

МЕТРОСТРОЙ

5

1976

ИНФОРМАЦИОННЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
СБОРНИК

№ 5

«МЕТРОСТРОЙ»

1976 г.

Издание
Московского
метростроя
и издательства
«Московская правда»

В НОМЕРЕ:

Е. Купреенко. Серпуховский радиус	1
А. Луговцов. Метрополитен в Софии	4
В. Алихашкин. Метрополитен в Варшаве	4
Техника на стройке	5
Н. Болотских, Е. Олейник, А. Крапивин, О. Фокова, Л. Дульнев, И. Чухман. Забойное водопонижение при сооружении перегонного тоннеля	7
С. Раков. Определение путейских реперов на круговых кривых	9
И. Мачавариани, А. Любченко. Гидрозабойка шпуров при производстве буровзрывных работ	10
В. Алихашкин, П. Васюков, Л. Афендииков, В. Старосель- ский. Водонепроницаемая обделка с полиэтиленовым экраном	11
П. Семенов, Г. Оганесов, И. Дорман, А. Ишанходжаев. Сейсмостойкие конструкции перегонных тоннелей	13
О. Антонов. О расширении области применения обжа- тых в грунт обделок	15
Ю. Кошелев, В. Чеботаев. Упругое взаимодействие об- жатой обделки с массивом горных пород	17
Л. Арутюнов, Д. Рзянкин, В. Дандуров, А. Курисько. Же- лезобетонная обделка с металлоизоляцией	19
И. Маковский, В. Котов. К расчету свайной крепи кот- лованов	20
В. Скобунов. Эффективные системы вентиляции при сооружении тоннелей	21
С. Маршак, Х. Абрамсон. О направлениях механизации строительства глубоких коллекторов	23
В. Завьялов, А. Попов, А. Полянский. Надежность изоля- ции вагонных проводов	26
Б. Бухарина. Магнитные билеты	27
Л. Гельфгат. О технико-экономическом обосновании ли- ний метрополитена	28
К. Шляпин, В. Медейко. Строительство Сен-Готтардско- го тоннеля	29

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Е. Д. РЕЗНИЧЕНКО (редактор), 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, П. А. РУСАКОВ, А. И. СЕМЕНОВ, В. В. ЯКОБС, И. М. ЯКОБСОН

Издательство «Московская правда»

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

Технический редактор Б. Нестеров.

Л 65884 Сдано в набор 25/VI—76 г.
Подписано к печати 10/VIII—76 г.
Объем 4 п. л.
Тир. 4000
Бумага тифдручная 60×90¹/₈.
Зак. 2403 Цена 30 коп.
Типография изд-ва «Московская правда»

СЕРПУХОВСКИЙ РАДИУС

Е. КУПРЕНКО, главный инженер проекта Метрогипрстранса

Разработан технический проект Серпуховского радиуса Московского метрополитена от станции «Добрынинская» до «Днепропетровской».

Строительство Серпуховского радиуса осуществляется в целях обеспечения скоростным транспортом населения, проживающего в новых крупных жилых массивах Чертанова, Волхонки — ЗИЛ и районов, тяготеющих к Добрынинской площади, Серпуховской заставе и Варшавскому шоссе, где расположена сеть общественных учреждений, промышленных предприятий и т. д.

Кроме того, сооружение Серпуховского радиуса, трасса которого намечена, в основном, вдоль Варшавского шоссе, обеспечит разгрузку этой важной магистрали от наземного транспорта.

В соответствии с комплексной схемой развития всех видов городского пассажирского транспорта в Москве, Серпуховский радиус метрополитена будет составной частью Серпуховско-Тимирязевского диаметра, который соединит через центр города южные районы — Красный Строитель, Чертаново, Волхонка—ЗИЛ, с северными — Лианозово, Бибирево, Отрадное, Дегунино.

Трасса линии и организация движения. Инженерно-геологические условия и градостроительная обстановка обусловили глубокое заложение тоннелей на участке от Добрынинской площади до Серпуховской заставы и мелкое за-

ложение — на остальной части линии. От станции «Добрынинская» трасса будет проложена до платформы Нижние Котлы Павелецкого направления Московской железной дороги. Далее трасса пройдет через Нахимовский, Черноморский бульвары, Балаклавский проспект до пересечения Кировоградской, Сумской и Днепропетровской улиц.

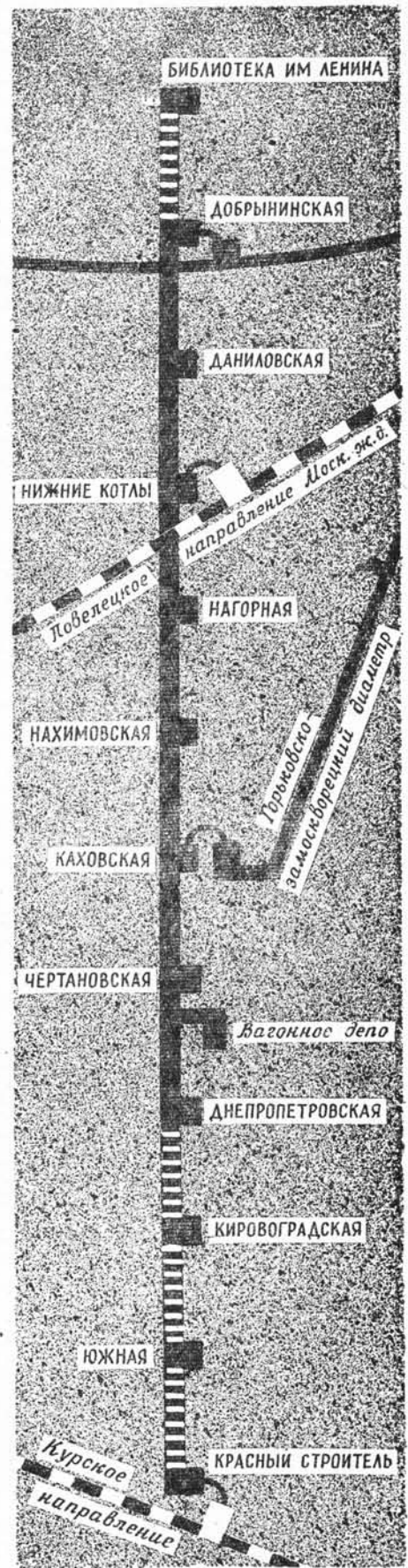
План трассы определен расположением станций в наиболее важных пассажирообразующих пунктах, с учетом сложившейся планировочной структуры и перспективы развития районов города, а также условий строительства линии на участке мелкого заложения.

Продольный профиль на участке глубокого заложения определен необходимостью пересечения с Кольцевой линией, с учетом устройства удобной пересадки на станции «Добрынинская» и инженерно-геологических условий.

Продольный профиль на участке мелкого заложения запроектирован при минимальном заглублении тоннелей с учетом развязки с основными крупными подземными коммуникациями и принятого способа производства работ.

Строительная длина линии — 13,86 км (в том числе 2,06 км глубокого заложения и 11,8 км мелкого), эксплуатационная — 13 км. На линии запроектировано 8 станций, в том числе «Нагорная», сооружаемая «вчерне». Среднее расстояние между станциями 2,16 км. Наибольшее — 3,1 км, наименьшее — 1,25 км.

Станция «Добрынинская» расположена на одноименной площади, «Даниловская» — у площади Серпуховской Заставы, «Нижние Котлы» — у одноименной железнодорожной платформы, «Нагорная» — в районе Кривоарожской улицы, «Нахимовская» — у пересечения Азовской



улицы с Нахимовским проспектом, «Каховская» — на перекрестке Азовской улицы и Чонгарского бульвара, «Чертановская» — на стыке Чертановской улицы с Балаклавским проспектом, «Днепропетровская» — на пересечении Кировоградской улицы с Сумской и Днепропетровской. Все станции, кроме «Добрынинской» и «Чертановской», запроектированы с двумя подземными вестибюлями. На станции «Добрынинская» — один подземный вестибюль, на «Чертановской» — подземный и наземный вестибюли. Подземные вестибюли станций соединены с подулочными переходами.

За станцией «Чертановская» расположится вагонное депо.

В районе станции «Нахимовская» предусматривается дом служб для размещения аппарата дистанций и основных эксплуатационных подразделений.

Размеры движения на линии в первый период эксплуатации запланированы 40 пар восьмивагонных поездов в час «пик» (по наибольшей пассажирской нагрузке на перегоне «Даниловская» — «Добрынинская», которая составит 60 тыс. чел. в час «пик» в одном направлении в наиболее напряженный период эксплуатации).

На линии предусмотрено обращение вагонов типа «И». Скорость движения, с учетом времени стоянки на станциях 20—30 сек., составляет 48,9 км/час. Среднее время сообщения 15,94 мин. Полное время оборота состава 36,9 мин.

Строительные конструкции и архитектура. Обделки и внутренние конструкции станций, тоннелей и прочих сооружений запроектированы, в основном, сборными, из железобетонных элементов заводского изготовления, а также монолитными, бетонными железобетонными, возводимыми индустриальными методами строительства.

На участках открытого способа работ предусмотрена преимущественно цельносекционная обделка, позволяющая существенно снизить трудозатраты при монтаже и сократить сроки производства работ.

Чугунные обделки запроектированы на ограниченных участках, как правило, при гидростатическом давлении более 2 атм, а также для станции «Добрынинская».

На радиусе три станции будут выполнены односводчатыми — из сборного монолитного железобетона, с применением передвижной металлической опалубки. Остальные станции — колонного типа из укрупненных железобетонных элементов заводского изготовления.

Гидроизоляция сооружений, возводимых открытым способом — оклеечная (из двух слоев гидроизола). При сооружении конструкций закрытым способом предусмотрена чеканка швов быстротвердеющим уплотняющим составом (БУС) с применением полиэтиленовых шайб для уплотнения болтовых отверстий.

С целью снижения шума и вибрации, передаваемых в окружающую застройку, в конструкциях станций и тоннелей будет увеличена масса обделок, возводимых открытым способом, и применяться виброшумопоглощающие прокладки в обделках, сооружаемых закрытым способом.

Предусмотренные в проекте разнообразные конструктивные решения являются основой для создания высокохудожественного архитектурного ансамбля. Материалы архитектурной отделки станций, вестибюлей и переходов отвечают требованиям эксплуатации метрополитена.

Колонны, пилоны и стены станций и вестибюлей облицовываются мрамором различных пород, полы станционных платформ и кассовых залов вестибюлей — полированными плитами гранита. Края пассажирских платформ шириной 80 см выполняются из плит кованого гранита.

Стены переходов и лестничных спусков отделяются глазурованной морозоустойчивой плиткой, парапеты лестничных сходов — полированными плитами гранита, площадки и ступени — плитами кованого гранита.

Освещение станций, вестибюлей и переходов — люминесцентное. Для информации пассажиров

предусматривается использование светящихся указателей.

В архитектурном решении станций намечается применение произведений монументально-декоративного искусства.

Организация строительства. Учитывая благоприятные гидрогеологические условия строительства, станционные тоннели, тупики за станцией «Добрынинская» и тоннели однопутной соединительной ветки с Кольцевой линией сооружаются горным способом с применением буровзрывных работ и монтажом обделки тубингоукладчиком. Исключенные составляют камеры съездов, сооружаемые методом пилот-тоннеля. Это связано не только с требованием обеспечить безопасность горнопроходческих работ при раскрытии выработок больших сечений, но и с технологическими удобствами при строительстве тупиков.

Перегонные тоннели в сторону «Добрынинской» проходятся механизированным щитом ЩМР-1.

Для сооружения тоннелей мелкого заложения между станциями «Даниловская» и «Днепропетровская», а также ветки в депо организуется восемь базовых строительных площадок с комплексом временных зданий и сооружений.

Инженерно-геологические условия строительства станции «Даниловская» и прилегающих к ней с обеих сторон перегонных тоннелей, станций «Днепропетровская» и «Чертановская» осложнены наличием обводненных грунтов, расположенных выше лотков тоннелей. Потребуется применение искусственного понижения уровня грунтовых вод. На остальном протяжении трассы мелкого заложения гидрогеологические условия строительства благоприятные.

При пересечении с путями Павелецкого направления Московской железной дороги и Окружной железной дороги, а также с Автозаводским путепроводом, Варшавским шоссе и коллектором Даниловского ручья перегонные тоннели сооружаются методом продавливания, обеспечивающим бесперебойную и безопасную работу этих сооружений. За станцией «Нижние Котлы» при втором пересечении трассы с путями Павелецкого направления

принята схема строительства перегонных тоннелей с временным отводом железнодорожных путей.

До начала горнопроходческих работ закрытым способом на участках мелкого заложения предусматривается семь горных комплексов, из которых один, ТЩБ-7, — для проходки тоннелей с возведением обделки из монолитно-прессованного бетона и шесть КМ-24-0 (со щитом ЩПМ-1) с монтажом сборной обделки, обжатой в породу. Намечено применение механизированных комплексов КМ-19 и КМ-33 (со щитами ЩМ-17) с монтажом сборной обделки.

Станции «Нагорная», «Черта-новская» и «Днепропетровская», расположенные на территории, свободной от городской застройки, будут сооружаться в котлованах с откосами, а «Даниловская», «Нижние Котлы», «Каховская» и «Нахимовская» — в котловане со свайным креплением.

Монтаж конструкций станций и пристанционных сооружений предусматривается козловыми кранами, перегонных тоннелей — стреловыми кранами.

Завершение сооружения радиуса предполагается в 1980 г.

Электроснабжение Серпуховского радиуса от станций «Добрынинская» до «Днепропетровской» рассчитано на движение в первый период 40 пар восьмивагонных составов в час, в перспективе — 48 пар восьмивагонных составов в час с вагонами типа «И».

Питание тяговой сети принято по децентрализованной системе от семи подземных совмещенных тягово-понижительных подстанций (СТП).

Контактная сеть питается напряжением 825 В постоянного тока по четырехлинейной схеме с резервной линией. Защита контактной сети обеспечивается быстродействующими выключателями, токовой защитой кабелей питающих линий и блокировкой между выключателями параллельных линий одной зоны.

Питание силовых нагрузок осуществляется на напряжении 380 В, осветительных — 220/127 В от трансформаторов с изолированной нейтралью.

В качестве защитных и коммутационных аппаратов в силовой и осветительной сетях применяются автоматы серии АЗ100 и АВ.

Санитарно-технические устройства. Для вентиляции станций и тоннелей запроектирована система приточно-вытяжной вентиляции, рассчитанная на движение 40 и 48 пар восьмивагонных поездов в час.

В качестве вентиляционных агрегатов приняты осевые, двухступенчатые реверсивные вентиляторы ВОМД-24 на клиноременной передаче с электродвигателями и устройствами для дистанционного управления — запуска, остановки и реверса.

Схемой тоннельной вентиляции предусматривается подача в теплое время года наружного воздуха на станции и удаление его установками на перегонах. В холодное время года вентиляционная система реверсируется.

Для уменьшения уровня шума в вентиляционных камерах как с напорной, так и с всасывающей сторон запроектированы шумопоглощающие устройства.

СЦБ, автоуправление, связь и электрочасы. Устройства СЦБ запроектированы на пропускную способность 48 пар восьмивагонных поездов в час. Реализация этой пропускной способности будет возможна после продления линии в сторону станции «Красный Строитель» и в направлении центра. В первый период пропускная способность линии будет ограничена оборотом 40 пар восьмивагонных поездов в час.

Для регулирования и обеспечения безопасности движения пассажирских поездов предусмотрены устройства автоматического регулирования скорости (АРС). Для организации движения хозяйственных поездов и аварийного вывоза с линии пассажирского состава с неисправными устройствами АРС запроектирована автоматическая блокировка без защитных участков и электромеханических автостопов.

Станции с путевым развитием оборудуются маршрутно-релейной централизацией (МРЦ).

Предусматривается оборудование линии стационарными устройствами автоматического уп-

равления движением поездов (АУП) системы САММ.

АРС и АУП позволяют осуществить управление поездом лишь машинистом без помощника с соблюдением полной безопасности движения.

Для централизованного управления стрелками, сигналами и напольными устройствами АРС на станциях с путевым развитием, а также устройствами АУП всех станций с центрального диспетчерского пункта (ЦДП) Инженерного корпуса, линия оборудуется телеуправлением и телесигнализацией — диспетчерской централизацией системы СКЦ.

В целях дальнейшего улучшения условий эксплуатации, труда и техники безопасности проектом предусмотрен вынос аппаратуры автоматики регулирования движения поездов из тоннелей и централизованное размещение ее в релейных помещениях на станциях.

Путь и контактный рельс. Запроектировано применение на главных путях рельсов Р65 с пружинным скреплением и упругими резиновыми прокладками на железобетонных опорах, а на соединительных ветках, оборотных тупиках и смотровых канавах — рельсов Р50 на деревянных шпалах.

Применение на главных путях новых конструкций верхнего строения обеспечивает:

снижение трудоемкости и затрат, повышение безопасности работ по текущему содержанию за счет усиления его элементов;

увеличение в два раза срока службы рельсов, так как допускаемая грузонапряженность для Р65 составляет 800÷1000 млн. ткм/км, а для Р50 — 400 млн. ткм/км;

устранение пожароопасных материалов из тоннелей и увеличение срока службы подрельсового основания, в связи с заменой деревянных шпал на железобетонные опоры;

снижение передачи шума и вибрации в окружающую среду при движении поездов;

возможность движения поездов из вагонов нового типа со скоростями более 100 км/час.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО СОВЕТСКИХ, БОЛГАРСКИХ И ПОЛЬСКИХ МЕТРОСТРОИТЕЛЕЙ

МЕТРОПОЛИТЕН В СОФИИ

А. ЛУГОВЦОВ, начальник Метрогипротранса

Как известно, Советский Союз оказывает техническое содействие Народной Республике Болгарии в строительстве первого эксплуатационного участка метрополитена в Софии.

Активное участие в этой работе принимают и проектировщики института «Метрогипротранс».

С самого начала, когда рассматривалось технико-экономическое обоснование строительства внеуличного транспорта в столице Болгарии, у советских и болгарских специалистов сложились братские товарищеские отношения и хорошее техническое взаимопонимание. Это способствовало и способствует принятию таких решений, которые в оптимальной степени учитывают опыт проектирования и строительства метрополитенов в Советском Союзе и специфические условия сооружения Софийского метрополитена.

И мы, и наши болгарские друзья не забываем, что проект является технической первоосновой строительства и что качество проекта во многом определяет и качество строительства. Вот почему особое внимание было обращено на разработку генеральной схемы Софийского метрополитена с выявлением не только направлений линий, размещения пересадочных узлов, но и глубины заложения тоннелей и способов их сооружения.

По утвержденной генеральной схеме сеть метрополитена в болгарской столице состоит из трех линий-диаметров, которые, пересекаясь в разных уровнях, образуют три пересадочных узла в центральной части города.

К 2000 г. намечается построить 52 км линий метрополитена.

Геологические и гидрогеологические условия, а также особенности планировочной структуры города определили мелкое заложение линий метрополитена в Софии и необходимость сооружения первого эксплуатационного участка открытым способом.

Но в наиболее застроенной центральной части города трассы последующих участков выбраны с учетом возможности сооружения перегонных тоннелей закрытым способом, без вскрытия поверхности.

Следует отметить, что наше техническое содействие в проектировании Софийского метро является многогранным. Оно выражается в проведении консультаций, экспертиз, участии в разработке сложных технических решений, передаче технической документации.

Многие болгарские специалисты приезжают к нам для изучения опыта проектирования советских метрополитенов.

Большое участие во всей этой работе принимают специалисты нашего филиала — Киевметропроект.

Недавно группа инженеров Метрогипротранса и Киевметропроекта проводила экспертизу технического проекта первого эксплуатационного участка Софийского метрополитена, разработанного Дирекцией «Метропроект», входящей в состав института «Софпроект».

Трасса первого участка протяженностью около 8 км пройдет от нового жилого комплекса «Люлин» в северо-западной части города к площади В. И. Ленина, расположенной в центре.

На участке предусматривается построить семь станций с островными платформами.

С удовлетворением можно отметить, что основные решения технического проекта разработаны на достаточно высоком техническом уровне, в соответствии с генеральной схемой метрополитена, конкретными градостроительными, транспортными, геологическими, инженерно-строительными условиями и соответствуют современным достижениям метростроения.

В соответствии с соглашением об экономическом и техническом сотрудничестве СССР и Польской Народной Республики в строительстве метрополитена в Варшаве, группа советских специалистов из Метрогипротранса и Харьковметропроекта провела в мае—июне 1976 г. экспертизу технического проекта I линии метрополитена в столице Польши.

В. АЛИХАШКИН, главный инженер Метрогипротранса

Варшавский «Метропроект» завершил разработку технического проекта 23-километровой I линии метрополитена в столице Польши. Линия свяжет удобным скоростным транспортом новые жи-

МЕТРОПОЛИТЕН В ВАРШАВЕ

лые массивы южных и северных районов города между собой, с центром и с промышленной зоной металлургического завода на северной окраине.

Двадцать три станции этой линии будут обслуживать более 600 тыс. пассажиров в сутки, проживающих и работающих в близлежащих районах города. В зоне тяготения первой линии метро будет проживать 713 тыс. человек — 47% всех жителей города, а работать 534 тыс. человек — 52% от общего числа трудящихся.

Строительство линии намечено начать в будущем году и вести четырьмя участками с последовательным вводом в эксплуатацию в 1981, 1983, 1986 и 1989 гг.

С учетом сложных инженерно-геологических условий, на всем протяжении первой линии принято мелкое заложение с расположением тоннелей под уличными проездами. Все станции, а также переходные тоннели на периферийных участках трассы будут сооружаться открытым способом в котлованах. Перегонные тоннели в центральной части города с целью уменьшения раскрытия поверхности намечено прокладывать закрытым способом при щитовой проходке.

Уже несколько лет назад при строительстве железнодорожных тоннелей Центрального вокзала, непосредственно под ними, пройден участок двухпутного тоннеля метрополитена, к которому будет примыкать станция «Центр» с боковыми платформами. Все остальные станции предусмотрены с островными платформами, с двумя вестибюлями.

В основе планировочных решений заложен принцип обязательного размещения одного из подземных вестибюлей под пересечением с наиболее напряженной поперечной магистралью в районе размещения станции, а второго, как правило, в жилом массиве.

Все подземные вестибюли имеют входы, совмещенные с городскими подуличными переходами, и сообщаются с пассажирской платформой лестницами и эскалаторами, работающими на подъем, при высоте последнего 3,5 м (при высоте подъема более 6 м устанавливаются только эскалаторы).

Проектом определен проезд пассажиров в метрополитене по предварительно приобретаемым разовым или месячным билетам. Поэтому в вестибюлях не предусматривается установка каких-либо

устройств для контроля входа и выхода пассажиров.

В состав станционных комплексов (кроме служебных и технологических помещений) включены помещения общегородского пользования — торговые киоски, магазины, телефоны-автоматы и общественные туалеты.

В зависимости от инженерно-геологических и градостроительных условий приняты три типа конструктивного решения станций: однопролетная с плоским перекрытием, двухпролетная с одним рядом колонн в центре платформы и трехпролетная с двумя рядами колонн.

Для отделки станций и вестибюлей будут широко применяться гранит, мрамор, керамическая и глазурованная плитка, нержавеющая сталь, алюминий и стекло. Над пассажирскими платформами предусмотрены подвесные потолки корытообразной формы (края которых на 0,8—1 м свисают над краем платформы) с встроенными в них люминесцентными светильниками.

Проектом предусмотрено оборудование линии необходимыми постоянными устройствами, обеспечивающими нормальную эксплуатацию и безопасность движения поездов.

Генеральной схемой развития сети метрополитена в перспективе намечается довести количество линий до четырех—пяти с общим протяжением их до 100—130 километров.

После ввода в эксплуатацию первой линии метрополитена ее удельный вес в пассажирских перевозках составит 13%. При полном развитии сети скоростного транспорта предполагается, что 46% всех городских пассажирских перевозок будут осуществляться метрополитеном. Он станет основным видом городского транспорта.

С каждым годом возрастают в нашей стране темпы капитального строительства. Сейчас в среднем ежедневно возводятся одно крупное промышленное предприятие и более шести тысяч квартир. Такой огромный размах работ стал возможен благодаря постоянной заботе Коммунистической партии об укреплении материально-технической базы этой важнейшей отрасли народного хозяйства, ее индустриализации и механизации.

Обширная комплексная программа дальнейшего развития и улучшения строительного дела намечена XXV съездом КПСС. В десятой пятилетке предусмотрено значительно поднять эффективность капитальных вложений, качественно усовершенствовать основные фонды, быстрее вводить и осваивать новые мощности. Предстоит увеличить производительность труда на 29—32 процента. Партия наметила и конкретные пути решения этих задач. В недавно принятом постановлении «О работе Министерства строительства предприятий тяжелой индустрии СССР по повышению производительности труда, сокращению сроков и улучшению качества строительства в свете указаний XXV съезда КПСС» Центральный Комитет особое внимание обращает на укрепление плановой и

ТЕХНИКА НА СТРОЙКЕ

производственной дисциплины, перевод строительства на непрерывный процесс комплексной сборки зданий и сооружений из укрупненных конструкций, деталей и узлов заводского изготовления, улучшение проектно-сметного дела, внедрение передового опыта, достижения науки и техники.

Чтобы повысить эффективность и качество капитальных работ, очень важно продолжать техническое перевооружение строительных организаций. Речь идет прежде всего об обеспечении их мощными высокопроизводительными машинами и автотранспортом, специальным инструментом и средствами малой механизации, особенно для работы на отделочных операциях. За последние

годы немало сделано для этого. Механизатор теперь — ведущая фигура в отрасли, технический арсенал которой насчитывает более 140 тысяч экскаваторов, 42 тысяч скреперов, свыше 137 тысяч бульдозеров, более 156 тысяч различных кранов. Никогда прежде не была столь высока оснащенность строителей техникой.

Пример умелого использования машин показывают многие передовые коллективы, в том числе Министерства энергетики и электрификации СССР, Главкрасноярскстроя, Паневежского треста в Литовской ССР и другие. Здесь созданы специальные подразделения, которые комплексно обеспечивают стройки техническими средствами, следят за работой машин, открывают путь в практику ценным новшествам. Так, трест «Энергомеханизация», располагая семью заводами для централизованного выпуска различных механизмов, в прошлом году дал продукции на 28 миллионов рублей, внедрил 28 проектов средств малой механизации, экономический эффект которых составил семь миллионов рублей.

Опыт передовиков заслуживает особого внимания потому, что на ряде строек еще низка загруженность машин. Выборочная проверка показала: простой экс-

каторов, кранов, бульдозеров, автомобилей составляют подчас до девянодцати процентов рабочего времени. Средняя продолжительность их эксплуатации не превышает 10—11 часов в сутки. Именно потери рабочего времени стали главной причиной того, что в девятой пятилетке строителями не выполнен большой объем подрядных работ. Министерства и тресты, местные партийные и советские органы призваны энергичнее добиваться эффективного использования техники на каждом объекте. Этому способствуют внедрение сетевого планирования, бригадного хозрасчета и других передовых методов организации производства, укрепление сотрудничества всех участников работы.

Отдача машин на стройках во многом зависит от состояния ремонтной базы, обеспеченности запасными частями, наличия резервного парка механизмов. Отсутствие подряда в «тылах» сказывается на ритме строительства, выполнении заданий.

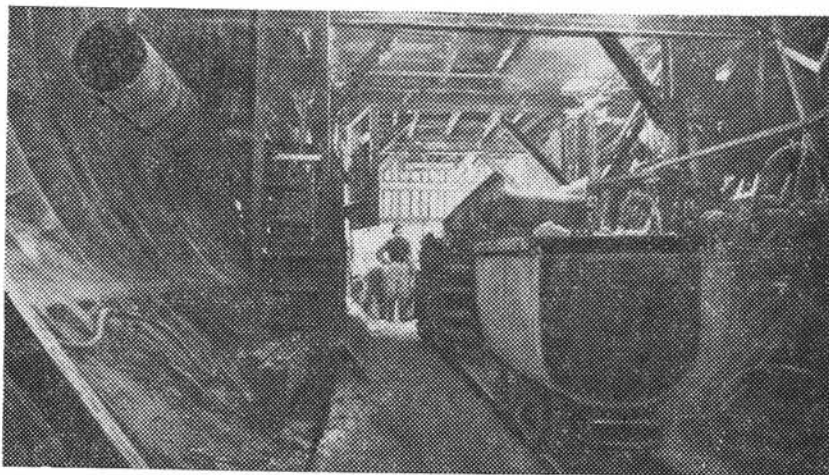
Большое влияние на темпы технического прогресса в капитальном строительстве призваны оказывать ученые, конструкторы, работники машиностроения. Они создали ряд интересных новинок: гидравлические экскаваторы, башенные краны для сооружения высотных зданий, комплект механизмов для скоростной прокладки дорог. И все же потребности отрасли удовлетворяются пока далеко не полностью. Строители пишут в «Правду» о том, что надо резко увеличить производство автобетононасосов, кранов с телескопической стрелой, мобильных штукатурных и малярных станций, другой современной техники. Машиностроительным предприятиям предстоит быстро и решительно откликнуться на эти запросы: снять с производства устаревшую продукцию, начать выпуск машин и механизмов, отвечающих современным требованиям.

Коллективы многих строительных трестов, управлений, комбинатов четко реализуют планы и обязательства. Успех дела обеспечивают хорошая организация социалистического соревнования, сосредоточение сил и ресурсов на важнейших объектах, пристальное внимание к новому, передовому. Все более широкое распространение получает опыт бригады московского новатора Н. Злобина, криворожского экскаваторщика И. Галенко, бригадира треста «Союзтяжэкскавация» К. Спирухова, которые показывают образцы умелой эксплуатации техники и организации труда. Совершенствовать руководство соревнованием за высокую эффективность производства, поднимать ответственность хозяйственных кадров, специалистов и рабочих за порученное дело, воспитывать любовь к благородной профессии строителя, развивать инициативу, стремление к росту квалификации, овладению техникой — важнейшая задача партийных организаций.

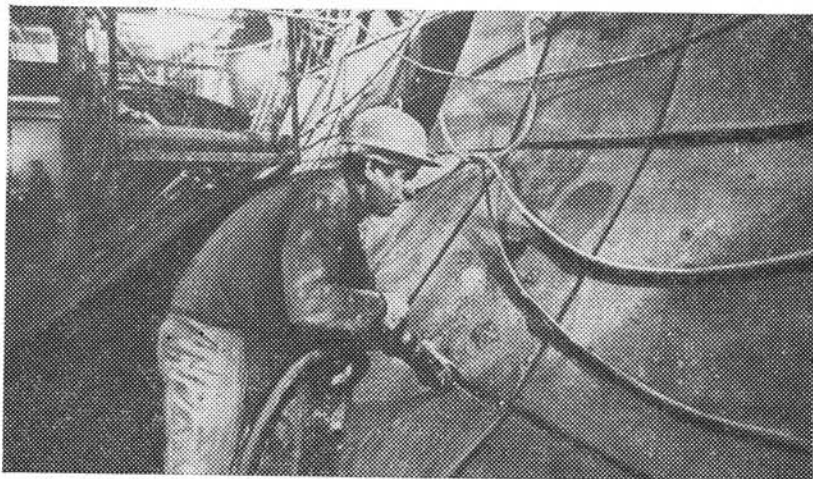
Чтобы быстро сооружались новые предприятия и возводились жилые дома, необходимо полнее использовать мощные технические средства. На это партия нацеливает всю многомиллионную армию строителей.

*Из передовой газеты «Правда»
15 июня 1976 г.*

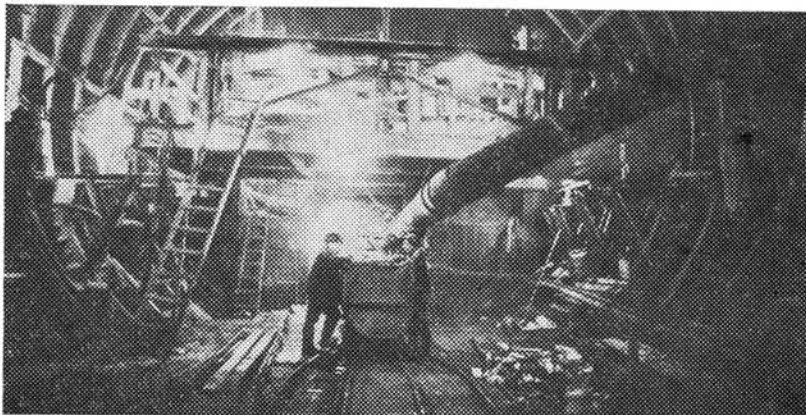
НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ СТАНЦИИ «ГОРЬКОВСКАЯ»



Проходка центрального зала



Изолировщик И. Куклин на чеканке швов (СМУ-7)



Тоннельный переход между станциями «Пушкинская» и «Горьковская»

ЗАБОЙНОЕ ВОДОПОНИЖЕНИЕ ПРИ СООРУЖЕНИИ ПЕРЕГОННОГО ТОННЕЛЯ

НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ
КИЕВСКОГО
МЕТРОПОЛИТЕНА

Н. БОЛОТСКИХ, канд. техн. наук;
Е. ОЛЕЙНИК, А. КРАПИВИН, О. ФОКОВА, Л. ДУЛЬНЕВ,
И. ЧУХМАН, инженеры

Участок правого перегонного тоннеля глубокого заложения между строящимися станциями «Площадь Калинина» — «Речной вокзал» расположен в оползневом склоне Днепра. Проходческие работы велись здесь в сложных гидрогеологических условиях, характеризующихся неустойчивыми грунтами с низкими фильтрационными свойствами, расположением лотка конструкции тоннеля над водопором, высоким уровнем и интенсивным притоком грунтовых вод, неоднородностью геологического строения.

Первоначально, согласно проекту, при проходке этого участка тоннеля применялся метод искусственного замораживания грунтов. Из-за сложности гидрогеологических условий, а также недостаточного промораживания грунта по сечению забоя в процессе проходки было интенсивное вытекание пльвуна в тоннель. Проходческие работы пришлось приостановить.

В этих условиях Киевметростроем в содружестве с Харьковским инженерно-строительным институтом было принято решение применить забойное водопонижение с использованием установки УЗВМ-3. Она состоит из легких иглофильтров, водосборного коллектора, водоструйного насоса ВН-3, центробежного насоса, открытого циркуляционного бака с дефлектором и соединительных трубопроводов и рукавов.

В процессе изготовления и монтажа УЗВМ-3 по ряду причин допущен ряд отступлений от проекта. В частности, смонтирован циркуляционный бак от установки УВВ-2 вместе с дефлектором.

Схема размещения элементов всасывающей системы и насосного блока УЗВМ-3 показана на рис. 1. Расположение всех частей установки в тоннеле не мешало работе тьюбингоукладчика и породопогрузочной машины ППН-1С.

При водопонижении в грудь забоя через деревянное крепление было погружено пять иглофильтров, размещение которых показано на рис. 2. Иглофильтры с помощью шлангов соединялись с водосборным коллектором, расположенным на кронштейнах стоек тьюбингоукладчика. Погружение иглофильтров в грунт осуществлялось гидравлическим способом.

Водосборный коллектор первоначально имел одно звено трубопровода длиной 4,5 м, которое при передвижении забоя наращивалось. Все звенья крепились на кронштейнах к тьюбинговой обделке тоннеля. С помощью гофрированного рукава диаметром 100 мм водосборный коллектор соединялся со всасывающим патрубком водоструйного насоса. В процессе работы насосный блок установки оставался неподвижным и располагался на кронштейнах, закрепленных на тьюбинговой обделке тоннеля. Подсосанная вода сбрасывалась в лоток конструкции и самотеком отводилась по тоннелю за пределы призабойного пространства, где велись проходческие работы. При разработке забоя по мере его продвижения иглофильтры поочередно перемещались в глубину, давая тем самым возможность непрерывного осушения и стабилизации грунта, независимо от производства основных работ.

Контроль за работой установки производился с помощью манометров, вакуумметра, секундомера, мерной емкости.

Основные параметры установки характеризовались следующими данными: среднее время осушения забоя на глубину 2 м составило 30 мин., производительность — 3 м³/час, напор перед насадкой — 9,5 кгс/см², напор за диффузором — 2,8 кгс/см², разрежение в камере смешения — 0,65—0,8 кгс/см². Некоторое снижение вакуума в процессе водопонизительных работ происходило за счет

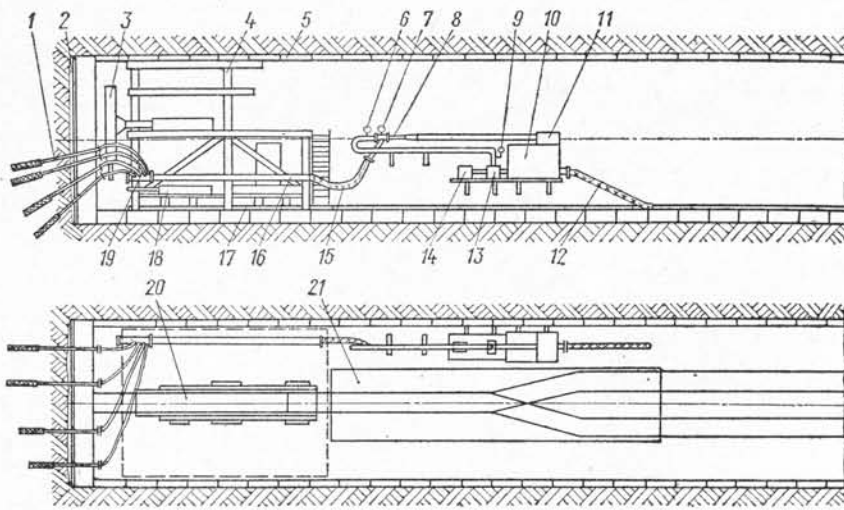


Рис. 1. Расположение установки забойного вакуумного водопонижения УЗВМ-3 при сооружении перегонного тоннеля метрополитена:

1 — иглофильтры, 2 — деревянное крепление груди забоя, 3 — домкрат для укладки тубингов, 5 — тубинговая обделка тоннеля, 4 — тубингоукладчик, 6 — манометр, 7 — вакуумметр, 8 — водоструйный насос ВН-3, 9 — манометр, 10 — циркуляционный бак, 11 — дефлектор, 12 — сбрасывающий рукав, 13 — центробежный насос, 14 — электродвигатель, 15 — гибкий соединительный рукав, 16 — наращиваемое звено коллектора, 17 — откаточные пути, 18 — домкрат для передвижки тубингоукладчика, 19 — сосредоточенный коллектор, 20 — породопогрузочная машина ППН-1С, 21 — передвижной съезд.

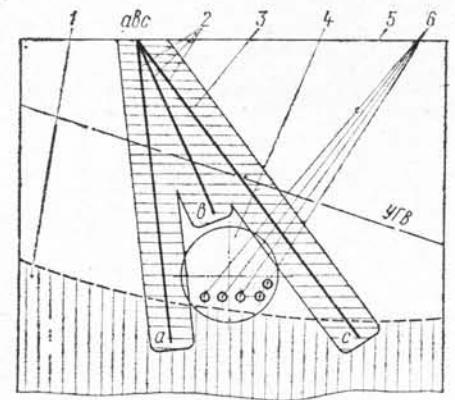


Рис. 2. Расположение иглофильтров в забое:

1 — водоупор; 2 — замораживающие колонки; 3 — ледогрунтовый массив; 4 — перегонный тоннель; 5 — поверхность земли; 6 — иглофильтры

подсасывания воздуха через осушаемый грунт забоя и приемные звенья иглофильтров. Циклограмма сооружения одного погонного метра тоннеля приведена на рис. 3.

Специального персонала, обслуживающего забойную водопонижительную установку, не было: все операции, связанные с водопонижением (погружение и извлечение иглофильтров, пуск установки, наращивание звеньев коллектора) осуществляла сменная бригада проходчиков из 7—8 человек.

После проходки 24 м тоннеля необходимость в применении забойного водопонижения отпала.

Эксплуатация установки УЗВМ-3 подтвердила ее пригодность для забойного водопонижения в сложных гидрогеологических условиях, надежность, эффективность и простоту конструкции.

Наименование работ	I смена					
	1	2	3	4	5	6
Осуществление водопонижения						
Разборка породы	2		4			
Крепление и разборка крепления кровли и пола забоя	2	3	2			
Погрузка породы машиной ППН-1С			1			
Извлечение и перемещение иглофильтров						2
Передвижение блокукладчика						2
Монтаж блочного кольца унифицированной обделки						6
Наращивание временного узкоколейного пути						2
Замена временных постоянными звеньями откаточных путей						2
Первичное нагнетание за обделку						2
Прочие работы	3		1	3	1	5

Рис. 3. Циклограмма сооружения одного погонного метра тоннеля с учетом водопонижения

Большая часть трассы первого участка второй очереди Киевского метрополитена расположена на кривых различных радиусов, поэтому маркшейдерской службе пришлось определять большое количество реперов.

Примененный способ определения смещений путейских реперов на круговых кривых позволил провести эту работу в срок, с высоким качеством и малыми затратами труда.

Сменный маркшейдер с одним рабочим за смену производит съемку реперов на участке тоннеля в 250—300 м. Результаты съемки при наличии электронно-счетной машины обрабатываются также в течение рабочего дня. В какой-то мере это влияет на надежность определения смещений реперов (так как определение каждого репера производится с двух полигометрических знаков по независимым данным).

Преимущество примененного способа в его простоте. Известно, что для окончательной установки реперов по высоте, которая предшествует их съемке в плане, производится определение их фактического пикетажа с точностью ± 2 см. Этого вполне достаточно, чтобы получить смещение репера с точностью ± 1 мм на кривых без дополнительных линейных измерений, с помощью λ — угловых (см. рисунок).

Производится измерение только угла Δ на пункте A между направлением на следующий пункт полигометрии — точку B и на репер. Измерение производится теодолитом типа ТБ-1; Т-2 по всем реперам одним приемом до следующего пункта полигометрии. По разности пикетажа репера и пункта полигометрии определяется центральный угол α . Для быстрого и точного перевода длины дуги, соответствующей разности пи-

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУТЕЙСКИХ РЕПЕРОВ НА КРУГОВЫХ КРИВЫХ

С. РАКОВ,
гл. маркшейдер Киевметростроя

кетажа, в центральный угол, составлены и применяются на Киевметрострое специальные таблицы. По ним сложением двух углов (угла, соответствующего количеству целых метров и остальной части разности пикетажа) вычисляются градусы, минуты и секунды центрального угла.

Угол λ — постоянный для интервала между двумя полигометрическими знаками и не требует дополнительных вычислений (этот угол — разность известных азимутов с пункта полигометрии ПЗА на центр кривой и на другой пункт полигометрии), угол, обозначенный на рисунке β — результат сложения углов Δ и λ .

Таким образом, в треугольнике, составленном центром кривой, репером и пунктом полигометрии известны два угла и одна сторона — расстояние от полигометрического знака до центра кривой. Это дает возможность получить другую его сторону — расстояние репера от центра кривой по формуле:

$$S = R \cdot \frac{\sin \beta}{\sin (\alpha + \beta)},$$

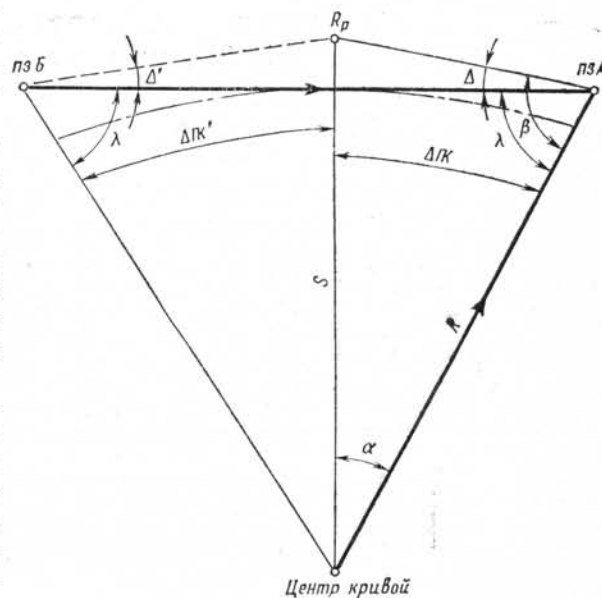
где S — смещение репера от центра кривой и R — смещение полигометрического знака от центра кривой.

Таким же способом определяются все реперы, находящиеся между пунктами полигометрии с обеих точек. Это дает смещение каждого из реперов, исключая ошибки в его определении.

Особо следует подчеркнуть, что при этих вычислениях величину $\sin \beta$ и $\sin (\alpha + \beta)$ необходимо выбирать из таблиц с точностью до 8 знаков (с учетом потери точности при делении одной величины на другую).

Для удобства вычислений реперов данная формула развернута в таблицу, позволяющую одновременно вести обработку всех реперов между пунктами полигометрии.

Определение реперов на кривых радиусом 150, 500 и 600 м систематически контролировалось одним из «классических» методов, что подтвердило надежность и точность примененного способа.



Таблица

№№ ПЗ и его расстояние до центра кривой	№№ R_p	Пикет ПЗ	Пикет репера	Δ ГК (3) — (4)	α — центральный угол	β — угол с ЦК на R_p	$(\alpha + \beta)$	$\sin \beta$ (8 знаков)	$\sin (\alpha + \beta)$ (8 знаков)	$\frac{\sin \beta}{\sin (\alpha + \beta)}$	Смещение репера от центра кривой $S = R \cdot \frac{\sin \beta}{\sin (\alpha + \beta)}$
ПЗ 11197 $R=501,629$	№ 86	119+ 74.717	119+ 56.229	18,488	2°07'07"	89°17'58"	91°25'05"	0,99992525	0,99969374	1,0002316	501,745
ПЗ 11191 $R=501,548$	№ 86	119+ 17.490	119+ 56.229	38,739	4°26'21"	88°04'06"	92°30'27"	0,99943174	0,99904251	1,0003896	501,744

Примечание. В таблице приведена обработка одного репера с двух пунктов полигометрии.

ГИДРОЗАБОЙКА ШПУРОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

С целью уменьшения запыленности рудничной атмосферы и снижения выхода вредных газов при взрывных работах на строительстве II очереди Тбилисского метрополитена применена гидрозабойка шпуров.

Из существующих типов гидрозабоек здесь нашли применение ампулы с обратным клапаном конструкции МакНИИ и ПечерНИИпроект как наиболее простые, безопасные и надежные в эксплуатации.

Ампула, изготовленная из полиэтиленовой пленки толщиной 0,1—0,15 мм, после заполнения водой принимает форму цилиндра диаметром 36—38 мм, длиной 350 мм (рис. 1).

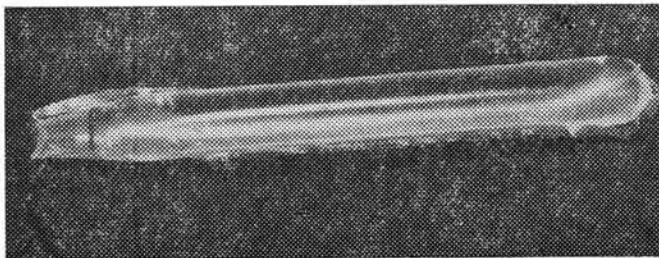


Рис. 1. Ампула с обратным клапаном, заполненная водой

Вода в ампуле удерживается заваренным швом с одной стороны оболочки и обратным клапаном — с другой. Лепесток обратного клапана (после заполнения ампулы водой) плотно прилегает к стенке ампулы и исключает самопроизвольное вытекание воды.

Стоимость каждой ампулы — 1 копейка.

В шпуре ампулы гидрозабойки располагаются между зарядом ВВ, плотно прилегая к патронубоевику и к запирающей забойке из глины (рис. 2).

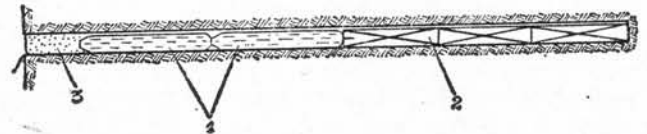


Рис. 2. Конструкция заряда шпура:
1 — ампула гидрозабойки; 2 — заряд ВВ; 3 — запирающая глиняная забойка 0,1—0,15 м

Длина гидрозабойки должна составлять примерно 30% длины заряда, но не менее 0,5 м.

$$l_{гз} \approx 0,3 l_{вв},$$

где $l_{гз}$ — длина гидрозабойки;

$l_{вв}$ — длина заряда.

Опыт применения гидрозабойки показал, что по сравнению с забойкой из глины при проходке перегонных тоннелей запыленность рудничной атмосферы снизилась примерно вдвое.

Таблица

Наименование	Показатели на цикл	
	при глиняной забойке	при гидрозабойке
Подготовка забойки к заряданию	162 мин.	36 мин.
Зарядание и забойка шпуров	48 мин.	27 мин.
Время на проветривание забоя	25 мин.	10 мин.
Удельный расход ВВ	0,898 кг/м ³ .	0,798 кг/м ³ .
Трудоёмкость цикла взрывных работ	241 чел/мин.	94 чел/мин.

Из таблицы видно, что удельный расход ВВ сократился на 5,8%, коэффициент использования шпура возрос до 0,9, значительно сократилось время, затрачиваемое на проветривание забоя после взрыва и трудоёмкость операций буровзрывного цикла.

И. МАЧАВАРИАНИ, А. ЛЮБЧЕНКО, инженеры

ВОДОНЕПРОНИЦАЕМАЯ ОБДЕЛКА С ПОЛИЭТИЛЕНОВЫМ ЭКРАНОМ

В. АЛИХАШКИН, П. ВАСЮКОВ, инженеры;
Л. АФЕНДИКОВ, В. СТАРОСЕЛЬСКИЙ, кандидаты техн. наук

Проблема создания водонепроницаемой железобетонной обделки тоннелей закрытого способа работ весьма актуальна. Один из путей ее решения — применение сборной обделки с гидроизоляцией заводской готовности.

ЦНИИСом, Метрогипротрансом, Мосметростроем и ПКБ Главстроймеханизации проведены работы по созданию обделки из блоков с внутренними гидроизоляционными полиэтиленовыми экранами.

В основу конструкции этих блоков положено предложение М. Рудника (авт. св. № 67416 от 31 декабря 1946 г.)*. Водонепроницаемость блоков по этому предложению достигается введением гидро-

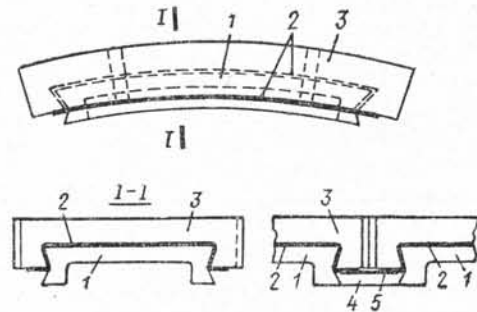


Рис. 1. Конструкция блока М. Рудника:

1 — внутренняя плита; 2 — гидроизоляционный слой; 3 — внешняя плита; 4 — полость для заделки стыков; 5 — гидроизоляционная полоса.

* См. «Метрострой» № 2, 1974.

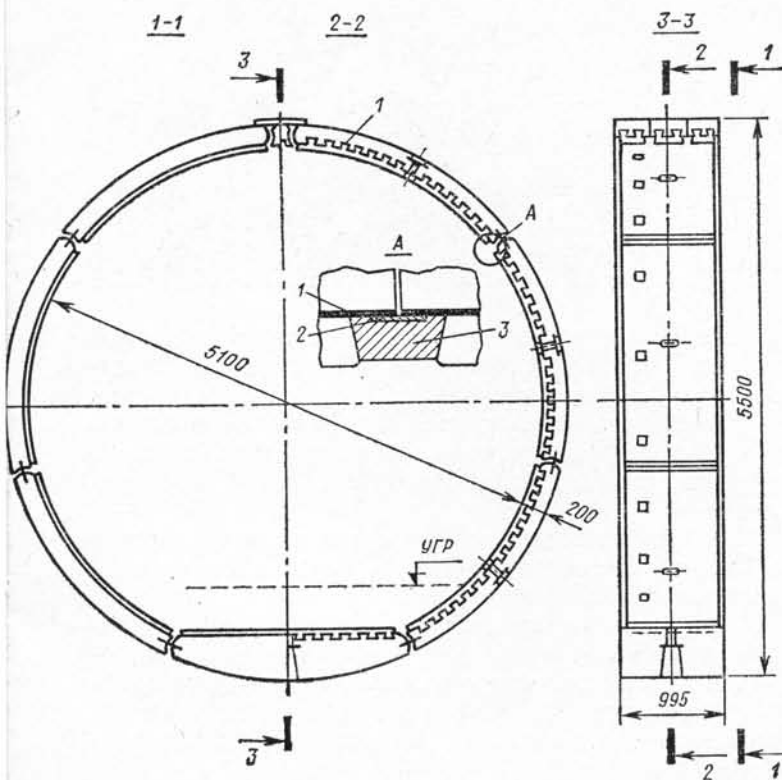


Рис. 2. Общий вид нормального кольца из блоков с гидроизоляционными полиэтиленовыми экранами:

1 — гидроизоляционный полиэтиленовый экран; 2 — полиэтиленовая лента; 3 — цементно-песчаный раствор

изоляционного слоя между двумя плитами (рис. 1), из которых внутренняя предназначена для поддержания гидроизоляции и восприятия гидростатического давления, а внешняя — несущая армированная плита. Гидроизоляционный слой в продольном и поперечном сечениях блока имеет складки с профилем «ласточкин хвост».

При такой конструкции блоков использование оклеечной гидроизоляции вызвало необходимость двухстадийного их бетонирования и значительно ухудшило технологические условия заводского изготовления. Одиночная складка гидроизоляционного слоя не обеспечивала достаточно надежной анкеровки внутренней и наружной плит, составляющих блок, что привело к увеличению толщины обделки. Эти недостатки явились главными причинами, не позволившими осуществить внедрение указанной обделки в практику тоннелестроения. Для гидроизоляции стыков в тоннеле предусматривалось наклеивание гидроизоляционной полосы на выпуск изоляционного слоя с последующей заделкой плоскости между блоками.

С появлением новых прогрессивных гидроизоляционных материалов появилась возможность в опытном порядке реализовать конструкцию двухслойной железобетонной обделки.

В качестве внутреннего гидроизоляционного слоя использовали предварительно отформованный полиэтиленовый экран, обладающий определенной жесткостью и имеющий многоскладчатую форму. Применение такого экрана значительно упростило технологическую схему изготовления железобетонных блоков и позволило формировать их в одну ста-

дию в положении «на ребро». Многоскладчатый экран обеспечил уменьшение толщины обделки.

Экспериментальные блоки по чертежам ЦНИИСа изготовлены заводом ЖБК Метростроя в Черкизове. Гидроизоляционные экраны выполнены методом вакуум-формования из листового полиэтилена толщиной 5 мм. Испытание на прочность и водонепроницаемость блоков проводили на кольцевых стендах ЦНИИСа. Результаты испытания подтвердили принципиальную возможность применения обделки из таких блоков и ЦНИИС составил техническое задание на проектирование опытного участка.

Метрогипротранс разработал конструкцию обделки (рис. 2) из блоков, габаритные размеры которых те же, что и в унифицированной обделке.

Характеристики обделки на 1 пог. м тоннеля следующие:

Внутренний диаметр	5100 мм
Ширина кольца	995 "
Толщина блоков	200 "
Число блоков в кольце	10 шт.
Число типов блоков	3 шт.
" связей в продольных швах	12 "
Протяженность швов	24,3 пог. м
Объем железобетона на кольцо	3,7 м ³
Вес арматуры	308,4 кг
Марка бетона	400
Вес полиэтилена высокого давления	74,8 кг

Наружный и внутренний слой блока (рис. 3) армировали поперечными сварными каркасами Кр.1—3, торцы наружного слоя — каркасами Кр.4. Для продольного армирования применяли сварные сетки С1 и С2 и четыре отдельных стержня.

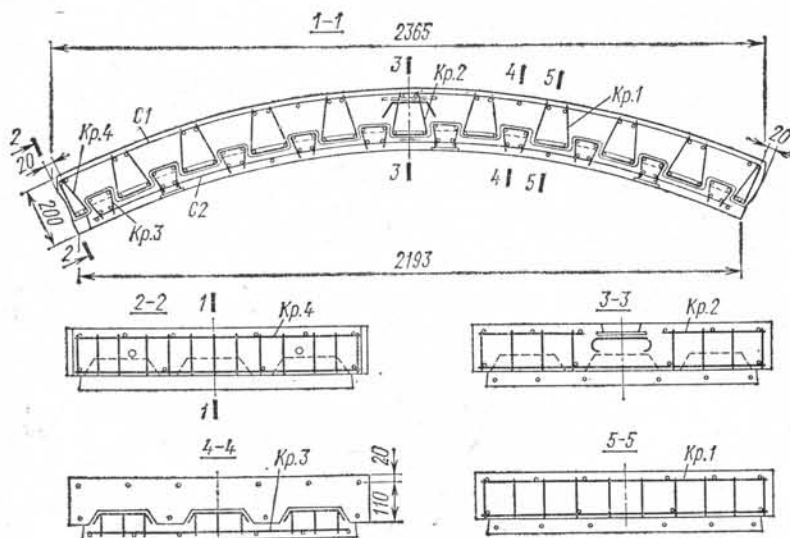


Рис. 3. Армирование нормального блока

Конструкция оснастки для опытного изготовления блоков обделки разработана в ПКБ Главстроймеханизации и изготовлена механическим заводом № 1 Мосметростроя. Экспериментальная партия полиэтиленовых экранов (рис. 4) отформована заво-

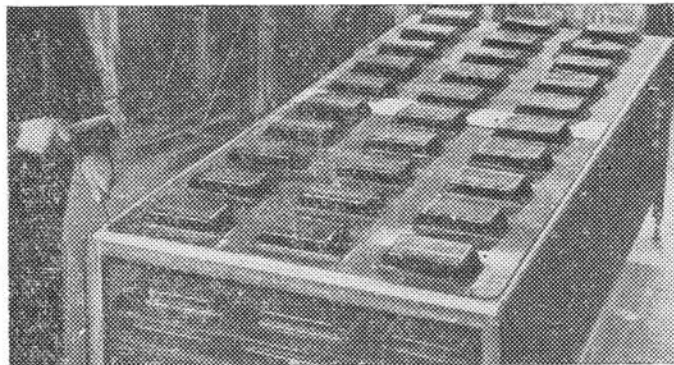


Рис. 4. Полиэтиленовые экраны

дом кровельных и полимерных материалов Главмоспромстройматериалов. Готовые блоки показаны на рис. 5. Цена 1 м³ обделки в опытных работах составляла около 210 руб.

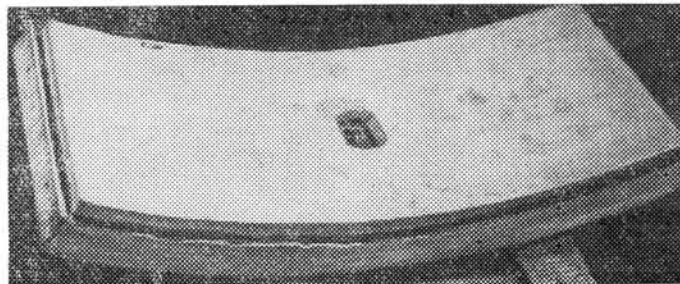
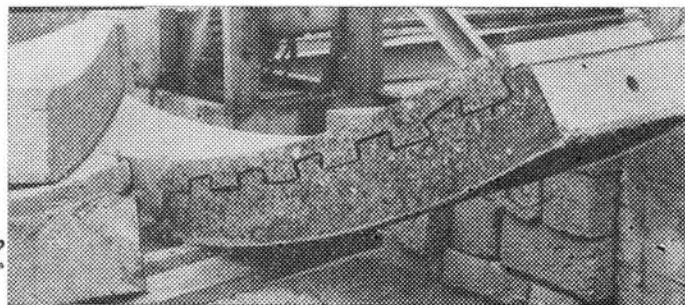


Рис. 5. Блоки: нормальный; с выпиленным клином (внизу).



На Мосметрострое сооружен с такой обделкой опытный участок длиной 5 м. Нахлесточную полиэтиленовую ленту наваривали на выпуски экранов в стыках с помощью специально разработанного устройства. При наличии уступов между блоками, превышающих 20 мм, наваривать ленту не удавалось.

Работы по созданию обделки с полиэтиленовым экраном целесообразно продолжить в следующих направлениях:

в области совершенствования заводской технологии изготовления блоков — повысить индустриальность изготовления с целью снижения стоимости и трудоемкости, а также точность геометрических размеров для улучшения качества монтажа в тоннеле;

в области совершенствования технологии монтажа обделки — обеспечить сборку, при которой величина уступов между блоками не превышала бы 15—20 мм.

СЕЙСМОСТОЙКИЕ КОНСТРУКЦИИ ПЕРЕГОННЫХ ТОННЕЛЕЙ

Запас прочности круглой обделки из сплошных блоков, применяемой на строительстве метрополитена в Ташкенте, позволяет воспринимать дополнительные сейсмические воздействия без потери тоннельной конструкцией несущей способности. И лишь задача создания конструктивных антисейсмических и противопросадочных мероприятий заставляет искать все новые решения по совершенствованию обделки.

Впервые в практике отечественного метростроения строительство метрополитена в Ташкенте осуществляется в сложных условиях высокой сейсмичности и просадочности пород. Поэтому при проектировании обделок перегонных тоннелей закрытого способа, общая протяженность которых по трассе составляет 52%, необходимо учесть действие сейсмических сил на тоннель, возможность разуплотнения пород вследствие просадочности, а также при замачивании их грунтовыми водами.

Сложность решения вопроса заключалась в том, что при составлении технического задания в действовавших Строительных Нормах и Правилах практически не имелось данных для учета таких условий. В связи с этим для метрополитена Ташкента было предложено применить ребристую обделку с усиленным болтовым соединением колец друг с другом (рис. 1) и с деформационными швами, устраиваемыми через 50—60 м по длине тоннеля*. По сравнению с унифицированной обделкой, расход металла, включая закладные детали и крепления, увеличился на 76% (табл. 1).

Такая конструкция хорошо воспринимает действие сейсмических волн, направленных вдоль оси тоннеля, и для скальных и полускальных пород, жесткостные характеристики которых близки к жесткостным характеристикам железобетона, вполне приемлема.

Однако для лессовых суглинков, в которых заложены пере-

П. СЕМЕНОВ, управляющий трестом «Ташметрострой»; Г. ОГАНЕСОВ, гл. инженер Ташметрострой; И. ДОРМАН, ст. научный сотрудник ЦНИИСа; А. ИШАНХОДЖАЕВ, руководитель лаборатории Института механики и сейсмостойкости сооружений АН УзССР

Таблица
Объемы материалов на 1 пог. м обделок перегонных тоннелей закрытого способа работ

Показатели	Типы обделок				
	Унифицированная для обычных районов	Для сейсмических районов			
		I	II	III	IV
Сборный железобетон, м ³	3,46	3,24	3,61	3,67	3,69
Бетон омоноличивания, м ³	—	—	0,08	0,02	—
Сталь, кг	254,3	447,0	307,3	285,0	278,0
в том числе арматура "	227	382,3	237,1	240	240
Сейсмкрепления и закладные детали	27,3	64,7	70,2	45,0	38,0

Тип I



Рис. 1. Схема сейсмостойкой ребристой обделки с болтовыми продольными связями:

1 — болты; 2 — отверстия для монтажных шпилек; 3 — отверстия для болтовых связей

гонные тоннели в Ташкенте, необходимо, главным образом, обеспечить поперечную жесткость обделки: при нагнетании и увлажнении лессового суглинка возможны местные просадочные явления в окружающем тоннель грунте и, как следствие этого, снижение отпорных свойств массива.

При таких условиях и ожидаемых колебаниях последнего при землетрясении с амплитудами порядка до 10—16 см возможно

изменение геометрии поперечного сечения кольца обделки, следствием чего эксплуатация этого участка перегонного тоннеля и линии в целом может быть прекращена.

В связи с этим, по рекомендациям Института механики и сейсмостойкости сооружений АН УзССР, Метрогипротранса и ЦНИИСа, в конструкцию унифицированной обделки были внесены принципиальные изменения. Основным условием обеспечения сейсмостойкости обделки в поперечном сечении рекомендован принцип связи элементов в кольце и наличие деформационных сейсмшвов по длине тоннеля, компенсирующих продольные деформации. В соответствии с этими рекомендациями, в Метрогипротрансе разработана обделка, представляющая собой сборно-монолитную железобетонную конструкцию (рис. 2), состоящую из отдельных блоков сплошного сечения со скошенными углами, из которых выведены петли (тип II).

После монтажа смежных колец петли связывают планками в единый стык. Он омоноличивается с применением инвентарной

* См. «Метрострой» № 3, 1972.

ТОННЕЛЬНЫМ ОБДЕЛКАМ — ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО

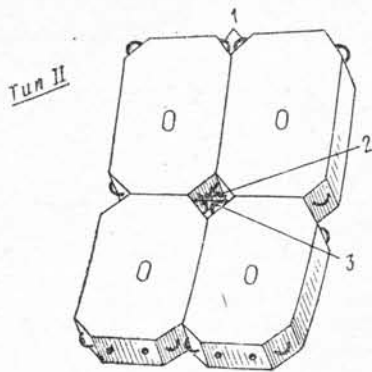


Рис. 2. Схема сейсмостойкой конструкции обделки со скошенными углами: 1 — петли; 2 — после сборки производится омоноличивание; 3 — металлические планки

металлической опалубки. За период строительства тоннелей с использованием такой конструкции обделки выявлен ряд ее недостатков, заключающихся в трудоемкости заполнения сейсмошвов бетоном, невозможности качественной заделки сейсмоузлов, больших потерь при первичном нагнетании. В результате коэффициент заполнения заобделочного пространства, по данным МосНИСа Оргтрансстрой, не превышал 0,66.

Для устранения образуемых сквозных отверстий обделка типа II была усовершенствована частичным изменением конструкции сейсмоузла (рис. 3). Эта обделка (тип III) позволила улучшить процесс первичного нагнетания, однако недостатки предыдущей конструкции с точки зрения трудоемкости и обеспечения качества омоноличивания остались.

Четырехлетняя практика сооруже-

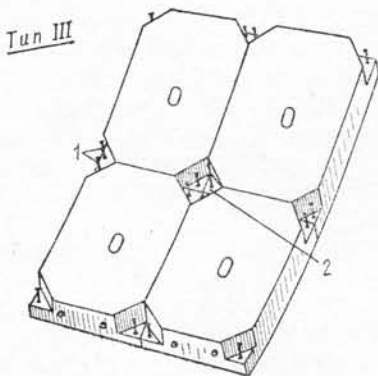


Рис. 3. Схема сейсмостойкой конструкции обделки со скошенными углами (вариант): 1 — штыри; 2 — после сборки производится омоноличивание

жения перегонных тоннелей метрополитена закрытым способом показала, что применяемые конструкции сейсмоузлов являются наиболее узким местом строительства. При достаточно устойчивых высоких скоростях проходки, на 25—50% превышающих нормативные, многие участки тоннелей не успевали омоноличивать, так как трудозатраты на комплекс работ по бетонированию сейсмоузлов превышали трудозатраты на монтаж самой обделки. После подачи в сейсмоузлы через инвентарные пластины раствора требовалась дополнительная очистка тоннеля, а также срубка наплывов бетона у сейсмоузлов.

Вследствие недостаточного объема раствора первичного нагнетания при контрольном нагнетании за обделку закачивалось большое количество цементного молока (до 0,6 м³), которое значительно увлажняло окружающий лессовый грунт.

Все это требовало изыскания иных конструктивных решений сейсмостойкости обделки, которые не имели бы скосов, пазов и т. п., требующих омоноличивания после монтажа.

Один из вариантов в этом направлении — предложение использовать типовую унифицированную обделку, соединяя ее элементы по торцам металлическими скобами (рис. 4, тип IV).

Скобы помещаются во втулки, расположенные по кольцевым торцам блоков. Поскольку при сборке обделки скобы можно

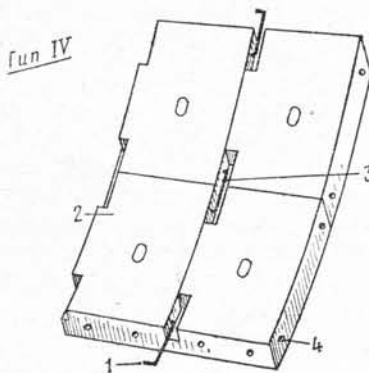


Рис. 4. Схема сейсмостойкой конструкции обделки с торцовыми скобами: 1 — скоба 100×300 Ø 25; 2 — ниша в блоке 200×30 h = 120; 3 — после сборки производится зачеканка; 4 — втулка для скобы L = 110 Ø 30

установить только в ближний к забою торец монтируемого кольца, в противоположных торцах блоков со стороны тоннеля устраиваются пазы по толщине, приблизительно равные диаметру скоб (25—30 мм). Таким образом, выступающая часть скоб получается как бы утопленной в пазы блоков следующего кольца, которое опирается на эти скобы.

Предлагаемая система скрепления совместно с монтажными шпильками между блоками соединяет два соседних элемента в кольце в шести точках. Между собой кольца соединяются наподобие шпунта. Для осуществления такого решения не требуется переделка существующей оснастки, устраняются трудоемкие процессы на заводе по образованию скосов при изготовлении блоков типа II и III, упрощается процесс изготовления арматурных каркасов.

Система скрепления может быть использована и в конструкции сейсмостойкой обделки, обжимаемой в породу при эректорной проходке, так как позволяет совершать некоторые поперечные смещения колец между собой при сборке. При щитовой проходке в этом случае втулки под скобы устраиваются со стороны ниш, и процесс обжатия осуществляется обычным порядком. Обделка четвертого типа требует меньше металлического крепежа по сравнению с предыдущими. В настоящее время проводятся подготовительные работы по ее применению на Ташметрострое.

Различные методы расчета тоннельных конструкций из сборных блоков разработаны практически для всех сочетаний грунтовых условий, в зависимости от которых обделки рассчитывают с учетом упругого отпора, без учета последнего или как свободно деформируемое кольцо.

Запас прочности круглой обделки из сплошных блоков, применяемый на строительстве метрополитена в Ташкенте, настолько велик, что позволяет воспринимать дополнительные сейсмические воздействия; и лишь задача создания конструктивных антисейсмических и противопросадочных мероприятий заставляет искать все новые решения по совершенствованию обделки.

О РАСШИРЕНИИ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОБЖАТЫХ В ГРУНТ ОБДЕЛОК

● СООРУЖЕНИЕ ОБЖАТОЙ В ГРУНТ ОБДЕЛКИ БЕЗ МЕХАНИЗИРОВАННОГО ЩИТА

● СВЯЗИ МЕЖДУ ЭЛЕМЕНТАМИ ШАРНИРНОЙ ОБЖАТОЙ В ПОРОДУ ОБДЕЛКИ ● ОБЖАТАЯ ОБДЕЛКА НА ЭРЕКТОРНОЙ ПРОХОДКЕ

О. АНТОНОВ, канд. техн. наук

В практике отечественного метро- и тоннелестроения обжатые в грунт обделки применяются с 1966 г. За этот период при проходке в глинистых грунтах построено около 4 км тоннелей киевского городского самотечного коллектора, 2 км перегона метро в Киеве, свыше 8 км тоннелей в Ленинграде. Сооружены опытные участки в песках на мелком заложении и в крепких грунтах в Москве. Во всех случаях (за исключением проходки в песках) обделка укладывалась за механизированными щитами, образующими выработку правильной круговой формы. Последнее является обязательным условием возведения конструкции без первичного нагнетания за нее цементно-песчаного раствора.

Это условие, естественно, ограничивает область применения обжатой обделки. Однако ее существенные преимущества перед необжатыми конструкциями — упрощение и ускорение монтажа колец, устранение процесса первичного нагнетания, снижение на 10—20% трудозатрат и стоимости сооружения тоннеля, резкое уменьшение осадок поверхности

при проходке и др. — заставляют искать пути расширения области ее применения.

Для внедрения обжатой обделки в глинистых грунтах при отсутствии на строительстве механизированного агрегата может быть использован и обычный щит. Грунт в этом случае разрабатывается с некоторым незначительным недобором по контуру выработки, а затем при передвижении щита подрезается ножевым кольцом последнего. Это обеспечивает гладкий контур выработки, на котором, как на кондукторе, собирается кольцо обжимаемой в грунт обделки.

В начале этого года такой опыт был проведен на строительстве перегонного тоннеля в лессовых суглинках Ташкентского метрополитена. Использовался обычный щит (без каких-либо переделок и дополнений). Собранное кольцо обделки разжималось в грунт по выходе из-под оболочки. Она не была укорочена, поэтому для выталкивания кольца на породу под опорные подушки щитовых домкратов устанавливались деревянные коротыши. Опыт оказался успешным. Однако хвостовую

оболочку необходимо укоротить до размеров ширины кольца обделки, сделать ее более тонкой, со съемной нижней частью для того, чтобы при проходке в устойчивой породе оставлять лишь козырек в верхней части выработки.

При проектировании новых современных немеханизированных щитов необходимо ориентироваться на возможность их использования как с обычной, так и с обжатой обделкой. Щиты следует конструировать как можно более короткими для лучшей маневренности; с их наружной поверхности целесообразно убрать выступающие накладки, а диаметр ножевого кольца делать несколько большим, чем диаметр опорного, а также хвостовой оболочки.

В первой экспериментальной проходке, осуществленной в Англии в конце пятидесятых годов на строительстве железнодорожного тоннеля диаметром 9,5 м з Поттерс Бар в вязкой устойчивой кембрийской глине, использовался немеханизированный очень короткий щит (длиной около 3 м) с гладкой наружной поверхностью без хвостовой оболочки. Подрезка грунта ножевым кольцом обеспечивала практически точный, устойчивый контур выработки. Элементы мелкоблочной обделки плотно прижимали к породе, что позволило полностью устранить процесс нагнетания из цикла проходческих работ.

Применение обжатой обделки за обычным щитом в условиях строительства Ташкентского метрополитена позволило реализовать как упомянутые выше известные ее преимущества, так и ряд особых, связанных со спецификой конструкции сейсмостойкой обделки, а также щитовой проходки в лессовых суглинках вблизи от поверхности зем-

ли. Так, устранение нагнетания, которое обычно расценивается только с позиций экономии материалов и трудозатрат, здесь важно и потому, что ликвидирует подачу воды за обделку (а, как известно, смачивание лесса вызывает нарушение его устойчивости и просадки со всеми вытекающими отсюда осложнениями). Далее, проходка с обжатием обделки уменьшает осадки поверхности. Но если для возведения тоннелей в киевских и ленинградских глинах на глубоком заложении абсолютная величина уменьшения осадок не играет столь уж существенной роли (ввиду относительно небольшой их общей величины в этих случаях), то здесь этот фактор приобретает решающее значение: создавая без особых сложностей усилия обжатия, соизмеримые с полным весом налегающего слоя лёсса, имеется возможность полностью предотвратить осадки и проходить тоннели на мелком заложении закрытым способом, сохраняя все подземные коммуникации города.

Если во всех обычных случаях применения обжатой обделки при проходке щитом перегонных тоннелей увеличение диаметра колец (из-за превышения на 14—16 см диаметра щита и, следовательно, выработки над наружным диаметром обделки) особого значения не имело, то в условиях Ташкента оно весьма важно, так как создает резерв эксплуатационной надежности тоннелей, расположенных в сейсмическом районе (поскольку возможные сдвиги конструкции при сейсмических смещениях массива грунта компенсируются запасом габарита за счет увеличенного внутреннего диаметра тоннеля).

Эти факторы послужили причи-

ной поиска решения обжатой в грунт конструкции для перегонных тоннелей Ташкентского метрополитена. Сложность задачи заключалась в том, что сейсмостойкая обделка имеет связи блоков как в кольце, так и между кольцами. Поскольку условия, которым должна отвечать обжатая обделка — шарнирность схемы, отсутствие жестких связей элементов, независимость работы колец — противоречат требованиям сейсмозащиты, сочетать их не представлялось возможным. По-видимому, это и явилось причиной того, что вопрос о сейсмостойкой обжатой обделке не ставился ни строителями, ни проектировщиками. Однако проведенный в ЦНИИСе тщательный анализ применяющейся в Ташкенте конструкции и ее статической работы позволил найти конкретное конструктивное решение обжатой обделки с сейсмозащитой.

В качестве обделки перегонных тоннелей Ташкентского метрополитена применяют семиблочную унифицированную конструкцию из блоков сплошного сечения, углы блоков которой частично (на половину сечения) или полностью срезаны. В образовавшихся нишах сделаны стержневые или петлевые выпуски арматуры, которые соединяют между собой после проходки, а ниши омоноличивают. Такое соединение, не увеличивая несущей способности обделки, гарантирует блоки от обрушения внутрь тоннеля при их частичном разрушении под воздействием мощных сейсмических ударов и сдвигов грунта.

Исследования показали, что такие связи не являются жесткими по сравнению, например, с болтовыми соединениями. Перевазкой стыков в обделке также нет, шарнирность схемы практически не нарушена, т. е. условия позволяют применить здесь преднапряженную конструкцию.

Наиболее целесообразным для обделки с сейсмозащитой оказался лотковый вариант обжатия, при котором достаточно просто решаются узел замоноличивания, технология монтажа и обжатия

кольца. Кроме того, из обделки убираются ослабляющие конструкцию и понижающие ее трещиностойкость замковые вкладыши. Успешно реализованное на опытном участке это решение позволило распространить обжатую конструкцию на обделки для сейсмических районов строительства.

Значительная часть тоннелей в глинистых грунтах сооружается в настоящее время при эректорной проходке с разработкой грунта пневмолопатами. Теоретически при устойчивой кровле применение обжатой обделки возможно и в этом случае, разумеется, при условии обеспечения правильного контура выработки. Решение задачи оконтуривания выработки шло сначала по пути применения режущих органов комбайнов, создания специальных механизмов и использования существующего оборудования. Вначале представлялось возможным применить механизмы горных комбайнов. Однако условия их работы в забое перегонного тоннеля не являются благоприятными: верхнюю часть выработки комбайн не разрабатывает, а его перемещением препятствует оборудование укладчика. Тогда было найдено новое решение — использовать для оконтуривания выработки механизм вращения и рычаг самого эректора.

Обработанная резцом выработка обладает значительно более высокой устойчивостью, нежели пройденная обычным способом. Поэтому при ограниченной заходке и немедленном оконтуривании выработки предлагаемым способом область применения обжатой обделки при эректорной проходке можно не ограничивать устойчивыми лессовыми суглинками, а распространить на другие глинистые грунты, в которых возводятся перегонные тоннели метрополитена.

В перспективе при создании навесного оконтуровщика, например, в виде легкой фрезы с гидро- или электроприводом, можно будет возводить обжатую обделку и в крепких грунтах.

УПРУГОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОБЖАТОЙ ОБДЕЛКИ С МАССИВОМ ГОРНЫХ ПОРОД

Ю. КОШЕЛЕВ, В. ЧЕБОТАЕВ, кандидаты техн. наук

Трудность получения аналитического выражения взаимодействия обжатой обделки с массивом горных пород обусловлена невозможностью сведения схемы к плоской задаче. По этой же причине нельзя получить основные закономерности из стендовых испытаний, а данные натуральных исследований относятся всегда к частным условиям. Это не позволяет оценить влияние каждого фактора на величину усилий в обделке.

Теоретический анализ упругого взаимодействия обжатой обделки с массивом горных пород был проведен в работе С. Чеснокова*. Решалась пространственная задача теории упругости о влиянии процесса обжатия на напряженное состояние соседних колец обделки в предположении значительного удаления забоя от обжимаемого кольца.

Между тем при щитовой проходке обжимаемое кольцо находится в непосредственной близости от весьма жесткого щита, кроме того продвижение забоя в упругих массивах горных пород является единственной причиной появления нагрузок на обычную необжатую обделку после схватывания заполняющего строительный зазор раствора первичного нагнетания.

Процесс нагружения обжатой обделки включает в себя оба элемента (воздействие обжатия и влияния забоя), и получается значительно более сложным, чем в случае необжатой обделки. Тем не менее, принимая ряд упрощающих допущений и воспользовавшись известными решениями осесимметричной трехмерной задачи теории упругости, можно найти основные зависимости между величиной конечного давления, силой обжатия и упругими характеристиками массива и обделки. Такое решение можно использовать для исследования качественной взаимосвязи между указанными параметрами и геометрическими характеристиками обделки.

При этом принимаются следующие предпосылки: массив горных пород является однородным, изотропным и упругим. Первоначальное напряженное состояние массива — гидростатическое, напряжения постоянны и равны γH ; нормальные напряжения на контакте между обделкой и массивом распределены равномерно на каждом кольце. Касательные напряжения равны нулю;

жесткости опорной и ножевой частей щита, а также неразработанного забоя весьма велики по сравнению с жесткостью обделки и принимаются бесконечными. Хвостовая оболочка щита деформируется свободно.

Математическая постановка задачи. В однородной, изотропной, упругой среде, характеризуемой модулем упругости E и коэффициентом Пуассона μ , всесторонне сжатой напряжениями γH , сооружается полубесконечная цилиндрическая выработка диаметром $2R$ с помощью щита. Расстояние от края опорного кольца щита до середины монтируемого — L , ширина кольца — B , приведенная жесткость кольца на сжатие — $E_0 F$, конструкция щита абсолютной жесткая, влияние хвостовой оболочки не принимается во внимание. После монтажа кольцо обделки обжимается. Остаточная сила обжатия — N_0 . Требуется определить величину нормальной силы в любом кольце.

По существу, при решении этой задачи определяются: величина снижения нормальной силы в кольцах при обжатии очередного кольца; прирост нормальной силы в кольцах обделки при удалении забоя на расстояние B .

В дальнейшем использовано приближенное решение задачи о смещениях поверхности бесконечной цилиндрической полости в упругом массиве, осесимметрично нагруженной на участке ее длины равномерной или штамповой нагрузкой**.

Найдена функция перемещений поверхности неподкрепленной выработки $U(R, L)$ от равномерной осесимметричной на-

грузки P , приложенной на длине выработки B (L — ось выработки с началом в середине нагруженного участка).

Принимая за перемещение кольца обделки среднюю величину смещений поверхности выработки на ширине кольца B , получаем ступенчатую функцию $U(R, L)$ которая является основой для решения задачи 1 (рис. 1). Полученная функция является функцией влияния перемещений кольца обделки на смещение соседних колец.

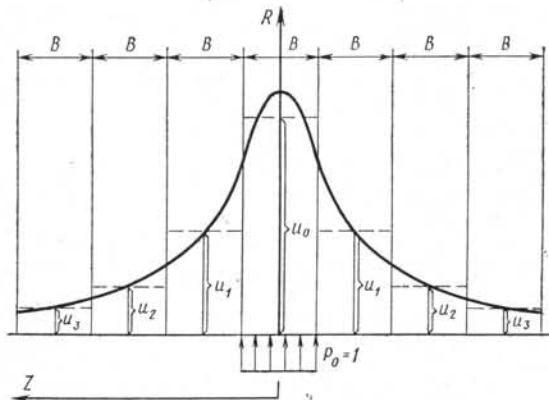


Рис. 1. Перемещения поверхности неподкрепленной выработки от действия кольцевой равномерной нагрузки

Рассмотрим последствия обжатия нулевого кольца силой N_0 . На всех ранее установленных кольцах оно вызовет уменьшение давлений ΔP_j при радиальной деформации U_j ($j=1, 2, \dots$ — для второго и т. д.). Поскольку кольца упруги, то давление и деформации будут связаны соотношением:

$$\Delta P_j = \frac{E_0 F}{BR^2} U_j. \quad (1)$$

Давление на конструкцию щита и далее на неразработанный массив также изменяется, но перемещения будут равны нулю ввиду их абсолютной жесткости. Условно разделим поверхность выработки, контактирующую с опорным и ножевым кольцами щита, на участки шириной B и продолжим такое деление вглубь массива, принимая изменение давлений на каждом участке равномерно распределенным и равным ΔP_{-j} . Влиянием касательных напряжений также пренебрегаем.

Сравнивая напряжение на поверхности условно продолженной выработки до обжатия кольца и после него, можно выделить изменения контактных давлений (рис. 2).

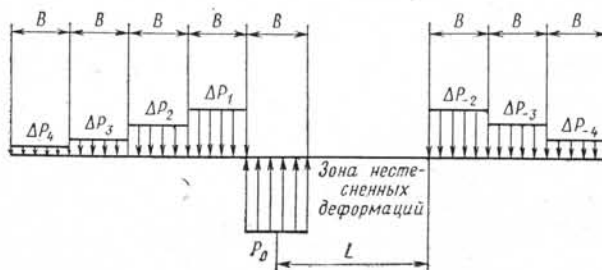


Рис. 2. Изменение давлений при обжатии очередного кольца

Перемещение на каждом j участке U_j будет являться результатом действия изменений давлений на всех участках. Используя ступенчатую функцию влияния $U(R, L)$ для любого участка j , получим:

* Труды МИИТа, вып. 260, 1968.

** Давыдова Н. А. Определение напряжений и смещений поверхности бесконечной цилиндрической выработки, равномерно и осесимметрично нагруженной по участку ее длины. «Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых», 1968, № 2.

$$U_j = P_0 U_{j,0} - \sum_{k=-n}^{-i} \Delta P_k U_{k-j,0} - \sum_{k=1}^n \Delta P_k U_{k-j,0}, \quad (2)$$

где n и $-n$ — номера крайних участков, на которых изменения давлений заведомо невелики;

i — номер первого участка опорного кольца щита;
 P_0 — давление на обжимаемом кольце.

Подставляя в формулу (2) для участков массива и щита $U_j=0$ и выражение (1) для соседних с обжимаемым колец обделки, получим систему линейных уравнений относительно неизвестных ΔP_j .

Решение этой системы дает возможность определить снижение давлений на кольца обделки от обжатия очередного кольца. В конечном счете нормальная сила в каждом кольце уменьшится от обжатия последующих на величину:

$$\Delta N = BR \sum_{j=1}^n \Delta P_j. \quad (3)$$

Наряду с уменьшением нормальной силы в кольцах обделки от обжатия происходит ее увеличение от продвижения щита. Определение приращений нормальных сил является второй частью поставленной задачи.

Для ее решения воспользуемся функцией $U(R, L)$ при отношении $l/R=5$ (l — половина расстояния между двумя абсолютно жесткими целиками, соединенными цилиндрической полостью в массиве). При $l/R=5$ влияние целиков в середине пролета затухает и функция $U(R, L)$ практически совпадает с функцией перемещений поверхности неподкрепленной выработки вблизи абсолютно жесткого целика. При известном расстоянии от края опорного кольца щита до середины обжимаемого кольца L можно преобразовать функцию $U(R, L)$ в ступенчатую с шириной ступенек B . Тогда перемещения поверхности неподкрепленной выработки будут характеризоваться величинами:

$$\begin{aligned} U_0 &= U(R, L), \\ U_1 &= U(R, L+B), \\ U_2 &= U(R, L+2B) \end{aligned}$$

и т. д. При продвижении щита на ширину кольца B в неподкрепленной выработке должны произойти перемещения:

$$\begin{aligned} V_0 &= U_1 - U_0 \text{ — на первом кольце,} \\ V_1 &= U_2 - U_1 \text{ — на втором,} \\ V_2 &= U_3 - U_2 \text{ — на третьем и т. д. до } V_m. \end{aligned}$$

пока разности не станут малы.

В подкрепленной выработке перемещения произойдут лишь частично, на величину деформации радиуса кольца обделки. Обозначим прирост давления после передвижки щита на длину B на первое кольцо обделки Δq_0 , на второе — Δq_1 , на третье — Δq_2 и так далее до Δq_m . Тогда каждое из этих колец уменьшит свой радиус на величину $\Delta q_j \frac{BR^2}{E_0 F}$.

С другой стороны, воздействие возникших давлений Δq_j на поверхность неподкрепленной выработки должно привести поверхность к положению, занимаемому кольцом после деформации, т. е. для

$$\sum_{k=-m}^m \Delta q_j U_{k-j,0} = V_j - \Delta q_j \frac{BR^2}{E_0 F} \quad (4)$$

Здесь учтено, что давления на участках щита и массива также должны изменяться. Фактически (4) является системой уравнений относительно неизвестных Δq_j . Величина прироста нормальной силы в достаточно удаленных кольцах равна:

$$\Delta N = BR \sum_{j=0}^m \Delta q_j. \quad (5)$$

На обжатую обделку в конечном счете должна установиться следующая нагрузка:

$$q = \sum_{j=0}^n \Delta P_j + \sum_{j=0}^m \Delta q_j, \quad (6)$$

где n — число неизвестных в системе (2),

m — число неизвестных в системе (4).

На основе полученных формул произведен расчет нагрузки на обделку перегонного тоннеля метрополитена из сплошных железобетонных блоков (унифицированная обделка), устанавливаемых с обжатием. Геометрические параметры: $R=275$ см,

$B=100$ см, $L=150$ см. Приведенная жесткость обделки при 10 стыках, согласно расчетам С. Орлова***, $E_0 F = 8,5 \times 10^7$ кг, причем

$$E_\delta = 300\,000 \text{ кг/см}^2,$$

$$F_\delta = 2 \times 10^4 \text{ см}^2.$$

Зависимость суммарных величин полученных давлений

$$\sum_{i=0}^n \Delta P_i \text{ и } \sum_{i=0}^m \Delta q_i$$

от модуля деформации массива приведена на рис. 3.

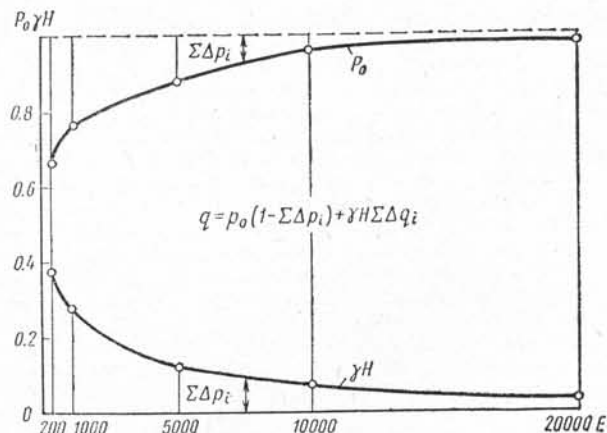


Рис. 3. Графики зависимости контактных давлений от модуля деформации массива

По графикам можно найти, например, величину усилия обжатия кольца, при котором начальное напряженное состояние массива должно быть восстановлено с целью максимального снижения осадок поверхности. Для этого в формуле (6) следует принять $q = \gamma H$. Тогда получим:

$$P_0 = \frac{\gamma H \left(1 - \sum_{j=0}^m \Delta q_j \right)}{1 - \sum_{j=1}^n \Delta P_j}$$

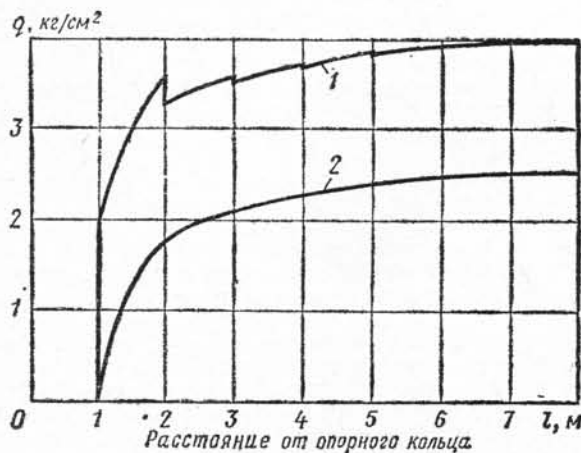


Рис. 4. Нарастание величины давления на обделку при продвижении забоя:

1 — обжатая обделка; 2 — необжатая обделка

На рис. 4 показано изменение нагрузки на кольцо обделки в зависимости от его расстояния до опорного кольца щита при $N_0=50$ т; $\gamma H=10$ кг/см²; $E=1000$ кг/см² (кривая 1). На графике видно изменение нагрузки при $N_0=0$. Результаты экспериментальных исследований горного давления на обжатую и необжатую обделку, проведенные на Ленметрострое, хорошо согласуются по своему характеру с этими графиками.

*** Методы статического расчета сборных железобетонных обделок тоннелей. Госстройиздат, 1961.

ЖЕЛЕЗОБЕТОННАЯ ОБДЕЛКА С МЕТАЛЛОИЗОЛЯЦИЕЙ

Л. АРУТЮНОВ, начальник Армтоннельстроя,
Д. РЗЯНКИН, гл. инженер; В. ДАНДУРОВ, начальник
Армгипротранса, А. КУРИСЬКО, начальник отдела

Для строительства перегонных тоннелей реконструируемой трамвайной сети в Ереване Армгипротрансом совместно с Армтоннельстроем предложена обделка из сборных железобетонных блоков с цилиндрическими стыками без связей растяжения и двумя дополнительными вкладышами. Это позволило увеличить внутренний диаметр обделки с 5,1 до 5,4 м. Внутри конструкции сооружается железобетонная рубашка толщиной 15 см с теплоизоляцией (рис. 1).

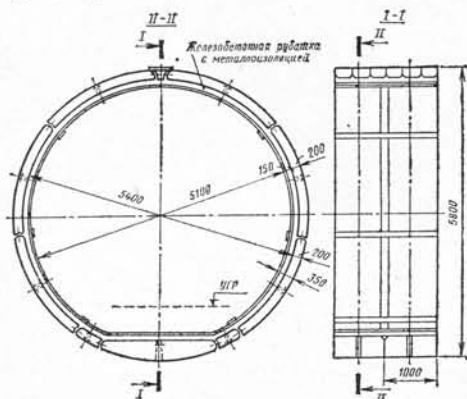


Рис. 1

Наружное кольцо воспринимает нагрузку от горного и гидростатического давлений, собственного веса обделки. Оно запроектировано на основе типовой унифицированной восьмиблочной обделки без связей растяжения с цилиндрическими стыками, с добавлением двух новых блоков и антисейсмическими уголковыми связями (новые блоки — вкладыши по типам связей и стыков не отличаются от основных блоков унифицированной обделки). В них предусмотрено отверстие для захвата блока рукой эректора и армирование его двумя арматурными сетками. Блоки изготавливаются на заводе мостовых и тоннельных конструкций в Баку в тех же формах, что и элементы унифицированной обделки, но только с вкладышами. В настоящее время налаживается их изготовление в Ереване.

Для повышения водонепроницаемости наружная поверхность блоков смазывается эпоксидно-фурановой мастикой. Блоки собираются эректором. За обделку производят нагнетание цементного и бентонитового растворов. Стыки зачеканивают расширяющимся цементом. Гидроизоляцию производят совместно с ЦНИИСом.

Конструкция внутренней железобетонной рубашки представляет собой арматурные каркасы с металлическим листом толщиной 6 мм. Сборка производится эректором на себя после сборки перегонного тоннеля и окончания возведения наружного железобе-

тонного кольца. Листы стыкуются с помощью металлических накладок на сварке. Бетонирование рубашки ведется 6-м секциями пластбетоном. За рубашку предусмотрено нагнетание цементного раствора состава 1:0. Железобетонная рубашка с теплоизоляцией выполняет в основном гидроизолирующую функцию, а также улучшает антисейсмические свойства сборной обделки.

В таблице дается сравнение технико-экономических показателей на 1 пог. м тоннеля новых типов обделок с ранее применяемыми из чугунных тубингов.

Новый тип обделки позволяет получить экономию металла около 4152 кг на 1 пог. м тоннеля. По всему строящемуся участку экономия составит 7350 т. Кроме того, при эксплуатации

энергии, потребляемой вентиляторами и при движении поездов.

Новую обделку в настоящее время возводит коллектив СМУ-160 Армтоннельстроя в четырех забоях перегонных тоннелей. Опытное внедрение этой обделки в производственных условиях показало, однако, трудоемкость и сложность сооружения внутренней железобетонной рубашки.

Учитывая трудоемкость возведения внутренней железобетонной рубашки, проектировщики совместно со строителями намечают в экспериментальном порядке выявить возможности создания теплоизоляции на блоках унифицированной обделки (рис. 2).

На заводе ЖБК отвальцованный металлический лист толщиной 6 мм, соответствующий размерам внутренней поверхности блока унифицированной обделки, укладывается в металлическую форму. На лист устанавливают и приваривают к нему обычный арматурный каркас унифицированно-

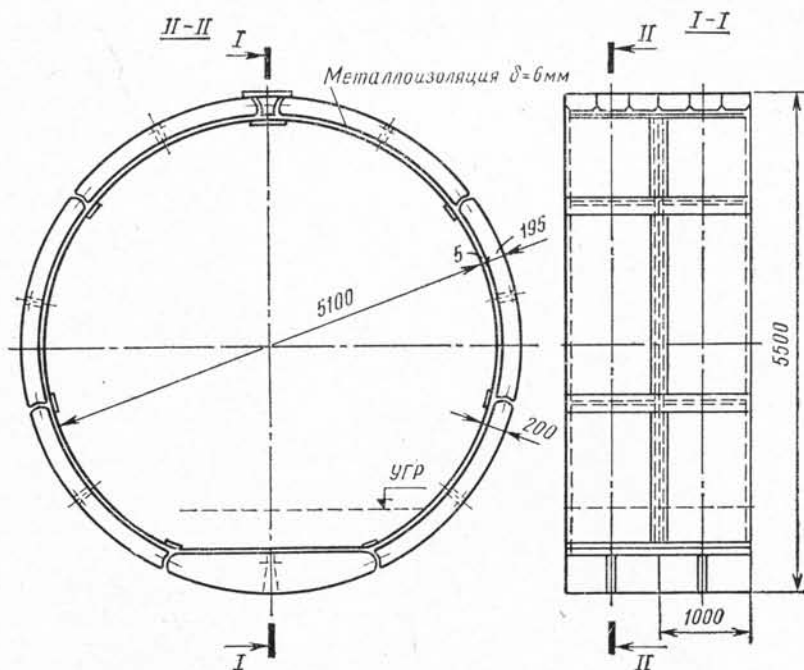


Рис. 2

обделки с гладкой внутренней поверхностью почти в два раза сокращаются аэродинамические сопротивления движению воздуха по тоннелю. В связи с этим уменьшается расход электро-

го блока. Затем блок бетонируется как обычно. После сборки обделки стыки между блоками сваривают с помощью накладных металлических пластин.

Таблица

Наименование показателя	Един. изм.	Обделка из чугунных тубингов	Обделка из сборных железобетонных блоков с железобетонной рубашкой и теплоизоляцией		Обделка из сборных железобетонных блоков с теплоизоляцией	
			Всего	Экономия	Всего	Экономия
Грунт	м ³	23,7	26,4	—	23,7	—
Железобетон	м ³	—	6,4	—	3,6	—
Металл	т	5,468	1,316	4,152	1,019	4,449
Стоимость сооружения 1 пог. м	руб.	2112	1670	442	1212	900 руб.

К РАСЧЕТУ СВАЙНОЙ КРЕПИ КОТЛОВАНОВ

И. МАКОВСКИЙ, канд. техн. наук;
В. КОТОВ, инженер

При проектировании линий метрополитена, сооружаемых открытым способом, возникает необходимость выполнения большого количества расчетов свайной крепи котлованов, что связано с ча-

стым чередованием по длине перегонных тоннелей и станций участков с различной глубиной и изменением характера напластования и показателей грунтов.

Существуют различные методы расчетов свай на поперечную нагрузку, учитывающие нелинейную деформируемость грунта, изменение коэффициента постели с глубиной, жесткость свай и другие параметры. Расчеты по этим методикам

на соответственно для консольных свай и свай в котлованах с одним ярусом расстрелов. Нагрузка на бровке котлована заменена эквивалентным слоем грунта — 1 м. Для консольных свай максимальная глубина котлована принята 5 м. График для расчета свайной крепи с одним ярусом расстрелов составлен для случая расположения их на высоте 6,5 м от дна котлована. Мак-

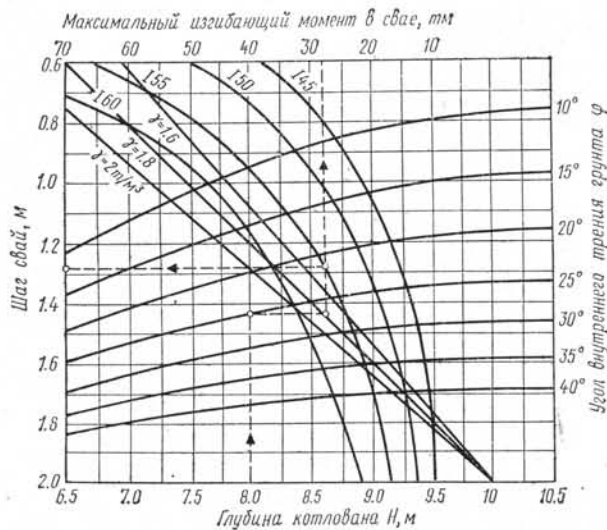


Рис. 1

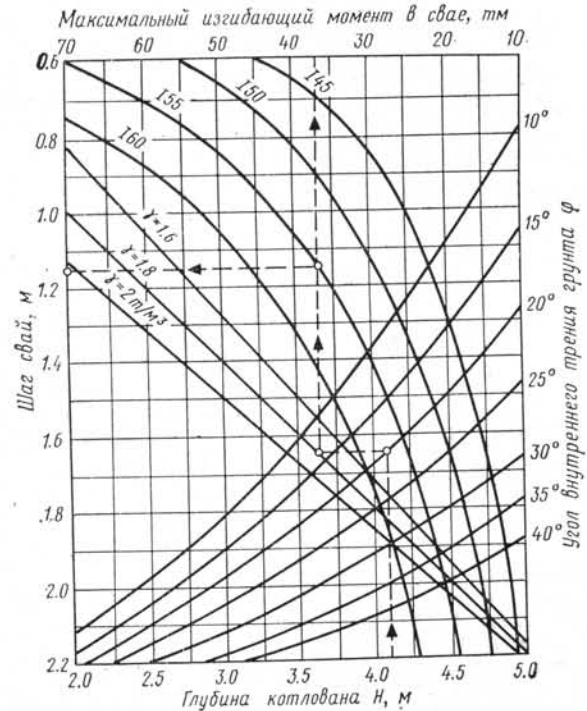


Рис. 2

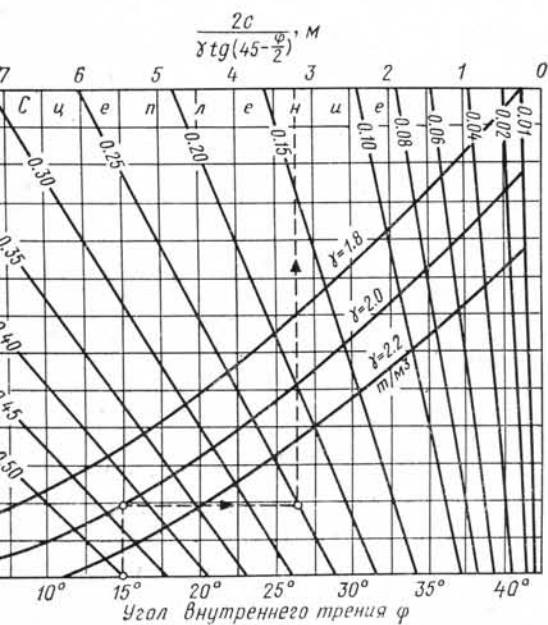


Рис. 3

весьма трудоемки, а вместе с тем такие определяющие факторы, как нагрузка на сваи, условия работы заделки нижнего их конца в грунт устанавливаются со значительной степенью приближенности. В ряде случаев в результате расчетов получаются утяжеленные конструкции крепи, не в полной мере соответствующие экспериментальным данным.

С целью снижения трудоемкости расчетов предлагается упрощенный графический метод определения основных параметров свайной крепи, который рекомендуется использовать для нахождения объемов работ в технических проектах линий метрополитена.

По приведенным графикам в зависимости от глубины котлована, объемного веса и угла внутреннего трения грунта, а также номера двутавра определяют максимальные изгибающие моменты и шаг свай. Графики составлены для случаев применения консольных свай (рис. 1) и свайной крепи с одним ярусом расстрелов (рис. 2).

Упрощающей предпосылкой является принятие условной заделки свай в грунте на глубине 1 и 0,5 м от дна котлова-

на. Величина наибольшего изгибающего момента в консольных сваях может быть определена также по формуле:

$$M = 1,2 \gamma \cdot \text{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) \times (0,167H^3 + H^2 + 1,5H + 0,67). \quad (1)$$

Для котлованов с одним ярусом расстрелов максимальный изгибающий момент находят из выражения

$$M = 1,2 \gamma \cdot \text{tg}^2 \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right) \times (0,0834H^3 - 1,375H^2 - 1,18H - 1,50). \quad (2)$$

В ряде случаев для связных грунтов может быть применен график (рис. 3), учитывающий разгружающее воздействие сцепления грунтов.

При этом величину H , входящую в формулы (1) и (2), следует уменьшить на

$$H_c \cdot \frac{2c}{\gamma \cdot \text{tg} \left(45 - \frac{\varphi}{2} \right)} - 1.$$

ЭФФЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ПРИ СООРУЖЕНИИ ТОННЕЛЕЙ

В. СКОБУНОВ, канд. техн. наук

Для оздоровления воздушной среды в тоннелях от распределенных по длине источников вредности (автомобильный транспорт, дизельные рельсовые локомотивы, сварочные, чеканочные, гидроизоляционные работы и др.) предложен принцип рассредоточенного воздухораспределения. Для его осуществления одиночные (рис. 1, а, б, в) тоннели и сооружения с параллельной штольной (рис. 1, г) разбиваются на ряд независимо вентилируемых участков, в конце которых производится раздача воздуха, в количестве, достаточном для разбавления примесей до допустимой нормы C^* , т. е. $C_{12} = C_{23} = C_{34} = C$.

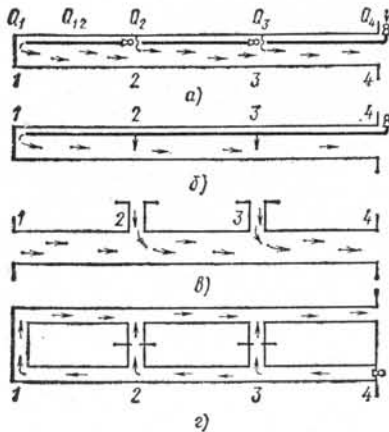


Рис. 1. Расчетные схемы вентиляции

Расходы воздуха для удаления выхлопных газов из тоннеля (согласно схемам на рис. 1) рассчитываются по формулам, изложенным в сборнике «Проблемы современной рудничной аэрологии».

Большинство строящихся и проектируемых в СССР горных протяженных тоннелей (Меградзорский — 8 км, Северо-Муйский — 15 км) сооружаются с параллельной разведочной штольной (см. рис. 1, г). В тех случаях, когда для вывозки породы и доставки материалов применяется автотранспорт, целесообразно использовать штольно в качестве вентиляционной выработки. Распределение чистого воздуха в сооружаемый тоннель, по которому перемещается основной поток самосвалов, следует производить через сбойки с вентиляционными окнами. Аналогичная схема с раздачей воздуха применима и для вентиляции перегонных тоннелей метрополитенов при производстве в них сварочных работ.

При сооружении тупиковых горных тоннелей длиной 2÷3 км (Лысогорский железнодорожный тоннель и др.) рационально раздавать воздух в местах раз-

* Москва, «Наука», 1974.

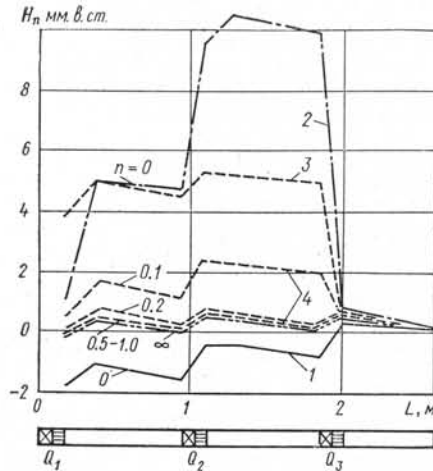


Рис. 2. Потери давления в воздуховоде при различной ширине кольцевой щели.

мещения вентиляторов (см. рис. 1, а) через кольцевые щели между разомкнутыми соосными вентиляционными трубами, или окна, вырезаемые на воздуховоде.

Размер кольцевой щели (или вентиляционного окна) сильно влияет на потери давления по длине воздуховода (рис. 2). С увеличением ширины щели ($n=l/d$, l — ширина щели, d — диаметр воздуховода) резко снижаются аэродинамические потери (кривые 2—4). Воздуховод

латорами одинаковой производительности (кривая 1) неизбежны режимы с подсосом загрязненного воздуха и выбрасыванием его в тоннель.

Испытания систем вентиляции с распределенной подачей воздуха, проведенные на Лысогорском железнодорожном тоннеле, показали влияние ширины щели между соосными воздуховодами $d=1$ м на степень передачи чистого воздуха в зависимости от коэффициента его раздачи. Для этого действующий приточный воздухопровод посредством кольцевой щели (рис. 3) был разделен на два участка по 300 м: первый — от портала обслуживался осевым вентилятором ВОК-1, а второй — тремя параллельно установленными вентиляторами СВМ-6м, смонтированными в специальной камере с регулирующими шиберами и виброподкладками. На этом же рисунке показано изменение концентрации выхлопных газов для приточной (прямые линии) и рассредоточенной (ломаная линия) систем.

При реально осуществимой подаче воздуха в тоннель до 30% ширина щели не должна превышать $l=1,5$, т. е. $d=1$ м, $l=1,5$ м, а при $d=0,6$ м, $l=0,9$ м. Указанная длина разрыва труб вполне достаточна, например, при перекладке тоннелей с помощью блокоукладчика, а также для ведения пусконаладочных работ при сооружении метрополитенов. Для их выполнения требуется

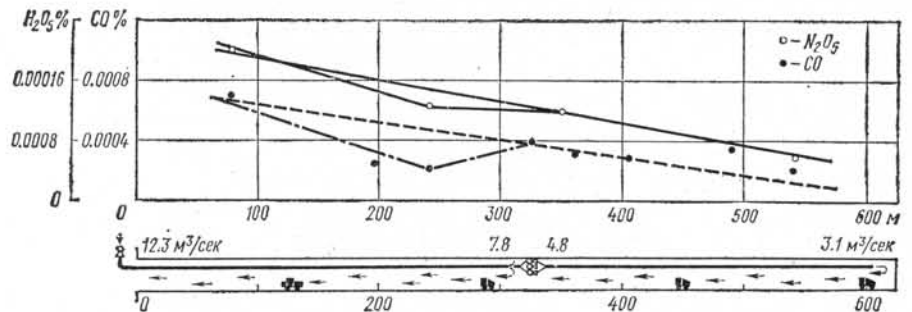


Рис. 3. Эффективность системы вентиляции с распределенной подачей воздуха для удаления выхлопных газов

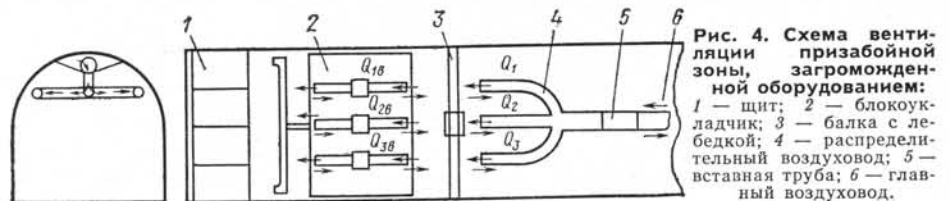


Рис. 4. Схема вентиляции призабойной зоны, загрязненной оборудованием: 1 — штит; 2 — блокоукладчик; 3 — балка с ледбкой; 4 — распределительный воздухопровод; 5 — вставная труба; 6 — главный воздухопровод.

по всей длине находится под давлением, т. е. исключаются участки с рециркуляцией воздуха. Наоборот, для сплошного воздуховода (без кольцевых щелей) с последовательно установленными венти-

разборка воздухопроводов, которая нарушает вентиляцию перегонных тоннелей вообще.

Если придерживаться реальной степени передачи чистого воздуха ~95%

(что вполне допустимо в соответствии с санитарно-гигиеническими нормами и осуществляется в системах вентиляции с частичной рециркуляцией воздуха), то разрыв воздуховода может быть увеличен до (2—3) *d*. Это позволяет решить техническую задачу проветривания загрязненной призабойной зоны при щитовых методах проходки тоннелей путем размещения (рис. 4), например, на блокукладчике соосно с патрубками распределительного устройства главного воздуховода нескольких вспомогательных вентиляторов с короткими трубами, подающих (или отсасывающих от забоя) чистый воздух в щитовое пространство (стрелки к забюю). Упрощенный вариант этой системы применен в Лысогорском тоннеле для удаления выхлопных газов от работающих в забое автосамосвалов, а также выделяющегося из породы метана. При работе вспомогательных вентиляторов и обычном выделении метана практически не наблюдалось случаев газирования ячеек щита. При нагнетании бетона за обделку вытесняется значительный объем метана, поэтому дополнительно у портала включался резервный вентилятор ВОК-1, увеличивающий общую подачу воздуха в забой. Степень загазованности призабойной зоны контролировалась метан-реле, которым отключалось все электрическое оборудование в забое, кроме вентиляторов. Здесь использовались маломощные осевые вентиляторы 06-320 № 7, изготавливаемые Крюковским вентиляторным заводом. Эти же вентиляторы выпускаются во взрывобезопасном исполнении.

На основе принципа рассредоточенного воздухораспределения может быть создана универсальная однотрубная система вентиляции. При использовании вен-

резать на воздуховоде боковое окно с регулирующей заслонкой. Такая система может быть использована в любых транспортных тоннелях, в том числе перегонных при сооружении метрополитенов.

Схема воздухораспределения в тоннеле по отдельным участкам для удаления выхлопных газов и предлагаемые осевые и центробежные вентиляторы представлены на рис. 5.

При строительстве тоннелей в суровых климатических условиях важным вопросом является подогрев вентиляционного воздуха. Опыт проходки штолен и тоннелей в районах с низкой и умеренной температурами показывает, что влияние наружного холодного воздуха при вытяжных системах вентиляции распространяется вглубь пройденной выработки на 500 м. При дальнейшей проходке поступающий по вентиляционным трубам или штольне воздух нагревается за счет тепла горных пород и приобретает плюсовую температуру. В виду этого вряд ли следует ожидать поступления в забой холодного воздуха ниже 2°C при глубине тоннеля более 1000 м. Лишь при проходке первых 500—700 м необходимо будет подогреть ~10—15 м³/с подаваемого воздуха в калориферной установке.

Поэтому при строительстве тоннелей с параллельной штольной целесообразно холодную струю воздуха направлять по штольне, а исходящую, нагретую от пород, по тоннелю. В этом случае при скорости движения воздуха более 0,1 м³/сек. его термическая стратификация по плотности на высоту тоннеля отсутствует. Следовательно не происходит проникновения холодного воздуха.

Для удаления взрывных газов следует прокладывать основной вытяжной

В связи с этим в целом стоимость вентиляции в зимний период при строительстве тоннелей с применением автосамосвалов не будет превышать стоимость вентиляции при электровозной откатке.

Важным вопросом для повышения эффективности проходческой вентиляции является создание надежных уплотнений вентиляционных труб. В настоящее время наибольшее распространение в тоннелестроении получило фланцевое соединение труб. Однако из-за отсутствия качественных уплотняющих материалов, а следовательно, больших потерь воздуха, этот вид соединения не отвечает возросшим требованиям вентиляции протяженных тоннелей: трудоёмко при выполнении монтажа и демонтажа труб. Стоимость изготовления труб также очень высока.

В последнее время как за рубежом при строительстве протяженных тоннелей, так и в нашей стране при сооружении Ангренского и Лысогорского тоннелей широко используется бандажное соединение труб с уплотнительными прокладками. Такое соединение воздухопроводов из-за легкости сборки, простоты изготовления труб без фланцев в производственных условиях можно считать наиболее перспективным при строительстве тоннелей (исключая стволы). Однако применяемые в настоящее время уплотнительные материалы из старых прорезиненных вентиляционных труб не обеспечивают допустимые потери воздуха (1% на 100 м воздуховода).

Предварительные стендовые испытания натуральных воздухопроводов показали, что высокая степень уплотнения достигается при использовании мастики «бупрол», изготавливаемой Московским заводом строительных красок (стоимость 1 кг — 0,5 руб.). Мастика в разогретом виде с помощью пневмошприца наносится двумя плоскими лентами на подложку из прорезиненной ткани, а затем накладывается на очищенный и загрунтованный стык соединяемых труб и стягивается металлическим бандажом шириной 100—300 мм. Расход бупрола на один стык трубы диаметром 1 м — 2 кг. При этом способе соединения достигается практически полная воздухопроницаемость конструкции по сравнению с известными соединениями. Такое соединение особенно необходимо на участках протяженностью 100 м до и после установки вентиляторов на трубопроводе.

Хорошие результаты достигнуты при использовании полимерных липких лент (ГОСТ 52107—73), поставляемых в рулонах. Цена за 1 т — 1700 руб. Липкая лента не теряет адгезионных свойств при температуре от +55 до —30°C.

Технология уплотнения стыка проста. Предварительно он очищается щеткой от грязи и наносится любая из имеющихся грунтовок. Затем поверх стыка два раза наматывается липкая лента, далее — плотная ткань (прорезиненная) и стык стягивается металлическим бандажом. Такое соединение труб наиболее предпочтительно для низконапорных участков воздухопроводов.

Предлагаемые системы вентиляции и способы соединения воздухопроводов могут быть рекомендованы для строительства тоннелей БАМА.

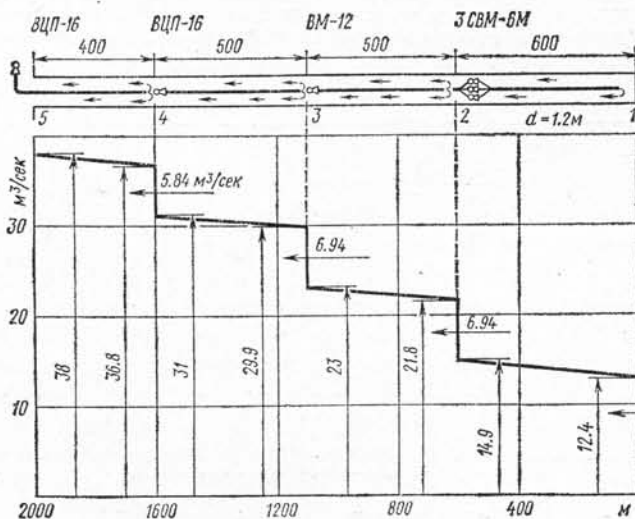


Рис. 5. Предлагаемая схема вентиляции для однопутных железнодорожных тоннелей, сооружаемых с применением автотранспорта

тиляторов ВОД-11 и ВОД-16 без перестройки воздухораспределительных щелей при работе на приток она способна удалять из тоннелей выхлопные, сварочные и др. вредные вещества, а при реверсировании на вытяжку — газы ВВ.

Для рассредоточенного воздухораспределения вместо кольцевых щелей достаточно перед каждым вентилятором вы-

воздуховод (по штольне или тоннелю), который при применении реверсивных вентиляторов может быть переведен на приток. Поступающий в течение 15—30 мин. холодный воздух вследствие тепловой инерции горных пород не будет оказывать существенного влияния на изменение микроклиматических условий в тоннеле.

В Москве в ближайшие годы будет развернуто строительство сети глубоких канализационных тоннелей общей протяженностью 100—120 км. Габариты их приближаются к параметрам тоннелей метрополитенов. Сейчас ведутся соответствующие инженерные изыскания и проектно-конструкторские разработки.

В публикуемой в порядке обсуждения статье приводятся первые наброски в области механи-

зации горнопроходческих работ применительно к условиям строительства глубокого коллектора.

Учитывая, что по характеру сооружения, габаритам, а также технологии горностроительных работ, глубокий канализационный коллектор аналогичен перегонным тоннелям метрополитена, целесообразна разработка технических решений, способствующих в равной мере развитию техники отечественного метростроения.

С. МАРШАК, Х. АБРАМСОН, кандидаты техн. наук

Рост жилищного, культурно-бытового, административного и промышленного строительства в Москве обусловили необходимость коренной реконструкции подземного канализационного хозяйства города. Новой генеральной схемой, утвержденной Мосгорисполкомом, предусматривается строительство системы самотечных (безнапорных) коллекторов-тоннелей диаметром 5—6 м на значительных глубинах. Сооружение системы предполагается начать в текущей пятилетке и завершить в течение 15—20 лет. Трасса коллектора пересечет территорию города с севера на юг — от Тушинской насосной станции до Пахринской станции аэрации. Для накопления опыта строительства предполагается соорудить в черте города четырехкилометровый коллектор на несколько меньшей глубине. Он завершится у впадения Яузы в Москву-реку.

Строительство глубокого коллектора предполагается осуществить в толще каменноугольных отложений (мергели, доломиты, известняки, песчаники, глины крепостью от 1 до 8 по шкале проф. Протодьяконова).

Одна из сложных проблем сооружения всего комплекса — проходка вертикальных стволов в сложных гидрогеологических условиях, особенно в верхней части (пески, глины, супеси, суглинки, плывуны).

Обеспечить строительство высокими темпами, используя существующие способы и средства механизации основных процессов, не представляется возможным. В этой связи ряду научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов и заводов предстоит выполнить значительный объем работ по созданию и серийному изготовлению различных машин и механизмов для всего комплекса горнопроходческих работ.

Институт ЦНИИподземмаш совместно со специалистами Московского Метростроя и ряда других организаций разработал эффективный способ сооружения стволов в неустойчивых и плывунных

О НАПРАВЛЕНИЯХ МЕХАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ГЛУБОКИХ КОЛЛЕКТОРОВ

породах методом погружения крепи в тиксотропной рубашке. Этот способ уже получил широкое распространение в практике строительства метрополитенов в Москве и Киеве, а также на многих других строительных объектах.

Оборудование для проходки стволов этим методом включает в себя тяжелый одноканатный грейфер типа «Темп», подвешенный на 25-т автокран, маслостанцию и батарею из 6—8 гидродомкратов, прикрепляемых к опорным балкам или консолям, ножевое кольцо со специальным замком по внешнему контуру для удержания тиксотропного раствора, а также глиномешалку и насос для подачи раствора бентонитовых глин в закрепное пространство. При строительстве глубоких стволов, в отличие от практики метростроения, предполагается применить наиболее экономичную монолитную бетонную крепь, хотя и не исключено использование сборной крепи из металла и железобетона (в зависимости от конкретных гидрогеологических условий).

Разработанный ЦНИИподземмашем новый комплекс оборудования для сооружения глубоких вертикальных стволов получил название КСН-1 (рис. 1).

Для проходки стволов в нижней части по доломитам и известнякам средней крепости предусмотрено оборудование для механизированного бурения шпуров. Погрузка взорванной породы — горной

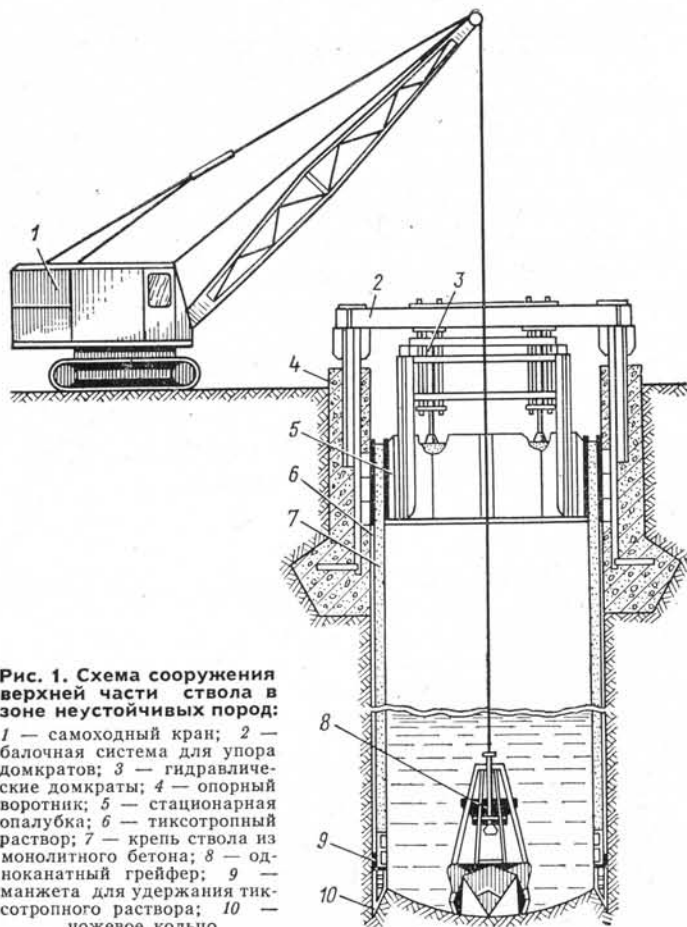


Рис. 1. Схема сооружения верхней части ствола в зоне неустойчивых пород:
 1 — самоходный кран; 2 — балочная система для упора домкратов; 3 — гидравлические домкраты; 4 — опорный воротник; 5 — стационарная опалубка; 6 — тиксотропный раствор; 7 — крепь ствола из монолитного бетона; 8 — одноканатный грейфер; 9 — манжета для удержания тиксотропного раствора; 10 — пожарное кольцо

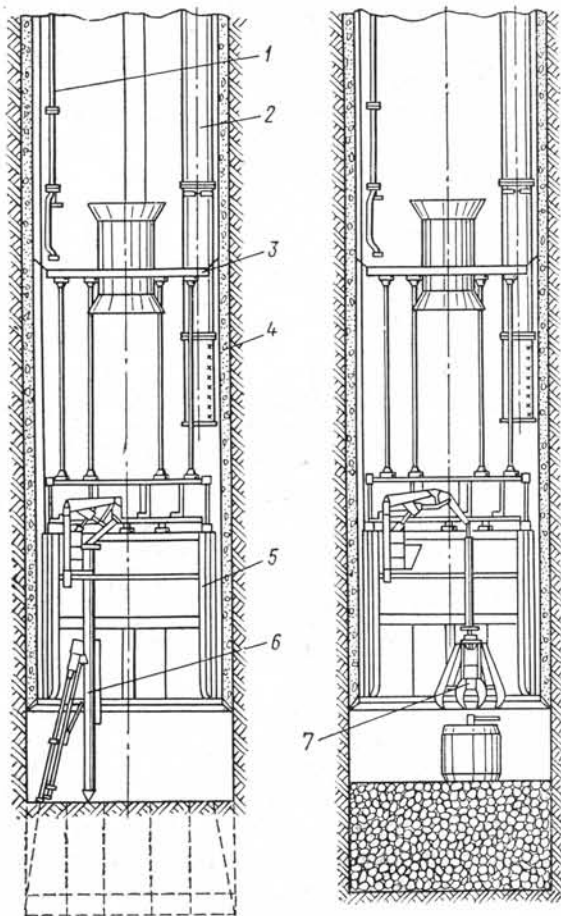


Рис. 2. Схема сооружения ствола в устойчивых породах с применением комплекса КСН-1:
 1 — трубопровод для подачи бетонной смеси за опалубку; 2 — вентиляционная труба; 3 — подвешной проходческий полок; 4 — бетонная смесь ствола; 5 — передвижная опалубка; 6 — бурильная установка; 7 — грейфер с механизмом вождения

массы намечена грейфером с механизированным вождением по забою, перемещаемым по монорельсу, закрепленному на опалубке (рис. 2). Основные элементы предлагаемого комплекса входят в состав стволопроходческого комплекса КС-12, изготовленного на Скуратовском экспериментальном заводе института и испытываемого сейчас в Кузбассе и Донбассе. Проектные темпы проходки стволов с помощью КСН-1 составят до 150 м/мес.

Пока еще сложно выделить наиболее эффективную схему организации тоннелепроходческих работ. Однако с учетом существующей проходческой техники целесообразно рассмотреть следующие схемы механизации тоннельных работ: буровзрывную и комбайновую (щитовую).

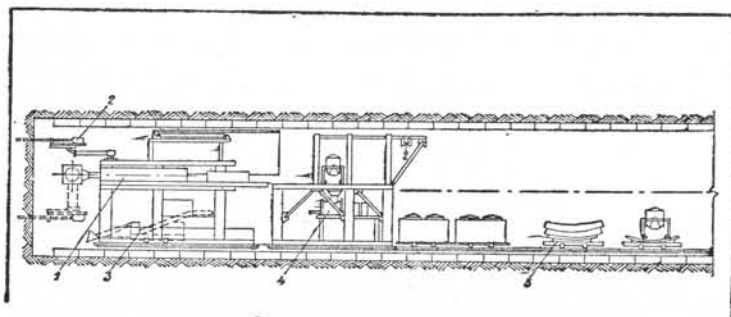


Рис. 3. Проведение тоннеля буровзрывным способом установками БОМ-1:
 1 — тубингоукладчик; 2 — бурильная машина; 3 — породопогрузочная машина; 4 — тележка с элементами крепи; 5 — нагнетатель

Основным оборудованием при буровзрывном способе разрушения пересекаемых тоннелем пород является самоходный тоннельный блоко- (тубинго-) укладчик (рис. 3). На нем монтируются три установки типа БОМ-1 для механизированного бурения шпуров по забою.

Бурильные установки размещаются на горизонтальных площадках, которые используются для оборки забоя и зарядания шпуров. Погрузку разрушенной взрывом горной массы осуществляют ковшевыми породопогрузочными машинами типа ППМ-4м или 2ПНБ-2. Монтаж элементов сборной железобетонной обделки — эректором, смонтированным на центральной площадке блокоукладчика.

В комплекс входят также тоннельные перегружатели, технологическая платформа для обменных операций, тельферы, тампонажный агрегат, электровозы, вагонетки, блоквозки и другое оборудование.

Основным проходческим оборудованием при применении комбайновой схемы могут быть конструкции бурового типа, осуществляющие сплошное разрушение забоя, или комбайны избирательного действия, оснащенные штанговыми исполнительными органами.

На Ясиноватском машиностроительном заводе изготовлены опытные образцы проходческих породных комплексов с комбайнами бурового типа (ТОР-72 и Союз-19), а также комплексы с

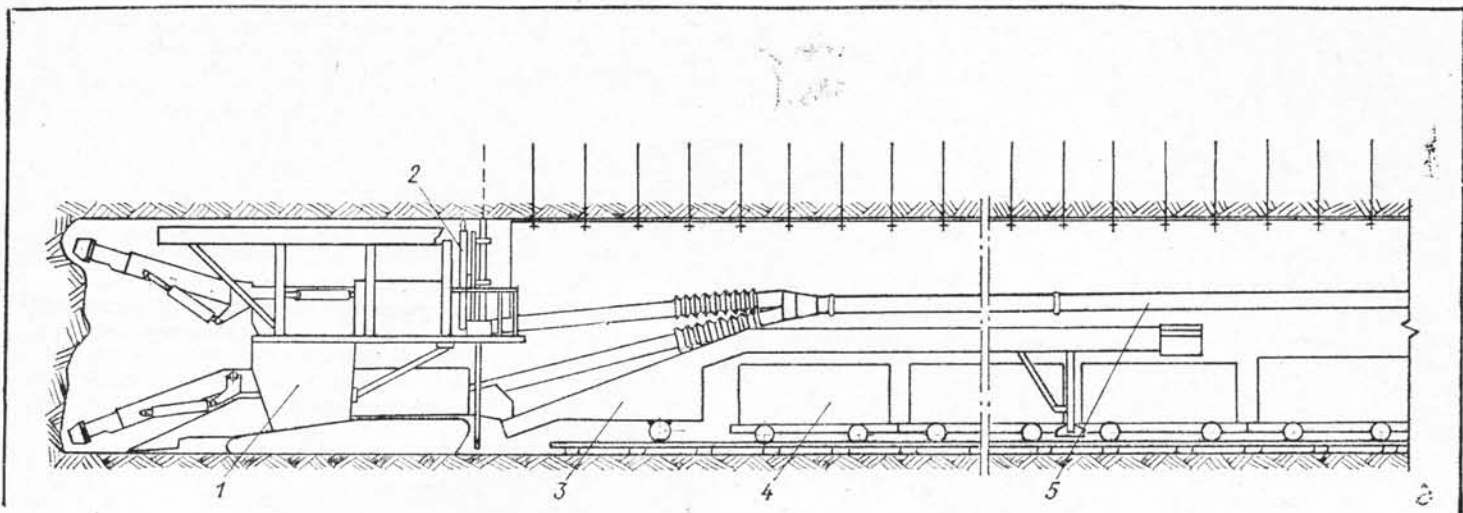


Рис. 4. Проходческий комплекс ТК-1с:

1 — тоннелепроходческий комбайн ТК-1с; 2 — электросверло для бурения анкеров (ДЭС-4); 3 — перегружатель ППЛ-1к; 4 — вагонетки УВГ-3,3; 5 — пылеотсасывающая система

комбайнами со штанговым исполнительным органом — 4 ПП-3, ТК-1 (рис. 4) и ТК-2. В настоящее время они проходят испытания при проведении выработок на ряде угольных шахт и в гидротехническом строительстве. Три последних комплекса сконструированы на базе серийно выпускаемых комбайнов 4ПП-2 и ПК-9р.

Проходческие комбайны АПП-5 и 4ПП-2 предназначены для сооружения выработок сечением соответственно до 30 и 24 м² по породам крепостью до $f=6$. С помощью комбайна 4ПП-2 при проведении выработок на шахтах Донбасса и в других угольных бассейнах достигнуты скорости до 300 м/мес.

В Донбассе же успешно испытан комбайн бурового типа «ТОР-72», предназначенный для проведения выработок диаметром 3,6 м в породах крепостью до $f=8$. Изготавливаемый в настоящее время буровой комбайн «Союз-19» позволяет проводить выработки диаметром 4,75 м.

Конструкции бурового типа могут разрабатывать породы более крепкие, чем комбайны избирательного действия и по возможности разрушения породы вполне могли бы быть использованы для строительства глубокого коллектора.

Темпы проведения выработок буровыми комбайнами составляют 200—250 м/мес. Однако недостаток создаваемых комбайнов — их малый для проектируемых тоннелей диаметр, высокая энерго- и металлоемкость.

Для сооружения тоннелей в условиях смешанных и неустойчивых пород (глины, пески) наиболее целесообразно применение механизированных щитовых комплексов. На экспериментальном заводе ЦНИИподземмаша изготавливается щитовой механизированный комплекс КЩ-5,2Б, предназначенный для проведения магистральных выработок на шахтах Подмосквовного бассейна (рис. 5). Рабочий орган щита, заимствованный от комбайна 4ПП-2, способен разрушать породы крепостью до $f=6$. В щит вмонтирован блокоукладчик; предусмотрено оборудование для выполнения основных операций горнопроходческого цикла.

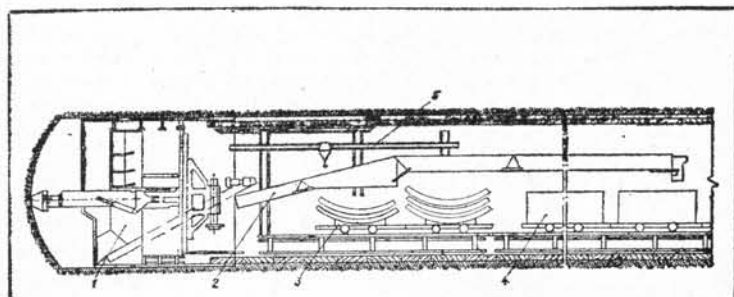


Рис. 5. Механизированный щитовой комплекс КЩ-5,2Б:

1 — щит; 2 — ленточный перегружатель; 3 — блоковозка; 4 — монорельсовая дорожка; 5 — вагонетки

Комплекс предназначен для проведения выработок диаметром 5,2 м при креплении сборными железобетонными блоками. Его вес 208 т, мощность электродвигателей — 325 квт. Проектная скорость проведения выработок 200—250 м в месяц. По своим параметрам этот комплекс вполне может быть использован на строительстве глубокого коллектора. Испытания КЩ-5,2Б запланированы на одной из новостроящихся шахт Подмосквовного угольного бассейна.

Публикуя статью С. Маршака и Х. Абрамсона в порядке обсуждения, редакция просит высказаться и по таким вопросам: не много ли иметь 50 стволов на 100 км трассы! Пригодны ли для разработки пород коэффициентом крепости $f=8$ предлагаемые авторами конструкции комбайнов? Целесообразно ли в устойчивых грунтах в небольшой по сечению выработке — 25 м² — вести работы двумя уступами? Может ли стреловой комбайн обеспечить чистую циркульную поверхность, при которой появляется возможность применения обделки, обжатой в породе!

НАДЕЖНОСТЬ ИЗОЛЯЦИИ ВАГОННЫХ ПРОВОДОВ

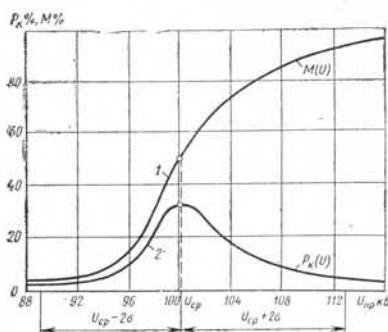
ЭКСПЛУАТАЦИЯ
МЕТРОПОЛИТЕНА

В. ЗАВЬЯЛОВ, канд. техн. наук;
А. ПОПОВ, А. ПОЛЯНСКИЙ, инженеры

Кафедрой «Теоретические основы электротехники» ЛИИЖТа проведены специальные исследования уровня изоляции проводов электроцепей вагонов метрополитена. (Известно, что для монтажа электроцепей этих вагонов применяются провода марки ПС ГОСТ 6598—53* с изоляцией на номинальные напряжения 1000 и 3000 В постоянного тока.)

В процессе исследований изучались коммутационные перенапряжения, возникающие в электроцепях вагонов при их эксплуатации, электрическая прочность изоляции проводов марки ПС, в том числе при импульсном воздействии напряжения, а также влияние старения изоляции проводов на их характеристики.

Данные испытаний обрабатывались методом математической статистики при большом числе опытных точек, что позволило получить достоверные результаты.



Кривые вероятности распределения пробивных напряжений $U_{пр}$ резиновой изоляции проводов ПС 1000 показаны на рисунке.

В процессе работы вагона перенапряжения возникают при отключении контакторов в силовой цепи, при переключениях в цепях управления, связанных с размыканием контактов.

В связи с тем, что возникающие перенапряжения носят случайный характер, при исследовании было охвачено наибольшее количество режимов, возможных в эксплуатации. Измерения перенапряжений выполнялись с помощью осциллографов С1-4 и С1-49 на вагоне типа ЕМА Ленинградского метрополитена.

Измерения в силовой цепи производились в стационарном режиме и при движении вагона со скоростью до 40 км/час.

* ГОСТ 6598—53 «Провода с резиновой изоляцией для электрифицированного транспорта».

В результате экспериментальных исследований установлено, что в силовой цепи и цепях управления возникают коммутационные перенапряжения с параметрами: в силовой цепи наибольшие амплитуды перенапряжений достигают 2400 В в режимах реостатного торможения, в цепях управления — 500 В.

Длительность импульсов коммутационных перенапряжений составляет: в силовой цепи — до 45 Мсек, в цепях управления — около 10 Мсек.

Таким образом, коммутационные перенапряжения в цепях вагона могут являться причиной электромагнитных помех в работе отдельных узлов и особенно в вагонах, оборудованных системой автоведения.

Испытания показали практическую равноценность изоляционной способности проводов: коэффициенты запаса достаточно велики и составляют для образцов ПС 1000 и ПС 3000 соответственно по переменному напряжению — 1,9 и 2, по постоянному — 5,4 и 4,7.

По импульсной электрической прочности при переменном напряжении коэффициент запаса равен: для провода ПС 1000 — 2,6, для ПС 3000 — 2,9.

Отсюда следует, что в цепях управления изоляционная способность проводов ПС 3000 используется не в полной мере.

Исследования электрической прочности проводов велись на образцах марок ПС 1000, ПС 3000 и ПСШ 3000 с различными сечениями токоведущих жил. Длина проводов была не менее 20 м. Это позволяло получать по 20—25 точек пробоя на каждом отрезке.

Определяющие эксплуатационную надежность электроизоляционные характеристики резин типа РТИ-1** и РТИ-2 нормированы для условий пребывания в воде в течение 24 час. при t 20°C; резиновые смеси содержат водорастворимые вещества, способствующие проникновению влаги в толщу изоляции. Это снижает ее электрические характеристики.

Исследование влияния процесса старения изоляции проводов, выполненное на образцах марок ПС 1000 и ПС 3000, демонтированных с вагонов Ленинградского метрополитена (вагоны типа Д выпуска 1955 г. с пробегом 2,5 млн. км), а также на проводах, подвергнутых ускоренному старению в лабораторных условиях показало, что при длительном сроке эксплуатации изнашивание незначительно сказывается на снижении

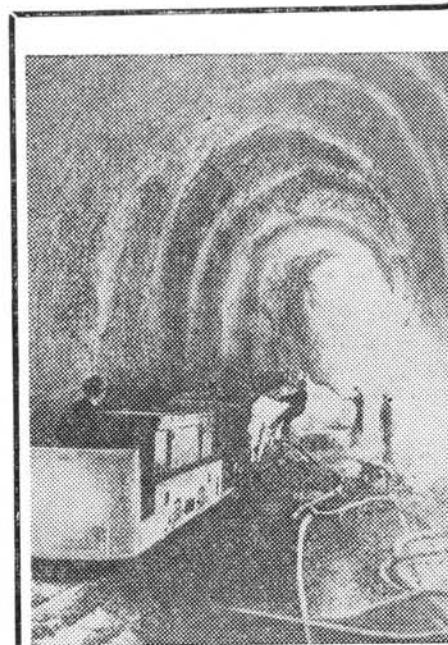
электрических характеристик изоляции. Ее долговечность определяется главным образом физико-механическими показателями (механическими деформациями покровной и резиновой изоляции и потерей эластичности).

Выводы:

Для монтажа низковольтных цепей управления вагонов метрополитена целесообразно использовать провод на номинальное напряжение 1000 В марки ПС 1000;

применение в цепях управления проводов марки ПС 1000 взамен ПС 3000 снижает массу сгораемого материала (резиновой изоляции) и облегчает затягивание проводов в трубы, так как провода ПС 1000 имеют меньшие диаметры и вес при эквивалентном сечении токоведущей жилы; снижаются затраты на кабельную продукцию;

для повышения надежности работы поездных устройств автоведения целесообразны разработка и внедрение мероприятий по демпфированию коммутационных перенапряжений непосредственно в местах их возникновения, т. е. в электротяговых аппаратах.



На будущей железнодорожной трассе Иджеван — Раздан в Армении полным ходом сооружается Меградзорский тоннель протяженностью 8311 метров.

** Новые провода и кабели для подвижного состава рельсового транспорта и троллейбусов (ГОСТ 6598—73) будут иметь резиновую изоляцию повышенного качества типа РТИ-1.

Оплачивать свой проезд в метро наши пассажиры привыкли медными пяточками. Иногда их заменяет книжечка из десяти разовых талонов... Чаще — месячные проездные билеты. В скором времени пассажирам предложат интересную новинку — магнитные карточки.

Ежедневно пользуясь метро, вы, конечно, заметили, что в последнее время легче пройти с пяточком через турникет, чем с месячным билетом. Магнитные карточки облегчат, а потом и снимут вообще ручной контроль, повысят культуру обслуживания.

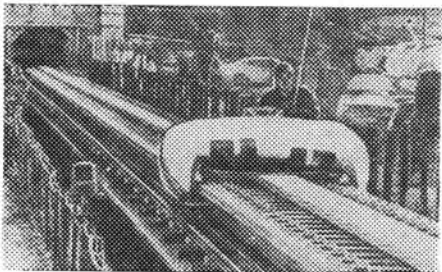
Главный конструктор опытного электромеханического завода Московского метрополитена Дмитрий Александрович Добровольский показал несколько таких карточек. Они из картона, примерно одного размера, но разного цвета. Их привезли из Парижа, Мехико, Нью-Йорка... Это разовые магнитные билеты для проезда в метро в этих городах.

На столе у главного конструктора не было лишь той магнитной карточки, которой будут пользоваться пассажиры нашего Московского метрополитена. Дмитрий Александрович пояснил:

— Такого магнитного билета у нас пока нет. Он еще не изготовлен. Но мы предполагаем, что размер его будет 50 на 70 миллиметров. Это чуть больше тех, что привезены из-за рубежа. Карточки на девятнадцать поездок будут картонными с магнитной дорожкой посредине. А вот у месячных билетов — тоже из картона — магнитная дорожка чуть сместится. Каждый месяц будет меняться только цвет билета. Для тех пассажиров, кто имеет право на бесплатный проезд, предусмотрены особые карточки с личным кодом. Они будут сделаны из пластмассы.

Будущая новинка метрополитена — магнитный билет — действительно тонкая карточка с магнитным слоем. Автоматическая система оплаты проезда в метро по новым билетам основывается на способности записывать и стирать на магнитном слое информацию.

А теперь представьте себе вестибюль одной из станций метро. Рядом с обычными автоматами для размена монет — новые. Они очень похожи на те, что выдают сейчас билеты на пригородные железнодорожные поезда. Вы опускаете, например, две никелевые монеты по 15 копеек. Автомат выдает вам магнитный билет на 6 поездок на метро.



В Японии проведены испытания опытного образца высокоскоростной транспортной системы на магнитной подушке. По этой системе пассажиры будут доставляться в город Нарита, в 65 километрах от Токио, где строится новый международный аэропорт. Предполагается, что пассажиры смогут доехать до аэродрома за 14—15 минут.

МАГНИТНЫЕ БИЛЕТЫ

Таких автоматов на нашем метрополитене пока нет. Но будут они совсем скоро. В них можно будет опускать только никелевые монеты. В любом наборе — до 95 копеек, и получить соответственно билет на метро на две, пять, десять... и 19 (это максимум) поездок. Автомат зашифрует билет на любое число поездок из девятнадцати в зависимости от желания пассажира.

Но вот вы купили магнитный билет. Как пройти с ним на посадку?

Подходите к обычному контрольному пропускному автомату. Сейчас в нем есть лишь отверстие для пяточка.

— В будущем в таком автомате, — рассказывает Дмитрий Александрович, — в верхней части крышки будет и специальное отверстие — ввод для магнитного билета. Вы опустили его. Специальное устройство автомата-контролера проверит билет. Если он опущен правильно, если соответствует код — загорится световое табло. Автомат сотрет с вашего билета шифр одной поездки. Как обычно вы пройдете через створки и при выходе в отверстие — вывод — получите свой билет обратно.

— А если карточка вставлена неверно или не соответствует код?

— Тогда световой сигнал не загорится. И ваш билет вы сможете взять обратно. Он выйдет рядом, всего в двадцати миллиметрах от того отверстия, куда вы опустили его.

Автоматы-контролеры, которые установлены сейчас в вестибюлях метрополитена, станут комбинированными. Сохранятся прежние световые сигналы. Так же можно будет пройти на посадку, опустив пяточок. Но эти же автоматы, дополненные специальными устройствами, будут пропускать и пассажиров с магнитными билетами. И называться они теперь будут не просто «Автомат контрольный пропускной» (АКП), а «Автомат контрольный пропускной с магнитными карточками» (АКПМ). И еще один вид — «Автомат шифровки многоразовых билетов» (АМБ).

С новой системой автоматической оплаты проезда в метро по магнитным билетам вас могут познакомить сегодня на опытном электромеханическом заводе метрополитена на Краснопрудной улице. Система разрабатывается в проектно-конструкторском бюро этого завода.

А пока на заводе проводят испытания на макетных образцах. Испыты-

ваются отдельные узлы, отрабатывается каждая часть новой автоматической системы. Здесь же, в экспериментальном цехе завода, создается новый автомат-контролер, на котором и будут проводиться эксперименты.

В разработке новой системы у конструкторов завода еще много вопросов, проблем. Например, не все так просто с покупкой магнитного билета. У нашего метрополитена, особенно в часы «пик», большая пропускная способность. Не снизят ли ее автоматы? Как быстро смогут они выдавать билеты? Это очень важно, потому что не секрет, что железнодорожные мы получаем в довольно замедленном темпе.

Как будет оформлена внешняя сторона магнитной карточки? Вероятно, на ней будет эмблема метрополитена и правила пользования билетом.

Представьте, что ваш билет предназначен на шесть поездок. Вы делаете пятую. Автомат должен предупредить вас о том, что на вашем билете остался шифр только одной поездки. Как он это делает? Может быть специальной наколкой, а может цветной меткой. А вот если вы делаете последнюю шестую поездку, автомат уже не вернет вам использованный билет.

Где можно купить месячные магнитные билеты? Пока речь идет о том, что продавать их будут в кассах.

Как видите, вопросов много.

Но уже сегодня ясно, что новинка на Московском метрополитене появится скоро. Это подтверждает напряженная работа конструкторского бюро опытного электромеханического завода метрополитена.

Б. БУХАРИНА



На строительстве новой линии Пражского метрополитена

О ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОМ
ОБОСНОВАНИИ ЛИНИЙ МЕТРОПОЛИТЕНА

В статье А. Захаревского и А. Зиньковской «О технико-экономическом обосновании строительства метрополитена»* подвергнуты критике существующие методы расчета эксплуатационных затрат. Утверждается, что для Харькова характерны особый состав и структура основных фондов метрополитена и особые условия и объемы перевозок пассажиров. Авторами предлагается методика расчета эксплуатационных расходов по элементам затрат, принятым в статистической отчетности. Утверждается также, что другие методики не позволяют определить численность обслуживающего персонала на метрополитене.

Следует отметить, что определение эксплуатационных расходов по элементам затрат неоднократно использовалось в проектах, в частности, в проектном задании первой очереди метрополитена в Харькове, разработанном в 1966 г. Метрогипротрансом.

Авторы статьи предлагают стоимость строительства линии, определенную по укрупненным показателям, исчисленно разделять по видам основных фондов для определения амортизационных отчислений и вводят коэффициенты, снижающие фонд зарплаты эксплуатационного персонала по годам.

Для определения амортизационных отчислений при этом использованы «Нормы амортизационных отчислений по основным фондам народного хозяйства СССР», в которых процент годовых отчислений по различным группам существенно отличается. Например, станции метрополитена — 0,3%, тоннели — 0,24%, вестибюли — 1,2%, эскалаторы — 7,7%, насосы — 16%, трансформаторы — 24% и т. д. Непонятно, как стоимость строительства, определенной по укрупненным показателям, можно разбить по группам основных фондов.

По предлагаемой ими методике эксплуатационные расходы на 1 км линии должны ежегодно сокращаться, тогда как практика эксплуатации метрополитенов доказывает обратное. Годовые эксплуатационные расходы на километр линии с 1968 по 1973 г. в Москве увеличились с 423,5 до 522,2 тыс. руб.; в Ленинграде — с 423 до 521 тыс. руб.; в Киеве — с 346 до 480 тыс. руб.

Следует отметить также, что с 1965 г. рост эксплуатационных затрат происходит на всех видах массового пассажирского транспорта.

Утверждение о невозможности определения численности обслуживающего персонала в других методиках не имеет основания, поскольку в некоторых методиках численность обслуживающего персонала не требуется для подсчета эксплуатационных затрат, а в других, где это требуется, она определяется на основе структуры и штатов действующих метрополитенов (например, в проектном задании первой очереди метрополитена в Харькове). Этот показатель должен определяться в проекте независимо от принятого метода расчета эксплуатационных затрат.

Авторы не учитывают, что для определения срока окупаемости линий метрополитена желательно иметь достоверный прогноз на перспективу стоимости строительства, эксплуатационных затрат и размеров пассажирских потоков.

Многолетний опыт проектирования показал, что точность определения этих величин при пользовании любой методикой относительна. Дело в том, что целый ряд важных факторов, заложенных в расчетах, в течение длительного времени претерпевает серьезные изменения, предвидеть которые не удается. Рост населения в городах, как правило, превышает расчетные цифры, уровень заработной платы работников метрополитена растет неравномерно, изменяются тарифы на электроэнергию и удельный расход электроэнергии подвижным составом, меняются нормы амортизационных отчислений, внедряется все более совершенное и, как правило, более дорогое оборудо-

вание линий метрополитена, совершенствуется и становится дороже подвижной состав и т. д. Укрупненные показатели стоимости строительства метрополитена пересматриваются в среднем каждые 5 лет.

Говоря о точности, следует иметь в виду соответствие расчетного показателя фактическому, достигнутому в расчетный срок. Очевидно, возможно сметную стоимость перспективных линий, сооружение которых намечается через 15—20 лет, определять подробно, как это принято в техническом проекте. Однако вряд ли можно утверждать, что при этом будет точно определена абсолютная величина капитальных затрат на строительство в 1990 или 1995 году. В то же время трудоемкость проектирования возрастает во много раз.

Главное требование к методике расчета эксплуатационных затрат на метрополитене — обеспечение относительной точности расчета при учете основных факторов, влияющих на размер затрат (глубины заложения, объема перевозок, среднего расстояния между станциями, количества и высоты эскалаторов и т. д.). В то же время эта методика должна быть простой.

С этой точки зрения наиболее приемлема «Методика технико-экономических расчетов при развитии транспортных узлов», выполненная коллективом сотрудников ряда научно-исследовательских, проектных и учебных институтов под руководством института Комплексных транспортных проблем (ИКТП) при Госплане СССР.

В этой методике, вопреки утверждению авторов статьи, размеры пассажирских потоков учитываются при определении расходов, зависящих от объема работы подвижного состава (ведь размеры движения и количества вагонов в поезде непосредственно зависят от величины пассажиропотоков и расходов на содержание станции). Во вводимых поправках учитываются размеры пассажирооборота на каждой станции, высота и количество эскалаторов, то есть особенности эксплуатации любого метрополитена.

Особых условий по составу и структуре основных фондов линий метрополитена и по объему пассажирообороту в Харькове нет. Заниженные данные по эксплуатационным расходам перспективных линий метрополитена (228 тыс. руб. в год на 1 км линии) объясняются не недостатками методики ИКТП, а неправильным ее применением.

Метрогипротранс закончил разработку технических проектов первых линий метрополитенов в Минске и Горьком, которые по структуре и объему пассажирских перевозок близки к перспективным линиям метрополитена в Харькове. Удельные эксплуатационные затраты, определенные по методике ИКТП, составили в Горьком 357 тыс. руб. на 1 км в год, в Минске — 374 тыс. руб.

Опыт проектирования показывает, что для технико-экономического обоснования новых линий основной проблемой является определение срока окупаемости линий с учетом реальных соотношений стоимости строительства и эксплуатационных затрат на метрополитене. При пользовании традиционными методами определения окупаемости, все проектируемые линии в ближайшее время окажутся либо нерентабельными, либо срок окупаемости их будет выражаться трех- или четырехзначным числом. В 1974 г. в № 6 журнала «Метрострой» опубликована статья «Окупаемость линий метрополитена», в которой изложена принципиально новая методика, основанная на сопоставлении работы метрополитена и наземных видов транспорта с учетом экономии времени пассажиров. Расчет окупаемости по этой методике впервые применен при разработке Метрогипротрансом технических проектов линий метрополитена в Минске и Горьком и принят Главгосэкспертизой Госстроя СССР.

Л. ГЕЛЬФГАТ, главный специалист отдела трассы
Метрогипротранса

* «Метрострой» № 2, 1976 г.

Строительство Сен- Готтардского тоннеля

На Байкало-Амурской железнодорожной магистрали предусмотрено сооружение ряда тоннелей, в том числе Северо-Муйского длиной 15 км и Байкальского—6,7 км. Большая протяженность этих тоннелей и сложные инженерно-геологические условия их проходки требуют тщательной предварительной подготовки, которой может способствовать изучение зарубежного опыта, в частности, швейцарского.

Недавно группа специалистов-тоннельщиков Минтрансстроя познакомилась с современным горным оборудованием и различными способами ведения проходческих работ на строительстве Сен-Готтардского тоннеля.

Публикуемая статья представляет определенный интерес для строителей и проектировщиков тоннелей БАМа.

**К. ШЛЯПИН, канд. техн. наук;
В. МЕДЕЙКО, инженер**

По автомагистрали, проходящей через Сен-Готтардский перевал в Швейцарских Альпах, транзитное движение прекращается на 5 и 6 месяцев в году в результате заносов и угрозы появления снежных лавин. В связи с этим в 1970 г. здесь начато строительство самого длинного в Европе автодорожного тоннеля протяженностью 16 322 км. Глубина его заложения от поверхности горного массива — 1700 м.

С севера тоннель пересекают Аарский и Сен-Готтардский горные массивы, сложенные из гранитов, гранитогнейсов и парагнейсов. На стыке Аарского и Сен-Готтардского массивов встречены неустойчивые обводненные юрские и триассовые отложения. Далее на юг тоннель вновь проходит в крепких изверженных породах, различной степени трещиноватости и обводненности, затем в глинистых сланцах и на южном припоральном участке — в моренных отложениях.

Строительство тоннеля ведется с севера и юга в основном двумя

встречными забоями буровзрывным способом с раскрытием забоев на полный профиль. Лишь несколько участков в зонах неустойчивых пород проходились с раскрытием забоев по частям, причем для проходки некоторых из них организовывались дополнительные забои через специально пройденные выработки до трассы тоннеля из параллельной разведочной штольни, находящейся в 30 м от его оси. С северной и южной сторон применяется различное горнопроходческое оборудование, что обусловило различие в технологических схемах производства работ.

С севера шпуров бурятся установками «Промек» шведской фирмы «Атлас Копко». Установки смонтированы на базе грузовой автомашинны и сверху оснащены защитными зонтами из толстой металлической сетки. Обуривание забоя площадью 86 м² ведется сразу двумя установками с пятью буровыми и одной рабочей люлькой, с гидравлическими стрелами каждая. На забой бурится 106—108 параллельных между собой шпуров диаметром 38 и 42 мм и

одна центральная врубовая скважина — 120 мм глубиной 4,1—4,2 м. Буровые коронки применяются преимущественно крестообразной и реже долотчатой формы.

Наибольшая концентрация шпуров — в зоне врубовой скважины. Вокруг нее на площади радиусом 0,5 м делается 12 шпуров. По контуру, включая подошву выработки, бурится 32 шпура с расстоянием между ними от 1 до 1,5 м.

В целях повышения эффективности взрывных работ и минимального нарушения горного массива за пределами контура выработки зарядание шпуров производится тремя марками взрывчатых веществ. Шпуры центральной части забоя заряжаются ВВ с наибольшей относительной весовой энергией взрыва (динамит), шпуры средней части — со средней (набит) и контурные шпуры — с наименьшей (гурит).

Показатели	Набит	Гурит
Объемный вес, кг/дм ³	1,2	1,3
Относительная весовая энергия взрыва в % от энергии взрывчатой желатины (динамит 62%, Q = 1274 ккал/кг)	70	50
Скорость детонации (заряд в оболочке), м/сек.	3500	4000
Передача детонации (открытый заряд), см	3	30

Взрывание зарядов производится группами от центра забоя к контуру выработки в 12 ступеней замедления с интервалами по 12 миллисекунд. Такая система за-

взорванная порода погружается горным экскаватором Брайт Х4 (Норвегия) с ковшом емкостью 2,2 м³ с боковой разгрузкой. Производительность экскавато-

том числе с установкой анкерного крепления. Работы ведутся в две смены. Это обеспечивает продвижение забоя при благоприятных инженерно-геологических условиях на 7—7,4 м/дн.

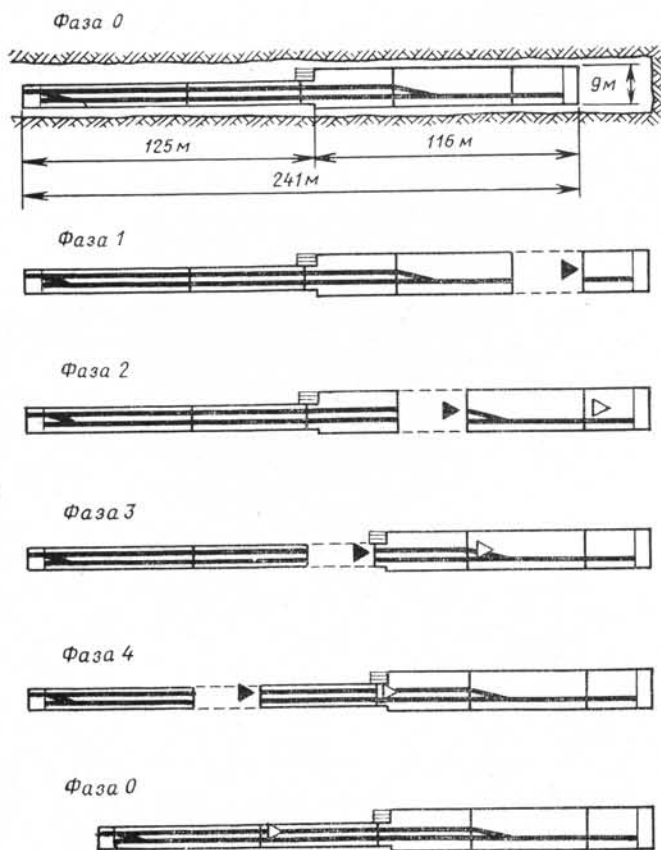
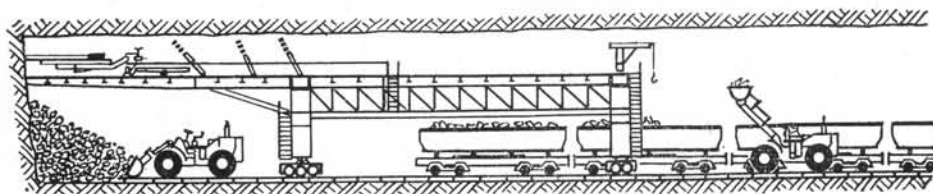
На южном участке после проходки зоны неустойчивых пород, где разработка забоя производилась по частям, была смонтирована скользящая по подошве тоннеля металлическая секционная платформа общей длиной 241 м и на ней самоходный (по рельсовым путям) мост с консольной передней частью длиной 15 м (рис. 1).

Секции платформы представляют собой пять стальных плоских элементов. Ширина трех первых (начиная от забоя) секций по 9 м, двух задних — по 5 м. Общий вес всей конструкции около 350 т. Передвижение платформы по мере разработки забоя происходит посекционно (рис. 2) с помощью гидравлических домкратов, установленных соответственно в конце или в начале каждой секции. На платформе по всей ее длине стационарно смонтированы рельсовые пути с колеей 900 мм для перемещения транспорта, а для передвижения моста с консольной передней частью — вторые пути (в пределах первых трех секций).

Посекционное передвижение платформы на величину заходки занимает 15—20 мин (с учетом незначительного выравнивания подошвы тоннеля впереди платформы). Для наращивания путей по мере продвижения платформы внутри ее хвостовой части вмонтирован накопитель рельсов.

Такая скользящая платформа пригодна для проходки участков тоннеля с радиусом кривой в плане не менее 1000 м.

Швейцарские специалисты считают, что применение скользящей платформы с передвижным консольным мостом имеет ряд по-



ряжания шпуров при плотности бурения последних 1,23—1,25 штуки на 1 м² площади забоя в сочетании с принятой последовательностью взрывания зарядов обеспечивает равномерное дробление породы (коэффициент использования шпура в пределах 0,85—0,90), относительно ровный контур выработки и незначительное нарушение горного массива, окружающего выработку.

Уход за цикл составляет 3,5—3,7 м.

ра 200 м³/час, что позволяет погружать в автосамосвалы взорванную на заходку породу за 2,5—3 часа.

Скорость движения транспорта по тоннелю 20—25 км/час, длина транспортного плеча составляла (в октябре 1975 г.) около 5,5 км.

Применяемое на участке горнопроходческое и транспортное оборудование и принятая схема организации работ позволяют выполнить полный проходческий цикл за восьмичасовую смену, в

ложительных особенностей: в зоне наиболее интенсивных работ всегда имеется готовый стационарный и не требующий наращивания в пределах платформы рельсовый путь;

погрузочные машины производят забор породы с ровной металлической постели; до места разгрузки и обратно перемещаются также по ровной горизонтальной поверхности, что обеспечивает их высокую производительность; имеется возможность выполнять ряд работ одновременно в нижнем и верхнем ярусах (например, одновременно с погрузкой породы на нижнем ярусе можно проводить обуривание калоттной части забоя и установку анкерного или иного крепления на втором ярусе).

Проходческие работы при наличии скользящей платформы организованы следующим образом: забой штроссы тоннеля обуривается находящимися на платформе двумя установками на пневмоколесном ходу фирмы «Атлас Копко». Установки оснащены четырьмя гидравлическими буровыми стрелами и одной стрелой с рабочей люлькой. Параметры установок выбраны так, чтобы в случае выхода из строя одной из них второй можно было бы обуривать полный профиль.

Верхняя часть забоя обуривается размещенной на консольном мосту установкой на рельсовом ходу с двумя буровыми стрелами. Бурение ведется на глубину 4 м

бурами обычно со съемными коронками крестообразной формы.

При площади поперечного сечения тоннеля 83—85 м² обычно бурится 108 шпуров, т. е. плотность бурения составляет 1,27—1,3 шпура на 1 м² площади забоя.

Марки и характеристики применяемых ВВ и СВ те же, что на северном участке тоннеля. Отличие лишь в том, что на этом участке взрывание ведут обычно с десятию, а не с двенадцатью ступенями замедления. Средняя длина заходки получается 3,5 м. Перед взрывом бурильные установки нижнего яруса и консольный мост отгоняют по платформе назад на расстояние около 50 м.

Породу грузят в вагоны двумя машинами (*Cat 980*) на пневмоколесном ходу с емкостью ковша 3,5 м³. Погрузка породы при заходке 3,5 м, включая работы по зачистке подошвы тоннеля перед передвижкой скользящей платформы, обычно производится за 2—2,5 часа.

Определяющим критерием при выборе вида транспорта явилась конечная длина плеча перемещения горной породы. Запланированная длина строительного участка с юга равна 9,5 км. Кроме того, на поверхности порода транспортируется до места разгрузки еще почти на 1 км. В связи со столь большим транспортным плечом и малым уклоном трассы тоннеля (3%) на данном участке работает рельсовый транспорт с шириной колеи, как и на скользящей платформе, 900 мм.

При проходке на полное сечение порода вывозится двумя поездами, состоящими из локомотивов с дизель-электрическим приводом мощностью 1000 л. с. и восьми—десяти вагонов емкостью по 30 м³.

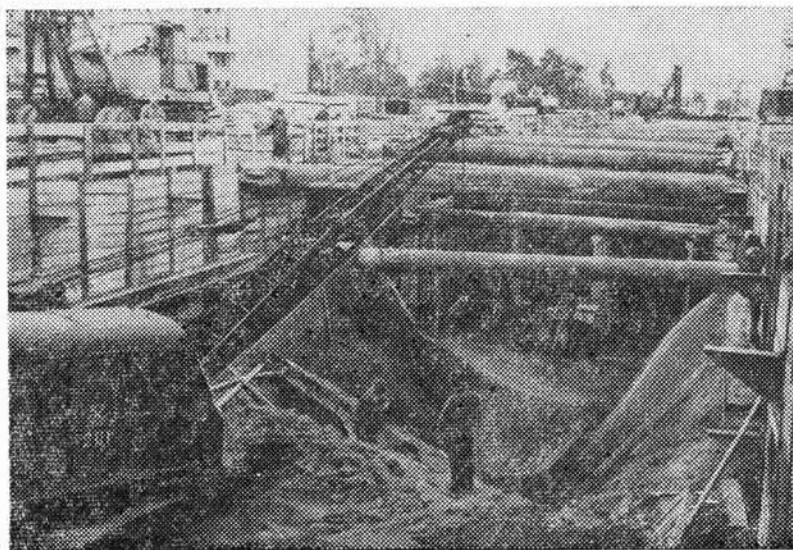
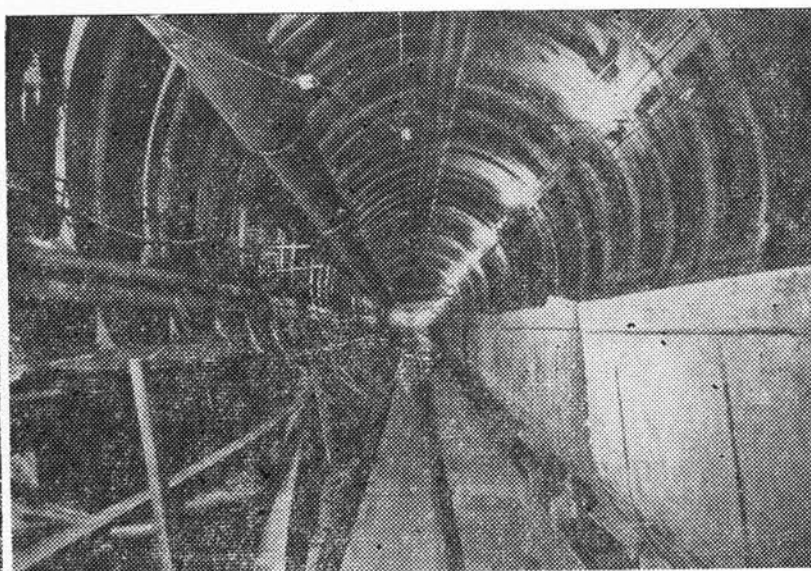
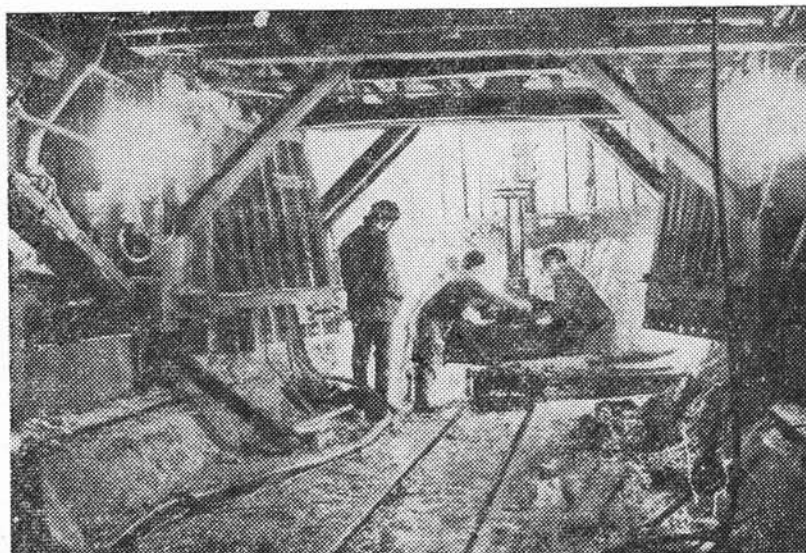
При собственном весе 20 т вагоны допускают 60-т загрузку.

На обоих участках в непосредственной близости от забоев устанавливается, если требуется, лишь временное крепление. Работа по возведению монолитной бетонной обделки выполняется на расстояниях от забоев в 250 м на южном и 400—500 м на северном участке.

Принятые на участке технология ведения работ и горнопроходческое оборудование позволяют вести проходку со скоростью 8—11 м/сутки при работе в три восьмичасовых смены. Такая скорость проходки возможна лишь при благоприятных инженерно-геологических условиях, т. е. при наличии устойчивых скальных пород, когда в качестве временного крепления достаточно небольшого количества коротких анкеров или тонкого слоя набрызг-бетона.

Однако из-за наличия на пути тоннеля участков с неустойчивыми породами, а на севере трассы — с очень крепкими обшей темп строительства фактически уменьшился почти вдвое: за 5 лет строительства он составил (с учетом дополнительно раскрывавшихся забоев) по северному участку 85—90, а по южному — 100—110 м/мес.

СООРУЖАЕТСЯ
КАЛИНИНСКИЙ
РАДИУС
МЕТРОПОЛИТЕНА



Строится станция «Марксистская». На снимках: станционный тоннель, монтаж очередного кольца, перегонный тоннель

Перегонный тоннель открытого способа работ на трассе «Перово поле» — «Новогиреево»

**Товарищи метростроевцы,
тоннелестроители,**

работники эксплуатации!

НЕ ЗАБУДЬТЕ ПОДПИСАТЬСЯ

на информационный

научно-технический сборник

«МЕТРОСТРОЙ»

на 1977 год.

ПОДПИСКА ПРИНИМАЕТСЯ

ОБЩЕСТВЕННЫМИ

РАСПРОСТРАНИТЕЛЯМИ ПЕЧАТИ,

АГЕНТСТВАМИ «СОЮЗПЕЧАТИ»

И В ПОЧТОВЫХ ОТДЕЛЕНИЯХ.

ИНДЕКС СБОРНИКА «МЕТРОСТРОЙ»

ВО ВСЕСОЮЗНОМ КАТАЛОГЕ

«СОЮЗПЕЧАТИ»

70572.

Стоимость подписки:

на один год – 2 руб. 40 коп.,

на полгода – 1 руб. 20 коп.