

МЕТРОСТРОЙ

6

1976

ИНФОРМАЦИОННЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
СБОРНИК

№ 6

«МЕТРОСТРОЙ»

1976 г.

Издание
Московского
метростроя
и издательства
«Московская правда»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Е. Д. РЕЗНИЧЕНКО (редактор),
В. А. АЛИХАШКИН, А. С. БАКУЛИН,
П. А. ВАСЮКОВ, С. Н. ВЛАСОВ,
А. Ф. ДЕНИЩЕНКО, В. М. КАПУ-
СТИН, Ю. А. КОШЕЛЕВ,
А. С. ЛУГОВЦОВ, В. Л. МАКОВ-
СКИЙ, Б. П. ПАЧУЛИЯ, С. А. ПО-
НОМАРЕНКО, В. И. РАЗМЕРОВ,
П. А. РУСАКОВ, А. И. СЕМЕНОВ,
В. В. ЯКОБС, И. М. ЯКОБСОН

Издательство
«Московская правда»

Адрес редакции:
Москва 103012,
ул. Куйбышева, д. 3, комн. 11,
тел. 228-16-71.

Технический редактор **Б. Нестеров.**

Л66114.
Сдано в набор 9/VIII—76 г.
Подписано к печати 14/IX—76 г.
Объем 4 п. л.
Тир. 5000
Бумага тифдручная 60×90¹/₈.
Зак. 2935. Цена 30 коп.

Типография изд-ва
«Московская правда»

В НОМЕРЕ:

- Московский Метрострой во втором полугодии 1
- К. Щеголев.** Подготовительным работам — метростроевский размах 2
- А. Колибрина.** Из опыта глубинного водопонижения 4
- Д. Рзянкин, А. Позоев, В. Абрамчук.** Сооружение железнодорожного тоннеля на полный профиль с применением комплексной механизации 5
- В. Самойлов.** Проблемы тоннелестроения и научно-технический потенциал 8
- А. Каган, И. Амбокадзе, Т. Амираншвили, Н. Урушадзе.** Автоматический контроль положения проходческого щита по лучу лазера 10
- С. Ашпиз, Д. Кислицын.** Рациональный способ пересчета параметров тоннельной трассы 12
- Э. Миндели, Т. Читаишвили, С. Собчинский.** Внутренняя гидроизоляция эксплуатируемых тоннельных обделок 12
- В. Гацько, В. Мозолевский, М. Окунев, П. Мучник, М. Поливанова, А. Плишевой, Н. Семина.** Защитные покрытия металлоконструкций 14
- Ю. Фролов, Г. Скобеников.** Статическая работа тоннельных обделок на участке размыва протерозойских глин 15
- Ф. Народицкий, Г. Галант.** Безметизное крепление кабельных конструкций к тубинговой обделке 16
- К. Троицкий, Р. Евстигнеев, А. Лапшин.** Оценка влияния дефектов сооружения на несущую способность сборной железобетонной обделки 17
- В. Левин.** Анализ в планово-экономической работе 19
- О метростроевской технике 21
- В. Герасимов.** Музей под землей 22
- С. Петров, С. Кадышев.** Модернизированный вагон типа «Д» с тележками на пневмоподвешивании 23
- Г. Болоненков.** Автоматизированные системы управления работой метрополитена 25
- Н. Ляскина, Е. Легостаев.** Новая техника эксплуатации 28
- В. Швандерова.** Парижский метрополитен отметил свое 75-летие 31

Московский Метрострой во втором полугодии

Наш корреспондент попросил начальника Московского Метростроя П. А. Васюкова рассказать о ходе выполнения социалистических обязательств коллектива в первом году пятилетки.

— Как известно, — сказал П. А. Васюков, — свои обязательства по социалистическому соревнованию коллектив Метростроя принял, идя навстречу XXV съезду КПСС. Год 1975-й, насыщенный энтузиазмом предсъездовского соревнования, досрочным пуском в эксплуатацию двух линий Ждановского и Краснопресненского радиусов метрополитена, оставил добрый след. Закрепляя успехи, достигнутые в соревновании, метростроевцы трудятся сейчас на новых трассах, идущих к крупным жилым массивам северного, восточного и южного — периферийных районов столицы. Наши обязательства охватывают все основные направления деятельности двенадцатитысячного коллектива.

В десятой пятилетке метростроителям предстоит освоить значительно больший объем строительно-монтажных работ. Естественно, что залогом успешного решения поставленных задач является ускорение темпов строительства, повышение производительности труда и его эффективности, развитие технического прогресса.

Примечательной особенностью первого года пятилетки является одновременное строительство в Москве двух радиусов — Рижского и Калининского, двух новых станций на действующих линиях метрополитена: одну на Горьковско-Замоскворецкой — «Горьковская», другую на Калужско-Рижской — «Шаболовская». Ведутся также подготовительные работы к началу сооружения третьего — Серпуховского радиуса. Первое трудовое полугодие, его плановые задания, выполнены коллективом Метростроя на 100,1%.

В минувшем полугодии проделана большая работа по применению способа продавливания тоннелей под железной дорогой на сложном участке строительства станции «Ростокинская» Рижского радиуса. На некоторых участках этого радиуса в котлованах монтируется цельносекционная обделка. На Калининском радиусе широко применен эффективный метод проходки стволов задавливанием в породу крепи под защитой тиксотропной рубашки.

Ценность этих и других внедряемых новшеств заключается в том, что достигнуто снижение трудоем-

кости при индустриальном и экономичном строительстве. Однако в течение первого полугодия такие СМУ как № 3, 5, 8 и спецконтра не выполнили плана, допустили отставание и не сумели его вовремя предотвратить.

Практика лучших СМУ показывает примеры высокой ответственности, деловитости во всех строительных подразделениях. Именно сегодня успех дела зависит, главным образом, от этих качеств, от умения правильно организовать работы. Нам предстоит совместно с субподрядными организациями во втором полугодии освоить 37 млн. рублей, соорудить на Рижском радиусе один километр перегонного тоннеля закрытым способом, 2,8 км открытым способом, уложить сборного и монолитного бетона 49 тыс. м³.

По Калининскому радиусу должно быть сооружено 2 км тоннелей закрытым и 1 км открытым способом, и станционных тоннелей 750 м; необходимо уложить 30 тыс. м³ бетона. Это, разумеется, лишь только основные показатели плана. Успешное его осуществление предполагает еще более широкое развитие социалистического соревнования. Задача наращивания производственных мощностей приобретает особое значение.

Создание на Метрострое двух новых строительно-монтажных организаций СМУ-1 и СМУ-2 позволит развернуть работы не только на сооружении новых тоннелей и станций, но и на строительстве собственной промышленной базы.

Министерством транспортного строительства оказана Метрострою существенная помощь, выделены необходимое горнопроходческое оборудование, транспорт, машины и другая техника. Умелое и эффективное использование механизмов на отдельных технологических процессах значительно уменьшит трудоемкость и затраты ручного труда.

Достижение высокого уровня производительности труда зависит от многих факторов, но решающую роль играют рациональная организация производства, внедрение новой техники, бригадного хозяйственного подряда, широкое применение передового опыта скоростных проходок. Действенное социалистическое соревнование за выполнение принятых обязательств, повышение качества работы каждого метростроителя позволит успешно выполнить программу метростроения первого года пятилетки.

ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫМ РАБОТАМ — МЕТРОСТРОЕВСКИЙ РАЗМАХ

К. ЩЕГОЛЕВ, инженер.

На трассе БАМа предусмотрено сооружение трех тоннелей: Байкальского — длиной 6,7 км, Северо-Муйского — 15,3, Кодарского — 1,8 км и на железнодорожной линии Тында—Беркакит — Нагорного тоннеля протяженностью 1,3 км.

Проходку Байкальского тоннеля должно опережать сооружение параллельной транспортно-дренажной штольни. Она будет служить в дальнейшем для транспортировки породы из дополнительных забоев для обеспечения широкого фронта работ.

Горный массив по трассе Байкальского тоннеля сложен скальными грунтами с многочисленными зонами тектонических разломов, заполненных разрушенными породами. Район расположения тоннеля характеризуется низкими температурами (до -45°C) и сейсмичностью 9 баллов.

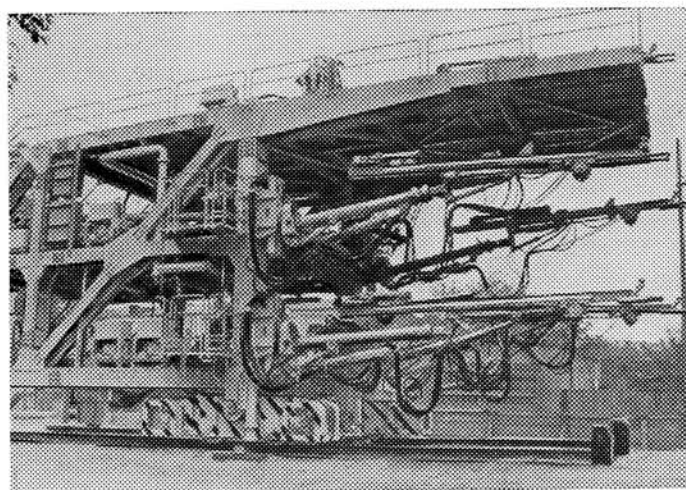
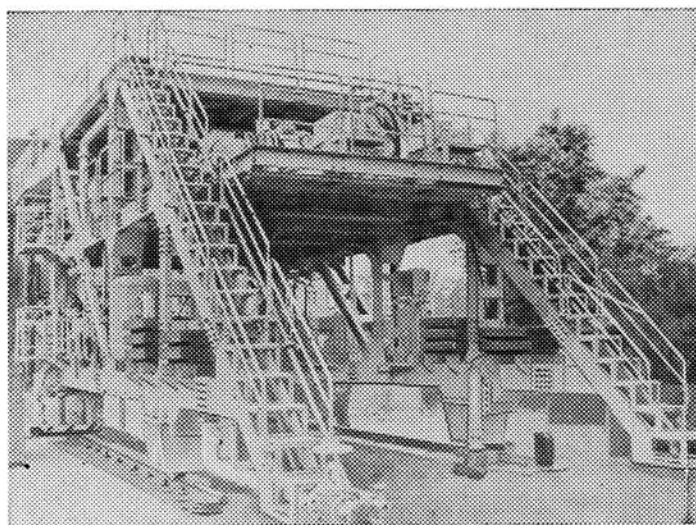
Тоннель значительно удален от действующих транспортных связей и источников электроэнергии, поэтому возникла необходимость строительства ЛЭП, автопроездов и организации водных перевозок по озеру Байкал.

Доставка материалов и оборудования к тоннелю производится в настоящее время по озеру Байкал, затем автотранспортом, а также по автодороге от Усть-Кута.

Проходку тоннеля предусмотрено вести четырьмя основными забоями — с западного и восточного порталов и через шахтный ствол.

Исходя из инженерно-геологических условий строительства, намечены два основных способа проходки тоннеля — щитовой с чугунной обделкой и буровзрывной на полное сечение с монолитной бетонной и железобетонной обделками.

Щитовой способ предусмотрен на участке со стороны восточного портала в неустойчивых и об-



Тоннельная буровая рама для сооружения Нагорного тоннеля БАМа.

водненных породах и при пересечении наиболее сложных тектонических разломов.

Сооружение тоннеля поручено коллективу Тоннельного отряда № 12. Сейчас основные кадры и техника сосредоточены на строительстве жилых и культурно-бытовых зданий в поселке Гоуджекит (район восточного портала) и производственных помещений на шахтной площадке тоннеля (перевал Даван). Здесь смонтированы проходческий копер, подъемные лебедки и пройдено 11 метров шахтного ствола с устройством монолитной железобетонной обделки (работы ведет трест «Шахтспецстрой»). Дальнейшая проходка ствола, которую намечено завершить в текущем году, производится с креплением чугунными тубингами.

Трест «Запбамстроймеханизация» ведет разработку восточной предпортальной выемки, после завершения которой начнется проходка тоннеля со стороны восточного портала.

Наибольшую сложность представляет сооружение протяженного Северо-Муйского тоннеля. Для обеспечения его строительства требуется возвести 2 жилых поселка на несколько тысяч человек, обустроить 2 припортальных и 3 шахтных строительных площадки, проложить автодорогу и ЛЭП между порталами тоннеля, разработать западную и восточную предпортальные выемки, пройти параллельно тоннелю транспортно-дренажную штольню, соорудить 3 шахтных ствола (всего—780 м) и 1,57 км подходов выработок.

Горный массив по трассе тоннеля отличается большим количеством разломов с разрушенными неустойчивыми породами, подземными напорными водами. Как и на Байкальском тоннеле, здесь довольно суровые климатические условия, сейсмичность — 9 баллов.

Устойчивых транспортных связей с тоннелем до последнего времени не было: тоннель отдален от железнодорожной сети. Грузы поступают водным путем по Байкалу и Верхней Ангаре до Уояна, а затем доставляются автотранспортом.

Проходку тоннеля намечено вести 8 забоями — с западного и восточного порталов и через 3 шахтных ствола (по два забоя на каждом).

Как и на Байкальском тоннеле здесь предусмотрено применение щитовой проходки на участках разломов и буровзрывного способа — на осталь-

ной части. В крепких и устойчивых породах проходка будет производиться с применением буровых агрегатов на полное сечение, а в слабых — горным способом по частям. В зависимости от свойств пород будет применяться анкерное крепление с набрызг-бетоном или обделка из монолитного бетона или железобетона.

Работы по сооружению Северо-Муйского тоннеля ведет коллектив Тоннельного отряда № 11.

На пересечении магистрали Кодарского хребта предстоит построить тоннель в труднодоступном районе западнее поселка Чара. Сооружение тоннеля, проходящего в зоне вечной мерзлоты, предусматривается с двух порталов после прокладки дороги.

В процессе подготовки к строительству Нагорного тоннеля, расположенного к северу от Тынды, в жилом поселке и на производственной площадке возведено 33 здания различного назначения. Заключается строительство бетонного завода, мехмастерских и компрессорной.

Для обеспечения работ электроэнергией и сжатым воздухом на стройплощадку доставлены передвижные электростанции и компрессоры, проложены воздухопроводы и линия электропередач к порталам тоннеля.

Проходка тоннеля начата с южного портала в конце октября 1975 г., с северного — в феврале нынешнего года. Проходка на припортальных участках велась по частям: горный массив здесь сложен сильно трещиноватыми расслаивающимися породами. Когда с обоих порталов было пройдено 272 м верхней части тоннеля, началось возведение монолитной железобетонной обделки на припортальных участках.

В настоящее время ведется подготовка к проходке тоннеля буровзрывным способом с обоих порталов на полное сечение (после ликвидации нижнего уступа) с применением агрегатов на рельсовом ходу для комплексного обустройства забоя.

В текущем году намечено пройти 500—600 м тоннеля на полное сечение. Сложность заключается в том, что тоннель проходит в зоне вечной мерзлоты: при оттаивании горного массива наблюдается расслоение породы и потеря ею устойчивости. В связи с этим требуется устройство эффективного временного крепления в период проходки.

ИЗ ОПЫТА ГЛУБИННОГО ВОДОПониЖЕНИЯ

Тоннели Бакинского метрополитена глубокого заложения сооружаются в обводненных породах, с наличием больших плывунов участков.

При большом гидростатическом давлении проходка тоннелей с применением только сжатого воздуха не обеспечила бы безопасности ведения работ. Поэтому предварительно снижался уровень подземных вод с помощью пробуренных скважин, оборудованных погружными насосами. Затем остаточный гидростатический напор уравнивался давлением сжатого воздуха. Такой способ обеспечил благоприятные условия проходки правого перегонного тоннеля «28 Апреля» — «Низами».

Положение уровня грунтовых вод определяло здесь величину гидростатического давления относительно лотка тоннеля до 1,8 ати. Водопопнижающие скважины позволили в значительной степени снять напор и осушить основной водоносный горизонт, приуроченный к мелкозернистым пескам.

Протяженность участка трассы, где требовалось производство кессонных работ с предварительным понижением уровня подземных вод, составляла около 300 м.

Мощность водоносного горизонта, из которого производилась откачка воды, менялась от 5 до 8 м.

Средний коэффициент фильтрации песка — 1,5—3 м/сутки.

А. КОЛИБРИНА, инженер

Скважины бурили станками УКС-22, оборудовали фильтровыми трубами, которые устанавливали в соответствии с интервалами водоносного горизонта. Ниже подошвы фильтра находился отстойник глубиной до 4 м. Отсюда грунтовая вода с помощью насосов марки ЭЦВ-6 откачивалась на дневную поверхность.

Установка, заложенная для обезвоживания мелкозернистых песков, состояла из 12 водопопнижающих скважин с расстоянием между ними 15—20 м.

Положение уровня грунтовых вод определялось с помощью четырех гидронаблюдательных скважин.

Работа водопопнижающей системы с суммарным дебитом 40—45 м³/час обеспечила к началу проходки тоннелей снижение уровня в середине участка на 16—18 м. Это позволило вести горнопроходческие работы без осложнений и часть трассы правого перегонного тоннеля пройти без сжатого воздуха. По мере вхождения тоннеля в пески, давление сжатого воздуха пришлось постепенно поднимать (от 0,4 до 1,2 ати).

В связи со значительным поступлением воздуха слой песчано-гравийной обсыпки фильтра в некоторых скважинах был нарушен, и в них стал поступать мел-

козернистый песок. Это привело к выходу отдельных скважин из строя.

Чтобы предотвратить утечку воздуха из забоя и выход его на поверхность через скважины, последние пришлось герметизировать.

В наблюдательных скважинах, особенно вблизи забоя, было зафиксировано повышение уровня грунтовых вод, что, вероятно, обусловлено образованием воздушно-водяной смеси с удельным весом значительно меньше 1 г/см³.

Проходка правого перегонного тоннеля в сложных инженерно-геологических условиях с применением водопопнижения и сжатого воздуха сейчас завершается.

Учитывая полученный опыт, а также степень влияния воздуха на работу водопопнижающих скважин, целесообразно при проходке левого перегонного тоннеля «28 Апреля» — «Низами» предусмотреть как бы два контура водопопнижающих скважин — внутренний и внешний.

Назначение внутреннего контура — снижение уровня подземных вод до проектной отметки, внешнего — поддержание этого уровня (в случае выхода из строя ближайших к тоннелю скважин, вынужденного отключения и герметизации части скважин внутреннего контура из-за интенсивной утечки через них воздуха).

ходку составляет 286 кг. Величина заходки за цикл — 3,25 м КИШ-09. Работы производятся по принципу «гладкого» взрывания, обеспечивающего наиболее приближающийся к проектному контур забоя. Это достигается путем рассредоточения заряда ВВ по длине контурных шпуров с установкой между патронами деревянных прокладок. Боевик при этом размещается в донной части шпура. Для устойчивой передачи детонации от боевика вдоль заряда прокладывается специальный шнур.

Применение контурного взрывания позволило сократить объемы переборов на 4% против норматива.

Вентиляция тоннеля. Проходка параллельно тоннелю транспортной штольни позволила осуществить так называемую «беструбную» схему вентиляции, запроектированную институтом «Армгипротранс». Через определенные расстояния между тоннелем и штольней вентиляционных сбоек у очередной из них размещаются вентиляторы, проветривающие забой тоннеля и штольни. Таким образом, участки от портала до действующей вентиляционной трубы, по одной из которых — тоннелю — подается свежий, а по другой — штольне — удаляется отработанный воздух.

Вентилятор ВОКД-1,0, проветривающий забой тоннеля, работает на всасывание. Он обеспечивает движение свежего воздуха по тоннелю от портала до конца всасывающего трубопровода, расположенного на расстоянии 50—60 м от забоя.

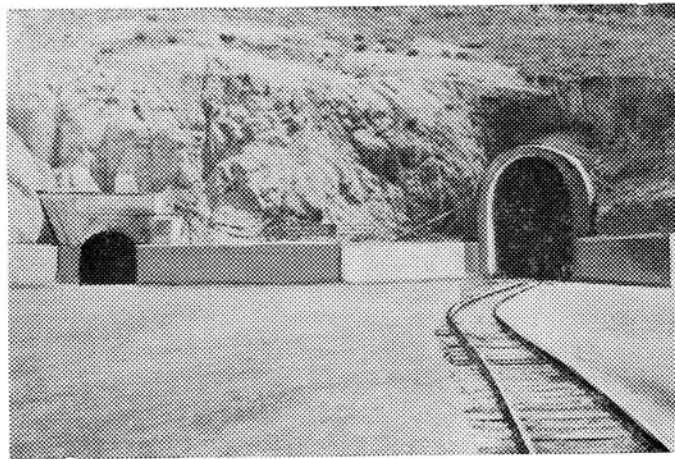
Тупиковая часть тоннеля проветривается с помощью двух прорезиненных трубопроводов \varnothing 600 мм. На каждом из них установлены по два параллельно спаренных вентилятора «Проходка-500», работающих на нагнетание. Трубопроводы располагаются по бокам тоннеля и при перемещении буровой рамы отключаются.

Штольня проветривается способом нагнетания также двумя параллельно спаренными вентиляторами «Проходка-500», работающими на один вентиляционный трубопровод \varnothing 600 мм и установленными на свежей струе в тоннеле.

В вентиляционной перемычке заложена венттруба \varnothing 1 м, через которую за счет эжектирующего действия аппарата ВОКД-1,0 подсасывается дополнительное количество свежего воздуха по тоннелю, идущее на разбавление отработанной струи, исходящей по штольне. По мере проходки очередных вентсбоек предусматривается подключение к трубе, закладываемой в перемычку, специального вентилятора для создания дополнительной тяги по тоннелю.

Принципиальная схема «беструбной» вентиляции предусматривает изоляцию всех предыдущих вентсбоек путем установки в них глухих перемычек.

Погрузка породы производится машиной ПНБ-3К в саморазгружающиеся вагоны типа ВПК-7 и ВПК-10 емкостью соответственно 7 и 10 м³. Для исключения случаев простоя при возможных поломках погрузочной машины, в непосредственной близости от забоя находится готовая к работе вторая машина ПНБ-3К.



Порталы тоннеля и транспортной штольни.

Породу грузят в отдельные вагоны в связи со значительным уклоном откаточных путей. Непрерывную погрузку можно осуществлять попеременно в вагоны, стоящие на параллельных путях. Путь из рельсов типа Р-33 настилается с отставанием от груди забоя на расстояние 5—7 м. На участке передвижения погрузочной машины до 100 м от забоя подошва тоннеля зачищена на уровне головки рельсов.

В условиях небольшого парка вагонов откатка производится по схеме забой — отвал без промежуточного накопления груженных и порожних вагонов на разминовках.

В работе одновременно находятся семь вагонов. В качестве тяговых средств используются тяжелые контактные электровозы типа 14 КР и аккумуляторные АМ-8: три аккумуляторных осуществляют маневровые работы в призабойной зоне, три контактных транспортируют вагоны на отвал и один контактный — маневровый — на поверхности у отвала.

Временное крепление производится железобетонными анкерами и навешиваемой на них металлической сеткой. Анкерный болт выполняется в виде отрезка стали периодического профиля длиной 1,25 м \varnothing 18 мм. На конце болта просверлено отверстие, которое шпелнтуется после навески сетки и установки поддерживающей ее шайбы-пластинки из листовой стали. Расстояние между анкерными болтами по контуру и по оси тоннеля 1 м. Периметр закрепленной части свода 10 м. Бурение шпуров, установка анкерных болтов и навеска металлической сетки производятся параллельно с бурением забоя с верхнего яруса бурового агрегата. В связи с тем, что непосредственно вслед за установкой анкерных болтов навешивать сетку на них нельзя, крепильщикам предоставляется фронт работ по кровле, равный по протяженности двум заходкам по тоннелю. Сетка навешивается на анкеры, установленные при бурении предыдущей заходки по тоннелю. Таким образом, отставание в установке анкерных болтов от груди забоя составляет 9—10 м, а по навеске сетки — 13—14 м.

Для обеспечения предложенной организации работ пришлось нарастить длину верхнего яруса буровой рамы до 17 м путем устройства дополнитель-

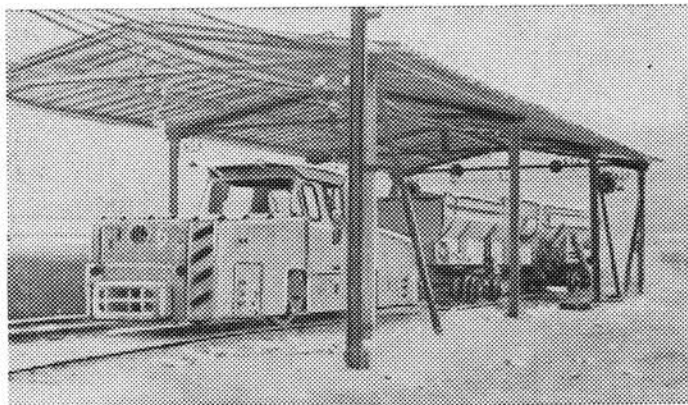
ной консольной площадки длиной 3 м. Постоянное крепление тоннеля выполняется из монолитного бетона с использованием механизированной передвижной металлической опалубки МО-18 и пневмобетонукладчиков ПБУ-5А. В процессе монтажа находятся перегружатели Московского механического завода, предназначенные для механизированной разгрузки вагонеток с бетоном.

Проходка тоннеля осуществляется комплексной бригадой из сорока восьми человек. В состав бригады входят 4 звена проходчиков по восемь человек, звено бурильщиков в составе семи человек (включая слесаря по ремонту бурильных машин) и 2 звена откатчиков по четыре человека в каждом. Возглавляет коллектив комплексный бригадир.

Звено бурильщиков и оба звена откатчиков работают по вызову. Дополнительно забой тоннеля обслуживает бригада слесарей-ремонтников в составе десяти человек, которая обеспечивает профилактический осмотр и ремонт горного оборудования, а также наращивание коммуникаций.

Проходческий цикл начинается с подачи бурового агрегата ПБА-1 в забой. По мере продвижения агрегата на расстояние 40—50 м четыре проходчика, находящиеся на верхнем и среднем ярусах агрегата, производят дополнительную оборку свода и боков тоннеля. Остальные четверо передвигают агрегат и очищают рельсы от обрушенных кусков породы.

После установки рамы в забое пять проходчи-



14-тонный электровоз 14 КР. Саморазгружающаяся вагонетка емкостью 10 м³.

ков продолжают оборку лба забоя и очистку подошвы. Одновременно маркшейдерская группа производит разбивку контура и шпуров. В это же время трое проходчиков заводят в порталную часть агрегата седьмую машину БУ-1 м, подключают буровой агрегат, готовятся к возведению временной анкерной крепи. Параллельно идет подготовка бурильных машин к работе.

Фактическое состояние контура забоя наносится на специальный стенд с изображением проектного его положения. При этом отмечаются величины переборов и недоборов на каждую заходку. Таким образом, каждый бурильщик имеет возможность исправить допущенные отклонения.

Подготовка к бурению занимает 1,5—2 часа. В работе по обурированию забоя, продолжающейся 6 часов, заняты восемь человек (шесть на агрегате,

один — на машине БУ-1М, смонтированной на базе СБУ-2М, а также слесарь по ремонту бурильных машин).

Параллельно возводится временное крепление свода тоннеля, производится разборка временного пути и укладка постоянного, бурение шпуров под коммуникации, устройство дренажного лотка и доставка всех необходимых материалов на следующую заходку.

По окончании бурения забоя четыре проходчика продувают шпуров, двое заготавливают забоечный материал и двое отгоняют от забоя породопогрузочные машины ПНБ-3К и БУ-1М на безопасное расстояние.

Заряжают забой три взрывника, которым помогают четыре проходчика, имеющие допуск к взрывным работам. Каждый взрывник заряжает строго отведенные ему шпуров по ярусам. Один проходчик стоит на посту, а трое вместе со звеном откатчиков готовят электровозы и вагоны к работе, расставляют их в соответствии со схемой маневров.

Процесс зарядки, отгона буровой рамы на расстояние 40—50 м от забоя и взрывания продолжается 1,5 часа. Забой проветривается по комбинированной системе в течение 30 мин.

После осмотра забоя и предварительной оборки, в которой участвует все звено проходчиков, четыре человека переходят на подачу породопогрузочной машины ПНБ-3К и подготовку шлангов к вагонам ВПК-7, 10 м³, остальные четверо — производят тщательную оборку боков, свода и лба забоя при помощи оборников.

Погрузка породы занимает от 8 до 12 час при использовании на откатке 7 вагонов типа ВПК и 7 электровозов.

При условии увеличения парка вагонов до 20 время погрузки может быть сокращено до 6 час.

На погрузке породы занято звено откатчиков из четырех человек и звено проходчиков в составе восьми человек.

Четверо проходчиков осуществляют погрузку породы непосредственно в забое, параллельно производят очистку подошвы тоннеля, у/путей и путей под буровой агрегат, а также оборку лба и боков тоннеля. Трое машинистов электровоза АМ-8Д обеспечивают обмен груженых и порожних вагонов. Транспортировку груженых вагонов осуществляют 3 контактными электровозами типа 14КР-2А двое машинистов из звена откатчиков и один из звена проходчиков. Двое откатчиков обеспечивают разгрузку, сцепку и расцепку вагонов на бункерной эстакаде при помощи электровоза 14КР-2А.

За 2—3 часа до окончания погрузки породы на этой операции остаются девять человек: трое переходят на демонтаж рельсов под ПБА-1 и подготовку к укладке путей под агрегат.

Затем звено проходчиков настиляет пути под буровой агрегат. Это занимает от 0,5 до 1 часа.

Организованная таким образом проходка тоннеля на полный профиль позволила достичь за 5 месяцев работы скорости 70 пог. м в месяц при наличии значительных резервов во времени, особенно при погрузке породы. В отдельные дни суточная скорость проходки достигала 4 м.

ПРОБЛЕМЫ ТОННЕЛЕСТРОЕНИЯ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ

В. САМОЙЛОВ, руководитель отделения тоннелей и метрополитенов ЦНИИСа

В условиях значительного увеличения объемов и расширения «географии» транспортного тоннелестроения — в нынешнем пятилетии организациями Минтрансстроя должно быть сооружено 95 км линий метрополитенов и около 50 км горных тоннелей (соответственно против 68 и 23 км в 9-й пятилетке) — особенно актуальны вопросы ускорения научно-технического прогресса в отрасли и быстрого внедрения научных достижений в практику.

Большую роль в этом процессе призваны сыграть научные подразделения, в том числе отделение тоннелей и метрополитенов ЦНИИСа. В состав отделения из 100 научных и инженерно-технических работников входят семь лабораторий: тоннельных конструкций, сооружения тоннелей и метрополитенов, специальных способов работ, разработки горных пород, надежности и долговечности тоннельных сооружений метрополитенов, лаборатория при Ленметрострое и созданная в этом году лаборатория строительства горных тоннелей.

Экспериментальная база отделения включает 7 крупных стендов для испытания тоннельных конструкций и оборудования в натуральную величину, а также свыше 15 стендов, где проводятся исследования на моделях.

Экспериментальной площадкой института в значительной степени являются и объекты тоннельного строительства. Особо следует отметить работу ЛенНИЛ, которая совместно с отделением вычислительных машин создала автоматизированную систему измерения напряжений в несущих конструкциях односводчатой станции «Площадь Мужества».

Тоннельными лабораториями совместно с производственными и проектными организациями выдвинуто и реализовано в 9-й пятилетке свыше 50 научно-технических предложений. Общий экономический эффект от их внедрения составил свыше 8,5 млн. руб.

Из исследований и разработок, оказавших существенное влияние на технический уровень отечественного тоннелестроения, следует отметить:

создание оптимальных параметров, конструкций и технологии изготовления монолитно-прессованной бетонной обделки (к настоящему времени с этой обделкой построено 3,6 км перегонных тоннелей мет-

ро в Москве и Тбилиси и около 4 км коллекторных тоннелей в Москве, Волгограде и Киеве);

изучение и внедрение технологии и оборудования для обжатия обделок при проходке в устойчивых породах (сооружено свыше 8 км перегонных тоннелей в Ленинграде, 2 км в Киеве, а также около 5 км коллекторов);

конструирование и возведение односводчатых станций закрытого способа работ со сборной обделкой, обжимаемой в породу («Площадь Мужества» и «Политехническая»);

применение цельносекционной обделки ЦСО (в Тбилиси и Харькове построено свыше 3,5 км тоннелей);

производственное опробование щитовой проходки с обжатием обделки в сыпучие грунты (на Краснопресненском радиусе пройдено 370 пог. м тоннеля).

Для дальнейшего развития метростроения важное значение имеют исследования, направленные на создание облегченных обделок из синтетического или модифицированного чугуна.

Наряду с творческими достижениями в работе отделения прослеживаются, однако, существенные недостатки. Несмотря на многолетние работы не решен ряд важнейших задач транспортного тоннелестроения: создание водонепроницаемой обделки, механизированного щита расширенного диапазона действия, средств скоростного монтажа обделки, оборудования для разработки пород с помощью гидрострун высокой скорости и давления, автоматизации проходки тоннелей.

Мало уделялось внимания вопросам скоростного строительства. Недостаточны исследования по совершенствованию открытого способа возведения тоннелей метрополитенов, а также технологии сооружения. В результате сокращения исследований по вопросам давления горных пород на тоннельные конструкции, в определенной степени можно объяснить осложнения, возникшие при проходке Лысогорского и Инзерского тоннелей.

В последние годы в отделении снизился объем экспериментальных исследований, не ведутся заметные теоретические работы. Явно недостаточно изобретений. До сих пор не подготовлен обобщающий труд по тоннелестроению. Отсутствуют четкость и координация и в научно-организационной работе отделения, в частности, в вопросах проведения конференций и семинаров.

Основные причины отмеченных недостатков, с нашей точки зрения, заключаются в следующем:

структура и научно-технический потенциал отделения перестали соответствовать современной структуре, объемам и задачам тоннельного строительства;

снизился теоретический уровень некоторых работ отделения, особенно по технологическому направлению;

недостаточно конструкторское обеспечение тематики;

отсутствие централизации в деле создания тоннелепроходческого оборудования, в первую очередь, щитов и проходческих машин;

сложившаяся практика получения от министерства срочных внеплановых, часто мелких поручений и заданий.

Действительно, основа сложившейся структуры отделения возникла в то время, когда объемы тоннельного строительства были незначительными (в 1950 г., когда были созданы первые научные подразделения, ежегодный ввод в строй линий метро не превышал нескольких километров. В основном использовалась чугунная обделка, а проходка велась немеханизированными щитами. Открытый способ практически не применялся, горных тоннелей строилось очень мало).

С тех пор строительные объемы возросли более чем в десять раз. Значительно изменилась техника сооружения тоннелей и усложнилось оборудование: стали применяться механизированные щиты и комплексы, используются разнообразные сборные железобетонные конструкции. В зарубежной практике широкое применение получил метод строительства «стена в грунте» в сочетании с анкерным креплением. Появилось значительное количество эффективных проходческих щитов и машин, ведение которых осуществляется с помощью лазеров. Ведутся интенсивные научные поиски по созданию машин, основанных на новых способах разрушения горных пород — с помощью импульсных струй воды, снарядов, лучей лазера, высокой температуры и т. п. Исследуются вопросы по комплексной автоматизации проходки.

В последние годы в отделении дополнительно образованы — при сохранении прежней численности сотрудников — лаборатории специальных способов работ, надежности и долговечности тоннельных конструкций метрополитенов и строительства горных тоннелей.

В то же время вопросами математического моделирования и использования ЭВМ занимается лишь несколько исследователей. Конструкторское обеспечение тематики отделения, не имеющего в своем составе ни одного конструктора, осуществляется в основном силами небольшой группы ПКБ ЦНИИС, не накопившей достаточного опыта по созданию тоннелепроходческого оборудования. Поэтому отделение вынуждено вести конструкторские работы силами научных сотрудников, либо привлекать к ним ПКБ Главстроймеханизации.

Фактически основная часть работы по созданию важнейших элементов, определяющих техниче-

ский уровень и прогресс в тоннелестроении, организующих весь специфический процесс сооружения тоннеля, а именно щитов и проходческих машин, возложена на небольшую лабораторию другого отделения. Это противоречит проверенному опыту положению о необходимости установления в каждом, тем более первостепенно важном деле, четкой ответственности за него. Целесообразность сосредоточения в одном подразделении работ по созданию технологии и нового оборудования подтверждается опытом Минуглепрома и ВНИИ буровой техники.

Внеплановые поручения выполняются за счет времени и средств, запланированных на основную тематику, так как никакой специальной статьи расходов не предусмотрено. При этом отвлекаются от основной научной деятельности наиболее квалифицированные работники.

Задачи, стоящие перед тоннельной наукой и в первую очередь перед отделением тоннелей и метрополитенов ЦНИИСа, без преувеличения грандиозны. В плане научных исследований на 10-ю пятилетку решены такие важные конкретные научно-технические задачи как разработка методов, средств механизации и конструкций обделок для скоростного строительства горных тоннелей и метрополитенов; создание технологии и средств автоматизированного сооружения тоннелей; совершенствованные технологии и конструкции обделок тоннелей метро открытого способа работ; создание водонепроницаемой, в первую очередь, железобетонной обделки тоннелей, а также обделок пониженной металлоемкости из высокопрочных материалов; конструирование щита для проходки тоннелей в грунтовых условиях широкого диапазона.

Чтобы ученые успешно выполнили возложенные на них ответственные задачи, представляется необходимым:

изменить структуру отделения с увеличением его численности;

создать отдел для конструкторского обеспечения работ в процессе конструирования, подготовки и испытаний экспериментальных образцов тоннельного оборудования, конструкций и средств малой механизации;

соорудить специальное помещение, разместив в нем новые стенды и оснастив их современной системой измерения, регистрации и обработки экспериментальных данных;

увеличить ежегодное выделение для института молодых специалистов — выпускников вузов;

возложить на отделение полную ответственность за создание и испытание экспериментальных образцов тоннельного оборудования;

установить коллективу определенный объем работ на выполнение внеплановых заданий и поручений;

повысить ответственность производственных организаций за своевременное проведение и качество выполнения опытных работ.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОХОДЧЕСКОГО ЩИТА ПО ЛУЧУ ЛАЗЕРА

А. КАГАН, И. АМБОКАДЗЕ, Т. АМИРАНАШВИЛИ,
Н. УРУШАДЗЕ, инженеры

В институте Донавтоматормаш разработана аппаратура автоматического контроля положения проходческого щита по лучу лазера. Аппаратура осуществляет непрерывный контроль отклонений осевых точек ножа и хвоста машины в плане и профиле относительно проектной трассы, угла поперечного крена щита и длины пройденной выработки. Результаты измерений автоматически выводятся на пульт управления машины.

Технические данные аппаратуры:

Дальность действия, м, не менее	150
Пределы измерения величин отклонений, мм:	
по точной шкале	± 50
по грубой шкале	± 250
Пределы измерения угла крена машины, угл. мин.	
по точной шкале	± 100
по грубой шкале	± 500
Погрешности измерения отклонений, мм, не более	± 15
Погрешности измерения угла крена, угл. мин., не более	± 3
Напряжение питания переменного тока, В	380
Потребляемая мощность, Вт	300

В состав аппаратуры входят лазерный прожектор, оптические клиновые механизмы поворота луча, две фотозлектрические приемные следящие системы, блок контроля крена, датчик пути, программный блок и блок индикации. Расположение блоков аппаратуры контроля положения на щите и в выработке представлено на рис. 1. Функциональная

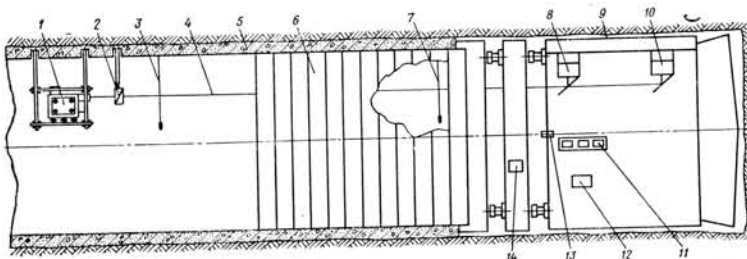


Рис. 1. Расположение блоков аппаратуры на щите и в выработке:

1 — лазерный прожектор; 2 — оптический клиновой механизм; 3 — отвес; 4 — луч лазера; 5 — бетонная обделка тоннеля; 6 — передвижная металлическая опалубка; 7 — отвес; 8 — хвостовое приемное устройство; 9 — корпус щита; 10 — ножовое приемное устройство; 11 — блок индикации; 12 — блок контроля крена; 13 — датчик пути; 14 — программный блок.

схема аппаратуры изображена на рис. 2. Лазерный прожектор предназначен для формирования узкого светового пучка и наведения его в заданном на-

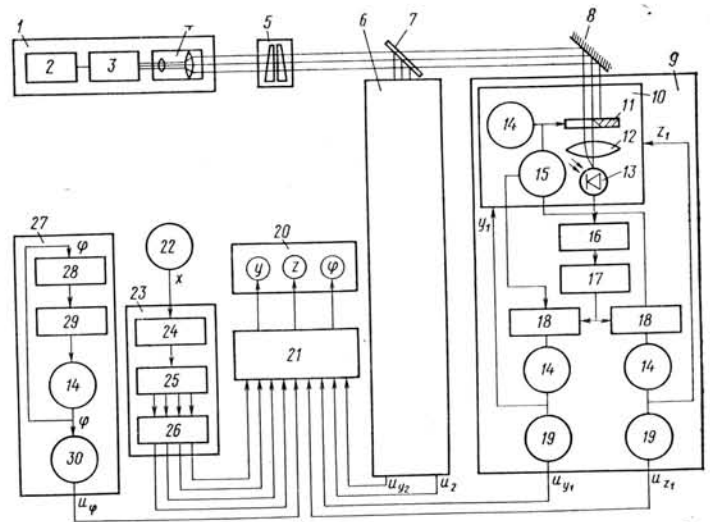


Рис. 2. Функциональная схема аппаратуры:

1 — лазерный прожектор; 2 — ОКГ; 3 — модулятор 3200 Гц; 4 — коллиматор; 5 — оптический клиновой механизм поворота луча; 6 — хвостовое приемное устройство; 7 — светоделительное зеркало; 8 — зеркало; 9 — ножовое приемное устройство; 10 — чувствительный элемент; 11 — полудиск; 12 — объектив; 13 — фотоэлемент; 14 — двигатель; 15 — генератор опорных напряжений; 16 — усилитель 3200 Гц; 17 — усилитель 25 Гц; 18 — фазочувствительный усилитель; 19 — датчик перемещения; 20 — блок индикации; 21 — вычислительное устройство; 22 — датчик пути; 23 — программный блок; 24 — устройство управления; 25 — считывающее устройство; 26 — цифра-аналоговый преобразователь; 27 — блок контроля крена; 28 — электролитический датчик крена; 29 — усилитель; 30 — датчик угла поворота.

правлении. Источником излучения в лазерном прожекторе служит оптический квантовый генератор типа ЛГ56, излучающий когерентный световой пучок мощностью 2 мвт с длиной волны 0,633 мкм. Коллимирование пучка излучения осуществляется оптической телескопической системой. Лазерный прожектор снабжен также электромеханическим модулятором излучения частоты 3200 Гц, что позволяет исключить влияние на работу аппаратуры посторонних источников света, установленных в тоннеле. Для наведения луча лазера в заданном направлении на прожекторе имеются визирная трубка и механизмы, осуществляющие плавный поворот его корпуса в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а также горизонтирование прибора. Вес лазерного прожектора составляет 56 кг.

На криволинейных участках трассы для задания направления луча по хорде или касательной к проектной трассе используются легкие (не более 5 кг) оптические клиновые механизмы поворота луча, которые устанавливаются в выработке отдельно от лазерного прожектора и переносятся вслед за

машиной после прохождения контролируемого участка выработки.

Фотоэлектрические приемные следящие системы предназначены для автоматического измерения отклонений от оси луча лазера двух контролируемых точек машины в плане и профиле. Приемные устройства расположены в верхней, центральной части корпуса щита на прямой, параллельной продольной оси машины. Разделение пришедшего к машине луча лазера на два пучка осуществляется светодлительным зеркалом, установленным на хвостовом приемном устройстве. В качестве светодлительного зеркала используется плоскопараллельная стеклянная пластина, отражающая в сторону хвостового приемного устройства 20% попадающего на нее светового потока и пропускающая остальную часть светового излучения к ножевому приемному устройству, не изменяя его направления.

Чувствительный элемент каждого приемного устройства представляет собой амплитудно-фазовый анализатор отклонений, выполненный в виде полудискового модулятора, установленного перед объективом фотоэлемента на его оптической оси.

Сигнал фотоэлемента, дважды модулированный частотами 3200 гц модулятора лазерного прожектора и 25 гц полудискового модулятора, предварительно усиливается входным резонансным усилителем, настроенным на частоту 3200 гц и снабженным схемой АРУ. Применение АРУ исключает влияние на величину выходного сигнала усилителя медленных изменений величины светового потока, приходящего к приемному устройству. Такие изменения происходят, например, при увеличении запыленности выработки или при старении активного элемента оптического квантового генератора. Выделенная амплитудным детектором составляющая 25 гц после дополнительного усиления поступает на два фазочувствительных усилителя, формирующие сигналы управления в плане и профиле приводными двигателями приемной следящей системы. Перемещение чувствительного элемента в каждом направлении происходит до тех пор, пока ось вращения полудиска не совместится с осью светового пучка лазера и в связи с этим амплитуда низкочастотной составляющей (25 гц) сигнала чувствительного элемента не станет равной нулю. Величины перемещения чувствительного элемента в каждом направлении относительно его исходного положения, соответствующие отклонениям контролируемых точек щита от оси луча лазера, преобразовываются в электрические сигналы прецизионными потенциометрами.

Программный блок предназначен для формирования на криволинейных участках трассы сигналов о расчетных отклонениях от луча лазера точек проектной трассы, соответствующих ножу и хвосту машины. Управление программным блоком осуществляется датчиком пути, измеряющим длину пройденной выработки.

Выходные сигналы фотоприемных следящих систем, программного блока и блока контроля крена поступают в вычислительное устройство, которое формирует сигналы об отклонении в плане и про-

филе осевых точек ножа и хвоста щита относительно проектной трассы. Эти сигналы поступают в блок индикации, установленный на пульте управления машиной.

Аппаратура автоматического контроля прошла промышленные испытания на проходческом механизированном щитовом комплексе ТЩБ-3 при строительстве Алгетского тоннеля в Грузинской ССР. За период промышленных испытаний аппаратуры проходческим комплексом было пройдено 185 м тоннеля при одной установке лазерного прожектора.

Трасса Алгетского тоннеля в плане — круговая кривая с радиусом 400 м, в профиле — прямолинейная с уклоном 0,026 рад. Диаметр выработки в свету — 5,1 м. Лазерный прожектор был закреплен на бетонной обделке вблизи входного портала, в верхней, центральной части тоннеля. В выработке через каждые 50—60 м ее длины размещались стационарно установленные оптические клиновые механизмы, с помощью которых луч лазерного прожектора направлялся вдоль криволинейной трассы.

На контролируемом участке луч наводился по хорде к проектной трассе. Длина хорды была принята 18 м.

Для закрепления в тоннеле направления хорды использовались два маркшейдерских отвеса, на которых узелками отмечалось требуемое положение луча в профиле. Один из отвесов устанавливался на бетонной обделке тоннеля на расстоянии 11—12 м от начала хорды, а второй — на передвижной металлической опалубке, и по мере прохождения тоннеля, через каждые 5—6 м, переносился за щитом. Этим обеспечивалось поддержание требуемой точности заданного направления. Контроль правильности наведения луча осуществлялся с помощью матового экрана с перекрестием и сеткой концентрических окружностей, устанавливаемого при проверке на пути луча. Тени от узелков на обоих отвесах, проектируемые лучом лазера на экране, должны были совпадать друг с другом и находиться в центре светового пятна. Наведение луча лазера по новой хорде осуществлялось двумя работниками в течение одного часа.

В процессе испытаний производились сопоставления показаний аппаратуры с результатами маркшейдерских определений положения щита в плане и профиле, а также угла его поперечного крена. Расхождения между маркшейдерскими данными и показателями аппаратуры контроля при измерении отклонений не превышали по абсолютной величине 15 мм, а при измерении угла крена — 3 угл. мин. Среднеквадратическая погрешность аппаратуры при измерениях отклонений составляла 8,2 мм, а угла крена — 2,7 угл. мин. Применение аппаратуры автоматического контроля исключило необходимость остановок машины для выполнения маркшейдерских измерений, позволило сократить затраты маркшейдерской службы.

После завершения испытаний аппаратура передана строительству для дальнейшей эксплуатации на проходческом щите.

РАЦИОНАЛЬНЫЙ СПОСОБ ПЕРЕСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ТОННЕЛЬНОЙ ТРАССЫ

Анализ фактических материалов по сверхнормативным отклонениям обделки тоннелей от проектного положения показывает, что наиболее часто такие отклонения возникают при щитовой проходке криволинейных участков трассы. Вместе с этим именно на кривых наиболее сложно подобрать такое новое положение оси тоннеля, при котором были бы восстановлены нарушенные габариты приближения обделки (строений) и одновременно выполнены требования технических условий на проектирование тоннелей метрополитенов.

Известный способ последовательных приближений или обычного графического подбора подходящих геометрических пара-

метров новой трассы не позволяет удовлетворительно решить поставленную задачу: вписать новую трассу в готовый тоннель так, чтобы либо совсем не перекладывать негабаритные кольца, либо свести эти работы к минимуму.

Недавно разработан и проведен на практике (на одном из участков перегонного тоннеля Краснопресненского радиуса Московского метрополитена) строгий математический метод определения новых геометрических параметров трассы с учетом фактического положения обделки. Этот метод позволяет наиболее рационально и с соблюдением всех требований технических условий вписать новую трассу в готовый

участок тоннеля без многократных поисков, повторений и исследований различных вариантов решения поставленной задачи.

Сущность предлагаемого метода заключается в оптимальном сочетании специальных графических построений для набора исходных данных по перепроектированию с точными математическими расчетами по определению новых геометрических элементов трассы. При этом поиск решения ведется не «на ощупь», а однозначно и целенаправленно, на основе анализа фактического положения тоннельной обделки. Установленные математические зависимости и логический порядок нахождения оптимального варианта изменения проекта трассы позволяют в дальнейшем составить программу для выполнения этих расчетов на ЭВМ.

* Читатели могут подробнее ознакомиться с изложенным методом пересчета параметров трассы с учетом фактического положения обделки в геодезическо-маркшейдерском управлении (ГМУ). Б. Черкасский пер., 4. Тел. 223-05-17.

С. АШПИЗ, Д. КИСЛИЦЫН, инженеры

ВНУТРЕННЯЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ТОННЕЛЬНЫХ ОБДЕЛОК

Э. МИНДЕЛИ, доктор техн. наук;
Т. ЧИТАИШВИЛИ, канд. техн. наук;
С. СОБЧИНСКИЙ, инженер

Существующие способы гидроизоляции тоннелей, находящихся в эксплуатации, трудноосуществимы и малоэффективны. Внутренняя гидроизоляция также не является радикальным мероприятием.

С ее помощью нельзя полностью защитить обделку от коррозии, так как с наружной стороны агрессивная среда продолжает воздействовать на бетон. Однако она устраняет сквозную фильтрацию, вследствие чего значительно уменьшается перенос продуктов коррозии и коалатируются поры бетона. В связи с этим замедляется процесс коррозии бетона и существенно возрастает срок службы несущих конструкций и всего подземного хозяйства. Последние годы в подземном строительстве в качестве гидроизоляционного покрытия все шире применяются полимерные композиции.

Проведено исследование возможности использования для внутренней гидроизоляции тоннелей новой полимерной композиции БИ-4С.

Опыты проводились как в лабораторных, так и в натуральных условиях на обводненном участке перегонного тоннеля Тби-

лиского метрополитена, подземные воды по трассе которого характеризуются высоким содержанием сульфат-ионов.

Физико-химическими и физико-механическими исследованиями 15-летнего бетона было установлено, что каспский пуццолановый портландцемент оказался недостаточно стойким в условиях агрессивной среды, поэтому тоннельные сооружения подверглись выщелачивающей и сульфатной коррозии.

Основные свойства полимерной композиции БИ-4С приведены в таблице:

Таблица

Удельный вес	1,2 г/см ³
Сопротивление фильтрации	геометик
Коэффициент воздухопроницаемости при толщине пленки 0,2—0,3 мм и разности давлений 600—800 мм водяного столба	0
Коэффициент теплопроводности	0,25—0,26 ккал/см·°С
Химическая стойкость	устойчива к действию воды, слабых растворов, кислот и щелочей
Горючесть	Самозатухающая композиция, время затухания 3—5 сек, потеря в весе 2—4%
Временное сопротивление сжатию	225 кг/см ²
растяжению	175 кг/см ²
изгиб	375 кг/см ²

Это обстоятельство вызвало необходимость проведения внутренней гидроизоляции, позволяющей предотвратить фильтрацию и замедлить процессы деструкции в бетоне.

В качестве гидроизоляционного материала была применена полимерная композиция БИ-4С, разработанная Северодонецким ПО «Азот» совместно с сотрудниками ИГД им. Скопинского и ИГМ АН ГССР им. Цулукидзе.

Гидроизоляционная полимерная композиция БИ-4С представляет собой однородную вязкую жидкость темно-коричневого цвета, твердеющую при положительных температурах 15—95°C. В качестве отвердителей применяются полиэтиленполиамин, АФ-2 и УП-583.

Композиция полностью растворяется в ацетоне, толуоле и бензоле.

С целью подбора оптимального состава полимерной композиции, обеспечивающего получение минимальной вязкости и максимального сцепления с поверхностью бетона, были проведены испытания бетонных восьмерок в виде двух склеенных половинок.

Часть образцов после 28-дневного хранения в воде в течение 5 суток выдерживали в нормальных условиях (температура 19—20°, относительная влажность 65%), а затем склеивали. Часть образцов склеивали непосредственно после извлечения из воды.

Нанесение мастики на склеиваемые поверхности проводили в два слоя: первый — грунтовочный, второй — покрывающий. Для грунтовочного слоя был подобран состав, содержащий 85—90% смолы БИ-4С, 10—15% полиэтиленполиамин, 10—12% ацетона. Покрывающий слой состоял из 85—90% смолы БИ-4С, 10—15% полиэтиленполиамин, 3—5% ацетона.

После такой подготовки часть образцов была помещена на 90 дней в пресную воду, а другая часть в то же время находилась в натуральных условиях в сульфатной воде с минерализацией по содержанию сульфатионов 1000, 1500 и 2800 мг/л.

Затем образцы испытывали на отрыв на приборе Михаэлиса.

Результаты проведенных испытаний прочности сцепления полимерной композиции БИ-4С с бетоном в сухих и влажных условиях приведены на рисунке. На графике справа показано, как изменяется прочность сцепления в зависимости от концентрации в среде сульфат-ионов. Сцепление образцов, находя-

щихся в агрессивной среде, максимально при концентрации сульфат-ионов до 1000 мг/л. При более высоких концентрациях прочность сцепления уменьшается незначительно.

До начала гидроизоляционных работ предварительно обследовали участок и установили величину дебита воды, количество течей и капелек, состояние тоннеля с точки зрения прочности поверхностного слоя бетонных конструкций.

Так как нанесение полимерной композиции при наличии течей и капелек невозможно, то они были временно прекращены нагнетанием за обделку тоннелей тампонажного раствора, создавшего временный противофильтрационный барьер.

В качестве тампонажного раствора применялась бентонитовая глина с добавлением 20% цемента, обладающая высокой водонепроницаемостью.

Поверхность конструкции, подлежащая гидроизоляции, предварительно выравнивалась: раковины и трещины удалялись путем затирки цементно-песчаным раствором (1:1—1:1,5) или с помощью полимерцементных растворов.

Перед нанесением защитного покрытия поверхность крепи очищалась от всякого рода загрязнений, налетов и подтеков металлической щеткой, а потом струей воды.

Мастику приготавливали непосредственно перед применением, смешивая компоненты в металлической емкости. В первую очередь в смолу БИ-4С вводили ацетон, а далее отвердитель полиэтиленполиамин. Во избежание перегрева отвердителя вводили постепенно (так как с момента введения отвердителя начинается химическая реакция с выделением тепла).

Мастику наносили сконструированным нами аппаратом при давлении сжатого воздуха 4—5 атм. Толщина грунтовочного слоя, наносившегося на поверхность бетона, — 0,5—0,7 мм; покрывающего слоя — 1,3—1,5 мм.

Покрывающий слой наносился через 24 часа после грунтовочного.

Вязкость раствора, определенная по вискозиметру ВЗ-4, составляла 15—18 сек.

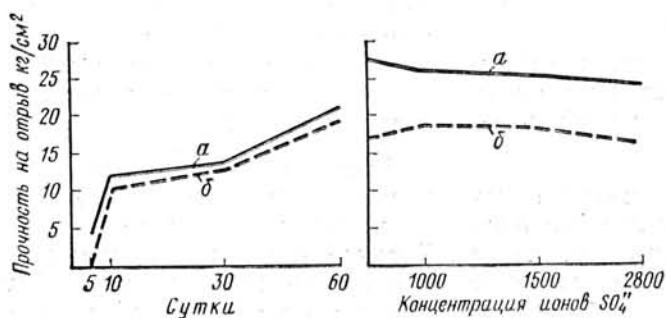
Расход мастики на 1 м² покрываемой поверхности 1,5—2 кг, время предварительной полимеризации 24 часа.

На экспериментальном участке, где была проведена внутренняя гидроизоляция с применением полимерной композиции БИ-4С, течи и капелек прекратились.

Таким образом, опытно-промышленные эксперименты показали, что эта композиция является достаточно эффективным средством защиты от коррозии и способствует повышению долговечности подземных конструкций.

Следует отметить, что рекомендуемая новая полимерная композиция БИ-4С с еще большим успехом может применяться на строящихся участках в качестве наружной гидроизоляции.

Разработанные рекомендации дают заметный технико-экономический эффект, так как кроме повышения долговечности сооружений они обеспечивают лучшую сохранность всего подземного хозяйства и увеличивают безопасность движения подземного транспорта.



a — сухая среда; б — влажная среда

ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

В. ГАЦЬКО, В. МОЗОЛЕВСКИЙ, М. ОКУНЕВ, П. МУЧНИК,
М. ПОЛИВАНОВА, А. ПЛИШЕВОЙ, Н. СЕМИКИНА, инженеры

При сооружении станционных и перегонных тоннелей 1 очереди Харьковского метрополитена внедрены противокоррозионные покрытия металлоизоляции и других металлоконструкций. Применяемые при этом полимерные материалы позволили снизить стоимость работ, повысить производительность труда. Технология предусматривала предварительную обработку металла грунтом-стабилизатором ВА-0112 с последующим нанесением трех-четырёхслойного эпоксидно-перхлорвинилового покрытия (соотношение эмали ХВ-785 и смолы ЭД-165 : 1).

Натурные испытания в условиях притока сильно минерализованных подземных вод с рН-7,0—8,2 показали, что скорость подпленочной коррозии чугуна СЧ-21 через 18 месяцев не превышала $1,8 \times 10^{-5}$ мм/год, стали Ст. 3 — $1,2 \times 10^{-4}$ мм/год. Опытные покрытия образцов и металлоконструкций монтажной камеры правого тоннеля ст. «Советская», камеры основной дренажной перекачки ст. «Южный вокзал» и других объектов метрополитена оказались достаточно стойкими и не выявили признаков разрушения.

Успешные результаты опытно-промышленных испытаний позволили перейти к более широкому применению противокоррозионных систем взамен торкретирования в местах, доступных для внешнего осмотра при эксплуатации.

На основании лабораторных исследований и трехлетнего опыта применения новых противокоррозионных систем в подземных условиях метрополитена, УНИИОМШСом совместно с Харьковметростроем, Харьковметростроителем и дирекцией строительства Харьковского метрополитена разработаны технические условия по защите от коррозии внутренних поверхностей стальной металлоизоляции и чугунной тубинговой обделки станционных

тоннелей Харьковского метрополитена.

Техническими условиями устанавливаются требования к качеству поверхности металлоизоляции и тубинговой обделки перед нанесением защитных покрытий либо противокоррозионных систем, включающих преобразователь (стабилизатор) ржавчины и покрытие. При окраске с предварительной пескоструйной очисткой ржавчина, окалина, грязь, смазка, жировые загрязнения, остатки бетона и формовочная пыль должны быть удалены с поверхности металла.

При нанесении покрытий с применением преобразователя (стабилизатора) удаляются только пластовая и рыхлая ржавчина толщиной более 100 мкм, а также масляно-жировые загрязнения. При этом допускается нанесение преобразователя на влажную поверхность.

Защиту внутренних поверхностей стальной металлоизоляции и чугунной тубинговой обделки следует производить перхлорвинилово-эпоксидным покрытием по предварительно очищенной и обезжиренной поверхности металла или противокоррозионной системой (перхлорвинилово-эпоксидное покрытие по грунту-стабилизатору ВА-0112). Для повышения гидрофобности в наружный слой покрытия можно вводить добавку стеарата свинца в количестве 1% от массы противокоррозионного покрытия.

При окраске по окалине предварительная обработка поверхности производится преобразователем ВА-012.

Рецептуры рекомендованных составов согласованы с Харьковским НИИ гигиены труда и профзаболеваний. Приготовление преобразователей (стабилизатора) и перхлорвинилово-эпоксидного покрытия производится на поверхности на специальной площадке или в помещении, согласо-

ванном с УПО. Противокоррозионные составы наносятся краскораспылителями типа КРУ-1, СО-71, СО-24 и др. При пневмораспылении преобразователь ВА-012 (при необходимости и ВА-0112) предварительно разбавляется до вязкости 25—30 сек. по вискозиметру ВЗ-4 и отфильтровывается через сито № 015 (1600 отв/см^2) или три-четыре слоя марли. Сушка преобразованной поверхности 24 часа при температуре 18—23°C. Рабочая вязкость перхлорвинилово-эпоксидного состава при пневмораспылении 19—21 сек, межслойная сушка покрытия — 1—3 часа, окончательная — 7 суток при температуре 18—23°C.

Контроль качества противокоррозионных покрытий осуществляется внешним осмотром. При этом проверяется отсутствие трещин, вздутий, расслоений и измеряется толщина, сплошность и сцепление с подложкой. Толщина покрытия определяется магнитным или электромагнитным толщиномером, сплошность — электроконтактным дефектоскопом ЛКД-1, адгезия — методом решетчатых надрезов.

При обнаружении дефектных участков покрытий последние зачищаются и заново перекрываются противокоррозионной системой.

Приготовление составов и окраска должны производиться при наличии приточно-вытяжной вентиляции. Рабочие и ИТР допускаются к работе с противокоррозионными материалами только после инструктажа и проверки их знаний по технике безопасности (через каждые 6 месяцев) специальной квалификационной комиссией.

Новые защитные покрытия внедрены при проектировании и строительстве первой очереди Харьковского метрополитена в объеме свыше 4 тыс. м². Опыт эксплуатации покрытий показал, что они обладают высокой надежностью и долговечностью. Получен значительный экономический эффект.

СТАТИЧЕСКАЯ РАБОТА ТОННЕЛЬНЫХ ОБДЕЛОК НА УЧАСТКЕ РАЗМЫВА ПРОТЕРОЗОЙСКИХ ГЛИН

Ю. ФРОЛОВ, Г. СКОБЕННИКОВ, кандидаты техн. наук

Перегонные тоннели Кировско-Выборгской линии Ленинградского метрополитена между станциями «Лесная» и «Площадь Мужества» на участке размыва протерозойских глин протяженностью около 400 м пересекают зону моренных отложений и находятся в особо сложных инженерно-геологических и гидрогеологических условиях.

Проходка тоннелей на этом участке осуществлялась с помощью замораживания грунтов с поверхности. С целью уменьшения объема работ по замораживанию тоннели на этом участке располагаются в вертикальной плоскости — один над другим.

Обделка тоннелей выполнена из чугунных тубинговых колец наружным диаметром 6 м, усиленных внутренней железобетонной облойкой со стальной облицовкой, заанкеренной в бетон (рис. 1).

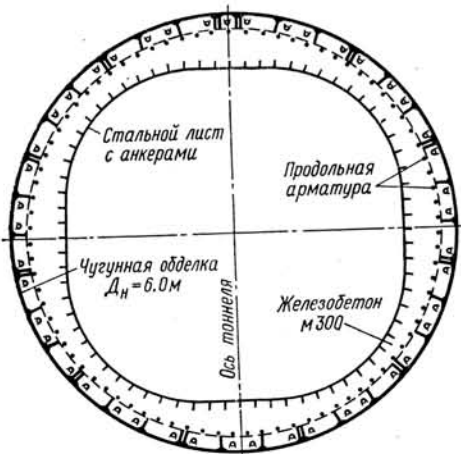


Рис. 1

Внутреннее очертание обделки максимально приближено к габариту оборудования, что позволило максимально увеличить сечение обделки и повысить ее несущую способность. Наличие стального листа $\delta=8$ мм повышает гидроизоляционные качества обделки. Пространство между чугунной конструкцией и внутренним стальным листом заполнено цементно-полимерным бетоном марки 300 и марки 8 по водонепроницаемости.

Поскольку величина коэффициента постели для грунтов, пересекаемых тоннелями, колеблется в пределах от 0,1 до 0,35 кгс/см³, обделка рассчитана без учета упругого отпора породы по схеме свободно-деформируемого кольца переменной жесткости на гидростатическое давление и невыгодные сочетания вертикальных и горизонтальных нагрузок от взвешенного грунта.

Инженерно-геологические характеристики грунтов определены на основании

данных лабораторных исследований. Нормативные и расчетные нагрузки на тоннель установлены в соответствии с главой СНиП II—Д.3—68 на период эксплуатации, когда обделка будет находиться в толще размороженных грунтов. Конструкция рассчитана на нагрузку от веса полного столба с коэффициентом бокового давления взвешенного грунта 0,64 и гидростатическое давление. Для повышения запаса прочности дополнительно проверена несущая способность обделки при уменьшении коэффициента бокового давления грунта до 0,32.

На кафедре «Тоннели и метрополитены» ЛИИЖТа проведен комплекс экспериментальных и теоретических исследований осадок тоннелей, вызванных процессами оттаивания окружающего их ледопородного массива и напряженно-деформированного состояния многослойных обделок.

Исследование особенностей статической работы обделок перегонных тоннелей в зоне размыва при взаимном расположении их в вертикальной плоскости осуществлялось методом моделирования с помощью эквивалентных материалов в масштабе 1:30. Толщина породного целика между обделками тоннелей в пересчете на натуру принималась равной 3 м, 5 и 9 м.

Эксперименты показали, что в исследуемых условиях проходки обделка тоннелей будет испытывать смещения, вызванные последующим размораживанием ледопородного массива. Ожидаемые осадки в зоне размыва (при предполагаемом коэффициенте относительного уплотнения для реальных условий 0,02) не превыдут 30 и 10 см, соответственно для верхнего и нижнего тоннелей. Взаимное влияние тоннелей на статическую работу обделок полностью исключается при толщине породного целика между тоннелями, равного 9 м. При сокращении этого расстояния до 5 м значения изгибающих моментов возрастают незначительно, в среднем на 3—6%.

Изучение напряженно-деформированного состояния обделки тоннелей в продольном направлении проводилось также с использованием метода эквивалентных материалов на моделях в масштабе 1:200. При этом участок тоннеля в зоне размыва рассматривался как труба на деформируемом основании, сложенном из разнородных грунтов.

В процессе исследований установлено, что неравномерные осадки основания тоннелей с рассмотренным вариантом жесткой обделки вызывают значительные по величине напряжения, действующие по направлению их продольной оси. Величина изгибающих моментов по мере фронта оттаивания по длине верхнего

тоннеля (при максимальной осадке его 30 см) составляет 6000—6500 тсм. После окончательного размораживания массива по всей длине тоннеля действие изгибающих моментов сохраняется в местах переходных участков из плотных глин в зону размыва. Исходя из полученных величин моментов, расчетом определена необходимая площадь сечения продольной арматуры в обделках тоннелей. Для предотвращения значительных продольных усилий в последних предусмотрены мероприятия по снижению продольной жесткости тоннелей. Одним из таких мероприятий явилось устройство в обделке деформационных швов. По данным экспериментальных исследований, в случае равномерного оттаивания всего замороженного участка достаточно устройство двух деформационных швов, расположенных в зонах перехода тоннелей из плотных глин в слабые грунты, слагающие зону размыва.

Полученные на моделях результаты используются в настоящее время для теоретических исследований величины и характера распределения напряжений в обделке при рассмотрении тоннеля как многослойной цилиндрической оболочки на упругом неоднородном основании.

Эксперименты по изучению напряженно-деформированного состояния конструкции обделки, представляющей собой кольцо из чугунных тубингов с усилением бетонной облойкой и внутренним металлическим листом, проводились на горизонтальном кольцевом стенде мето-

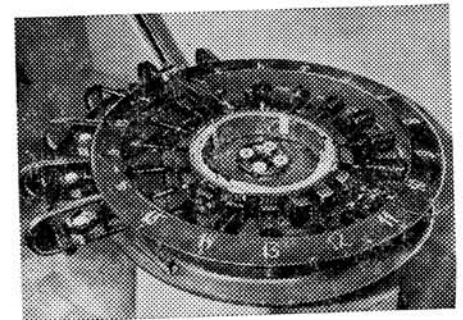


Рис. 2

дом силового моделирования (рис. 2). Материалы модели были подобраны таким образом, чтобы соотношения их основных прочностных и деформационных характеристик соответствовали аналогичным соотношениям в натуре. В наибольшей степени заданным условиям соответствовали следующие материалы: чугунные тубинги — эпоксидная смола + песок + отвердитель (1:1:0,1); бетон М300 — цемент + песок (1:3); стальной лист — медная фольга. Модель изготовлялась с максимальным приближением к натуре, с геометрическим масштабом моделирования, равном

1:10. Закон распределения нагрузки по периметру кольца принят эллиптическим.

Нагружение модели проводилось в два этапа. На первом исследовалось напряженно-деформированное состояние обделки при равномерном нарастании нагрузки до расчетной. На втором — доводили обделку до разрушения путем постепенного уменьшения горизонтальной оси эллипса нагрузки при постоянной вертикальной. При проведении экспериментов рассматривались три схемы загрузки обделки, отличающиеся значением коэффициента бокового давления взвешенного грунта $\lambda=0,64$, $\lambda=0,5$ и $\lambda=0,3$. Это соответствует коэффициентам бокового давления взвешенного грунта, принятого в расчете. Величины напряжений и характер их распределения по сечению многослойной обделки при $\lambda=0,64$ представлены в виде эпюр нормальных тангенциальных напряжений по вертикальному и горизонтальному диаметрам обделки на рис. 3.

Исследования показали, что обделка перегонных тоннелей в зоне размыва обладает достаточной несущей способностью. При работе бетона в условиях объемного напряженного состояния обделка имеет не менее чем четырех-пятикратный запас прочности.

Проводился также теоретический анализ работы обделок перегонных тоннелей в зоне размыва с применением методов теории упругости. При этом обделка рассматривалась как четырехслойное кольцо.

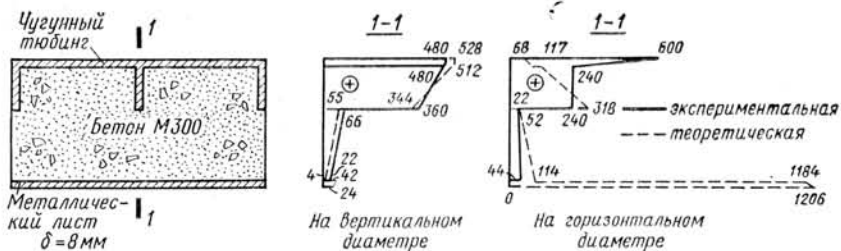


Рис. 3

Закон распределения нагрузки на обделку принимался, как и при проведении эксперимента, эллиптическим. При расчете учитывалась неравномерность восприятия усилий ребрами тубингов и межреберным заполнением (бетоном). Характер распределения усилий между ними определялся из условия совместности перемещений. Задача расчета напряжений в слоях сводится к определению усилий на контактах слоев.

Вычисления проводились на ЭВМ. Теоретический характер распределения напряжений по толщине обделки не во всех сечениях совпадает с экспериментальными данными. Если в сечениях обделки по вертикальному диаметру расхождение составляют в среднем 10%, то в сечениях по горизонтальному диаметру эта величина выше. Последнее, вероятно, можно объяснить тем, что в теоретических предположениях была предусмотрена полная совместность рабо-

ты отдельных слоев обделки. Однако в модели и, тем более, на практике это условие может быть нарушено (особенно это относится к условиям совместной работы металлического листа и бетона).

Другим конструктивным решением в условиях больших нагрузок и возможных смещений может явиться обделка, выполненная из двух колец (например, из тубинговых) разного диаметра, вставленных одно в другое. Зазор между кольцами заполняется бетоном или раствором высокой марки.

В целях успешного внедрения комбинированных многослойных сборно-монолитных обделок в практику тоннелестроения в особо сложных инженерно-геологических условиях, в лаборатории продолжают исследования характера их работы и разрабатывается методика расчета, наиболее полно соответствующая конструктивным особенностям таких обделок.

В качестве кабельных конструкций в тоннелях действующих участков Бакинского метрополитена использованы перфорированные стойки СК-180 с закладными подвесками, применяемые в системе Главэлектромонтажа.

Установка этих конструкций с помощью принятого болтового крепления к тубингам трудоемка и требует подгонки по месту.

Работниками бакинского монтажного

Ф. НАРОДИЦКИЙ,
начальник
электротехнического
отдела
Бакметропроекта;
Г. ГАЛАНТ, главный
специалист отдела.

БЕЗМЕТИЗНОЕ КРЕПЛЕНИЕ КАБЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ К ТЮБИНГОВОЙ ОБДЕЛКЕ

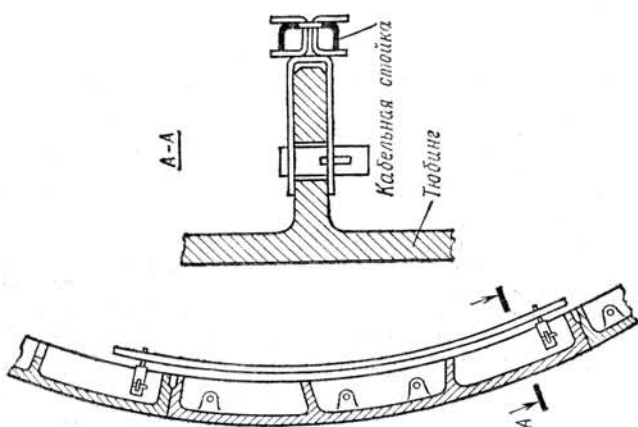


Рис. 1

Управления № 1 треста Азпромэлектромонтаж внедрен способ безметизного крепления кабельных конструкций к тубинговой обделке (рис. 1).

Кабельная стойка крепится к обделке

в двух местах с помощью деталей, показанных на рис. 2.

Деталь 1 прочно крепится за счет натяжения, создаваемого клином в детали 2, продетой в монтажное отверстие

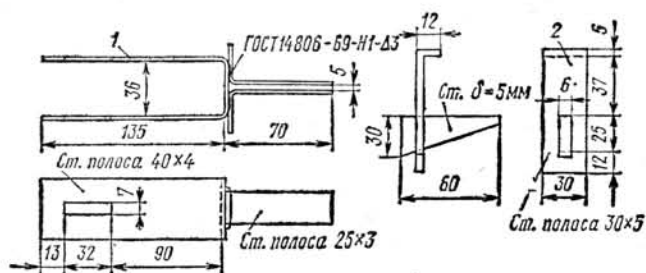


Рис. 2

тубинга. Кабельная стойка насаживается на установленные детали 1 таким образом, чтобы стальные полоски прошли в отверстие перфорации. Затем полоски отгибаются ключом-вилкой, при этом стойка оказывается надежно закрепленной к обделке тоннеля.

Применение нового способа крепления позволит значительно ускорить монтаж кабельных конструкций на пусковом участке между станциями «28 Апреля» — «Низами».

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДЕФЕКТОВ СООРУЖЕНИЯ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ СБОРНОЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ОБДЕЛКИ

К. ТРОИЦКИЙ, канд. техн. наук;
Р. ЕВСТИГНЕЕВ, А. ЛАПШИН, инженеры

Смонтированная в тоннеле обделка может иметь существенные отклонения от проекта в зависимости от точности изготовления блоков, технологии сборки и положения щита на трассе, состояния грунта, а также многих других факторов. В связи с этим возможны случаи, когда фактическая несущая способность обделки ниже проектной.

Коэффициенты условий работы, принимаемые в расчетах, не всегда обеспечивают учет фактических соотношений между несущей способностью сборной железобетонной обделки и нагрузками, поэтому наряду с участками, имеющими завышенную несущую способность, встречаются и такие, состояние которых близко к предельному. Иногда в обделке появляются трещины от силовых воздействий. Возможно значительное уменьшение или увеличение вертикального диаметра против проектного (отрицательная и положительная эллиптичность). Меняется и горизонтальный диаметр. Дефекты при монтаже колец обделки проявляются также в виде уступов между блоками и взаимном их повороте (изломе оси), что сопровождается появлением эксцентриситета в стыках.

При Московском способе строительства практикуют монтаж притоннельных сооружений в открытых котлованах вблизи перегонных тоннелей. По окончании монтажа сваи выдергивают, оставляя затяжку, и производят обратную засыпку. Гинение затяжки сопровождается подвижками грунта, изменением его плотности, а, следовательно, и коэффициента упругого отпора за обделкой. Плотность грунта изменяется также и в результате выносов песка в тоннель. Эллиптичность, уступы в стыках, разуплотнения встречаются довольно часто.

Исследование влияния каждого из этих факторов на напряженное состояние железобетонной обделки производили расчетным путем. Определяли нагрузку, соответствующую моменту образования трещин в обделке с заданными дефектами и сопоставляли с нагрузкой, вызывающей трещины в совершенной (эталонной) обделке.

За эталонную принята сборная унифицированная железобетонная обделка из сплошных блоков с идеальным круговым очертанием оси по радиусу $r_0 = 265$ см (нулевая эллиптичность) и центральной передачей усилий в стыках. Характеристики сечения обделки и материала следующие: ширина блока $b = 100$ см; толщина блока $h = 20$ см; площадь сечения $F = 2000$ см²; момент инерции $I = 6,6667 \times 10^4$ см⁴; модуль упругости бетона на сжатие и растяжение $E = 435000$ кг/см²; расчетное сопротивление растяжению при расчетах на трещинообразование $R_T = 19,5$ кг/см²; расчетное сопротивление сжатию при изгибе $R_{II} = 250$ кг/см².

Расчеты проведены на единичную, равномерно-распределенную нагрузку. Соотношения между боковой и вертикальной нагрузкой во всех расчетах одинаково — $\lambda = 0,35$. Нагрузка приложена к оси обделки. Трение отсутствует. Коэффициент упругого отпора породы $K = 5$ кг/см³.

Расчет эталонного варианта, а также все расчеты по изучению влияния эллиптичности и разуплотнения выполнены на

ЭВМ по программе «Модель ЦНИИС», разработанной лабораторией тоннельных конструкций ЦНИИС. Рассмотрены обделки с различной эллиптичностью: $-10, -5, +5, +10$ см. Расчетная схема предполагает, что все стыки центрально (без эксцентриситета) передают нагрузку.

Как показали расчеты, наиболее напряженным оказывается сечение в нижней трети смежного блока. Значения изгибающего момента, нормальной силы, действующих в этом сечении напряжений и предельно допустимых нагрузок по трещинообразованию на обделку при разной эллиптичности, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Эллиптичность, см	Усилия от единичной нагрузки		Напряжения в сечении, кгс/см ²		Предельная нагрузка по образованию трещин, т/м ²		Минимальная предельная нагрузка по трещинообразованию в % эталонного варианта
	M, т·м	N, т	$\sigma_{сж}$	σ_p	на сжатие $q_{пр} = \frac{R_{II}}{\sigma_{сж}}$	на растяжение $q_{пр} = \frac{R_T}{\sigma_p}$	
+10	0,0601	2,24	2,021	—	124	—	132
+5	0,0725	2,60	2,387	—	104	—	110
0	0,0868	2,73	2,67	—	94	—	100
Эталонный вариант							
-5	0,1072	2,88	3,05	-0,17	82	115	87,5
-10	-0,146	3,05	3,71	-0,67	67,5	29	31

Отрицательная эллиптичность -5 см вызывает уменьшение несущей способности на 12,5%, а эллиптичность -10 см — в 3 раза.

Для исследования влияния разуплотнения за одним из блоков (примыкающий к лотковому — № 2 и к смежному — № 3) на напряженное состояние обделки была выполнена серия статических расчетов с изменением коэффициента упругого отпора (K) от $0,5 \cdot 10^4$ до $0,1 \cdot 10^4$ т/м³. Характерные эпюры моментов показаны на рис. 1. (Эпюры нормальных сил не приведены).

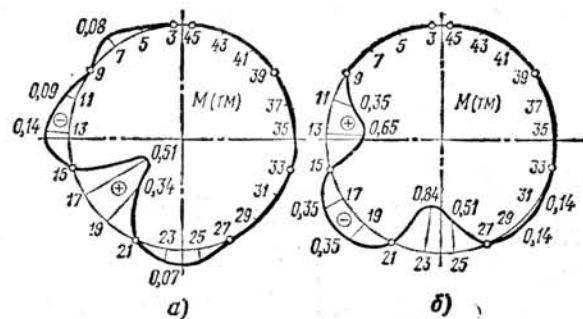


Рис. 1. Эпюры моментов в обделке при $K = 0,5 \cdot 10^4$ т/м³: а — при разуплотнении за блоком № 3; б — при разуплотнении за блоком № 2

Уменьшение коэффициента упругого отпора с $0,5 \cdot 10^4$ до $0,1 \cdot 10^4$ вызывает снижение несущей способности в 20 и более раз (табл. 2).

Таблица 2

Разуплотнение за блоком	Коэффициент упругого отпора, t/m^3	Усилия от единичной нагрузки		Напряжения в сечении, $кг/см^2$		Предельная нагрузка по образованию трещин, t/m^2		Минимальная предельная нагрузка по образованию трещин в % от эталонного варианта
		$M, тм$	$N, т$	$\sigma_{сж}$	σ_p	на сжатие $q_{пр} = \frac{R_{II}}{\sigma_{сж}}$	на растяжение $q_p = \frac{R_T}{\sigma_p}$	
№ 2 (сечение 23)	$0,4 \times 10^4$	0,0533	3,64	2,67	—	93,5	—	99,5
	$0,3 \times 10^4$	0,134	3,62	3,83	-0,21	65	93	69,0
	$0,2 \times 10^4$	0,271	3,57	5,80	-2,25	43,0	8,7	8,17
	$0,1 \times 10^4$	0,550	3,50	10,0	-6,5	25,0	3,0	3,25
№ 3 (сечение № 17)	$0,4 \times 10^4$	0,067	3,35	2,68	—	93,5	—	99,5
	$0,4 \times 10^4$	0,12	3,34	3,45	-0,11	72,5	175	77,0
	$0,4 \times 10^4$	0,202	3,31	4,69	-1,38	53,0	14,2	15,1
	$0,4 \times 10^4$	0,36	3,26	7,0	-3,8	36,0	5,2	5,6

Таблица 3

Вариант	Эксцентриситеты, $см$		Нормальные силы, $т$			Изгибающие моменты, $тм$		Максимальные напряжения, $кг/см^2$	
	стык 0	стык 1	стык 0	середина блока	стык	середина блока	нижний конец блока	сжатие +	растяжение -
Эталон	0	0	2,347	2,570	2,930	-0,070	0	23	—
I	+7	+7	2,385	2,604	2,953	+0,108	+0,208	4,6	-1,5
II	-5	-5	2,318	2,541	2,910	-0,194	-0,145	2,9	-0,3
III	-5	+7	2,688	2,880	3,138	-0,106	-0,220	4,9	-1,7
IV	+7	-5	2,073	2,351	2,764	-0,0035	-0,138	3,3	-0,6

Наблюдения за характером развития разрушений в кольце эксплуатируемого тоннеля с учетом результатов исследования позволяют своевременно определить место разуплотнения за обделкой и принять соответствующие меры. Так, на одном из участков Московского метрополитена (перегон между станциями «Полежаевская» — «Беговая», вблизи сопряжения с поперечной выработкой, вертикальная нагрузка $15 т/м^2$), сначала возникли трещины с раскрытием внутрь в месте сопряжения пути с обделкой, приблизительно в середине блока — № 2, а затем трещины с раскрытием наружу в блоке № 3. На рис. 1 видно, что именно так должно происходить разрушение при разуплотнении за блоком № 3. При уменьшении коэффициента упругого отпора за ним возникают трещины в середине блока № 2 (сечение 17); при дальнейшем разуплотнении за блоком № 3 трещины появляются в сечении 13.

При уменьшении отпора за блоком № 2 с $0,5 \times 10^4$ до $0,1 \times 10^4 т/м^3$ при вертикальной нагрузке $15 т/м^2$ возникают трещины в блоках № 1, 2 и 3 сначала в лотковом, затем в блоке № 3 с раскрытием внутрь тоннеля и затем в блоке № 2 с раскрытием наружу. Хотя трещины вначале возникают в блоках № 1 и 3, причиной этого может быть разуплотнение за блоком № 2.

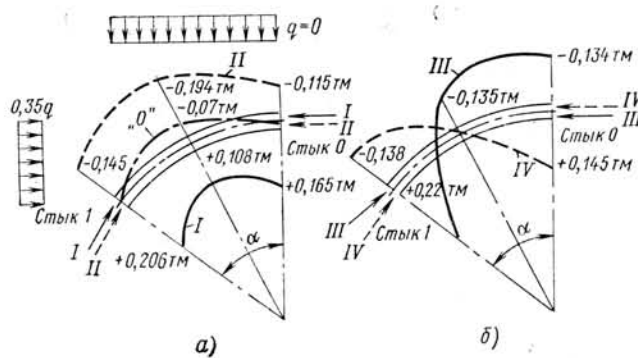


Рис. 2. Моменты в сечениях смежного блока при эксцентриситетах приложения сил на его торцах:

а — одинакового знака (варианты 0.1 и II); б — противоположного знака (варианты III и IV)

Для количественной оценки влияния эксцентриситетов на напряженное состояние конструкции рассмотрена унифицированная обделка с различным состоянием стыков по концам смежного блока. Расчет проведен без учета гибкости блоков по условиям их равновесия по методике, предложенной С. А. Орловым. Гибкость блока с центральным углом $\varphi=51^\circ$ может не учитываться при расчетах внутренних сил в грунтах с коэффициентом упругого отпора $2,6 \div \div 7,8 (кг/см^3)$, что соответствует реальным условиям Московского способа сооружения тоннелей (пески).

На рис. 2 изображен смежный блок унифицированной обделки, показаны внешние по отношению к нему силы и эпюры изгибающих моментов при различных сочетаниях максимальных эксцентриситетов приложения сил на концах блока. В табл. 3 приведены дополнительные к рис. 2 данные, характеризующие напряженное состояние материала в середине блока при рассмотренных сочетаниях действующих сил в сты-

ках.

Из приведенных данных можно заключить, что трещиностойкость обделки вследствие внецентренной передачи усилий может снижаться примерно в 10 раз. Так, для варианта I и III уже при единичной нагрузке имеют место напряжения растяжения $1,5$ и $1,7 кг/см^2$. Предельная нагрузка по трещинообразованию в этом случае будет около $11 т/м^2$. Для «эталонного» варианта предельная нагрузка около $93 т/м^2$.

Необходимо отметить, что принятые в расчете наибольшие величины эксцентриситетов могут образовываться при сравнительно небольшой сдвигке блоков (уступе) $h_g=1,5 см$.

Анализ напряженного состояния сборной железобетонной обделки в зависимости от ее эллиптичности, состояния породы за обделкой, наличия и характера эксцентриситетов в продольных стыках между блоками позволяет оценить влияние качества строительства на начальную надежность сооружения; с учетом расположения и характера трещин в блоках установить причины, вызывавшие нарушения конструкции и наметить мероприятия по предотвращению их развития.

Известно, что водонепроницаемость бетона существенно зависит от действующих в нем напряжений растяжения, а долговечность — от запаса несущей способности, трещиностойкости и деформативности в начале эксплуатации. Сокращение начальной надежности приводит к уменьшению срока службы сооружения.

Повышение начальной надежности в результате улучшения качества строительства служит основой, с одной стороны, для расширения области применения сборных железобетонных обделок взамен чугунных, и с другой — обеспечивает сокращение расходов на содержание тоннелей и лучшие условия для перевозок пассажиров и эксплуатации оборудования в тоннелях метрополитенов.

АНАЛИЗ В ПЛАНОВО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

В. ЛЕВИН, канд. эконом. наук

XXV съезд КПСС выдвинул новые задачи в области повышения эффективности производства и улучшения планирования капитального строительства.

Успешному решению поставленных задач во многом будет способствовать разработка в каждой строительной организации научно обоснованных пятилетних планов. Естественно, что в основе этих планов должен лежать комплексный экономический анализ производственно-хозяйственной деятельности в прошедшей девятой пятилетке, позволяющий вскрыть имеющиеся резервы и наметить практические мероприятия по их использованию.

Такой анализ был проведен по СМУ-7 Мосметростроя. Он дал возможность не только проанализировать все экономические показатели (программу работ, производительность труда, себестоимость и др.), но и предложить ряд рекомендаций по его дальнейшему углублению и совершенствованию.

При анализе выполнения производственной программы особое внимание должно быть уделено ритмичности работы в течение всего года, ибо только тот режим производства, при котором равномерно используются материально-технические и трудовые ресурсы, позволяет добиться высоких экономических показателей.

Степень равномерности выполнения производственной программы характеризуется так называемым коэффициентом ритмичности K_p , который вычисляется по формуле

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

где ΣA — сумма отклонения фактических объемов работ за отдельные кварталы от объемов работ при абсолютном ритмичном производстве, т. е. в случае, когда за каждый квартал выполняется 25% годового плана объема работ.

Исходные данные для расчета K_p по СМУ-7 за 1971—1975 гг. приведены в табл. 1.

Таблица 1

Год	Объем работ, тыс. руб.	Выполнение годового объема работ, %				Отклонение А фактических объемов работ, %				ΣА, %
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	
1971	3044	12,7	23,2	43,7	20,4	12,3	1,8	18,7	4,6	37,4
1972	5627	21,6	23,5	26,1	28,8	3,4	1,5	1,1	3,8	9,8
1973	5786	18,1	25,5	26,9	29,5	6,9	0,5	1,9	4,5	13,8
1974	5700	24,3	25,3	25,1	25,1	0,7	0,2	0,3	0,1	1,4
1975	4336	27,3	20,1	24,6	28,0	2,3	4,9	0,4	3,0	10,6

Коэффициент ритмичности в 1971 г. оказался равным

$$K_p^{71} = 1 - \frac{37,4}{100} = 0,626.$$

Подсчитанные аналогичным образом коэффициенты ритмичности для последующих лет имеют следующие значения:

$$K_p^{72} = 0,902, K_p^{73} = 0,862, K_p^{74} = 0,985, K_p^{75} = 0,894.$$

Столь высокая ритмичность в 1972—1975 гг. (максимально K_p может быть равным единице) свидетельствует о равномерном использовании в этот период производственных ресурсов, что, в свою очередь, оказывало положительное влияние на другие экономические показатели работы организации.

Так, если в 1971 г. (за прошедшую пятилетку только в одном 1971 г.) было допущено удорожание работ в СМУ-7 на сумму 713,1 тыс. руб., то в последующие годы имела место экономия.

Анализ себестоимости строительно-монтажных работ следует проводить по всем статьям затрат независимо от того, был ли по ним допущен перерасход или получена экономия. При этом целесообразно выявить по каждой из статей (себестоимости строительно-монтажных работ) изменение величины отклонения фактических затрат от плановых с учетом так называемой «весомости» данной статьи в общей себестоимости. С этой целью вычисляется «постатейный индекс» снижения себестоимости

$$I_c = \frac{\Sigma(i - 100)d}{100},$$

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

d — удельный вес данной статьи затрат в общей плановой себестоимости.

В табл. 2 приведен расчет постатейного индекса себестоимости по СМУ-7 за 1975 г.

Таблица 2

Статьи затрат	Плановая себестоимость, тыс. руб.	Фактическая себестоимость, тыс. руб.	Индивидуальный индекс снижения себестоимости (гр. 3: 2), %	Значение $i - 100$, %	Удельный вес d статьи затрат, %	Постатейный индекс I_c , %
Материалы	1244	1151	94,0	-6,0	36,2	-2,18
Основная заработная плата . .	915	977	106,6	+6,6	26,7	+1,76
Расходы по эксплуатации строительных машин	429	356	83,0	-17,0	12,4	-2,11
Прочие прямые затраты	84	85	101,3	+1,3	2,4	+0,31
Накладные расходы	764	839	109,5	+9,5	22,3	+2,12
Итого	3439	3408	—	—	100,0	-0,10

Из данных табл. 2 следует, что за счет экономии материалов себестоимость уменьшилась на 2,18% и за счет сокращения расходов по эксплуатации машин — на 2,11%. Таким образом, снижение себестоимости по этим статьям практически одинаково, хотя индивидуальный индекс для последней существенно выше. Это объясняется большим удельным весом статьи «материалы». Особое внимание в расчетах на планируе-

мый период необходимо обращать на статьи затрат «Основная заработная плата» и «Накладные расходы».

Очень важно при выполнении анализа установить факторы (а также их соотношения), позволяющие строительным организациям с каждым годом, как правило, увеличивать объемы строительного-монтажных работ.

Прирост объемов строительного-монтажных работ за счет роста производительности труда ΔO_n и увеличения численности работников ΔO_q можно определить следующим образом:

$$\Delta O_n = (B_{п.л.} - B_{п.р.}) \cdot q_{п.л.},$$

$$\Delta O_q = (q_{п.л.} - q_{п.р.}) \cdot B_{п.р.}$$

Здесь $B_{п.р.}$, $B_{п.л.}$ — выработка (соответственно) за предыдущий и на планируемый периоды, руб.;

$q_{п.р.}$, $q_{п.л.}$ — численность работающих за соответствующие периоды.

Так, при $B_{1974} = 7000$ руб., $B_{1975} = 8149$ руб., $q_{1974} = 2780$ чел. и $q_{1975} = 2906$ чел. (пример условный) $\Delta O_n = 3339$ тыс. руб. и $\Delta O_q = 882$ тыс. руб., т. е. из общего прироста объема работ 4221 тыс. руб. 80% приходится на долю роста производительности труда и 20% на долю увеличения численности.

При разработке пятилетних планов следует иметь в виду, что весь прирост объема строительного-монтажных работ в десятой пятилетке должен быть обеспечен, как указывалось на XXV съезде КПСС, только за счет повышения производительности труда, т. е. без увеличения численности работающих.

В этой связи немаловажную роль играет изучение такого вопроса, как текучесть кадров.

Здесь следует проанализировать два показателя: оборот $T_{об}$ и текучесть $T_{тек}$ рабочих кадров. Они определяются по формулам

$$T_{об} = \frac{q_{выб.}}{q_{об}} \cdot 100\%,$$

$$T_{тек} = \frac{q_{неув.}}{q_{об}} \cdot 100\%,$$

$q_{выб.}$ — общее число рабочих, выбывших в течение года;

$q_{неув.}$ — число рабочих, выбывших в течение года по неважным причинам;

$q_{об}$ — общая среднесписочная численность рабочих.

В СМУ-7 за предыдущую пятилетку оборот рабочих кадров составил: 1971 — 10,9%; 1972 — 8,7%; 1973 — 9,8%; 1974 — 9,6%; 1975 — 8,8%.

Хотя в сравнении с показателями других строительных организаций эти цифры и незначительны, тем не менее следует продолжить дальнейшее закрепление рабочих кадров.

Что касается показателя текучести рабочих кадров, то он должен иметь возможно меньшее значение и в перспективе приблизиться к нулю.

Как известно, XXV съездом КПСС поставлена задача повысить в десятой пятилетке производительность труда в строительстве на 29—32% с одновременным увеличением средней заработной платы на 16—18%, т. е. на каждый процент роста производительности труда должно приходиться примерно 0,5—0,6% роста заработной платы. Такое соотношение должно выдерживаться на всех стадиях и уровнях планирования. В СМУ-7 в предыдущую пятилетку это условие выполнялось, правда с некоторыми отклонениями в отдельные годы.

В строительстве обычно рассматривается выработка, получаемая путем деления объема строительного-монтажных работ по сметной стоимости на среднесписочную численность работающих. Этот показатель недостаточно правильно характеризует производственно-хозяйственную деятельность организа-

ции, способствует выполнению дорогостоящих «материалоемких» работ, а значит является одной из причин распыления производственных ресурсов по многочисленным стройкам, задержки сдачи объектов в эксплуатацию, увеличения незавершенного производства и т. д.

С целью совершенствования анализа выработки целесообразно применять показатель, называемый «условно-чистой продукцией», который определяется сметными затратами на основную заработную плату и эксплуатацию строительных машин, накладными расходами и плановыми накоплениями, не учитывая при этом материалоемкости производимых работ. Выработка по показателю условно-чистой продукции $B_{у.ч.}$ может быть рассчитана следующим образом:

$$B_{у.ч.} = \frac{O_{с.м.р.} - M}{q},$$

где $O_{с.м.р.}$ — объем строительного-монтажных работ по сметной стоимости;

M — стоимость строительных материалов по цене франко-приобъектный склад;

q — численность работающих.

Таблица 3 показывает, что в СМУ-7 в предыдущей пятилетке выработка неуклонно росла.

Исключение составляет 1975 г., что объясняется ухудшением в этом году структуры работ, наличием сдаваемых объектов, освоением стройплощадок новостроек, значительным количеством трудоемких работ, т. е. малой материалоемкостью.

Таблица 3

Годы	1971	1972	1973	1974	1975
Выработка по сметной стоимости, тыс. руб.	4,8	8,6	9,5	10,3	8,1
Выработка по условно чистой продукции, тыс. руб.	2,5	5,2	6,1	6,3	6,0

Как видно из таблицы, выработка по сметной стоимости в 1975 г. по сравнению с 1974 г. снизилась с 10,3 тыс. руб. до 8,1 тыс. руб., т. е. на 21,4%, а по условно чистой продукции это уменьшение составило только 4,7% (с 6,3 тыс. руб. до 6 тыс. руб.).

Анализ и планирование по условно чистой продукции особенно важны на уровне низовых подразделений строительной организации, где материалоемкость работ оказывает существенное влияние не только на выработку, но и на другие технико-экономические показатели.

При проведении плано-аналитической работы необходимо установить точные количественные зависимости между изучаемыми факторами. С этой целью целесообразно использовать математические методы, которые находят все более широкое применение в конкретной экономике.

Для СМУ-7 в результате соответствующих расчетов получена следующая зависимость:

$$B = 2,34 + 1,55 \cdot O_{с.м.р.} + 0,12 \cdot Z_{зн.}$$

где $O_{с.м.р.}$ — объем строительного-монтажных работ, тыс. руб.;

$Z_{зн.}$ — среднегодовая заработная плата, руб.

Из приведенной формулы следует, что при запланированных на 1976 год данных ($O_{с.м.р.} = 5446$ тыс. руб. и $Z_{зн.} = 2328$ руб.) в СМУ-7 выработка должна составить $B = 2,34 + 1,55 \cdot 5446 + 0,12 \cdot 2328 = 8723$ руб.

Всесторонний и глубокий экономический анализ, в котором должны участвовать все работники строительной организации, — залог творческих успехов в текущей пятилетке.

О МЕТРОСТРОЕВСКОЙ ТЕХНИКЕ

(Из записок инженера, ветерана метростроя М. ЯМЩИКОВА)

О проходческих щитах. Любой материал при его обработке или разрушении требует приемов воздействия, которые соответствовали бы присущим ему свойствам.

Проходчик метро т. Лашко по этому вопросу выразился: «Резину нужно резать, дерево — рубить или пилить, камень нужно дробить». Добавим: от пльвунов нужно защищаться.

Забой — не заводской станок, где раз созданные условия труда сохраняются длительное время. Забой изменчив по мере поступательного хода — здесь каждый момент можно ожидать появления (или проявления) противодействующих сил природы.

Смешанный состав вскрываемых забоем пород — наличие крепких известняков, с одной стороны, и пльвунов (или просто слабых нарушенных пластов) — с другой, осложняют задачу проходки и служат препятствием к применению комплексной механизации.

Кажущаяся легкость (механическая) решения кинематики проходческого агрегата (вращающееся колесо) породила на метрострое возникновение ряда предложений по созданию машин с механической разработкой. Идея разрушения массива покоится здесь на принципах срезания толщи слоями, с получением «стружки» или растирания пород в порошок. Однако применительно к проходке тоннелей в московских условиях эти принципы должны быть отброшены как не эффективные и требующие немалых больших мощностей. Трактовать о создании унифицированного для всех условий годного агрегата

с единым механизмом беспредметно.

Близость (даже вероятность близости) к тоннелям толщ пльвунов в целях принятия необходимых мер защиты определяет категорическую непригодность предлагаемых агрегатов для применения их в широком масштабе.

Допустимо, что в иных условиях или даже на строительстве московских линий (если найдется такой участок достаточного протяжения для организации щитовой проходки) со спокойным залеганием пород, отсутствием опасного соседства тоннеля с угрожающими пльвуновыми песками или вскрытыми забоем не крепкими, либо сильно разбитыми трещинами и слоистыми известняками возможно применение вращающихся систем, но с реконструкцией рабочего органа в направлении придания ему пространственной формы с опережающим врубовым резцом. При этом машина должна не строгать и стирать породы, а крошить, скалывать, ломать.

Только тогда, когда на помощь горнякам придут физики и химики и подскажут применение тех или иных быстродействующих средств — токи разных частот, химическая обработка забоя и др. — когда скальные породы под действием этих средств станут более податливыми, а слабые, наоборот, окрепнут, только тогда при всяких породах и любых взаимоположениях их в разрезе тоннеля смогут быть применены единые механизмы. Это будут подлинно быстроходные проходческие комбайны — снаряды, могущие преодолевать все-

возможные препятствия на большом протяжении трассы.

Об уборочных машинах. Дав конструкции непрерывного действия свободу отхода в момент встречи с непреодолимым сопротивлением и предоставив большую маневренность, можно достигнуть удовлетворительного результата.

Из всех опробованных и фактически внедренных способов уборки породы на сегодня следует отдать предпочтение методам, основанным на принципе самонавала. Главная трудность применения таких конструкций — подготовка к установке принимающей постели (всей конструкции) на самой нижней отметке забоя или даже внедрения и под разработываемую заходку.

На станционных работах эта задача облегчается наличием передовой штольни, выбирающей значительный объем нижнего пояса забоя, а главное — освобождающей на $\frac{2}{3}$ лотковую часть сечения тоннеля под размещение принимающей постели.

На перегонных участках, ввиду отсутствия передовой штольни, уборка может быть осуществлена только назад (через щит) в готовый тоннель. Навалка породы на транспортную постель может производиться как с помощью врубового устройства, так и приемами взрывных работ (мне довелось убедиться в этом на одной из шахт Криворожья, когда при проходке по крепким породам квершлага удавалось отбрасывать взорванную породу на расстояние до 5 м).

О МЕТРОСТРОЕВСКОЙ ТЕХНИКЕ

(продолжение)

О гидроизоляции. Надлежало бы усилить поиски для кардинального решения этого вопроса вплоть до создания обделки из другого материала, не уступающего применяемому в несущей способности, но дающему возможность путем использования методов склеивания, сварки, сплавления и т. д. обеспечить требуемую водонепроницаемость продольных и поперечных швов обделки. Решение вопросов гидроизоляции на метро, помимо прямых целей — защиты от воды — высвободил бы огромную армию изоляторов, выполняющих в настоящее время колоссальную кропотливую работу.

Об общей организации строительства. Необходим переход на непрерывное строительство, при котором каждый сооружаемый участок сопровождался бы возведением другого, где одновременно производились бы необходимые подготовительные работы и обеспечивался своевременный, без разрыва, перевод квалифицированных бригад на новые участки. Это безусловно принесет весьма весомые выгоды в общем балансе средств и времени (между моментами готовности — сда-

чи в эксплуатацию), что является целью всякой деятельности.

Целесообразна ориентировка на наиболее выгодное число закладываемых шахт, соответствующие этому размеры шахтных участков и т. д.

Очевидна закономерность зависимости числа стволов от вкладываемых сумм.

Действительно: малое число стволов — малые капитальные затраты, зато большее время для освоения участка и значит, большие накладные расходы, и наоборот.

Оптимальное значение искомой величины — числа стволов — можно выразить следующим образом:

$$N = q\sqrt{L/W}; \quad q = \sqrt{A/K},$$

где N — число стволов, шт.

L — длина трассы (заходки), м

W — скорость двух щитов, направленных в разные стороны от старта, м/месяц

A — накладные расходы, млн. руб./месяц

K — капитальные затраты одной шахты, млн. руб.

Ориентируя строительство при закладке стволов на наиболее

выгодное их число, в отдельных случаях (при сближенных станциях) с целью дать больший разгон проходящим щитам и экономии в затратах на монтажные работы, можно допустить пропуск агрегатов через зону станции с использованием элементов обделки пройденных тоннелей в качестве опорных в возводимой конструкции.

Это возможно только при замене трехсводчатой станции на односводчатую или там, где предполагается сравнительно малый пассажиропоток — на трехсводчатую колонную, бесперронную с путевыми тоннелями диаметром 6 м.

Возведение общего свода сопряжено с минимальным количеством этапов и перестроек, а также с наибольшей концентрацией работ (один главный забой вместо трех).

Целесообразно заблаговременное прохождение наклонных ходов с целью замены ими стволов для станционных работ. Это мероприятие не связано с какими-либо особыми трудностями и заключается лишь в простом перенесении времени на эту операцию.

Такой прием хорошо увязывается с идеей поточной системы.

МУЗЕЙ ПОД ЗЕМЛЕЙ

В перечне 45 музеев и картинных галерей Будапешта еще не значится тот, что открылся недавно в глубоком будапештском подземелье. В этот музей никогда не заглянет солнечный луч. Но современные неоновые рефлекторы ярко выхватили даже самые темные уголки. Старая, чуть тусклая, потрескавшаяся от времени и все же еще

блестящая красная, желтая, белая краска, толстые квадратные стекла вагончиков, замысловатый медный колокол, некогда извещавший пассажиров об отъезде, фотографии конца XIX века — все это встречает посетителей здесь, в тоннеле, на подземных путях. Уникальный музей, знакомящий с материальной культурой недавнего прошлого, открылся рядом с многолюдным переходом в новое метро.

Недавно здесь была открыта экспозиция, рассказывающая о будущем столичного метро, — на стендах схемы новых линий. На 20,9 километра протянется вторая, сейчас строящаяся ветка подземки. А к 100-летию будапештского метро его транспортная сеть возрастет еще на 77 километров.

В. ГЕРАСИМОВ

МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ ВАГОН ТИПА «Д» С ТЕЛЕЖКАМИ НА ПНЕВМОПОДВЕШИВАНИИ

С. ПЕТРОВ, канд. техн. наук; С. КАДЫШЕВ, инженер

Задача повышения провозной способности и скорости движения городского транспорта тесно связана с совершенствованием ходовых частей вагонов, улучшением их качества, снижением динамических нагрузок, повышением комфорта. Решение этой задачи связано не только с созданием и освоением нового подвижного состава, но и с модернизацией существующих вагонов, которые еще длительное время будут эксплуатироваться. Такими серийными вагонами являются, в частности, вагоны типа «Д».

В настоящее время в эксплуатации находится 660 вагонов типа «Д». Максимальный пробег некоторых из них с начала эксплуатации достиг 3 млн. км. Вагоны проходят капитальный ремонт.

Первоначально срок службы вагонов типа «Д» был установлен 50 лет. Согласно введенным с 1975 г. амортизационным квотам, срок службы вагонов определен в 35 лет. Однако, как показал опыт эксплуатации, тележки типа «Д» не рассчитаны на такой период. В процессе почти двадцатилетней эксплуатации выявилось много различных неисправностей в работе механического оборудования. Особенно неблагоприятно состояние рам тележек. Их приходилось неоднократно восстанавливать вследствие появления трещин в челюстях букс, в местах крепления кронштейнов подвески тяговых двигателей и редукторов, в усиливающих косынках по сварным швам с выходом трещин на основной металл поперечных балок.

Необходимо отметить, что по сравнению с 1956 г. — годом выпуска вагонов типа «Д», среднесуточные пассажирские перевозки в настоящее время возросли почти вдвое, соответственно увеличились нагрузки на ходовые части вагонов.

Кузовы последних находятся в удовлетворительном состоянии, и с учетом замены нижнего пояса обшивки могут эксплуатироваться в дальнейшем. В то же время надежность и технические данные тележек типа «Д» не отвечают возросшим требованиям эксплуатации.

Усовершенствованные тележки должны в полной мере отвечать современным требованиям с точки зрения динамических качеств (как по плавности хода, так и по тяговым показателям с использованием более мощных двигателей последних моделей).

Наиболее эффективное средство повышения плавности хода — применение в подвешивании достаточно мягких, упругих элементов с регулируемой, в зависимости от нагрузки, жесткостью. Такими упругими элементами являются пневматические рессоры различных типов.

Автоматическое регулирование давления воздуха в полостях пневмоэлементов, наряду с компенсацией влияния температуры окружающей среды и пополнением утечек воздуха из пневморессор, позволяет сохранить постоянство собственной частоты колебаний кузова при изменении его веса и регулировать его положение при движении по кривым участкам пути.

Частота собственных колебаний груза n на пневматическом упругом элементе определяется выражением:

$$n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g \nu}{G}} \sqrt{\frac{(P_{\text{н}} + 1) F_{\text{эф}}^2}{V}}$$

где $P_{\text{н}}$ — избыточное давление на полости пневмоэлемента;
 ν — показатель политропы при колебаниях пневморессоры;

G — нагрузка на пневмоэлемент;

g — ускорение свободного падения;

$F_{\text{эф}}$ — эффективный диаметр пневморессор;

V — суммарный объем.

Наиболее эффективно поддается регулированию только изменение давления внутри пневмоэлемента под грузом. При этом лучшим способом регулирования будет такой, при кото-

ром прогиб упругого элемента не меняется с изменением на него нагрузки.

Использование систем регулирования дало возможность выполнить пневморессоры незначительной высоты. При ходе пневморессор ± 30 мм от номинального положения эквивалентный статический прогиб составляет 200 мм.

Вагоны метрополитена эксплуатируются в условиях значительных перепадов нагрузки от 0 до 21 т. Это предъявляет особые требования к работе системы пневмоподвешивания. Рассматривая особенности ее работы, необходимо отметить, что чем скорее будет восстановлено номинальное положение кузова, тем меньше вероятность пробоя пневморессоры как в динамических условиях в пути следования по кривым участкам пути, так и при трогании со станции, расположенной перед кривой. С другой стороны, слишком чувствительная к изменению нагрузки (т. е. изменению высоты пневморессоры) система будет срабатывать в результате динамических колебаний кузова при движении экипажа по прямому участку пути, стыкам рельсов и стрелочным переводам. Это вызовет неоправданный расход сжатого воздуха, а, следовательно, увеличение времени работы компрессора.

На основании опыта эксплуатации экипажей с пневмоподвешиванием как в СССР, так и за рубежом, принято вводить специальное замедление на срабатывание системы. Оно позволяет реагировать системе только на длительный импульс изменения нагрузки (при входе или выходе пассажира) или при движении по кривому участку пути.

Наличие комплекса пневморессора — система регулирования позволяет при незначительных размерах пневморессор по высоте реализовать значительный эквивалентный статический прогиб, причем с плавно регулируемой жесткостью подвешивания, в зависимости от нагрузки, что при традиционных упругих элементах просто невозможно.

Кроме того, система пневмоподвешивания дает возможность сохранить постоянный уровень кузова относительно рамы тележки, вне зависимости от нагрузки салона вагона, а сама пневморессора служит виброизолирующим элементом между кузовом и тележкой. Введение пневмоподвешивания позволяет уменьшить шум как в салоне вагона, так и снаружи.

Всесоюзным научно-исследовательским институтом вагоностроения совместно с депо «Северное» Московского метрополитена проводятся исследования по созданию опытного вагона типа «Дн» на базе серийного вагона «Д» с использованием тележек «Ер» с пневмоподвешиванием. Они отличаются от серийных типа «Е» тем, что вместо люлечного пружинного оснащены пневматическим безлюлечным центральным подвешиванием с системой автоматического регулирования (управления) положением кузова, причем последняя является прототипом системы нового вагона метрополитена типа «И».

Рама, буксовые узлы, колесные пары, двигатели, муфты, редукторы, подвески редуктора и колодочный тормоз использованы от серийной тележки «Е».

Основные характеристики тележки вагона «Ер»

Число осей	2
Колея	1520 мм
База тележки	2100 мм
Диаметр колеса по кругу катания	780 мм
Тип колеса	подрезиненное или цельнометаллическое
Диаметр шейки оси	110 мм
Статический прогиб	
а) под тарой:	
центральное подвешивание (эквивалентный прогиб)	92 мм
буксовое подвешивание	30 мм
общий прогиб тележки	122 мм
б) под брутто:	
центральное подвешивание (эквивалентный прогиб)	110 мм
буксовое подвешивание	48 мм
общий прогиб тележки	158 мм
масса тележки	7100 кг
максимальный ход пневморессор в вертикальном направлении	± 30 мм

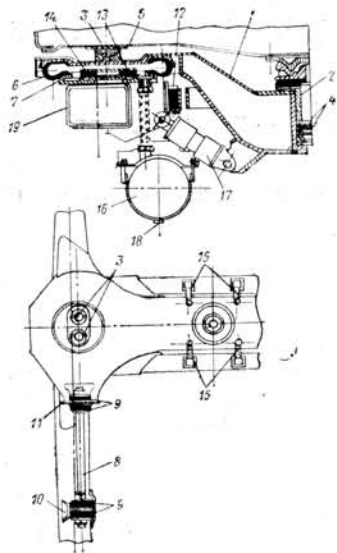


Рис. 1. Центральное подвешивание вагона типа «Ер».

Высота пакета тарельчатых пружин подобрана с помощью прокладок таким образом, что под тарой кузова суммарный зазор между скользями вагона 5 и скользями 3 центральной балки составляет 1–2 мм. При максимальной населенности вагона (около 21 т) на подрессорный пятник приходится около 50% брутто кузова; остальные 50% распределяются по скользям.

Таким образом, при загрузке вагона кузов опирается накладками шкворневых балок на скользяи центральных балок тележки, которые, в свою очередь, передают нагрузку через пневморессоры 6 и поршни 7 на продольные балки рамы тележки 19, разгружая поперечные.

Продольные (тяговые и тормозные) усилия передаются тяговыми поводками 8 соединяющими с помощью резино-металлических шайб 9 кронштейны рамы тележки 10 с кронштейнами центральной балки 11.

Пневматические рессоры значительно шире и выше, чем рессоры центрального подвешивания тележки вагона типа «Е». Этим достигается повышенная устойчивость кузова против боковой качки, снижение крена вагона при прохождении кривых, а также сохранение нужной жесткости в отношении вертикальных и поперечных нагрузок. Для улучшения поперечных характеристик пневматического подвешивания между центральными и продольными балками рам тележек установлены упругие резиновые упоры 12. Они включаются в работу при поперечном перемещении центральной балки на 24–25 мм и максимальном смещении оси кузова относительно оси тележки на 30 мм (включая деформацию резиновых упоров). Величина зазоров между упорами регулируется прокладками.

Каждая пневморессора снабжена упругим элементом 13. На него при отсутствии воздуха в пневморессоре опирается центральная балка.

При номинальном размере «А» (1028 мм) между рамой кузова и уровнем головок рельсов зазор «Б» между упругим элементом 13 и опорной поверхностью 14 внутри пневморессоры должен быть 28–30 мм.

Для ограничения хода вверх кузова вагона, в случае появления неисправности в системе питания пневморессор, предусмотрены два типа предохранительных устройств. Первый тип выполнен на базе выпускных кранов, которые выпускают сжатый воздух из пневморессор при подъеме кузова вагона на 30 мм выше номинального размера «Б». Второй тип устройства состоит из четырех кронштейнов 15, приваренных к поперечным балкам рамы тележки. В случае хода центральной балки, превышающего 30 мм от номинального положения, последние упираются в кронштейны 15, ограничивающие ее перемещение по вертикали.

Каждая пневморессора соединена с дополнительным резервуаром 16, подвешенном на кронштейнах поперечных балок рамы тележки. Емкость дополнительного резервуара 37 л. В

В связи с тем, что центральное подвешивание тележки типа «Ер» выполнено пневматическим, изменена конструкция центральной балки шкворневого узла — рис. 1—1. Она представляет собой сварную конструкцию коробчатого сечения из листовой стали СТ.3 различной толщины.

Кузов вагона опирается на подрессорный пятник 2 и самоустанавливающиеся скользяи 3.

Подрессорирование пятника осуществляется с помощью пакета тарельчатых пружин 4. Подрессорный пятник с набором прокладок под пакетом тарельчатых пружин позволяет регулировать распределение нагрузки между пятником и скользями. Пакет состоит из шести тарельчатых пружин.

трубопроводе установлен штуцер с отверстием диаметром 14 мм, соединяющим пневморессору с дополнительным резервуаром. При колебаниях вагона в вертикальном направлении сжатый воздух дросселируется через это отверстие, перемещаясь из пневморессоры в дополнительный резервуар и обратно.

Для гашения горизонтальных колебаний с двух сторон между центральной балкой и продольными балками рамы тележки установлены серийные гидравлические амортизаторы 17 вагона типа «Ем». Так как эти амортизаторы непригодны для работы в горизонтальном положении, они установлены под углом. В результате такого расположения гидроамортизаторы частично принимают участие в гашении вертикальных колебаний.

Для удаления конденсата и выпуска воздуха из пневморессор в каждом дополнительном резервуаре 16 предусмотрен выпускной кран 18.

Пневматическое центральное подвешивание оснащено пневморессорами диафрагменного типа, которые способны воспринимать как вертикальные, так и горизонтальные нагрузки. Благодаря этому центральное подвешивание тележки типа «Ер» выполнено безлюлечным.

В качестве упругого элемента в пневмоподвешивании используется резинокордная оболочка диафрагменного типа 580×170 модели Н-6.

Параметры пневморессоры:

Эффективный диаметр	510 мм
Наружный диаметр	580 мм
Высота	150 мм
Предельная величина хода сжатия номинального положения, с учетом деформации резинового буфера в пневморессоре	35 мм

Характеристики пневморессор в вертикальном и поперечном направлениях представлены на рис. 2.

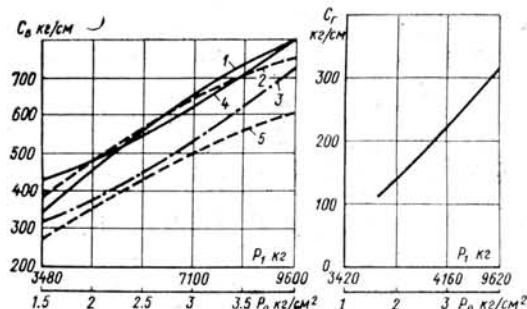


Рис. 2. Характеристики вертикальной и горизонтальной жесткостей:

1 — $D_{др} = 25$ мм, $U_p = 50$, 2 — $D_{др} = 25$ мм, $U_p = 55$, 3 — $D_{др} = 25$ мм, $U_p = 65$, 4 — $D_{др} = 14$ мм, $U_p = 65$, 5 — статическая характеристика $U_p = 65$

Питание системы пневмоподвешивания осуществляется от компрессора, общего для питания всей пневмосистемы вагона.

Электромагнитные клапаны обеспечивают поступление воздуха в пневморессору или выпуск его только при продолжительном характере изменения нагрузки: на стоянках при посадке и высадке пассажиров и на кривых участках пути от действия центробежной силы. На прямых же участках пути при кратковременных изменениях нагрузки на пневморессору от толчков на стрелках, стыках электромагнитные клапаны не срабатывают.

Безопасность эксплуатации вагонов с пневмоподвешиванием обеспечивается приборами аварийной автоматики.

Разработка новой системы оказалась возможной благодаря успешно проведенным испытаниям опытных вагонов типа «Е» № 3200 и № 3346. На этих вагонах были впервые оборудованы тележки «Ер» пневматическим центральным подвешиванием. С 1973 по 1975 гг. вагоны находились в эксплуатации на действующей Кировско-Фрунзенской линии. Зарубежный опыт использования пневматического подвешивания в вагоностроении, а также результаты испытаний вагонов метрополитена «Ер» и скоростных железнодорожных вагонов РТ-200 и ЭР-200 подтверждают правильность выбора системы пневматического подвешивания.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ МЕТРОПОЛИТЕНА

Г. БОЛОНЕНКОВ, канд. техн. наук

АСУ метрополитена разрабатываются в виде следующих основных подсистем: контроль и управление движением поездов (САУ-Д); сеть энергоснабжения (САУ-Э); работой станций (САУ-С); организацией пассажирских потоков (САУ-П); состоянием путевого хозяйства и ремонтом пути (САУ-ПХ).

В настоящее время разработаны и внедрены подсистемы (САУ) движением поездов, сетью энергоснабжения и работой станций. Системы позволяют повысить точность выполнения заданного графика движения, лучше использовать динамические свойства подвижного состава, сэкономить электроэнергию.

Существующие САУ-Д метрополитена можно разделить на системы, в которых неизменная для всех случаев программа движения записывается в аппаратуре управления поездом при помощи оборудования, расположенного вдоль рельсовой колеи и передается с центральной диспетчерской станции, а также системы, при которых обеспечивается постоянный обмен информацией между движущимся поездом и диспетчером управления.

САУ-Д уже несколько лет успешно эксплуатируются на метрополитенах Мюнхена, Парижа, Лондона, Филадельфии, Сан-Франциско и др. городов.

В Париже автоматическое движение впервые введено в 1967 г. Его устройство выполняет следующие функции: управление поездом со станции, управление движением на перегоне с учетом ограничений скорости и показаний сигнализации, остановок поезда на станциях с точностью до $\pm 0,5$ м при любом наполнении состава.

На поезде установлено оборудование, которое позволяет определить момент прохождения границы участка и рассчитать время движения. Если перед поездом горит запрещающий сигнал, то обрабатывается программа торможения, в результате чего поезд останавливается в 15 м от светофора.

В настоящее время в Париже создается центр САУ-Д метрополитена, который размещается в двух залах: в одном находится оборудование для САУ-Д на линиях 1, 3, 4, 7, 8, 9, 11, 12, в другом — на линиях 2, 5, 6, 10, 13, 14. Под залами САУ-Д размещается оборудование для телеуправления — два счетно-решающих устройства и их периферийные системы, шкаф управления и контроля питания силовым током линий. Табло оп-

тического контроля позволяет регистрировать местоположение на управляемой линии каждого поезда, имеющего номер. На схеме нанесено местоположение светофоров и стрелок с указанием их сигналов и позиций. С помощью устройств диспетчер линии осуществляет прямую связь с любой поездной бригадой, регулирование напряжения и силы тока, питание линии и отдельных ее участков.

Система автоматического управления движения состоит из программного устройства, расположенного на рельсовом пути, и электрического устройства, воспринимающего сигналы от первого и воздействующего на систему управления тягой и торможением состава.

Программное управление движения представляет собой электрический кабель, уложенный вдоль рельсовой колеи, по которому проходит переменный ток частотой от 4 до 8 кГц.

Длина каждого участка соответствует базовому времени движения. Если время движения вдоль сегмента больше базового (т. е. поезд идет со скоростью меньше заданной), электрическое устройство дает сигнал на ускорение поезда. Если наоборот — электрическое устройство воздействует на тормозную систему. В начале межстанционного перегона сегменты имеют большую длину, чтобы вызвать увеличение скорости поезда; по мере удаления его от станции длина сегментов уменьшается. В зонах торможения и остановки состава сегменты имеют наименьшую длину.

В процессе экспериментального исследования были решены следующие задачи: выбор значений базового времени (T); выбор закона связи между временем пробега вдоль сегмента и номером тяговой или тормозной ступени; определение закона остановки поезда.

Установлено, что базовое время ниже 200 мсек. не дает существенного улучшения характеристик системы, а при 500 мсек. задержка в выдаче команды в системе управления поездом становится критической. Поэтому T было выбрано средним — 300 мсек.

Время движения вдоль сегмента и номер тяговой или тормозной ступени зависят от принятого закона остановки. Испытания показали, что оптимальным законом торможения является параболический. Следовательно, в зонах торможения реализуется программа, соответствующая параболическому уменьшению скорости в функции пути, т. е. длины

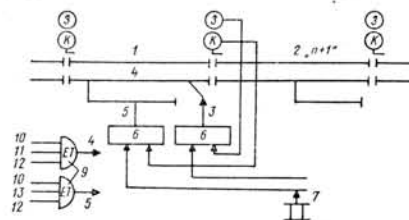


Рис. 1. Схема питания программ движения:

«З» — зеленый свет; «К» — красный свет; 1 — участок «п»; 2 — участок «п+1»; 3 — ток; 4 — «зеленая программа»; 5 — «красная программа»; 6 — блок питания; 7 — путевое реле участка «п+1»; 8 — логический эквивалент; 9 — элементы ET; 10 — переменный ток 4/8 кГц; 11 — ток зеленой лампы; 12 — путевое реле «п+1» включено; 13 — ток красной лампы

сегментов в этих зонах уменьшаются с постоянным декрементом.

Применяется двухзначная сигнализация (рис. 1), разделяющая линию на ряд блок-участков. Причем за движущимся поездом всегда обеспечивается минимум один свободный блок-участок. На некоторых станциях с большим пассажиропотоком имеется третий — желтый сигнал, который подается в случае удаления уходящего поезда на 20—50 м от специальной контрольной точки. При этом следующий поезд получает право на станционный участок с ограничением скорости.

На каждом участке имеются две программы движения: зеленая, когда зажигается разрешающий сигнал при входе на рассматриваемый контролируемый участок, и красная, тормозная, когда загорается запрещающий сигнал. Тормозная программа осуществляет остановку поезда на расстоянии 15 метров перед

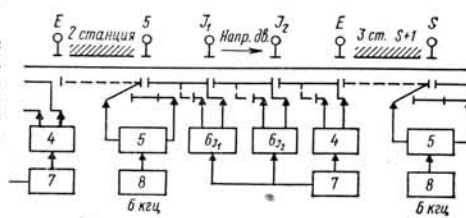


Рис. 2. Расположение оборудования на межстанционном перегоне:

1 — направление движения; 2 — станция; 3 — станция S+1; 4 — блок на станционном входе; 5 — блок на станционном выходе; 6 — промежуточные блоки; 7 — генератор частоты от 4 до 8 кГц; 8 — генератор частоты 6 кГц.

запрещающим сигналом. Программы движения включаются от усилителей-переключателей (рис. 2). Каждый усилитель посылает в соответствующую программу переменный синусоидальный ток 500 ма. Сигнал переменного тока вырабатывается генератором с 16 значениями фиксированных частот. Выбор той или иной частоты осуществляется дистанционно, таким образом можно с поста управления задавать то или иное значение скорости движения поездов на данном межстанционном перегоне.

Для полной уверенности в остановке поезда на станции предусматривается разрыв протяженностью 3—4 м между устройствами окончания программы остановки поезда и началом следующей программы. Для обеспечения следующей программы начала движения поезда имеется линейный кабель, расположенный у подошвы правого рельса. Питание этой программы происходит только в том случае, если на выходе со станции имеется зеленый разрешающий сигнал.

Оборудование САУ-Д на поезде предназначается для считывания программы движения и передачи команды в схему управления тяговыми двигателями и тормозным режимом поезда. Блок-схема (рис. 3) предусматривает следующие

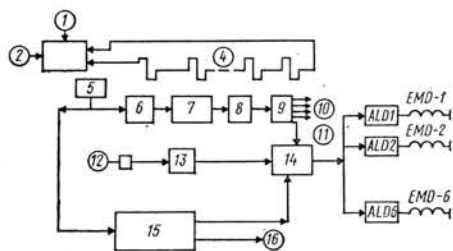


Рис. 3. Блок-схема системы:

1 — дистанционное задание скорости движения; 2 — сигналы системы сигнализации; 3 — генератор частоты от 4 до 8 кГц; 4 — программный кабель; 5 — датчик сигналов программного кабеля; 6 — устройство обработки данных, воспринятых датчиком; 7 — цифровой счетчик времени; 8 — узел сравнения; 9 — узел выбора тяговых и тормозных ступеней; 10 — сигналы на управление движением поезда (тяга, выбег, торможение); 11 — заданное замедление; 12 — датчик скорости; 13 — устройство расчета замедлений; 14 — задание величины замедления; 15 — цепь динамической безопасности; 16 — включение тяговых двигателей

устройства: измерения времени движения поезда вдоль сегмента; сравнения действительного и заданного времени движения вдоль сегмента; выбора соответствующей тяговой или тормозной ступени или режима движения на выбеге; сервоустройство, обеспечивающее степень замедления поезда заданному значению; устройство, воспринимающее магнитный поток, передаваемый от программного кабеля, а также оборудование, обеспечивающее безопасность движения поезда.

На поезде расположены два датчика, воспринимающие сигналы от программного кабеля. Каждый датчик имеет 2 группы обмоток. Первая — определяет наличие тока в программном кабеле и его частоту. Она состоит из двух катушек с железным сердечником, расположенных одна над другой перпендикулярно оси программного кабеля. Выход-

ной сигнал их практически постоянен вдоль всего участка. Вторая группа определяет границы сегмента и состоит из двух катушек с железными сердечниками, наклоненных под углом 45° к оси программного кабеля. Катушки включены встречно. Это позволяет определить границы сегмента с точностью свыше 2 см, причем отношение полезного сигнала к сигналу шумов более 20 дБ.

Система контроля превышения скорости сравнивает в течение прохождения каждого сегмента действительную скорость движения и заданную программой. Если превышение на 5% поддерживается более 1,5 сек, то система включает экстренное торможение. Время 1,5 сек выбрано для того, чтобы избежать торможения поезда и его остановки в силу случайных и малых по длительности отклонений скорости движения (рис. 4).

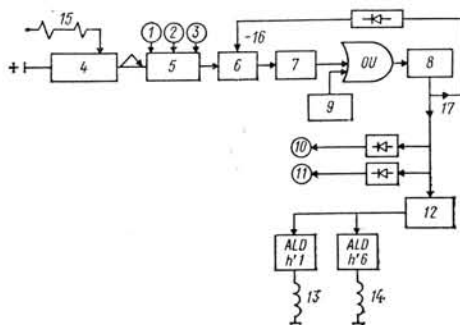


Рис. 4. Блок-схема динамической безопасности:

1 — тяговый режим; 2 — тормозные ступени с F1 по F6; 3 — тормозные ступени с F7 по F10; 4 — тахогенератор поезда; 5 — компаратор с тремя пороговыми значениями; 6 — однократный мультивибратор; 7 — интегратор с 0—1,7 сек; 8 — генератор частоты 23 кГц; 9 — задержка в 6 сек. во время пуска поезда; 10 — цепи системы логической безопасности; 11 — питание тяговых выключателей; 12 — цепь обратной связи замедления; 13 — электропневматический клапан вагона № 6; 14 — электропневматический клапан вагона № 1; 15 — демодулированный шеврон; 16 — питание; 17 — выход

Система, контролирующая последовательность выполнения операций (система логической безопасности), вызывает остановку поезда с повышенным замедлением (используется тормозная ступень Г). Если водитель при отправлении поезда отпустил кнопку «пуск» ранее, чем истекло 10 сек., исчезнет ток в программном кабеле, либо включится система динамической безопасности.

Какова последовательность операций при отправлении поезда со станции? Имеется разрыв протяженностью 3—4 м между «зеленой» и «красной» программами. Когда при замедлении поезд попадает в этот разрыв, дополнительно срабатывает торможение от системы логической безопасности (поезд останавливается на 8-тормозной ступени).

Для пуска поезда со станции используется дополнительный линейный программный кабель. При зеленом сигнале этот кабель отключается током около 1а частотой 6 кГц. В это время воспринимается сигнал от программы линейного кабеля, система управления переводит поезд с 8 на 4-тормозную ступень. После закрытия дверей поезда и нажатия во-

дителем кнопки «пуск» включается вторая тяговая ступень, и поезд начинает движение. Как только будет пройден разрыв и состав выйдет в зону действия «зеленой» программы, дается команда на переход на пятую тяговую ступень.

Время движения вдоль сегмента определяется в цифровом счетчике количеством синхронных импульсов между моментами прохождения границ каждого сегмента. Временные импульсы строго синхронизированы с синусоидальным током, проходящим в программном кабеле. Поэтому возможно искусственное изменение длины сегмента путем изменения частоты питающего тока в программном кабеле и, следовательно, базовой единицы измерения времени. Таким образом дистанционно задается скорость движения поезда на перегоне.

Результаты счета времени движения вдоль сегмента хранятся в запоминающем устройстве, а затем сравниваются с заданным базовым значением. В зависимости от соотношения измеренного и базового значений выбирается одна из четырех тяговых или десяти тормозных ступеней или режим выбег (см. рис. 4).

Временное расположение ступеней весьма узкое, так как диапазон от максимального тягового до максимального тормозного усилия составляет от 4 до 8 кГц. В процессе торможения замедление поезда от ступени к ступени меняется дискретно через 0,25 м/сек². Максимальное замедление вагонов на пневмошинах на площадке — 2,25 м/сек².

САУ на Лондонском метрополитене состоит из следующих подсистем: автоматизированного управления движением поездов; поездной радиосвязи; регулирования движением поездов при помощи ЭВМ; телевизионного контроля и централизованной справочной службы; автоматической выдачи и контроля проездных билетов.

САУ-Д включает две подсистемы: безопасности движения, работающей по принципу взаимосвязи с кодированными рельсовыми электрическими цепями. Непрерывные кодовые электрические сигналы проходят по рельсам и воспринимаются индукционной катушкой на подвижном составе. При отсутствии тока в катушке автоматически включается экстренное торможение, и поезд останавливается;

управления тяговыми двигателями и автоматического торможения поезда, которая функционирует независимо от первой подсистемы.

На железнодорожном пути установлены точечные путевые индукторы тока тональной частоты. Электромагнитные колебания воспринимаются индукционной катушкой, расположенной в голове поезда. В соответствии с частотой колебания передаются команды на тяговые двигатели или автоматические тормоза поезда. Путевые индукторы могут быть легко перенесены на любую точку перегона (если в этом есть необходимость). Подсистема обеспечивает автоматическое ведение поезда в оптимальном режиме.

Машинист только управляет кнопками открытия и закрытия дверей на остановках и маневрирует на территории депо. В аварийных случаях он может отключать систему автоматического дви-

жения и управлять поездом вручную. В этом случае скорость движения поезда ограничивается до 16 км/ч.

Поездная радиосвязь устанавливается на центральном пункте управления (ЦПУ), а также в служебных помещениях станций и в кабинах машинистов поезда. В качестве проводника разговорного тока высокой частоты (130 и 150 кгц) используется контактный рельс. Существует поездная радиосвязь между машинистами смежных поездов и между машинистами и работниками ЦПУ, дежурными по станциям и платформам.

Автоматическое регулирование движением поездов осуществляется при помощи ЭВМ. Управляющая ЭВМ размещается на ЦПУ. Расписание движения поездов закодировано на пластмассовом ролике, причем каждому поезду соответствует одна дорожка магнитной ленты. Управляющие команды об установке маршрутов и открытии сигналов автоматически передаются на исполнительные пункты согласно кодам команд, записанных на перфоленте.

Каждому варианту соответствует расписание в зависимости от дня недели и этому варианту соответствует свой ролик: 1 вариант — от понедельника до пятницы, 2 — на субботу, 3 — на воскресенье.

В обычных условиях не требуется вмешательства обслуживающего персонала в регулирование движением поездов. Поезда задерживаются выходными сигналами на основных станциях до момента времени, предусмотренного графиком движения, однако в нужном случае есть возможность перейти на местное управление как на отдельных станциях, так и при помощи команды с ЦПУ. Здесь имеется пульт-табло, на котором отображено положение стрелок и сигналов, занятость блок-участков с указанием номера поезда, а также расположены кнопки ручного управления стрелками и сигналами. Кроме того, ЦПУ оборудован поездной радиосвязью.

При помощи устройств указания местоположения поездов осуществляется обратная связь с ЭВМ управления на ЦПУ и таким образом контролируется движение поезда.

В стратегически важных местах станций установлены телекамеры, с помощью которых оператор поезда, находящийся в головном вагоне, может обозревать весь состав, а дежурные по станциям наблюдают за движением пассажиров по эскалаторам и посадкой их в вагоны.

На линии Watford метрополитена Лондона движение поездов и работа устройств СЦБ контролируются ЭВМ типа Hewlett-Packard 2100A, оборудованной блоками вывода данных на печать и дисплеем, выполненным на цветной электрон-

нолучевой трубке. Применение цветного дисплея, на котором заняты и свободные пути отображены различными красками, позволяет повысить наглядность представления данных оператору.

Метрополитен в Сан-Паулу (Бразилия) к 1980 г. будет оборудован САУ-Д (фирмы Westinghouse Electric США), состоящей из трех ЭВМ модели Westinghouse P-250 и взаимодействующего с ними оборудования. В этом случае движение поезда осуществляется по автоматической программе и по команде с центрального пункта управления.

Одна из функций контрольного оборудования — автоматическая защита поезда. Оборудование этой системы, расположенное на каждой станции или в контрольной зоне участка пути, взаимодействует только с поездами этой зоны.

Линии метрополитена разбиваются на блок-участки длиной 152 м, при прохождении которых поезд будет получать командные сигналы на изменение скорости движения и поддержание определенных интервалов между составами.

В дополнение к системе АТФ вагоны оборудуются устройствами АТО, которые контролируют движение поезда до его полной остановки. Такие функции системы АТО как контроль длительности стоянки поезда на станции, эксплуатационной скорости, обеспечение безостановочного движения поезда через станцию, могут выполнять системы линейного контроля *ALS*.

Оборудование центрального контролера, расположенное в центре управления, определяет позиции всех поездов системы метрополитена с целью контроля графика движения, осуществляемого одной из ЭВМ. Устройства автоматического контроля на поездах передают необходимую информацию оператору при помощи индуктивных контуров, установленных в пути и на головном вагоне. ЭВМ ведут также учет пробега и времени работы поездов на линии, расхода электроэнергии, контролируют работу эскалаторов, турникетов на станциях, вентиляционных систем.

Специальное табло в центре управления позволяет оператору следить за движением любого поезда на линии, пассажиропотоками на станциях и за состоянием системы энергоснабжения. Он имеет телефонную связь с машинистами поездов и с любой станцией. В экстренных случаях машинисту поезда из центра управления дается команда перейти на ручное управление.

Строящийся метрополитен в Вашингтоне (США) будет полностью автоматизирован системой Rapid Transit. Все оборудование изготавливается фирмой Ge-

neral Railway Signal Co. Поезда могут иметь кроме автоматического устройства дополнительное оборудование для ручного управления из головного вагона поезда.

Система автоматизированного управления метрополитеном Вашингтона состоит из трех подсистем: безопасности движения, диспетчерской службы и управления движением поездов типа «автоматизированный». Все три подсистемы будут работать независимо одна от другой. Координировать их работу будет вычислительный центр.

Система автоматической безопасности движения выполняет функции ограничения скорости движения для сохранения безопасных интервалов между поездами и для соблюдения условий безаварийного проследования отдельных участков с ограниченной скоростью. Эта система обеспечивает также контроль правильности перевода стрелок для обеспечения заданного маршрута поезда. Во всех случаях, когда два и более поезда могут проследовать одновременно по одному и тому же участку пути, система безопасности позволяет выйти на данный перегон только одному из этих поездов.

Система автоматического управления содержит аппаратуру для передачи команд и измерений между линейными напольными устройствами и центром управления, кабельную систему передачи сигналов, обеспечивающую передачу команд и информации измерений, а также систему автоматического считывания кодов вагонов (номеров поездов) для ведения автоматического статистического учета вагонов.

Система автоматического управления движением поездов выполняет те же функции, что и машинист: плавно разгоняет состав до ходовой скорости, регулирует величину этой скорости и плавно останавливает поезд в заданном месте у станционной платформы.

В СССР также применяются АСУД поездов и проводятся поисковые работы по их совершенствованию, разработке полного комплекса АСУ метрополитена. Так, МИИТ, Управление Московского метрополитена и завод «Динамо» создали систему импульсного регулирования скоростей для подвижного состава метрополитена. Специальные вентили выбраны с большим запасом по рабочему току и напряжению. Система защиты не позволяет аварийным токам достигать критических значений в широком диапазоне эксплуатационных режимов.

Автоматизированные системы в ближайшем будущем получат практическое применение на всех других метрополитенах мира.

НОВАЯ ТЕХНИКА ЭКСПЛУАТАЦИИ

Метрополитен Мюнхена пущен в эксплуатацию в 1972 г., к началу Олимпийских игр. Протяженность двух его линий — 13,5 км, количество станций — 17, среднее расстояние между ними — 826 м.

Ежегодно метрополитен перевозит 64,3 млн. пассажиров. Минимальный интервал между поездами — 2,3 мин. Средняя эксплуатационная скорость — 34 км/час.

Скорость движения полотна эскалаторов составляет 0,5 м/сек.

Применяются также подъемные лифты.

На двух крупных станциях предусмотрена установка для кондиционирования воздуха, предназначенная для служебных помещений и магазинов.

На станциях используется громкоговорящее оповещение, а также двусторонняя диспетчерская телефонная связь.

Для наблюдения за работой контрольно-пропускных пунктов, посадкой и высадкой пассажиров установлены телевизионные пункты, связанные с диспетчером.

Информация о движении поездов на блок-участках передается по системе переменного тока высокой частоты, накладываемого на цели электроснабжения постоянного тока.

Система управления поездами Мюнхенского метрополитена полностью автоматизирована и обеспечивает возможность эксплуатации составов без машинистов.

Применяется программная система управления посредством кодированных сигналов, передаваемых через рельсы токами высокой частоты на подвижной состав из диспетчерского пункта.

Кроме диспетчерской информации, поезд принимает приказы стационарных путевых светофорных устройств, работающих в зависимости от занятости впереди лежащих блок-участков пути.

Кодированный сигнал, полученный приемным устройством подвижного состава, поступает в дешифратор, откуда сигналы скорости подаются на пульт управления машиниста и показывают заданную скорость движения поезда.

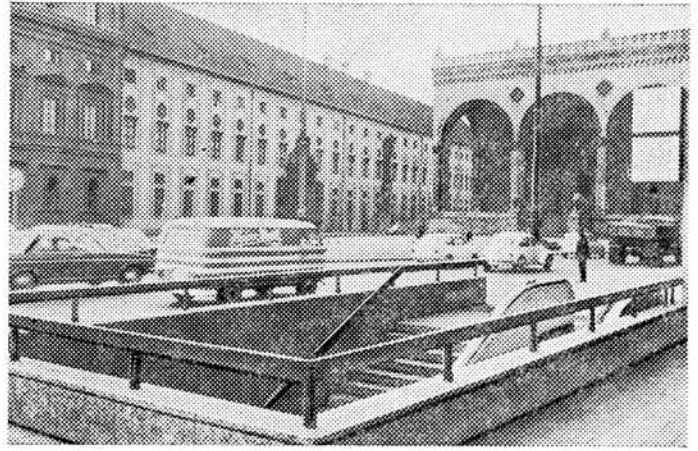
Находящийся на подвижном составе импульсный датчик пути обеспечивает определение фактической скорости поезда, которая также передается на специальный прибор.

Одновременно с этим информация о заданной и фактической скорости движения поезда поступает на электронный сравнивающий агрегат, выдающий на основании разности скоростей импульсный приказ автоматическому контроллеру управления.

Составы могут формироваться из двух, четырех и шести вагонов (в зависимости от интенсивности пассажиропотоков).

Каждая тележка вагона оборудована электродвигателем мощностью 180 квт. Подвешивание рамы кузова осуществляется с помощью пневматических рессор.

К настоящему времени проведены испытания четырех типов тележек.



Вход в метро, оборудованный с поверхности эскалатором.

Первый тип — традиционная конструкция системы «Дюваг».

Предусмотрена возможность установки электромагнитного рельсового тормоза.

Тележка второго типа отличается только наличием упругих резиновых элементов между бандажами колес и колесными центрами.

Основная особенность третьей тележки — использование пневматических рессор, на которые опирается кузов.

Недавно проведены испытания четвертого варианта тележки с обычным пневматическим подвешиванием кузова. Для передачи вращающего момента от тягового редуктора на колесную пару используется муфта с кольцевым упругим резиновым элементом.

На основании результатов сравнительных испытаний продолжают работы по дальнейшему совершенствованию конструкции тележки. Актуальной задачей является уменьшение износа бандажей, снижение неподрессоренного веса и облегчение снятия тягового двигателя при выполнении ремонтных работ.

В качестве датчиков в системе защиты от юза и буксования используются 60-полюсные тахогенераторы переменного тока, установленные по одному на каждую тележку.

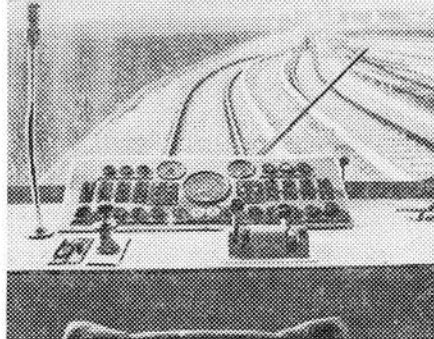
Электропоезда оснащены индуктивным автостопом и системой локомотивной сигнализации.

Индуктивный автостоп исключает въезд на занятый участок пути и превышение поездом скорости.

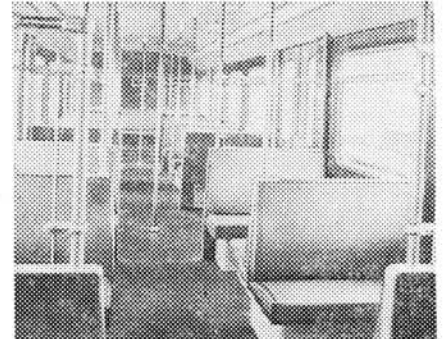
Пол вагона выполнен из гофрированного железа, покрытого изнутри и снаружи слоями звукопоглощающего мате-



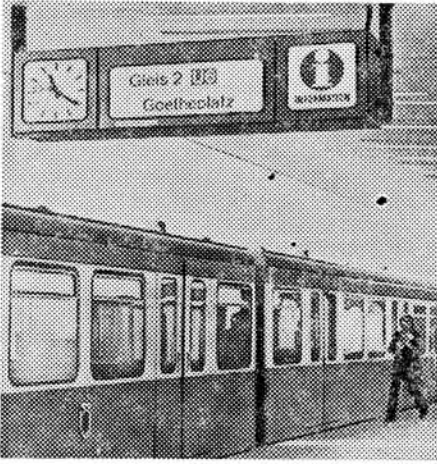
Интерьер одной из типичных станций.



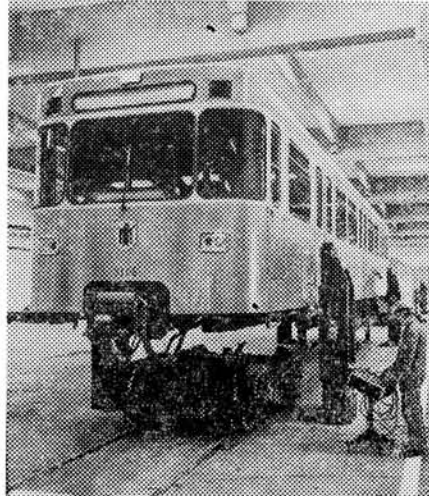
Пульт управления в кабине машиниста.



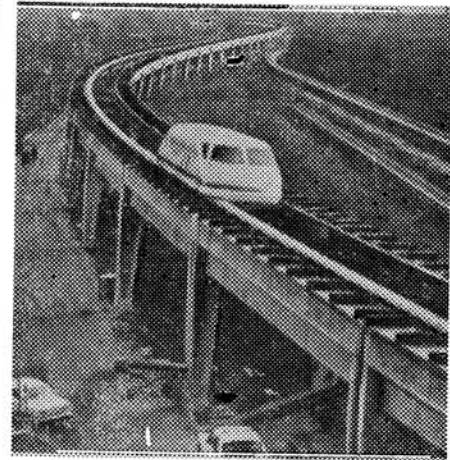
Интерьер салона.



Световой указатель на станции.



Подъемка вагона в депо.



Испытательный полигон и высокоскоростной поезд, оборудованный радаром.

риала. В гофрах пола уложены пробковые полосы толщиной 5 мм, залитые битумным связующим составом. Далее пол покрыт пенопластовыми матами толщиной 20 мм, клееной фанерой и поливинилхлоридным пластиком толщиной 2 мм.

Шумоизоляция стен вагона обеспечивается звукопоглощающим покрытием из прессованной пробки.

Сиденья в вагоне выполнены из губчатой резины, обтянутой прочной искусственной кожей.

На торцевой стене и по бокам расположены полки для багажа.

Кабина управления имеет две боковые двери. Пульт машиниста расположен в середине кабины.

Воздух засасывается подвагонным вентилятором в салон через специальные колпаки и выходит через отверстия в поддвиганных ящиках. Перед выбросом из подвагонного воздуха, воздух проходит через камеру, в которой размещены пусковые и тормозные сопротивления, и охлаждает их.

Для отопления вагона используется тепло, выделяющееся пусковыми и тормозными сопротивлениями.

Для обогрева вагонов при длительных стоянках в депо и на пунктах технического осмотра пусковые и тормозные сопротивления подключаются непосредственно на напряжение контактного рельса 750 в. При этом температура воздуха в вагонах автоматически поддерживается на уровне $+15^{\circ}\text{C}$.

С целью ограничения токов короткого замыкания предусмотрена дифференциальная защита.

После деблокирования дверей машинистом на остановках они открываются поворотом ручки. При этом открываются только те двери, из которых выходят пассажиры (или в которые они входят). Такое конструктивное решение возможно только при небольших пассажиропотоках.

Фирмой «Телефункен» для метрополитена разработана схема тиристорно-импульсного регулирования, выполненная на логических элементах.

Для вагонов разработаны тяговые двигатели с характеристиками, предусмотренными для работы в режиме рекуперативного торможения с тиристорным преобразователем.

Депо метрополитена рассчитано на 300 вагонов (инвентарный парк в настоящее время 144 вагона). Депо имеет 7 отстойных путей длиной 250 м для 84 вагонов. Рядом размещен испытательный путь протяженностью 1,4 км, на котором производится обкатка вагонов после ремонта.

Осмотр вагонов выполняется еженедельно. Техосмотр происходит каждые 10 недель, т. е. примерно после пробега 15 тыс. км, средний ремонт — через каждые 3 года; капитальный ремонт — после пробега 500 тыс. км.

Приведение в рабочее состояние токоприемников и их отжатие в случае необходимости выполняется дистанционно.

На каждом вагоне имеется специальный резервуар для сжатого воздуха, в котором на протяжении длительного периода во время простоя сохраняется необходимое давление

для нормальной работы токоприемников. Если давление падает ниже требуемого, то операции по приведению токоприемников в нужное положение можно выполнить вручную, с помощью специальной штанги.

Радар — устройство, обеспечивающее непрерывный контроль скорости движущегося поезда. Радар способствует также снятию помех от гармоник тягового тока. Применение радара позволяет с незначительными затратами повысить пропускную способность ряда станций, размещенных на неблагоприятных профилях и значительно повысить степень безопасности движения поездов.

Радар может также быть использован для сравнения числа оборотов колесных пар в целях предотвращения буксования и юза.

На метрополитене эксплуатируется автономный вспомогательный электровагон, выполняющий роль крана, буксира, передвижной мастерской, монтажного места при работах в тоннеле. Вагон используется для контроля состояния пути, профилактических, ремонтных и аварийных работ.

Этот вагон выполнен на базе серийного вагона метрополитена и оснащен краном с гидравлическим приводом, компрессором, переносными прожекторами, домкратами, катушкой с кабелем.

Возможность использования вагона в условиях нормальной эксплуатации и в аварийной обстановке обуславливает необходимость иметь наряду с обычным тяговым двигателем устройство автономной тяги. В отличие от серийного вагона аккумуляторный привод осуществляется только на одну тележку.

Максимально допустимая скорость вагона — 40 км/час. Это позволяет эксплуатировать его в рабочее время, не нарушая нормального графика движения на действующих линиях.

Для связи с ответственным по проведению работ и поездным диспетчером вагон оборудован радиостанцией.

На метрополитене эксплуатируется также вагон для шлифовки рельсов. Его прицепляют к одному или двум тепловозам мощностью по 180 л. с.

Шлифовальные устройства управляются с пульта, установленного на тепловозе.

В последние годы на метрополитене уделяется большое внимание повышению скоростей движения и акустическим проблемам.

Для исследования шума и вибраций построен опытный участок пути с применением профильных элементов из эластомера. Применение последнего обеспечивает хорошую амортизацию пути, поглощение высоких возбуждающих колебаний, низкую скорость звука.

Управление системой электроснабжения метрополитена осуществляется из единого центрального пункта. Он размещен в подземной части здания, предназначенного специально для метрополитена и пригородных железных дорог.



Кабины отправителя поездов на платформах.

В часы «пик» системой электроснабжения управляют два диспетчера, в остальное время — один дежурный диспетчер.

Обработка всей поступающей информации осуществляется ЭВМ. Таким образом, отпадает необходимость ведения рукописной отчетности.

В будущем намечается, помимо текущей обработки информации и сигнал-приказов, введение системы программирования для часто повторяющихся процессов, таких как включение и отключение тяговых подстанций и групп выпрямителей на них, осуществление управления агрегатами и др.

На метрополитене используется современная, легко воспринимаемая пассажирами информация.

Мюнхенским транспортным управлением принята единая система информации как для городской железной дороги, так и для метрополитена.

Путь следования пассажиров отмечен освещенными панелями, яркой окраской билетных и контрольных автоматов и различными наглядными архитектурными приемами, способствующими быстрому восприятию средств информации.

Интерьеры станций окрашены в разные цвета, что позволяет пассажирам в вагонах быстро опознать ту или иную станцию.

У выходов с платформ имеются указатели, схемы прилегающей к станции части города, сведения о возможных пересадках на другие виды транспорта.

Название станции на платформенной стене повторяется 7—8 раз.

Широкое применение в системе информации получили обозначения символами и полусимволами.

Метрополитен Западного Берлина пущен в эксплуатацию в 1902 году. Количество линий — 8. Протяженность — 90,1 км. Число станций — 97. Среднее расстояние между ними — 774 м.

Годовая перевозка пассажиров составляет 276,2 млн. чел. Средняя дальность поездки — 6,17 км. Минимальный интервал между поездами — 2 мин. Эксплуатационная скорость — 24,3—32,7 км/час.

Широкое применение получили легкие алюминиевые конструкции подвижного состава. В сравнении со старыми вагонами экономия в весе новой двухвагонной секции составляет 12,5 т, т. е. 26%. Значительно уменьшаются текущие расходы от экономии электроэнергии.

Одна из линий оборудована системой автоматического управления движением поезда. Программа его движения определяется стационарными блок-устройствами и индуктивно передается на подвижной состав.

Вагоны облегченной конструкции оборудуются тиристорным регулированием.

Применяется система электронного управления переключениями в силовой схеме, пусковом и тормозном реостатах, осуществляемыми контроллерами или индивидуальными контакторами. Такое управление гарантирует равномерное переключение ступеней пускового реостата при поддержании постоянства средней величины пускового тока, обеспечивает минимальную величину тормозного пути при данном сцепном весе.

При отказе системы электрического торможения автоматически включается пневматическое, что повышает безопасность движения.

Электронное управление исключает большие броски тока при пуске, обеспечивает малое время работы на реостатных ступенях пуска. Это улучшает условия работы тяговых двигателей и аппаратуры, благоприятно сказывается на увеличении пробегов между ремонтами.

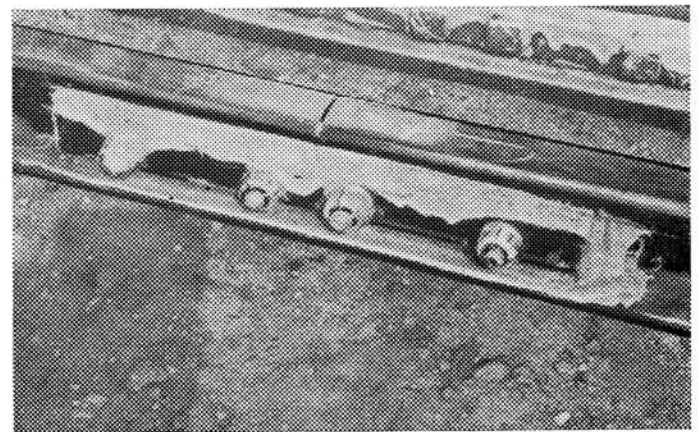
Повышение пускового ускорения и тормозного замедления, благодаря применению электроники, способствует увеличению скоростей движения.

Минимальный интервал между поездами в часы «пик» составляет 120 сек., максимальный — 10 мин. (в вечернее внепиковое время). В часы «пик» составы формируются из восьми вагонов, в остальное время применяется расцепка составов (два—четыре вагона).

На метрополитене проводились испытания по эксплуатации телеустановок в кабине машиниста. Они принимают изображение станционной платформы, передаваемое по высокочастотному коаксиальному кабелю.

Капитальный ремонт и работы по модернизации или замене оборудования подвижного состава производятся в главных мастерских, где применяется конвейерный метод ремонта.

Главные мастерские имеют два цеха. Цех № 1 проводит все виды ремонта кузовов вагонов, включая электрическое оборудование. В цехе сосредоточены следующие участки: электрический, пневматический, металлообработки, малярный, обивочный, шорный и стекольный.



Путь с использованием клеболтовых стыков.

Архитектурное оформление станций метрополитена разнообразное. Путевые стены выполнены в различных цветах, для отделки широко применяются металл и пластик. Потолки возведены из специальных материалов, обладающих шумоглушащими свойствами. На станциях применяются подвесные потолки, которые также способствуют уменьшению уровня шума.

Люминесцентные указатели расположения ближайшей станции выполнены в виде крупной белой буквы на синем фоне (часто сопровождаемые стрелкой, указывающей направление). У самого входа название станции дается крупными буквами, хорошо читаемыми с большого расстояния.

На станциях размещаются карты города, схемы линий метрополитена, расписания и доски объявлений.

В торцах платформ установлено противопожарное оборудование и огнетушители. Имеются медпункты для оказания медицинской помощи пассажирам.

Станции работают без контролеров, а все виды проездных билетов продаются кассами-автоматами.

Ряд станций оборудован телеустановками, что позволяет одновременно обслуживать две платформы. В центре каждой находится помещение дежурного по платформе. Оно оборудовано радиоустановкой для передачи объявлений, выключателем аварийного сигнала и кнопкой для подачи сигнала отправления поезда. Отсюда же приводится в действие указатель направления движения, на котором размещена схема линий в цветовом изображении.

В последнее время радиотелефонная связь обеспечивается установками двусторонней связи фирмы «Сименс».

Е. ЛЕГОСТАЕВ, канд. техн. наук;

Н. ЛЯСКИНА, инженер

ПАРИЖСКИЙ МЕТРОПОЛИТЕН ОТМЕТИЛ СВОЕ 75-ЛЕТИЕ

В. ШВАНДЕРОВА, инженер

В 1900 г. была торжественно открыта линия Порт-де-Винсенн — Порт-Мэйо, входящая в современную городскую сеть метрополитена как линия № 1. Однако это событие, ознаменовавшее начало эры метрополитена, явилось также эпилогом полувековых споров о необходимости создания в городе подземной транспортной сети. Предлагавшиеся проекты предусматривали соединение тоннелями Лионского и Северного вокзалов, устройство подземных коридоров для снабжения бывшего «чрева Парижа» — Центрального рынка и, наконец, приняли облик близкого нам образа метро в ходе работ по упорядочению дорожной сети и благоустройству города, предпринятых в 60-х годах прошлого века мэром Парижа бароном Османом. Однако идея строительства метро должна была еще выдержать суровую конкуренцию с многочисленными проектами строительства дорог на эстакадах, сторонники которых доказывали невозможность частого следования под землей вагонов с паровой тягой.

Конец спорам положила приближавшаяся дата открытия в Париже Всемирной выставки. В 1895 г. правительство предоставило городу право строить собственную железную дорогу, а развитие техники к тому времени позволило решить проблему эксплуатации такой дороги: впервые для передвижения транспортного средства — трамвая — была использована электротяга.

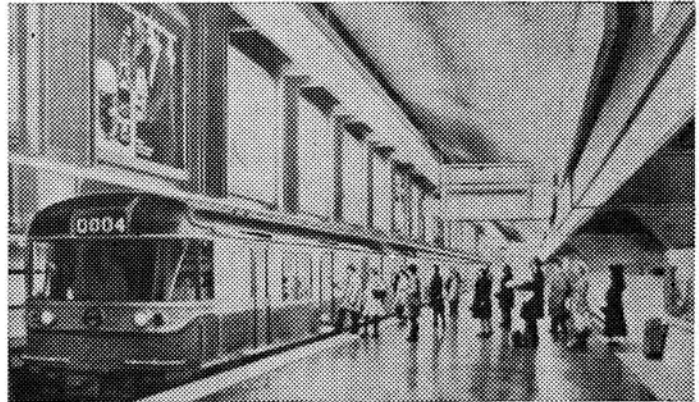
Законом от 30 марта 1898 г. предусматривалось строительство тоннелей общей длиной 65 км (современные линии № 1—6) с нормальной шириной колеи, хотя городские власти упорно отстаивали проекты с метровой шириной колеи, чтобы обеспечить полную независимость их «собственной дороги» от магистральных железнодорожных линий. Однако благоразумие победило.

Линия № 1 направлением восток — запад была пройдена под землей, за исключением участка пересечения канала Сен-Мартэн, где был сооружен метромост. В начальный период эксплуатировались составы из трех вагонов, одного моторного с двумя двигателями и двух прицепных. Вагоны длиной около 8 м вмещали 45 пассажиров, составы следовали с интервалом 10 мин., никакой сигнализации предусмотрено не было.

Успех нового вида транспорта был необычайным. Чтобы удовлетворить все возрастающие потребности в перевозках, необходимо было интенсивно продолжать начатые работы. Принятая длина станционных тоннелей 75 м позволила добавить к составам 5 вагонов (в том числе двоярный моторный), а после введения сигнализации сократить интервал следования до 3 мин. Станции располагались на расстоянии 500—600 м. В 1900—1901 гг. были открыты участки Этуаль — Трокадеро и Этуаль — Порт-Дофин, а затем и большая часть кольцевой дороги, вдоль бульварного кольца, полностью завершенная к 1903 г.

Однако развитие техники энергоснабжения отставало от возможностей строителей и потребностей в перевозках. Недостаточная мощность двигателей, плохая изоляция электрического оборудования явились причиной тяжелой аварии, приведшей к пожару в поезде метро вблизи станции Менильмонтан. Эта катастрофа, единственная в истории Парижского метро, привела к гибели 84 человек и послужила стимулом для полного обновления подвижного состава, изменения методов эксплуатации и постоянного наблюдения за обеспечением безопасности на подземных трассах.

Были введены в эксплуатацию вагоны с тележками и ме-



Станция «Шарль де Голль Этуаль».

таллическими кузовами (раньше кузова были деревянные), составы включали три моторных вагона, управляемые по системе многих единиц и оборудованные двигателями с электропневматическим приводом Вестингауза. Для электропитания использовался третий рельс с напряжением 650 в. К 1921 г. все эксплуатировавшиеся линии общей протяженностью около 100 км были оборудованы устройствами автоматической блокировки и сигнализации на переменном токе. Были построены тяговые подстанции, оснащенные ртутными выпрямителями, преобразующими переменный ток 25 гц 10—13 кв в постоянный — 650 в.

Совершенствовалась и техника строительных работ. Так, пересечение Сены линией № 8 в 1913 г. было осуществлено уже под дном реки, с помощью проходки с использованием кессонов. На другом участке этой линии проходческие работы велась с применением щита. Новые станции сооружались длиной 105 м, благодаря чему составы могли формироваться из семи вагонов длиной по 14,2 м. Моторные вагоны оборудовали 4 двигателями. Наиболее интенсивное строительство линий метрополитена велось в 30-е годы, когда сооружались новые участки не только в пределах старых границ города, но были также предприняты работы по продлению 15 линий в ближайшие пригороды Парижа. К 1940 г. общая протяженность линий Парижского метрополитена достигла 158 км.

В 1949 г. была создана общественная компания «Автономное Управление Парижского транспорта». Несмотря на незначительные ассигнования, компания проводила работы по постепенной замене устаревшего подвижного состава, изучала возможность использования вагонов на пневматических шинах, движущихся по направляющим деревянным или бетонным балкам и обладающих благодаря этому высоким сцеплением. В 1954—1958 гг. на всех станциях установлены лампы дневного света.

Однако в течение 20 послевоенных лет новое строительство почти не велось, и развитие сети метрополитена значительно отставало от быстрого развития города. К началу 60-х годов рост числа автомобилей привел к тому, что необходимость решения транспортной проблемы стала неотложной. Единственным путем такого решения было развитие общественного транспорта. Были выделены средства на реконструкцию старых и сооружение новых линий метрополитена. Станции линий №№ 1 и 4 были реконструированы, их длину довели до 90 м, что позволяет эксплуатировать на этих линиях составы из 6 вагонов (в том числе 4 моторных, общей вместимостью 680 человек). Пропускная способность линий возросла с 25 до 32 тыс. пассажиров в час в каждом направлении. Одновременно ведется строительство и новых участков. Общая протяженность 16 линий городской сети метро-

политена достигла 178,2 км, при этом число станций составляет 347.

Новым этапом развития метрополитена явилось строительство так называемых региональных линий, которые должны обеспечить транспортные связи различных пригородных районов между собой и каждого из них с центром города. К 1978 г. будут введены в эксплуатацию региональные линии направлений восток — запад между станциями «Дефанс» — «Насьон» (частично уже эксплуатируется) с двумя ответвлениями с каждой из сторон, а также север — юг, между станциями «Денфер» — «Шатле». В черте города для этих линий сооружаются тоннели. В пригородах они будут проходить по поверхности с использованием полосы отвода магистральных железных дорог. Существует проект использования региональной линии для пропуска подвижного состава железных дорог между Лионским и Северным вокзалами Парижа с тем, чтобы исключить пересадки пассажиров с одного вокзала на другой.

Эксплуатация региональных линий метрополитена позволит обеспечить по прогнозам на 80-е годы перевозки пассажиров в количестве примерно 600 тыс. человек в сутки, разгрузить пригородные станции, создать скоростное сообщение города с двумя международными аэропортами. К 1978 г. вступят в строй 92 км региональных линий метрополитена, из которых 38 км будут обеспечивать перевозки в направлении север — юг и 54 км — в направлении восток — запад. На этих линиях будут курсировать составы длиной 225 м, максимальная скорость движения предусмотрена 100 км/ч, провозная способность линий 50 тыс. человек в час в каждом направлении. В центре города линия восток — запад пройдет полностью в тоннеле при глубине заложения 30 м, причем в зависимости от условий застройки и геологии местности тоннели сооружаются однопутными, либо двухпутными. Протяженность линий городского метрополитена планируется довести к 1978 г. до 188 км.

Применяемая техника проходки тоннелей чрезвычайно разнообразна и зависит от местных условий на каждом из отрезков трассы. Так, при проведенном недавно продлении на 2073 м линии № 13 регионального направления север — юг пришлось выделить семь участков, различающихся конструктивными схемами сооружений и методами проходки. На участке между станцией «Перекресток Плейель» и каналом Сен-Дени тоннель глубокого заложения в известняках проходили при помощи машины Alpine F6 со скоростью 3,2 пог. м в день. Сразу же проводилось обжатие грунта гидравлическими домкратами, установленными на металлических подмостях и после установки опалубки нанесение бетона отделки. Грунт средней части штольни и под пяты свода разрабатывали экскаватором, после чего бетонировали стены и обратный свод.

На участке с неблагоприятными геологическими условиями для укрепления верхних слоев грунта применялось иньектирование глинисто-цементного раствора, а в основании стен через каждые 6 м сооружались фундаменты в виде опускных колодцев. На участках, где проходка велась открытым способом, для крепления котлованов использовали шпунтовое ограждение с глубиной забивки на 4 м ниже дна выработки, либо устраивали вертикальные буровые скважины с интервалом 2,4 м с установкой в них металлических профильных балок и последующим омоноличиванием. Разработку котлована вели одновременно с установкой бетонных перемычек между этими балками. Для защиты от проникновения воды грунт дна котлованов обрабатывают путем иньектирования цементного раствора, гидроизоляцию устраивают из листов полихлорвинила.

На одном из участков, под улицей, застроенной старыми и ветхими зданиями с расстоянием между фасадами 12 м, тоннель пришлось запроектировать неглубокого заложения, так как в его основании залежали слабые грунты и пльвуны. Было принято прямоугольное сечение выработки с возведением вначале стен, а затем плиты перекрытия. На этой стадии работ движение по улице возобновлялось и внутри образовавшейся коробки начиналась разработка грунта. С помощью машин типа Kelly производилось рытье траншей шириной 60 см, заполняемых цементно-бentonитовым раствором для предотвращения обрушения стен. В траншее опускали желе-

зобетонные панели длиной 12 м, шириной 2,6 и толщиной 0,4 м, служащие постоянными стенами тоннеля. На следующем этапе при закрытии улицы для движения производилась разработка грунта открытым способом и замоноличивание плиты перекрытия.

На перегоне региональной линии между станциями «Лионский вокзал» и «Насьон» трасса метрополитена проходит в кривых S-образной формы и пересекает напластования мелкозернистых песков с высоким содержанием глины. Это не позволяло произвести надежное закрепление их нагнетанием растворов. Линия сооружается в виде двух однопутных тоннелей внутренним диаметром 5,7 м, проходящих на различной глубине. На одном из участков толщина слоя грунта над сводом тоннеля составляет 12—13 м от фундаментов зданий старой постройки. На этом участке был применен запатентованный способ устройства над тоннелем «арочного зонта из пробуренных труб». На концах рабочих шахт, располагаемых на расстояниях 40—55 м, устраивали специальные камеры, из которых производили забуривание труб навстречу друг другу таким образом, что в верхней части они пересекались, образуя своеобразный замок. Наружный диаметр труб составлял 200 мм, толщина стенок 20 мм, расстояние между трубами в горизонтальной проекции 0,50 м. Каждая труба длиной примерно 20 м состояла из сочленяемых отрезков по 1,35 м, наращиваемых в процессе вращательного забуривания. По окончании забуривания трубы заполняли чистым цементным раствором. Для обеспечения высокой точности бурения была создана специальная бурильная установка, которая работала под контролем оптического оборудования. В слой песка над трубчатым зонтом производилось нагнетание цементного раствора.

Стоимость строительства подземных линий метрополитена в Париже составляет в среднем 120 млн. франков за 1 км, но для направлений, где транспортный поток в часы «пик» составляет 15 тыс. — 30 тыс. пассажиров в час, считаются оправданными расходы на строительство в размере до 150 млн. франков за 1 км. В целях повышения скорости движения межстанционные расстояния на новых линиях увеличиваются до 800—900 м.

Проведенная Автономным Управлением Парижского транспорта опытная эксплуатация подвижного состава метрополитена с пневматическими шинами показала его хорошие тяговые и тормозные свойства в сочетании с высоким уровнем комфорта. Такой подвижной состав используется теперь на всех линиях (№ 1, 2, 4, 6), где его введение не потребовало существенного переоборудования пути и других устройств. На остальных линиях используются вагоны обычного типа, формируемые в состав из 3 моторных и 2 прицепных вагонов. Длина поезда 75 м, вместимость 806 человек. К 1980 г. предполагается модернизировать подвижной состав путем использования резино-металлической системы первичного подвешивания и пневматических рессор в системе вторичного подвешивания, а также применения тиристорного регулирования работы тяговых двигателей. Стенки кузовов вагонов будут выполнены криволинейными для увеличения пространства пассажирского салона. Предполагается также оборудовать вагоны установками для кондиционирования воздуха. Это приведет к повышению расхода энергии на 8%, однако тиристорные преобразователи позволят снизить ее потребление на 30%.

К 1974 г. все линии городского метрополитена оборудованы средствами автоматики. Введено единое централизованное управление движением с телефонной связью с машинистами поездов. В результате этих мероприятий провозная способность метрополитена возросла на 10%. Учет пассажиропотоков производится с помощью местных ЭВМ, передающих информацию в единый вычислительный центр.

Для энергообеспечения метрополитена построены 4 высоковольтные трансформаторные подстанции, проведено обновление всей системы освещения и электросети, начата модернизация мастерских по ремонту подвижного состава и строительство двух новых мастерских. Вместе с тем, оборудование метрополитена на многих линиях по своим техническим параметрам не соответствует современным требованиям. Работы по модернизации продолжаются.

**Товарищи метростроевцы, тоннелестроители
и 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.