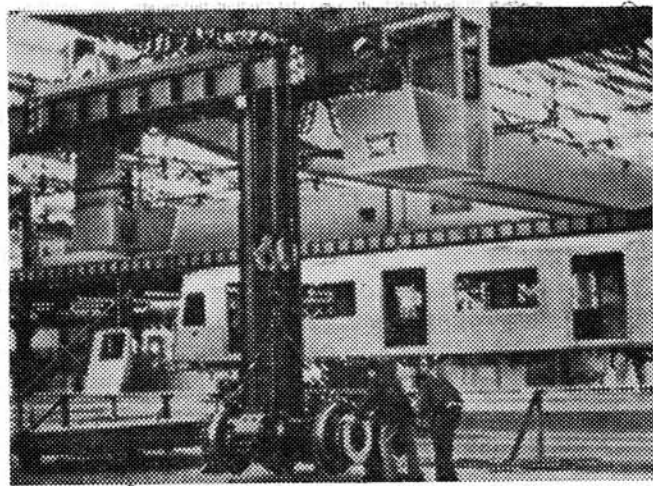
Система безопасности. На линии нет светофоров. Предусмотрена КЭБ сигнализация в кабине машиниста, механические автостопы не применяются. Приемные катушки системы безопасности укреплены на тележке над ходовыми рельсами и воспринимают частоту, соответствующую положению впереди идущего поезда.

Вентиляция и кондиционирование. Принудительная система вентиляции обеспечивает ежеминутную полную смену воздуха. Производительность установок 300 м³ воздуха в сек.

В станционной зоне имеются входное и выходное отверстия, выполненные в виде высоких башенных воздухопроводов. В середине станции есть еще один дополнительный воздушный канал, через который нагретый воздух выбрасывается наружу самотеком (благодаря тому, что в тоннеле существует некоторое избыточное давление).

На станциях над платформами проложены вентиляционные пластмассовые перфорированные коробки. В результате обеспечивается непрерывный поток воздуха и создается необходимый микроклимат.

Эскалаторы. На станциях и переходах широко применяются эскалаторы встроенного типа без машинных залов. Скорость ленточного полотна 0,9 м/сек. Балюстрады отделаны белым алюминием.



Электродепо. Цех подъемного ремонта

Расстояние между поручнями приблизительно 50 см.

У гребенок эскалаторов применен подсвет. Роль постоянного дежурного персонала выполняют микропереключатели, установленные за обделкой балюстрад.

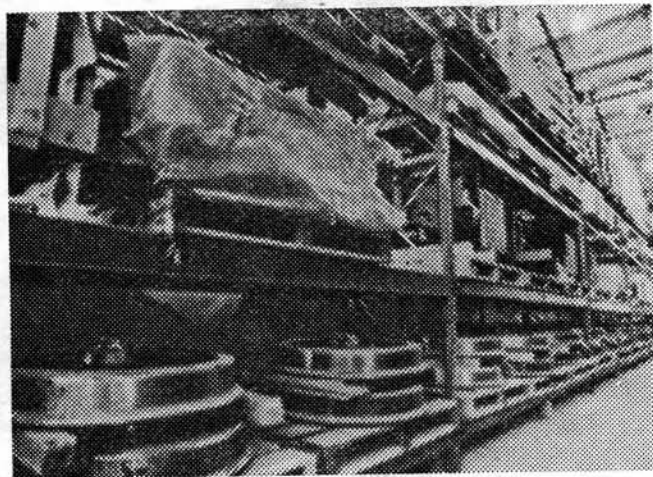
Шаг реечного настила ступеней мелкий и выполнен из алюминиевых сплавов.

Поручни изготовлены из резины и цветной пластмассы и имеют поперечное сечение, вдвое меньшее, чем на наших метрополитенах.

Центральный диспетчерский пункт находится в помещении площадью 200 м². Здесь работают диспетчеры движения, энергоснабжения и вспомогательных устройств.

Для наблюдения за движением составов на ЦДП предусмотрены мнемонические табло.

Устройства автоматического контроля на поездах передают оператору необходимую информацию. Он может соединиться с машинистом посредством радиосвязи. Кроме того, оператор просматривает видеозапись движения поездов, которая осуществляется аппаратурой, работающей вместе с ЭВМ. Видео-запись дает возможность точно установить момент отклонения от графика движения.



Стеллажи для хранения колес

С центрального пункта управления ведется контроль состояния вспомогательного оборудования: насосов, вентиляционных систем и эскалаторов.

Расположенная в диспетчерском пункте телевизионная установка позволяет дежурному персоналу наблюдать за движением поездов в любой точке транспортной сети, а также пассажиропотоками на контрольно-пропускных пунктах и посадкой и высадкой на станциях.

Контрольно-кассовые операции и информация пассажиров. Тариф в метро Сан-Пауло единый и составляет 2,6 крузейро за одну поездку (1 крузейро равен 7 коп.). Существует ряд льгот, например, учащиеся платят за проезд от 30 до 50%.

Автоматические контрольные пункты установлены на среднем этаже станций и работают без обслуживающего персонала.

АКП проверяют годность проездных билетов по принципу магнитного контроля. Работают автоматы как на вход, так и на выход.

Нормальное положение АКП закрытое (с помощью трехстержневых штанг). При соответствии магнитного билета установленному коду штанги снимаются с фиксатора. Длина пути протяжки билета приблизительно 35 см. Пока билеты применяются только одноразовые и остаются в бункере АКП.

На метрополитене применена многокрасочная наглядная информация пассажиров, основанная на символах и международных знаках, особенно дорожного автомобильного движения.

На подходах к станциям используются крупногабаритные мачты с цветным символом метро, которые хорошо выделяются на фоне городских сооружений.

В местах, где вход на станции запрещен, устанавливается автомобильный знак — «кирпич». Такие знаки предусмотрены и на АКП для выхода, но со стороны, обращенной к входным дверям вестибюлей.

Символами обозначены места для инвалидов, запрет курения, направление к автобусным остановкам и т. д.

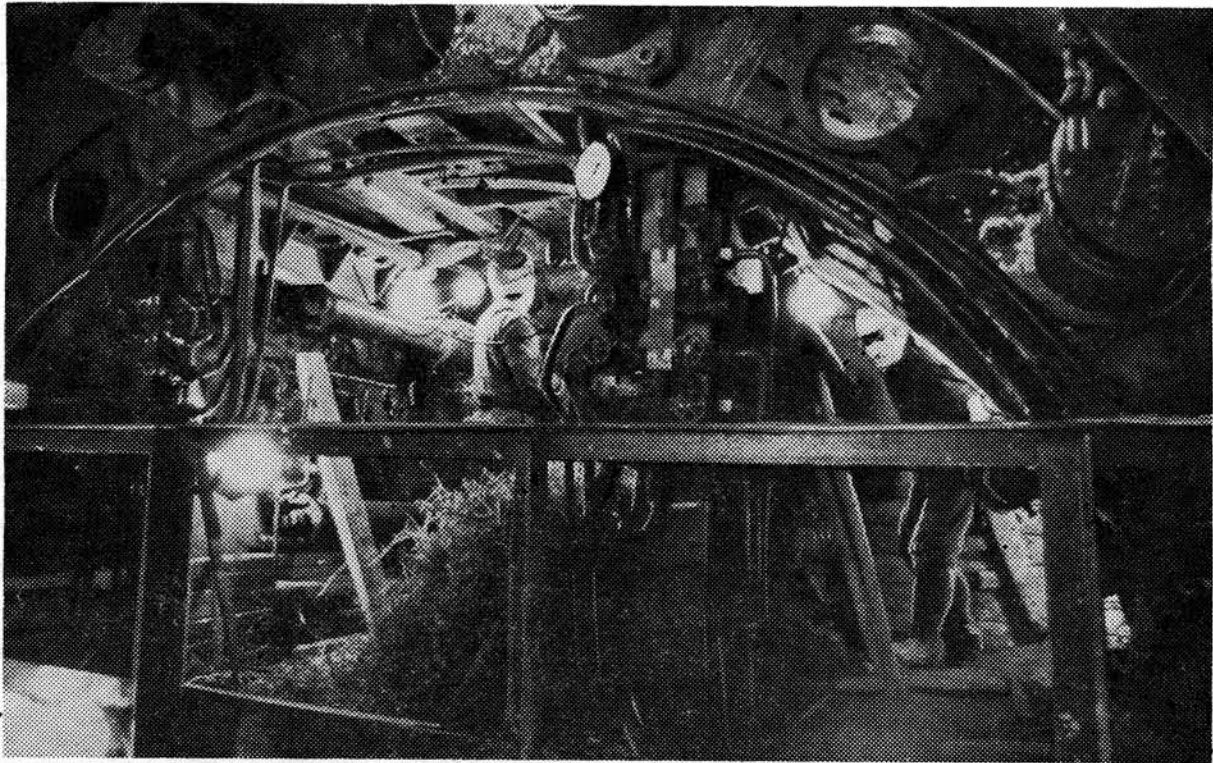
Полоса безопасности на станционных платформах окрашена в желтый цвет. Стоять и находиться за ее пределами запрещается.

Чтение информации облегчается установкой указателей под прямым углом к пассажиропотокам. (Установка указателей вдоль пассажиропотоков не практикуется).

В вагонах схемы линий метрополитена расположены на близком расстоянии друг от друга, что обеспечивает возможность чтения их с любого места.

Вход на эскалаторы регулируют двухцветные светофоры на торцах балюстрад.

СТРОИТСЯ СЕРПУХОВСКИЙ РАДИУС



Проходческий щит на перегоне «Даниловская» — «Нижние котлы» (СМУ-1 Мосметростроя)

В НОМЕРЕ:

Первый тоннельный отряд 60-летию Октября	1
Е. Демешко, П. Васюков. Рациональные параметры продавливания	3
В. Симоненко. Метод проталкивания	6
В. Яковлев. Бурение наклонных скважин большого диаметра	9
С. Мандриков, С. Сильвестров, В. Бурнштейн. Автоматизированная информационно-измерительная система с передачей данных на расстояние	10
Д. Голицынский. Набрызг-бетон на сооружении транспортных тоннелей	12
О. Андреев, О. Кайнов. Межскважинное акустическое просвечивание	14
А. Ицкович. Стройматериалы — 77	17
Л. Афендииков, М. Каган, Г. Матвеев. Обделка из дисперсно-армированного бетона	21
В. Цодиков. Принципы и режимы экономичной работы тоннельной вентиляции	23
Л. Таймуразова, Ю. Куликов. Гидроизоляционное и антикоррозионное эпоксидное покрытие	26
А. Бакулин, Н. Ляскина. Метрополитен Сан-Пауло	28

Редакционная коллегия: **В. А. АЛИХАШКИН, А. С. БАКУЛИН, П. А. ВАСЮКОВ, С. Н. ВЛАСОВ, А. Ф. ДЕНИЩЕНКО, В. М. КАПУСТИН, Ю. А. КОШЕЛЕВ, А. С. ЛУГОВЦОВ, В. Л. МАКОВСКИЙ, Б. П. ПАЧУЛИЯ, С. А. ПОНОМАРЕНКО, В. И. РАЗМЕРОВ, Е. Д. РЕЗНИЧЕНКО, П. А. РУСАКОВ, А. И. СЕМЕНОВ, А. В. СЕМЕНОВ, В. В. ЯКОБС, И. М. ЯКОБСОН**

Адрес редакции: 103031, Москва, К-31, Кузнецкий мост, 20, 2-й этаж

Фото **П. Пузанова** и **В. Савранского**

Технический редактор **А. Милюевский**

Л94857 Сдано в набор 11/VII—77 г.

Подписано к печати 7/IX—77 г.

Объем 4 п. л.

Тир. 5000

Бумага тифдручная 60×90¹/₈

Заказ 2468

Цена 30 коп

Типография изд-ва «Московская правда»