

МЕТРОСТРОЙ

8

1976

ИНФОРМАЦИОННЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
СБОРНИК

№ 8

«МЕТРОСТРОЙ»

1976 г.

Изданке
Московского
метростроя
и издательства
«Московская правда»

В НОМЕРЕ:

Редакционная коллегия:

В. А. АЛИХАШКИН, А. С. БАКУ-
ЛИН, П. А. ВАСЮКОВ, С. Н. ВЛА-
СОВ, А. Ф. ДЕНИЩЕНКО,
В. М. КАПУСТИН, Ю. А. КОШЕ-
ЛЕВ, А. С. ЛУГОВЦОВ, В. Л. МА-
КОВСКИЙ, Б. П. ПАЧУЛИЯ,
С. А. ПОНОМАРЕНКО, В. И. РАЗ-
МЕРОВ, Е. Д. РЕЗНИЧЕНКО,
П. А. РУСАКОВ, А. И. СЕМЕНОВ,
А. В. 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. Несте-
ров.**

Л—66748 Сдано в набор 15/XI-76 г.
Подписано к печати 21/XII-76 г.
Объем 4 п. л.
Тир. 4000
Бумага тифдручная 60×90¹/₈.
Зах. 4087 Цена 30 коп.

Типография изд-ва
«Московская правда»

Н. Титов. Трудовой успех киевских метростроителей.	1
С. Раков, Л. Стах. Станция «Площадь Калинина».	3
М. Акимов, Д. Матусов. Бесстыковой путь на Киевском метро- политене	4
Б. Гусев. Из хроники строительства пускового участка.	5
Ф. Курбанов, Э. Аминов. Особенности строительства нового уча- стка.	7
Я. Алиев. Сложный объект — в намеченный срок.	9
М. Мартиросова. Архитектура станции «Низами».	10
Р. Агагусейнов, Р. Казиев. Улучшили качество сварки стыков. . . .	11
И. Гулин, Б. Минц. Методом бригадного подряда.	12
Ф. Меликов. Отделочники на трассе.	12
А. Расул-заде. Монтажники не задержали.	13
Л. Гладилин, М. Жанзаков. Знать состояние изоляции подземных электроустановок.	13
А. Курисько. Кодарский тоннель на БАМе.	14
В. Сарабеев, К. Троицкий, Н. Малышев. Приборы для наблюдения за развитием трещин в обделке.	17
Метро пойдет в Борисово.	17
Б. Рейзин, Г. Земцов, В. Россовский, Б. Прибытко, Н. Савина. Кор- розионный датчик.	19
С. Кисельер. Для повышения точности измерения.	21
Ф. Народицкий, Г. Галант. Двухлинейная схема освещения тонне- лей.	22
И. Гаршин, О. Тюрина. Улучшать условия работы машинистов. . .	23
С. Ваксин, М. Закс. Для повышения надежности подвижного со- става.	24
А. Бурков, Н. Семенов, А. Полянский. Применение асинхронных тяговых двигателей на метрополитене.	26
К. Янчевский, А. Шевченко, А. Яковлев. Строится метро в Каль- кутте.	27
С. Пономаренко. Из путевых записок о парижском метро.	30
К. Шляпин, В. Медейко. Некоторые тенденции проектирования строительства тоннелей в Швейцарии.	31

Трудовой успех киевских метростроителей

«ПЛОЩАДЬ КАЛИНИНА» — «ПОЧТОВАЯ ПЛОЩАДЬ» — «КРАСНАЯ ПЛОЩАДЬ»

Н. ТИТОВ, начальник технического отдела Киевметростроя

Вторая линия Киевского метрополитена Куреневско-Красноармейского направления протяженностью 20,9 км пересекает город с севера на юго-запад. В зоне тяготения станций расположены крупнейшие жилые массивы в районе Оболони, в центре города, речной и автобусные вокзалы, культурно-бытовые учреждения и ряд других крупнейших объектов общегородского значения.

Строительная протяженность всего запроектированного участка в двухпутном исчислении от ст. «Ореховатская площадь» до ст. «Красная площадь» — 9,4 км. На нем разместятся 8 станций.

Пусковой участок включает в себя три станции: «Площадь Калинина», «Почтовая площадь» и «Красная площадь». Он связывает центр города — ул. Крещатик с Подольским районом, расположенным на правом берегу Днепра.

Инженерно-геологические условия строительства метрополитена в Киеве очень сложные. Физико-механические свойства грунтов весьма разнообразны: от спондилитовых, песчано-глинистых грунтов до пльунов.

Протяженность трассы в двухпутном исчислении от границы II участка до тупиков за ст. «Красная площадь» — 3,3 км; длина соединительной ветки глубокого заложения, связывающей первую очередь со второй (с выходом в депо метрополитена Дарница) — 1,869 км.

Особо сложные условия были при сооружении перегонных тоннелей в чугунной обделке Д-6 м при проходке к станции открытого способа работ «Почтовая площадь». Тоннели залегают в оползневом склоне под Владимирским спуском. Они сооружались в условиях интенсивного

движения трамвайного, городского автомобильного транспорта, в замороженных грунтах (с бурением наклонных скважин с поверхности и вакуумным забойным водопонижением).

Подземная станция «Площадь Калинина» колонного типа расположена в центре города. В зоне ее обслуживания размещаются административные учреждения, научно-исследовательские и проектные институты, гостиницы и др.

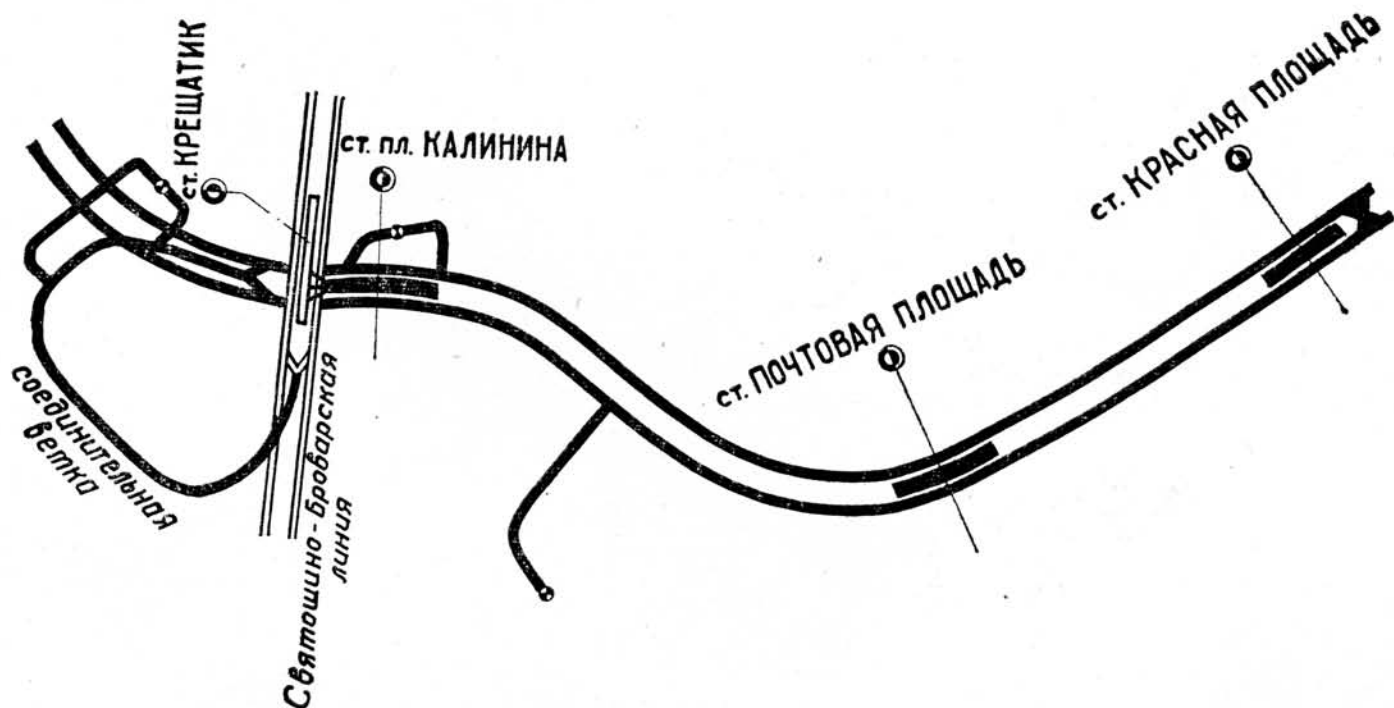
Станция «Площадь Калинина» размещена (в профиле) под станцией «Крещатик» Святошино-Броварской линии. Возведен пересадочный узел на ст. «Крещатик» с малым наклонным ходом с четырьмя лентами эскалаторов ЛТ-5.

С учетом большого пассажиропотока — до 48 тыс. человек в часы «пик» — для спуска и подъема на станцию сооружен наклонный ход с четырьмя лентами эскалаторов ЛТ-2. Отсюда пассажиры попадают в подземный вестибюль и кассовый зал, который связан с переходом на «Площадь Калинина».

Станция «Почтовая площадь» размещается рядом с речным портом, годовой пассажирооборот которого 3,4 млн. пассажиров. Станция сооружалась открытым способом в стесненных условиях старой городской застройки Подольского района.

Станция колонного типа шириной платформы 8 м. Несущие стены расперты сборными железобетонными плитами перекрытия.

Учитывая влияние оползневого склона и большого притока грунтовых вод, станция сооружалась под прикрытием внешних ледогрунтовых стен толщиной до 1,2 м.



ОТКРЫТА ВТОРАЯ ЛИНИЯ КИЕВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

Монтаж железобетонных конструкций производился двумя козловыми кранами грузоподъемностью 10 т. Подкрановые пути были уложены по верху ограждающих несущих свай.

Перегонные тоннели между Почтовой и Красной площадями сооружались закрытым способом мелкого заложения в тюбинговой обделке Д-5,49 м с плоским лотком, под защитой ледогрунтовых стен.

Станция «Красная площадь» расположена в центре Подольского района, зоне крупных жилых массивов; торговых и культурно-бытовых учреждений общегородского значения.

Длина платформенного участка 100 м, ширина 10 м.

Два подземных вестибюля соединены переходами с выходом на Красную площадь и улицу Верхний Вал.

За станцией сделано путевое развитие для оборота, отстоя и осмотра поездов.

Все станции сооружены из расчета пропуска пятивагонных поездов, с интервалом 30—40 пар составов в час.

Верхнее строение пути выполнено из рельсов типа Р-50 на деревянных шпалах с раздельным креплением типа «метро». В перегонных и станционных тоннелях уложен путь на бетоне «М-150», стрелочные переводы — на щебеночном основании.

Рельсы уложены сварными плетями. Длина плетей равна длине блок-участков.

На строительстве пускового участка работали коллективы «Киевметростроя»: тоннельный отряд № 4, тоннельный отряд № 14, СМУ-6, СУ-704 и СМУ-4, а также 22 субподрядные организации. Основные строительные монтажные работы выполняли:

производственный участок № 1 управления № 157, КСУ-421 треста «Электромонтаж-1» Минмонтажспецстроя УССР, СМШ-803 по монтажу СЦБ, Киевское уп-

равление проектно-монтажных работ, СМУ-4 Мосметростроя.

Спецстройпоезд № 901 Главтоннельметростроя выполнил архитектурно-отделочные работы.

В прокладке канализации, теплотрассы, водопровода и благоустройстве территории принимали участие организации Киевского горисполкома: «Киевподземдорстрой-1», Управление по строительству и эксплуатации автомобильных дорог и РСУ «Киевзеленстрой».

Сантехнические и монтажные работы по постоянной вентиляции выполнило КЭПРО Киевметростроя.

Проектно-сметную документацию разработал киевский филиал Метрогипротранса — «Киевметрострой».

Рационализаторы Киевметростроя внесли 516 технических предложений с годовым экономическим эффектом 7644 тыс. руб.

В период строительства пускового участка много внимания уделялось внедрению новой техники и конструктивных экономических решений. Впервые в метростроении была применена породопогрузочная машина при проходке наклонного хода ст. «Площадь Калинина». Внедрены плоские лотковые элементы обделки при сооружении станционных и перегонных тоннелей. Использован экскаватор «Беларусь» с электроприводом для разработки грунтов в камерах съездов. Воплощен проект стационарной сварки ходовых рельсов метрополитена в тупиковых тоннелях за ст. «Красная площадь» для всего пускового участка и др.

Большую роль в строительстве участка сыграли социалистическое соревнование коллективов и новые формы организации труда, особенно метод бригадного подряда. Высоких показателей добились бригады С. Сикорского, И. Анголенко, А. Мироненко, А. Седяра, М. Крыжановского, М. Рябко.



Первые пассажиры первого поезда.

Станция «Площадь Калинина»

ПЕРВАЯ СТАНЦИЯ КОЛОННОГО ТИПА ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ НА КИЕВСКОМ МЕТРОПОЛИТЕНЕ

С. РАКОВ, Л. СТАХ, инженеры

ЭТА станция опирается разомкнутым сводом тоннелей через клинчатые тубинговые перемычки на стальные колонны.

Конструкция заложена в спондиловых глинах. Для ее сооружения были пройдены пилот-тоннели по осям пути боковых и среднего станционных тоннелей (последний в тубинговой обделке диаметром 6 м).

Боковые тоннели станции сооружались при помощи комплекса КМ-15. После некоторой переделки комплекс применили также для проходки среднего станционного тоннеля.

Разработку породы производили отбойными молотками с погружкой в вагонетки при помощи машины ПМЛ-5 и откатки электровозами марки 7 КР-ІУ.

Строительство станции начали с левого тоннеля.

К моменту его сооружения стальные колонны еще не были изготовлены, поэтому приняли решение монтировать кольца с временным заполнением тубингами в местах будущих колонн.

Для сохранения формы тоннелей допуски на монтаж были приняты более жесткими, чем предусмотрено ТУ. Обращалось также особое внимание на качество первичного и контрольного нагнетания за обделку с целью обеспе-

чения минимальных деформаций тоннеля и поверхности.

Монтаж первых 40 колец был выполнен с отрицательной (до -20 мм) или нулевой вертикальной эллиптичностью. Последующие кольца монтировались с плюсовой вертикальной эллиптичностью (от $+15$ до $+25$ мм).

Съемка колец за тубингоукладчиком показала изменения вертикального диаметра на первом участке на $20-30$ мм, в то время как вертикальные диаметры колец, собранных с плюсовым допуском, менялись лишь в пределах до 15 мм.

Дальнейшие наблюдения за оседанием сводов показали их увеличение еще на $15-25$ мм.

Следует отметить, что несмотря на различную технологию — на левом станционном тоннеле, колонны устанавливались после окончания его сооружения, а правый возводился с одновременной их установкой — деформации обоих тоннелей примерно одинаковы.

По мере продвижения забоя среднего станционного тоннеля начали быстро увеличиваться деформации боковых конструкций. Осадки сводов увеличились на $30-40$ мм, горизонтальные диаметры возросли на $40-45$ мм.

Колонны в обоих тоннелях, смонтированные вертикально с отклонениями до ± 5 мм, получили дополнительные смещения.

Уход колонн в сторону среднего станционного тоннеля составил: по верху около 50 мм, по низу — порядка 25 мм.

Отклонение колонн в профиле незначительное (до -10 мм).

Возможно, при сооружении станции колонного типа в подобных гидрогеологических условиях следовало бы устанавливать колонны с заведомым смещением и наклоном их верхов в сторону оси бокового тоннеля, а кольца по вертикальным диаметрам монтировать с плюсовой эллиптичностью около $+40$ мм.

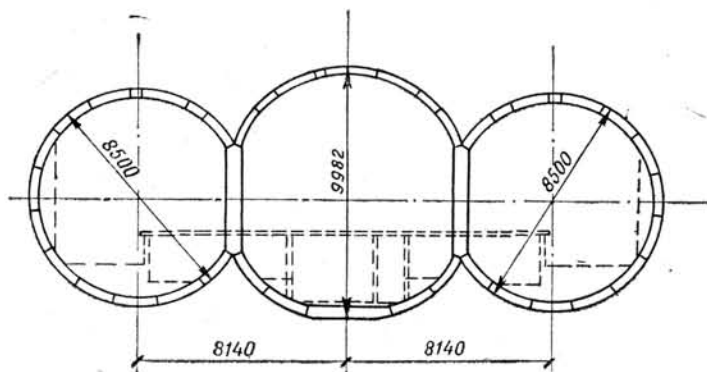
Так, если в данном случае принять при установке колонн предварительные их смещения к оси бокового тоннеля в пределах 50 мм по верху и 25 мм по низу колонн, то в результате проходки среднего станционного тоннеля положение их, очевидно, должно было оказаться в пределах ± 15 мм от проекта и эллиптичность по вертикальным диаметрам боковых тоннелей могла бы быть близка к нулю.

Основная трудность при возведении обделки среднего станционного тоннеля заключалась в том, что монтаж лотковой части производился из железобетонных блоков, которые не имели связи с предыдущим кольцом. В результате эта часть кольца получала систематическое набегание, вызвавшее необходимость изготовления зауженных блоков плоского лотка.

Очевидно, при сборке тоннеля из чугунных колец с плоским железобетонным лотковым тубингом имеет смысл изготавливать его со значительным (до 10 мм) заужением.

После проходки пилот-тоннелей осадки поверхности составила $15-20$ мм.

Во время сооружения станции деформация поверхности увеличилась еще на $40-50$ мм, а через три месяца после окончания — полностью прекратилась.



Поперечное сечение станции колонного типа «Площадь Калинина».

Бесстыковой путь на Киевском метрополитене

М. АКИМОВ, Д. МАТУСОВ, инженеры

Существуют различные способы сварки ходовых рельсов. Так, на строительстве Московского метрополитена она производится в депо «Сокол» в специально оборудованном стационарном рельсосварочном цехе.

Рельсы длиной 25 м свариваются в плети от 100 м и более, а затем доставляются к месту укладки на специальных тележках ЦНИИ МПС или СКБ.

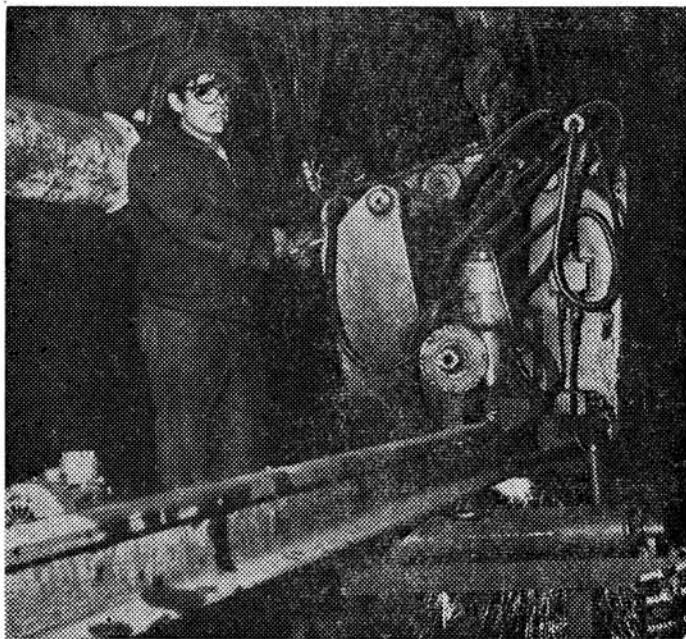
В Киеве на строительстве первого участка метро «Вокзальная» — «Днепр» была принята другая организация работ. На станции «Арсенальная» в тупиковом тоннеле была смонтирована специальная сварочная машина фирмы «Симменс». Это была громоздкая установка весом до 20 т и энергоемкостью свыше 300 квт. Рельсы длиной 25 м доставлялись с портальной части станции «Днепр» на расстоянии свыше 1000 м к рельсосварочному цеху. Затем стометровые плети развозились к месту укладки. Такая организация работ требовала больших трудовых и материальных затрат (примерно 30 тыс. руб.).

На строительстве следующих участков метрополитена от «Вокзальной» до «Святошино» впервые в отечественном метростроении применен принципиально новый способ сварки бесстыкового пути.

Группа инженеров Киевметростроя в содружестве с учеными Института электросварки имени Патона внедрила сварку рельсов Р-50 непосредственно в пути при помощи специального поезда с головкой К-255. По уложенным путям перемещалась двухосная платформа широкой колеи, оборудованная мотор-генераторной установкой мощностью 100 квт, рельсосварочной головкой К-255 и Г-образной конструкцией для подвески тельфера грузоподъемностью 3 т. Платформа перемещалась мотовозом с интервалами в 25 м и останавливалась для сварки левой и правой ниток пути, а затем двигалась к следующим парам стыков. В это время на сваренных стыках производились работы по обрубке и шлифовке их.

Процесс сварки полностью автоматизирован по заданной программе и продолжается 160—180 сек.

В отличие от стационарной установки сварочная головка К-255 значительно легче (2 т вместо 20 т), потребляет втрое меньше электроэнергии и производительней на 50%.



Сварка ходового рельса Р-50 головкой К-255.

Этот способ сварки рельсов в пути оказался наиболее прогрессивным. Однако на пусковом участке «Площадь Калинина» — «Красная площадь» он не мог быть применен из-за отсутствия пригодного подвижного состава для рельсосварочного поезда, а также строительной готовности тоннелей для укладки рельсов. Исходя из реально сложившейся обстановки на пусковом участке, инженеры Киевметростроя предложили упрощенную схему рельсосварочного цеха. В левом тупиковом тоннеле за станцией «Красная площадь» протяженностью 250 м разместили необходимый комплекс оборудования, состоящий из следующих узлов:

- линия рольгангов для перемещения рельсов;
- монорельсовая эстакада для погрузки и разгрузки рельсов и 3-т тельфер для подвески сварочной головки К-255;
- монорельс с тельфером грузоподъемностью 0,5 т для подвески шлифовальной машины, обрабатывающей сварные стыки.

Предусмотрена система с вентилятором СВМ-3М для отсоса гари и абразивной пыли, образующихся в процессе сварки и шлифовки стыков. Требуемые для технологии сварки сжатый воздух и вода обеспечивались имеющимися на участке ресурсами.

Как показали измерения, произведенные в Институте электросварки имени Патона, внутреннее сопротивление сварочной цепи клещей К-255 не превышает 90 микроом.

Для обеспечения необходимого качества стыка полное сопротивление электрической цепи сварочной машины не должно превышать 100 микроом. Это условие практически ограничивает длину питающего кабеля 100 м и сечением 70 мм².

Если расстояние от питающей подстанции значительно превышает эту величину, резко снижается устойчивость оплавления, что приводит к нарушению заданного режима сварки и ухудшению качества стыка.

В данном случае питающая подстанция располагалась на расстоянии свыше 400 м от рельсосварочного цеха.

Возникла дилемма: приблизить рельсосварочный цех к питающей подстанции, что, конечно, исключалось или приблизить питающую подстанцию к рельсосварочному цеху на расстояние, достаточное для обеспечения качества сварного стыка, т. е. до 100 м.

Переносить подстанцию и кабельную линию 10 кв в период пуска не представлялось возможным из-за сложности согласования с энергоснабжающими организациями Киева и нецелесообразностью в связи с тем, что после пуска эта подстанция подлежала демонтажу. Найдено было другое решение.

Рядом с действующей подстанцией КТП-10 кв, где работал трансформатор ТМ 320—10/0,4 кв, было установлено КТП-6 кв с трансформатором ТМ 320—0,4/6 кв.

Полученное путем обратной трансформации напряжение 6 кв подавалось кабелем ААШВ-6 к рельсосварочному цеху, вблизи которого был установлен шахтный трансформатор с кварцевым наполнителем типа ТКШВП-320—6/0,4 кв.

Таким образом, источник питания расположился в 50 м от сварочной головки, и были обеспечены необходимые параметры для качественной сварки рельсов Р-50. Затраты на сооружение временного рельсосварочного цеха и энергоснабжение не превысили 12 тыс. руб.

При анализе организации работ по сварке рельсов необходимо принимать во внимание конкретные условия, складывающиеся на данном участке.

Принятая организация работ по сварке рельсов на пусковом участке метрополитена «Красная площадь» — «Площадь Калинина» оказалась наиболее рациональной. В сжатые сроки было смонтировано необходимое оборудование и, после комиссионной приемки, приступили к сварке рельсовых плетей длиной до 500 м. Причем рельсы заготавливались по эюре раскладки и складировались в междупутье. По мере готовности жесткого основания они развозились к месту укладки в ночное время без помех для производства других работ в тоннелях.

ИЗ ХРОНИКИ СТРОИТЕЛЬСТВА ПУСКОВОГО УЧАСТКА КУРЕНЕВСКО-КРАСНОАРМЕЙСКОЙ ЛИНИИ

27 ноября 1969 г.

Утверждено проектное задание на строительство Куреневско-Красноармейской линии Киевского метрополитена протяженностью 9,4 км от «Ореховатской» до «Красной площади».

Октябрь 1970 г.

Принято решение о начале строительства первого участка Куреневско-Красноармейской линии от ст. «Площадь Калинина» до ст. «Красная площадь» протяженностью 2,3 км с тремя станциями.

28 октября 1970 г.

Начато сооружение первого ствола на трассе.

5 ноября 1971 г.

Приступили к проходке левого перегонного тоннеля между станциями «Площадь Калинина» и «Почтовая площадь».

17 февраля 1972 г.

Забита первая ограждающая свая на месте будущей станции «Красная площадь».

1 марта 1972 г.

Начато сооружение правого перегонного тоннеля в сторону станции «Площадь Калинина».

26 сентября 1972 г.

Уложен первый кубометр бетона в основании станции «Красная площадь».

9 октября 1972 г.

Произведена первая сбойка по левому перегонному тоннелю с левой группой камер съездов за «Площадь Калинина».

13 декабря 1972 г.

За достижение наивысших результатов во Всесоюзном социалистическом соревновании в ознаменование 50-летия образования СССР коллектив орден Ленина управления строительства Киевского метрополитена награжден юбилейным почетным знаком ЦК КПСС, Президиума Верховного Совета СССР, Совета Министров СССР и ВЦСПС.

15 июня 1973 г.

Произведена сбойка левого перегонного тоннеля со станцией «Красная площадь».

9 июля 1973 г.

Начато сооружение наклонного хода ст. «Площадь Калинина».

20 августа 1973 г.

Взят первый кубометр грунта при сооружении станции «Почтовая площадь».

13 декабря 1973 г.

Сбойка правого перегонного тоннеля со станцией «Красная площадь».

28 января 1974 г.

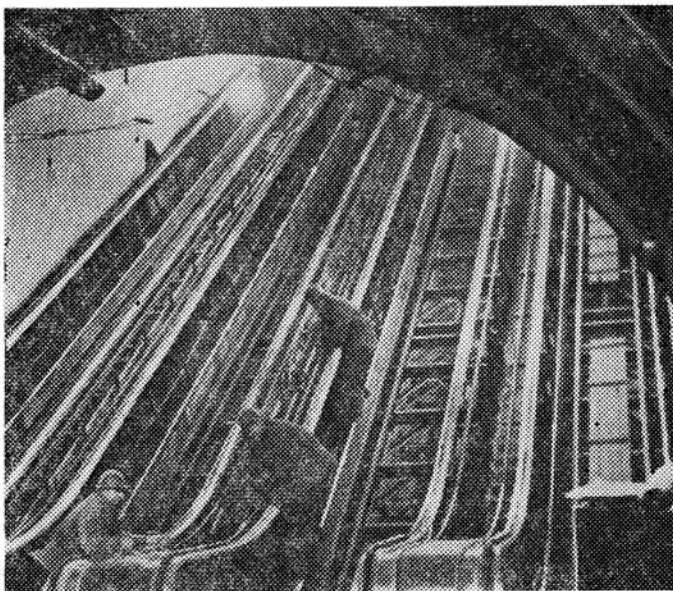
Начато сооружение левого перегонного тоннеля проходческим щитом в сторону станции «Почтовая площадь».



Последняя сбойка по правому перегонному тоннелю «Площадь Калинина» — «Красная площадь». В центре: руководитель свозной бригады Л. Грива.



Строители подземного вестибюля станции «Площадь Калинина». На снимке: арматурщики из бригады А. Седяра и слесари-монтажники из бригады И. Габоры.



Монтаж эскалаторов на станции «Площадь Калинина».

15 мая 1974 г.

Закончены основные строительные работы на станции «Красная площадь».

20 мая 1975 г.

Приступили к укладке постоянных путей метрополитена на участке между станциями «Красная площадь» и «Почтовая площадь».

30 мая 1975 г.

Осуществлена сбойка по левому перегонному тоннелю между станциями «Площадь Калинина» и «Почтовая площадь». Таким образом, завершен левый перегон «Площадь Калинина» — «Красная площадь» длиной 2800 пог. м.

29 декабря 1975 г.

Закончены основные строительные работы на станции «Почтовая площадь».

17 апреля 1976 г.

В день Всесоюзного субботника начата проходка эскалаторного тоннеля пересадочного узла станции «Площадь Калинина».

14 июня 1976 г.

Приступили к монтажу эскалаторов на станции «Площадь Калинина».

14 июля 1976 г.

Восьмая, последняя сбойка по правому перегонному тоннелю между станциями «Площадь Калинина» и «Почтовая площадь». Таким образом, закончен правый перегон «Площадь Калинина» — «Красная площадь». Он пройден в очень сложных геологических условиях.



На станции «Почтовая площадь».



Перегонный тоннель между станциями «Площадь Калинина» и «Почтовая площадь».

25 июля 1976 г.

Уложена первая гранитная плита на платформе станции «Площадь Калинина».

26 октября 1976 г.

Установлена последняя балка перекрытия кассового зала станции «Площадь Калинина».

5 ноября 1976 г.

Закончены изоляционные работы на куполе и перекрытии кассового зала этой станции.

19 ноября 1976 г.

Взят последний кубометр породы и уложен последний кубометр бетона на ходах пересадочного узла станции «Площадь Калинина».

24 ноября 1976 г.

Завершен монтаж контактного рельса.

28 ноября 1976 г.

Пропущен первый пробный поезд от ст. «Площадь Калинина» до ст. «Красная площадь» и проведена предварительная обкатка путевых устройств метрополитена.

17 декабря 1976 г.

Открыто регулярное движение поездов по трассе метрополитена «Площадь Калинина» — «Красная площадь».

Составил инж. Б. ГУСЕВ

Особенности строительства нового участка

ЩИТ—КЕССОН—ВОДОПОНИЖЕНИЕ—ЗАМОРАЖИВАНИЕ—ЦЕМЕНТАЦИЯ



Схема линий Бакинского метрополитена.

Ф. КУРБАНОВ, гл. инженер Бактоннельстроя;
Э. АМИНОВ, начальник технического отдела

шенные колодцы. По трассе перегонных тоннелей их было ликвидировано 82 шт., из которых 18 были ранее неизвестны.

Наибольшую сложность при проходке представляли слои несвязных пород (песков, супесей), по которым происходила активная инфильтрация сжатого воздуха на поверхность. Через несвязные породы он проникал с кессонного участка на обычный при отставании между забоями около 150 пог. м. В связи с этим проходка в кессоне осуществлялась на недостаточном давлении.

Выходы воздуха на поверхность сопровождалась выносом плывуна с образованием в отдельных случаях, небольших воронок, а уменьшение давления в кессоне приводило к оплыванию породы непосредственно в забой с образованием вывалов в тоннельном своде. Все это отрицательно сказывалось на скорости проходки.

На различных участках правого тоннеля, где по проекту предусматривалась проходка под сжатым воздухом при 0,9—1,4 ати, в результате внедрения организационно-технических мероприятий, 394 пог. м тоннеля пройдено без применения кессонного способа.

На участке правого тоннеля длиной 220 пог. м благодаря снижению уровня грунтовых вод (за счет дренажа левого тоннеля) осуществлена проходка при давлении на 0,6—0,7 ати меньше, чем предусматривалось проектом. На другом участке правого тоннеля, где гидростатический напор водоносных песков доходил до 20 м, проходка с применением только сжатого воздуха не обеспечила бы безопасность ведения работ (при активной инфильтрации сжатого воздуха на поверхность через несвязные породы). Тогда совместно с Бакметропроектом было принято решение предварительно снизить уровень подземных вод и уравновесить затем остаточный гидростатический напор давлением сжатого воздуха. Для обеспечения нормальной проходки на этом участке правого тоннеля было пробурено 14 водопонижающих скважин, расположенных в один ряд по обе стороны от тоннеля с расстоянием одна от другой 15—20 м. В результате правый тоннель на протяжении 205 пог. м сооружен без применения кессонного способа, а 130 пог. м — с давлением сжатого воздуха от 0,5 до 1,5 ати (вместо ранее предусмотренного проектом от 2,1 до 2,3 ати).

ВВЕДЕННЫЙ в эксплуатацию второй участок 1-й очереди Бакинского метрополитена от станции «28 Апрель» до станции «Низами» имеет протяженность 2,26 км. Новый участок соединил густонаселенный центральный район города с промышленными районами, расположенными в восточной его части.

Сложные гидрогеологические условия, характеризующиеся многообразием пород по трассе, наличием больших участков плывуных грунтов с высоким гидростатическим напором обусловили необходимость сооружения перегонных тоннелей главным образом щитовым методом в сочетании с кессонным способом, водопонижением, замораживанием и цементацией.

Один из перегонных тоннелей проходили обычным щитом, а другой — экспериментальным механизированным агрегатом, предназначенным для смешанных и неустойчивых пород.

В соответствии с проектом из общей протяженности 1930 пог. м перегонных тоннелей предусматривалось соорудить кессонным способом 1616 пог. м при давлении сжатого воздуха от 1,4 до 2,3 ати.

На отдельных участках трассы проходку вели примерно в крест падения чередующихся пластов. Водоносные пески и супеси, вскрываемые тоннелями на расстоянии 200—300 м от забоя, выходили на поверхность. Положение уровня грунтовых вод определяло величину гидростатического давления относительно лотка тоннеля до 1,8 ати.

При давлении в кессоне 1,5—1,6 ати на поверхности наблюдался обильный выход воздуха, особенно в местах, где располагались старые заборо-

Таким образом, в результате внедрения организационно-технических мероприятий и водопонижения 599 пог. м правого тоннеля пройдено в нормальной зоне без применения сжатого воздуха.

Левый перегонный тоннель сооружался с применением экспериментального механизированного щита, при помощи которого пройдено 930 пог. м, из них 580 пог. м построено кессонным способом.

В связи с завершением работ по намеченной программе и необходимостью устранения некоторых конструктивных недоработок экспериментальный механизированный щит был приостановлен (под девятиэтажным жилым домом). Для обеспечения безопасности проходки и возможности переоборудования механизированного щита в нормальной зоне, учитывая, что фильтрационные свойства пород не позволяли применить предварительное искусственное водопонижение, было осуществлено зональное замораживание пород с поверхности по трассе левого тоннеля на участке протяженностью 20 м.

Из 72 замораживающих скважин один контурный и два внутриконтурных ряда были пробурены непосредственно над щитом на длине 5 м по трассе. Оставшиеся 49 скважин пробурили в тело будущего тоннеля на длине 15 м.

После завершения замораживания грунтов и стравливания сжатого воздуха в нормальной зоне механизированный щит был переоборудован в обычный.

Учитывая опыт сооружения правого тоннеля по предварительному понижению уровня грунтовых вод в сочетании с кессонной проходкой и степень влияния сжатого воздуха на работу водопонижающих скважин, для обеспечения нормальных условий строительства по трассе левого тоннеля пробурены 20 водопонижающих скважин в два контура — внутренний и внешний. Пробуренные 14 водопонижающих скважин по трассе, которые обеспечили проходку правого тоннеля, также использованы для обеспечения сооружения левого с небольшим давлением сжатого воздуха.

В процессе строительства в сложных гидрогеологических условиях станционных тоннелей «Низами» успешно внедрены технические новшества, прогрессивные конструкции и технология. В целях повышения безопасности работ при проходке кессонным способом рационализаторы предложили опытное устройство для автоматизации процесса нормальной подачи сжатого воздуха и поддержания его давления на требуемом уровне (вместо ручного управления).

Опытные работы показали, что в дальнейшем представится возможным создать устройство и по автоматизации вышлюзовывания кессонщиков.

По предложению рационализаторов строительства были приближены к станции «Низами» группы камер съездов на 63 м. Это обеспечило благоприятные условия сооружения камер в скальных

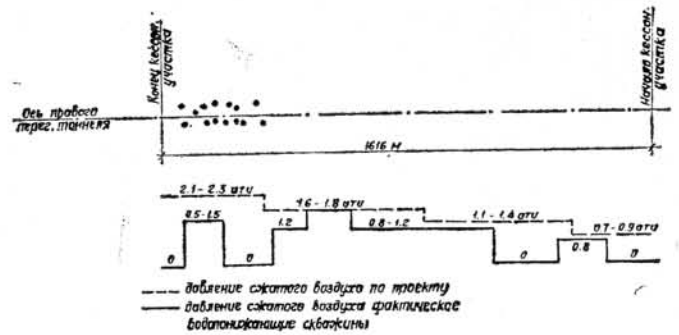


График давления сжатого воздуха в кессоне и расположение водопонижающих скважин при сооружении правого перегонного тоннеля между станциями «28 Апрель» — «Низами».

породах. А участок левого перегонного тоннеля за группой камер съездов возведен в нормальной зоне вместо ранее предусмотренного проектом кессонного способа.

Исключены трудоемкие работы по очистке лотка тоннеля: под сжатым воздухом успешно применена чугунная обделка с новым железобетонным плоским лотковым блоком. В отличие от предыдущих он имеет чеканочные канавки как по продольным, так и по радиальным бортам. Это обеспечивает устройство полной гидроизоляции тоннельной обделки.

Впервые на участке перегонных тоннелей глубокого заложения в целях ускорения работ по контролю нагнетанию, полной механизации процесса приготовления раствора и значительного снижения трудовых затрат внедрен цементируемый агрегат ЦА-320 м, работающий на поверхности земли в комплексе с цементосмесительной машиной 2 СМ. Ранее агрегат применялся только на участках перегонных тоннелей мелкого заложения. Для работы его в новых условиях использовали ранее пробуренные скважины по трассе (для ориентирования горных выработок), через них опустили в тоннель трубы с последующим транспортированием цементного раствора и нагнетанием его за обделку. С помощью цементирующего агрегата раствор нагнетали одновременно в несколько инъекторов (сопел), установленных в отверстиях блоков обделки в определенном порядке.

На двух шахтных площадках применялись высокопроизводительные надшахтные механизированные комплексы для глубокого заложения тоннелей.

В ходе строительства широко использовались диспетчерское управление и селекторная связь. Кессонный забой имел прямую автоматическую связь с поверхностью, а также с аппаратчиками — дежурными у шлюзовых камер. С помощью устройства коммутатора оперативной связи (КОС-22М), находящегося на шахтной площадке, кессонный забой был подключен к городской телефонной сети.

Сложный объект — в намеченный срок

Я. АЛИЕВ, гл. инженер СУ-2 Бактоннельстройа

„Низами“ — конечная станция первой очереди Бакинского метрополитена. Она расположена в Октябрьском районе — одном из самых густонаселенных в городе с большим пассажиропотоком.

Станция сооружалась в неоднородных водообильных известняках. Гидростатическое давление от низа лотка конструкции — 3,5—4 атм. Суммарный водоприток по станции достигал 300 м³/час. Условия производства работ осложняло наличие на трассе заброшенных старых колодцев, входивших своими нижними концами в тело тоннельной выработки. Через эти колодцы в тоннели поступали грунтовые воды и выносили с собой частицы породы.

Над станционными и наклонными тоннелями было ликвидировано 40 старых колодцев, из которых 3 были ранее неизвестны.

Неоднократные обрушения сводов и вывалы породы требовали особой осторожности в работе, больших затрат труда и не давали возможности достичь необходимой скорости проходки.

Конструкция «Низами» аналогична уже построенным на Бакинском метрополитене станциям глубокого заложения.

Обделка чугунная тубинговая $D_n=8,5$ м.

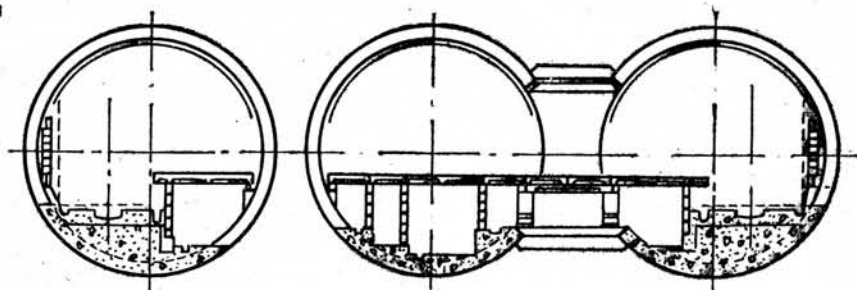
Все три станционных тоннеля сооружены с помощью проходческих щитов $\varnothing 8,5$ м в сложных гидрогеологических условиях. Поэтому крайние тоннели начинаются и заканчиваются щитовыми камерами, обделка которых выполнена из тубингов $D_n=9,5$ с прокладками.

Длина посадочной платформы 100,5 м. Станция имеет наземный вестибюль. Наклонный тоннель сооружен частично в чугунной тубинговой обделке $D_n=7,5$ м, частично в той же обделке со вставками ($H=8,1$ м).

Зонты на станции и в пристанционных сооружениях — асбоцементные. Они крепятся к тубинговой обделке с помощью стальных арок.

«Низами» имеет один перспективный наклонный тоннель, совмещенный с тягово-понижительной подстанцией, которая расположена за станцией параллельно левому перегонному тоннелю. Внутренние конструкции подстанции решены в сборном и монолитном железобетоне.

Вентиляция осуществляется через пилот-тоннель, связанный с венткамерой шахтой, размещенной под наклонным тоннелем. Венткамера соединена с подплатформенными каналами станции. Это обеспечивает подачу воздуха на станцию.



Поперечный разрез станции.

Конструкции вестибюля и машинного помещения выполнены в сборно-монолитном железобетоне.

Внутреннее пространство вестибюля решено просто и четко. Его фасадная стена остеклена на всю высоту.

Тубинги к забою подавали на тубинговозках и монтировали с помощью станционного эректора. Очередное кольцо обделки собиралось после разработки породы заходкой на глубину 0,75 м и передвижки щита на 0,75 м. За освободившееся от оболочки щита кольцо обделки производили первичное нагнетание.

После окончания сооружения среднего станционного тоннеля щит и эректор демонтировали в натяжной камере, сооруженной со стороны восточного наклонного тоннеля.

После завершения левого станционного тоннеля приступили к сооружению камеры СКБ, в которой затем демонтировался щит.

Правый станционный щит разбирали без демонтажной щитовой камеры с оставлением оболочки агрегата.

При сооружении натяжной камеры и среднего станционного тоннеля в крайних тоннелях устанавливалось для усиления временное крепление с опережением лба забоя на 15 м и отставанием от него на 10 м.

При раскрытии станционных проемов в каждом тоннельном кольце устанавливали по две металлических стяжки.

Проемы сооружали в шахматном порядке со стороны среднего тоннеля.

В соответствии с уточненным техническим проектом предусматривалось сооружение тоннелей с группой камер съездов перед станцией «Низами» в зоне нормального давления и под сжатым воздухом.

В результате тщательного рассмотрения проекта, изучения гидрогеологиче-

ских условий и возможных вариантов сооружения предложено осуществлять строительство данного участка с некоторыми изменениями.

Кроме максимального приближения к станции группы камер съездов по левому тоннелю, позволившего сократить участок проходки под сжатым воздухом, было предложено:

взамен демонтажной щитовой камеры в кольце левого станционного тоннеля, камер $\varnothing 7,5$ м и 5,59 м продолжить сооружение тоннеля $\varnothing 8,5$ м до конца группы камер съездов;

использовать комплекс группы камер съездов по левому тоннелю для демонтажа станционного щита. При этом исключается сооружение сопряжений между обделками с разным диаметром;

вход в подплатформенное помещение устроить в монтажной камере среднего станционного тоннеля, а не в специальном десятом проеме;

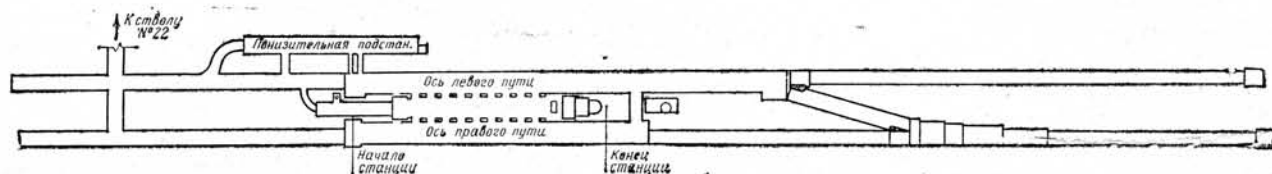
отказаться от сооружения демонтажной щитовой камеры в правом станционном тоннеле и разобрать агрегат с оставлением его оболочки;

уменьшить диаметр в правой группе камер съездов с 7,5 на 6 м на расстоянии 17 колец;

не нарушая габаритные размеры соединительного тоннеля $\varnothing 6$ м между группами камер съездов, построить его без 10 комплектов прокладок и двух разрывов с железобетонными сопряжениями.

160 рационализаторских предложений, поданных во время строительства станции, дали экономический эффект 311 тыс. руб.

На строительстве ст. «Низами» особо отличились: бригада проходчиков И. Джавадова, работавшая по методу Злобина; бригады проходчиков, руководимые Г. Кругловым и А. Мурадовым; коллектив монтажников, возглавляемый Д. Зейналовым и многие другие.



Архитектура станции «Низами»

М. МАРТИРОСОВА, архитектор

«НИЗАМИ» — двенадцатая из существующих и первая в новой цепи станций Бакинского метрополитена, соединившая застройку нагорного плато города с его центром.

Автор проекта — народный архитектор СССР, академик М. Усейнов.

Расположение станции в реконструируемой части города позволило запроектировать перед наземным вестибюлем озелененную площадку с фонтанирующим бассейном.

Двухэтажное здание наземного вестибюля небольших размеров. Оно решено в современных формах с использованием стекла, алюминия, мрамора, железобетона. Линии его фасада прямолинейны и спокойны.

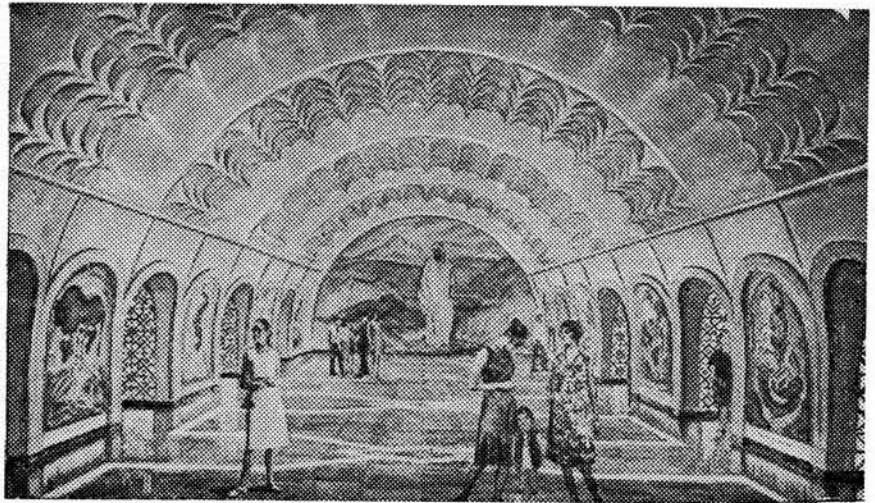
В решении вестибюля использовано множество архитектурных приемов.

Здесь и стилобит с небольшими пятнами партерной зелени, и вынесенные вперед объемы выхода и служебных помещений, и, наконец, облицованный белым мрамором, взметнувшийся высокий козырек.

Большие из зеркального стекла в алюминиевых переплетах витражи, зрительно облегчая здание, хорошо сочетаются с беломраморными стенами фасада.

В современных архитектурных решениях автору удалось подчеркнуть и национальный колорит здания: стилизованными стрельчатыми арками в проемах выхода, литыми из анодированного алюминия декоративными решетками — шебека с прихотливым рисунком на витражах главного фасада и др.

В решении кассового зала наземного вестибюля как бы продолжается динамичность главного фасада. Ни одна из его стен не



повторяет другую. Здесь и антресоли над помещением касс и почти глухая стена, смежная с вспомогательными помещениями, и различные по рисунку витражи главного и бокового фасадов.

Стены зала облицованы белым мрамором, и только их невысокий цоколь — из черного мрамора «Улья-Нарошен». Четыре колонны с каннелюрами, выполненные из анодированного под бронзу алюминия, поддерживают плоское перекрытие зала. Искусственный свет здесь обеспечивают подвешенные к плафону светильники с люминесцентными лампами.

Пол кассового зала облицован черным гранитом «лабрадор» в сочетании с белорозовым мрамором «газган».

Эскалаторный зал имеет форму цилиндра с куполом. Слегка наклонные его стены, завершенные софитным карнизом, из белого мрамора. Подсвет от скрытых в карнизе люминесцентных ламп делает купол как бы парящим. А вся его поверхность излучает отраженный свет в эска-

латорный зал. Цоколь стен решен так же, как и в кассовом зале.

Фриз пола эскалаторного зала устлан черным гранитом «лабрадор». Остальная часть пола асфальтируется.

Своеобразно и красиво решен средний зал подземной станции «Низами». Он задуман как симметрично расположенные относительно продольной оси станции две аркады, перекрытые сводом.

Проходы на платформу в арках чередуются с нишами в них (на участке пилонов). Чтобы избежать монотонности в однородном рисунке облицованных белым мрамором арок на всю длину среднего зала, автор синтезирует архитектуру с живописью. Красочные панно смальтовой мозаики среднего зала делают неповторимой каждую из них.

Автор смальтовой мозаики — народный художник СССР М. Абдуллаев задумал ее как иллюстрированный пересказ пяти больших всемирно известных поэм-Хамсэ (пятерица) великого Азербайджанского поэта-гуманиста 12—13 вв. — Низами Гянд-

жеви. На мозаике запечатлены герои в момент наиболее значительных событий их жизни.

Большой портрет Низами, выполненный в мягких пастельных тонах смальтовой мозаики, завершает живописное решение среднего зала.

Оригинально решен плафон этого зала. Люстры с матовыми лампами накаливания трактуются здесь как характерный для азербайджанской архитектуры декоративный элемент — сталактиты. Стилизованные и укрупненные они выполнены из анодирован-

го под бронзу алюминиевого литья.

Лампы накаливания имеют удлиненную форму еще не застывшей капли природных сталактитов. Лампы размещены группами над арками проходов. Расположение светильников плафона и прохода на одной поперечной оси создает своеобразный световой ритм.

Стены среднего зала облицованы белым мрамором с черным цоколем. Полы — из красного гранита, инкрустированного тонким геометрическим рисунком белого мрамора.

На платформенных стенах повторяется аркада среднего зала, но ниши в арках облицовываются «газганом». В них установлены скамьи.

Изящная аркада, зрительно разбивающая объемы пилонов, нежное сочетание белого мрамора с бронзой полностью снимают ощущение подземности станции.

Глубокая продуманность архитектурных решений, тщательность прорисовки всех декоративных элементов конструкции дают право признать станцию «Низами» одной из лучших на Бакинском метрополитене.

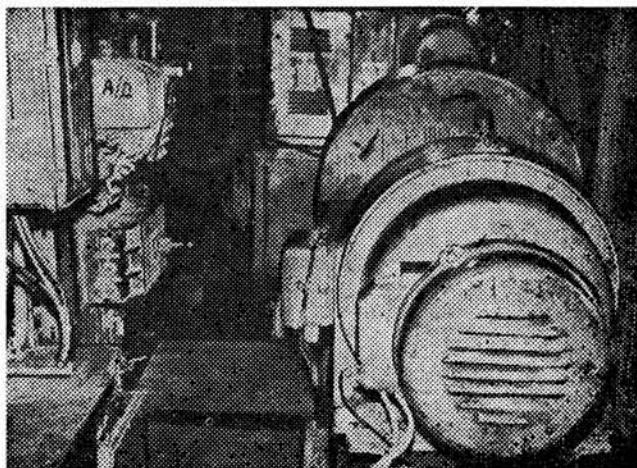
Улучшили качество сварки стыков

Р. АГАГУСЕЙНОВ, гл. механик Бактоннельстроя;
Р. КАЗИЕВ, гл. энергетик

Бакинские метростроевцы совместно с работниками ИЭС АН УССР предложили несколько лет назад новый способ сварки рельсов в тоннелях при помощи специальных подвесных машин. Уложенные в путь рельсы длиной 24 м свариваются с помощью передвижного агрегата в сплошную нитку по всей длине перегона. После сварки этот путь разрезается в местах устройства изолированных стыков на границах блокучастков на плети длиной 400—450 м. В результате этого более чем в три раза уменьшается количество болтовых соединений, повышается плавность хода поездов, снижаются износ подвижного состава и затраты на содержание пути.

Все оборудование агрегата и источники питания размещаются на двухосной платформе, а сама рельсосварочная машина подвешивается на тельфере на выносной консоли.

На платформе сосредоточен весь комплекс оборудования как для сварки рельсов, так и для подготовки стыков к свар-



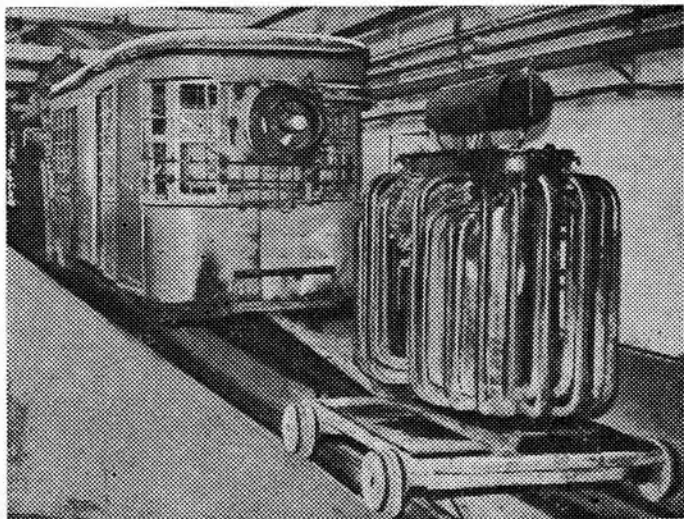
Генератор для поддержания напряжения.

ке. Кроме того, по окончании сварки стыка шов обрабатывается: обрубается, шлифуется и по необходимости в местах изолированных стыков производятся резка и сверловка рельсов. Такая компактность значительно повышает производительность труда. В среднем за смену сваривали от 16 до 20 стыков. При этом качество сваренных стыков было отличным.

В настоящее время рельсосварочный агрегат модернизирован. Ранее установленная машина К-155 заменена на К-355, которая по своим техническим данным более совершенна. В ней учтен опыт эксплуатации предыдущих машин.

Многие узлы и детали улучшены, что позволило повысить надежность моторесурса и удобство обслуживания. Питание машины на усовершенствованном рельсосварочном агрегате осуществляется как от сети, так и от мотор-генераторной установки. Предусмотрен и передвижной вольтдобавочный трансформатор мощностью 250 кВА, который позволяет поднимать напряжение сети на отдаленных участках от источника от 40 до 90 вольт.

Модернизация нового рельсосварочного агрегата и его испытания, которые проводились на заводе ЖБК Бактоннельстроя, позволили повысить производительность труда и улучшить качество сварки стыков рельсов на пусковом участке.



Вольтдобавочный трансформатор.

Методом бригадного подряда

И. ГУЛИН, начальник отдела труда и зарплаты Бактоннельстроя;

Б. МИНЦ, начальник планово-экономического отдела СУ-2

Когда бригада И. Джавадова изъявила желание работать по методу Н. Злобина, перед нами возник ряд вопросов: как определить расход материалов, электроэнергии и других затрат, приходящихся на долю каждой смены. Поэтому необходимо было изменить организационную структуру коллектива.

Была создана сквозная бригада под руководством опытного бригадира И. Джавадова. В нее вошли еще четыре бригады. В начале в опытном порядке работы вели на сооружении левого станционного тоннеля и демонстрационной камеры. За этот период были проведены наблюдения и анализ рабочего времени. В результате были выявлены и устранены причины потери рабочего времени, в частности, при междуусменной сдаче—приемке работ; прекратились споры между бригадами по поводу штрафных «сантиметров»; строители бережнее стали обращаться с механизмами, инструментами, сократив тем самым простои из-за их неисправности.

В короткий срок заметно повысилась производительность труда. В первый же месяц работы сквозной бригады скорость проходки возросла до 21 м.

Учитывая положительный опыт организации сквозной бригады, был подобран этап работы и начата подготовка к переводу коллектива на новую форму хозрасчета.

В период подготовки был разработан линейный график производства работ, размещены заказы на материалы, изделия и конструкции, составлены план мероприятий по НОТ, калькуляция трудовых затрат и заработной платы, а также аккордно-премиальный наряд со сроками выполнения работ, определены численность бригад по профессиям, расчетная стоимость выполняемых производственных операций.

Затем был подготовлен договор между СУ-2 и бригадой. Ее разбили на четыре звена для работы в четыре смены. Звенья возглавляли опытные проходчики М. Ахмедов, А. Сулейманов, А. Мурадов и А. Мирзоян. С бригадой Джавадова из сорока человек (включая машинистов щита и дежурных слесарей) был заключен договор на сооружение этапа с расчетной стоимостью 177,0 тыс. рублей по правому станционному тоннелю на 48 колец $D=8,5$ м. Был установлен срок — 71 рабочий день.

Этап был закончен на 16 дней раньше срока. Строители достигли рекордной для условий шахты скорости сооружения станционного тоннеля — 26 колец в месяц. Качество работ получило хорошую оценку.

Фактический процент сокращения нормативного времени составил 38%. Бригада получила премию за свою работу по аккордному наряду в сумме 6111 руб. (это добавило в среднем к основному заработку каждого в день по 4 руб. за весь период работы по подрятому методу). Кроме того, бригаде,

а также инженерно-техническим работникам, способствовавшим успешной ее работе, выплачена премия за экономию, полученную от снижения расчетной стоимости работ.

Резко повысилась выработка одного рабочего: она составила 150,4% (к выработке до работы по методу бригадного подряда). Это оказало свое влияние на производительность труда по СУ-2 в целом, она достигла 123,7% от заданной.

На втором пусковом участке сквозная бригада проходчиков И. Джавадова также работала по бригадному подряду на сооружении левого перегонного тоннеля протяженностью 95 м, примыкающего к станции «Низами». Работа была закончена на 4 дня раньше срока с сокращением нормативного времени на 18,5%. Были выплачены премии за сокращение срока — 3965 руб. и за достигнутую экономию — 570 руб. Бригадным методом проходились тоннели правой группы камер съездов протяженностью 126 м.

Работа была закончена досрочно с сокращением нормативного времени на 31,5%. Выплачена премия в размере 7213 руб.

Применение бригадного подряда дало значительный экономический эффект.

Несмотря на исключительно сложные условия производства работ на станции «Низами» (вызвавшие перерывы в работе по бригадному подряду), средняя выработка за 1975 год на одного рабочего подрядной бригады была в два раза больше, чем этот показатель в целом по СУ.

Помимо материальной заинтересованности рабочих, повышения эффективности производства, улучшения технико-экономических показателей, значительно укрепляется производственная дисциплина. Каждый член бригады творчески подходит к выполнению договорных условий. Коллектив теснее сплавляется, становится как бы одной семьей. А это, как правило, способствует закреплению кадров на производстве.

Опыт работы по методу Н. Злобина показал, что роль бригадира, его знания, опыт, умение руководить людьми, имеют решающее значение в обеспечении эффективности результатов работы. Следует отметить, что И. Джавадов полностью отвечал этим требованиям.

В настоящее время бригаду возглавляет молодой бригадир М. Ахмедов — ученик ушедшего на заслуженный отдых И. Джавадова.

Бригада сооружает правый перегонный тоннель между станциями «Иншаатчылар» и «Азерфильм». Работа по методу бригадного подряда ведется без перерывов: по окончании одного этапа заключается договор на следующий. Бригада комплексная, в нее включены 32 проходчика, 16 откатчиков, 4 дежурных слесаря, 4 машиниста щита. Сейчас ведется подготовка к переводу всей шахты на работу по бригадному подряду. Коллектив этой шахты полон решимости добиться высоких показателей своего труда.

Отделочники на трассе

Ф. МЕЛИКОВ, инженер

АРХИТЕКТУРНО - ОТДЕЛОЧНЫЕ работы на станции «Низами» вел коллектив спецстройпоезда № 901 (начальник участка П. Литвин).

Мы, бакинские метростроители, с большой похвалой отзываемся об отличной работе отделочников. Они оставили свои прекрасные «автографы» на всех двенадцати станциях действующей трассы Бакинского метро.

Штукатурные, малярные и гранитные работы в левом станционном тоннеле «Низами» вела бригада В. Засымина. Штукатуры А. Хрячкова, З. Бондарь, маляры Г. Шестеряков, В. Стрельцова выполняли сменные задания, как правило, на 150—160%. Отлично трудились мраморщики Ш. Мурадов, М. Алиев, К. Светлов, С. Беджанян. Их дневная норма — 160—180%.

Коллектив отделочного участка в целях улучшения организации работ и повышения производительности труда постоянно внедряет новые технологические решения, эффективные механизмы и средства малой механизации. Строители поставили перед собой задачу полностью механизировать все процессы, связанные с облицовкой стен.

«Поезд следует до станции «Низами»

Монтажники не задержали

А. РАСУЛ-ЗАДЕ, начальник ОЗМУ Бактоннельстроя

Сдачу объектов новой трассы под монтаж задержали сложные гидрогеологические условия участка. Несмотря на это, монтажники обеспечили своевременное завершение постоянных устройств и сдачу смонтированного оборудования под наладку и испытание.

В общей сложности смонтировано около 11,5 тыс. единиц оборудования и аппаратуры, 160 км кабельных сетей, около 15 км различных сантехнических трубопроводов, 250 т металлоконструкций и изделий. Монтаж электротехнических установок вел трест АзПЭМ; сантехустановок, вентиляции и металлоконструкций — трест АзОТМ и СМУ-771 Бактоннельстроя; монтаж эскалаторов осуществляло СМУ-4 Мосметростроя.

Рационализаторы разработали и осуществили такие эффективные предложения как изменение схемы электроосвещения тоннелей метрополитена, применение вольтодобавочного трансформатора для обеспечения качественной сварки путейского рельса и др. Эти мероприятия дали значительную экономию средств, светильников, кабельной продукции; улучшили эксплуатацию установок.

Отделом постоянных устройств Бактоннельстроя и соответствующими службами Бакметрополитена был организован постоянный технический надзор за качеством выполняемых работ. По мере окончания строительно-монтажных работ отдельных объектов строительного комплекса, комиссии метрополитена принимали оборудование и сеть под наладку и испытание. Обнаруженные дефекты немедленно ликвидировались исполнителями и объект принимался на временную эксплуатацию до сдачи всего комплекса строительства Государственной приемочной комиссии.



Группа электромонтажников треста АзПЭМ.

Знать состояние изоляции подземных электроустановок

**Л. ГЛАДИЛИН, профессор, докт. техн. наук;
М. ЖАНЗАКОВ, инженер**

Правила техники безопасности и производственной санитарии при строительстве метрополитенов и тоннелей (ПТБ) в подземных выработках и на шахтных строительных площадках предусматривают обязательное применение системы с изолированной нейтралью. Однако эта система обеспечивает безопасность только при удовлетворительном состоянии изоляции электроустановок и при обязательном непрерывном ее контроле.

В процессе эксплуатации под воздействием различных факторов (электрического и теплового полей, механических усилий, вод различной степени активности и т. д.) ухудшаются свойства электроизоляции. Особенно интенсивный процесс снижения уровня сопротивления изоляции электроустановок и электрооборудования наблюдается в специфических условиях подземного строительства: при использовании передвижного и переносного электрооборудования, высокой относительной влажности и запыленности атмосферы подземных выработок, временном характере устройства электрических сетей, ограниченности рабочего пространства, наличии электропроводящих

элементов обделки тоннелей и коммуникаций. Поэтому ПТБ требуют в электрических сетях напряжением до 1000 В применять установки автоматического контроля изоляции с действием на сигнал и периодические замеры сопротивления изоляции электроустановок. Однако ПТБ не регламентируют норм, по отношению к которым можно оценивать измеренные величины сопротивления изоляции. Из-за отсутствия таких норм соответствующие требования ПТБ не выполняются. Так, даже регулярно проводимые замеры сопротивления изоляции теряют смысл и сводятся к чистой формальности; устройства для автоматического контроля изоляции преднамеренно отключаются и в отдельных случаях заменяются лампами накаливания, включенными между каждой фазой и землей. В результате этого резко снижается общее сопротивление изоляции сети.

Регламентировать определенные уровни сопротивления изоляции электроустановок можно только на основе данных о их реальных величинах. В настоящее время накоплен значительный объем материалов по состоянию изоляции шахтных и рудничных электроустановок напряжением до 1000 В различных горнодобывающих предприятий страны. Полученные данные позволили разработать нормы сопротивления изоляции элемен-

тов электроустановок, включенные в Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. Применять эти нормы для электрооборудования и электрических сетей стройплощадок метрополитенов и тоннелей нельзя из-за различия в схемах электроснабжения и условий эксплуатации электроустановок. Предварительные исследования на шахтах Ленметростроя и Тбилтоннельстроя показали, что значения основных параметров изоляции электроустановок напряжением до 1000 В составляют: полное сопротивление — 275—575 Ом, активное — 500—1350 Ом, емкостное — 325—800 Ом, емкость сети относительно земли 4,0—9,8 мкф, тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ — 0,2—1,48. Полученные данные свидетельствуют о значительном отличии их от параметров изоляции шахтных электроустановок.

Таким образом, для правильной эксплуатации подземного электрооборудования и электрических сетей стройплощадок метрополитенов и тоннелей, для установления норм сопротивления изоляции и разработки мероприятий по безопасному обслуживанию электроустановок необходимо знать действительное состояние их изоляции, т. е. уровней и законов изменения основных ее параметров, выявить факторы, влияющие на них.

Кодарский тоннель на БАМе

А. КУРИСЬКО, канд. техн. наук

На трассе Байкало-Амурской магистрали, помимо Байкальского и Северо-Муйского тоннелей, на участке Нижнеангарск I — Чара предстоит построить Кодарский тоннель.

Технический проект составлен Армгипротрансом, научные исследования проведены СибЦНИИСом. В основу проекта заложены материалы изысканий по трассе тоннелей, выполненные Сибгипротрансом и Восточно-Сибирским трестом инженерных изысканий.

Строительство будет вестись, в основном, в скальных породах, за исключением зон разломов и небольших припортальных участков. Основная трудность заключается в том, что тоннель залегает в зоне вечной мерзлоты. По данным изысканий, отмечается высокая теплопроводность пород, обуславливающая глубокое проникновение мерзлоты в горный массив. Среднегодовая температура воздуха составляет -6°C . Эти результаты и были приняты за основу при выполнении расчетов температурного режима тоннеля.

Тоннель общей длиной 2,04 км, в плане расположен в основном на прямой с уклоном $6^{\circ}/_{00}$. Расстояние между двумя однопутными тоннелями принято из условия сеймики и подходов участков.

Основным материалом для сооружения обделок тоннелей принят монолитный бетон М-200, по морозостойкости $M_{\text{рз}}-300$, с водонепроницаемостью В-6 на сульфатостойком портланд-цементе.

Наиболее распространенные типы обделок — из монолитного бетона (рис. 1). Обделки приняты по типовому проекту Метрогипротранса с увеличением толщины на 10 см по условиям бетонирования в вечной мерзлоте. На припортальных участках обделка железобетонная с металлоизоляцией по внут-

ренней поверхности (из условий водонепроницаемости) против обледенения конструкции при эксплуатации и кроме того, как противодеформационное мероприятие.

В качестве варианта разработана обделка из сборных железобетонных блоков, представленная на рис. 2. Обделка запроектирована из четырех бло-

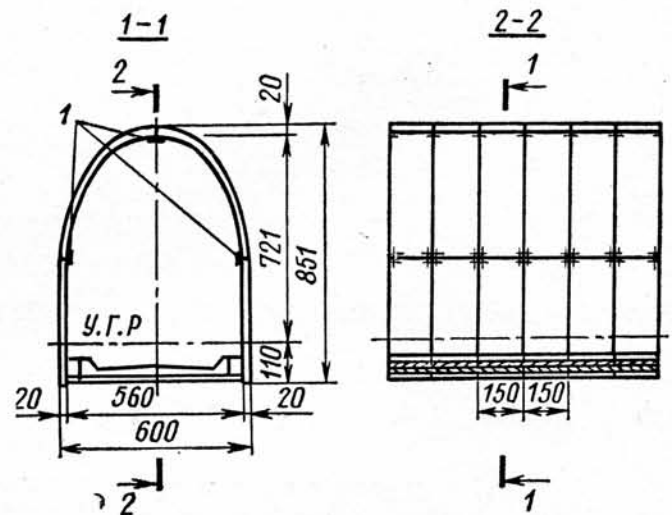


Рис. 2

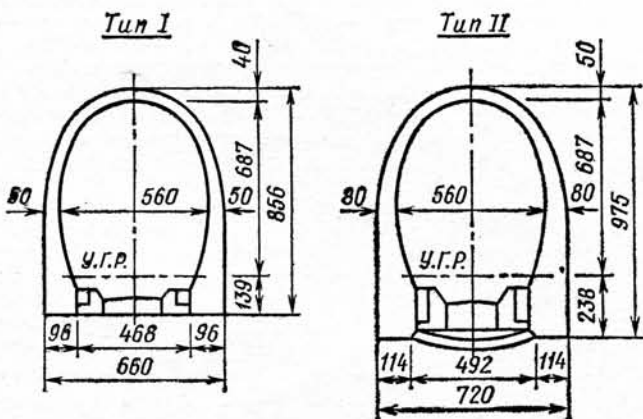


Рис. 1

ков: двух сводчатых и двух стеновых. Толщина конструкции 20 см. Швы между блоками зачеканиваются расширяющимся цементом, а за обделку производится нагнетание цементного раствора. С внутренней стороны блоков по углам устанавливаются сейсмические угольковые связи. В таблице приводятся технико-экономические показатели сравнения сборной обделки с монолитной бетонной (тип 1).

Таблица						
Наименование показателя	Ед. изм.	Обделка из монолитного бетона	Обделка из сборных блоков	Экономия по объему	Экономия, %	Примечание
Грунт	м ³	50,56	45,50	5,06	10	Скала М-200, 300
Бетон	м ³	12,74	4,47	8,27	65	
Стоимость 1 пог. м	руб.	3184	2864	320	10	

Данные таблицы указывают на высокие технико-экономические показатели обделки из сборных железобетонных блоков. Кроме того, вариант со сборной обделкой предпочтительней монолитной по ус-

ловиям строительства в зоне вечной мерзлоты. Скорость строительства при сборной обделке также значительно выше. Этот вариант пока не принят для осуществления в связи с отсутствием поблизости завода сборного железобетона.

Учитывая сложные климатические условия строительства тоннеля в вечномерзлых грунтах, Новосибирским филиалом ЦНИИСа разработаны специальные рекомендации, которые сводятся в основном к следующему.

В холодное время года необходимо подогревать воздух, подаваемый в тоннель, до температуры на выходе у забоя $+6^{\circ}\text{C}$, исходя из рационального режима твердения бетона при $t +5^{\circ}\text{C}$ и создания на всем протяжении выработки минимально допустимой температуры не менее $+2^{\circ}\text{C}$. Общее количество подогретого воздуха, подаваемого в тоннель, составляет около $45000 \text{ м}^3/\text{час}$.

При проходке в скальных породах вследствие повышения температуры внутри тоннеля до $+2^{\circ}\text{C}$ и оттаивания окружающих пород выработка не потеряет своей устойчивости, не произойдет резкого усиления обводненности и не потребуются усилия по поддержанию выработок в безопасном состоянии.

Оттаивание пород упростит выполнение технологических операций по сооружению тоннеля (устраняется опасность замерзания воды в буровых скважинах и смерзания взорванной породы в забое, а также промерзания бетона, укладываемого в обделку; вследствие конденсации влаги на контуре выработки из-за повышенной температуры воздуха внутри нее происходит увлажнение пыли, что является положительным фактором в условиях силикозного режима выработок Кодарского тоннеля).

Породы за обделкой даже в самое теплое время будут оттаивать на глубину, не превышающую 2 м.

На всем протяжении тоннеля в процессе эксплуатации необходимо предусмотреть двухсторонние обогреваемые водоотводные лотки.

Проектом организации строительства предусмотрено сооружение тоннеля с двух порталов.

Приготовление бетона для обделки тоннеля осуществляется на бетонном заводе.

При нагнетании цементного раствора и глубинной цементации пород в раствор добавляются хлористые соединения калия и натрия, содействующие схватыванию при отрицательной температуре.

Сооружение тоннеля с обделкой по типу 1 производится на полный профиль. Обустройство забоя осуществляется буровой рамой, оборудованной агрегатами БУР-1 и станком НКР для проходки опережающей скважины. Буровая рама выполнена в виде портала для пропуска транспорта и расположена на самоходной тележке. Подмости рамы используются для бурения под анкеры и зарядание шпуров.

Порода грузится машиной непрерывного действия на гусеничном ходу ПНБ-3К. Транспортировка осуществляется автосамосвалами МАЗ-503, оборудованными нейтрализаторами выхлопных газов. Для разворота автосамосвалов предусмотрены камеры глубиной 7 м.

Возведение монолитной бетонной обделки производится на расстоянии 80—100 м от забоя в секционной (тюбинговой) опалубке. Монтаж и демонтаж секций опалубки осуществляется головным и хвостовым эректорами, передвигающимися по колее, закрепленной на опалубке.

Подача бетона в опалубку предусмотрена по бетоноводу пневмоукладчиком емкостью $0,5 \text{ м}^3$. Транспортируется бетон от завода автосамосвалами с обогревом кузова. Цементный раствор за обделку нагнетается установкой, расположенной на порталной тележке.

Организация работ по типу 2 аналогична типу 1, отличие только в том, что временное крепление осуществляется металлическими двутавровыми арками.

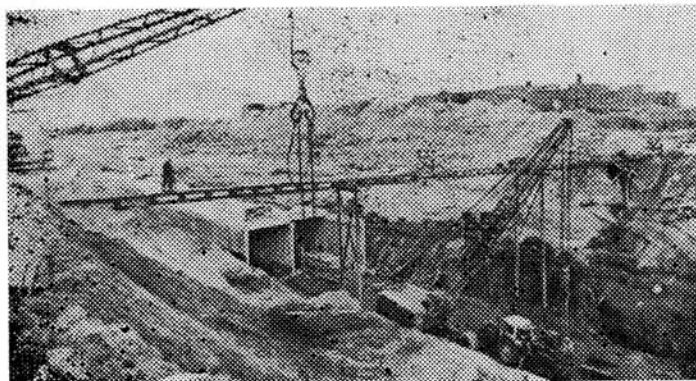
Припортальные участки сооружаются методом опертого свода.

За время строительства предстоит разработать более 415 тыс. м^3 грунта и уложить 68 тыс. м^3 бетона.

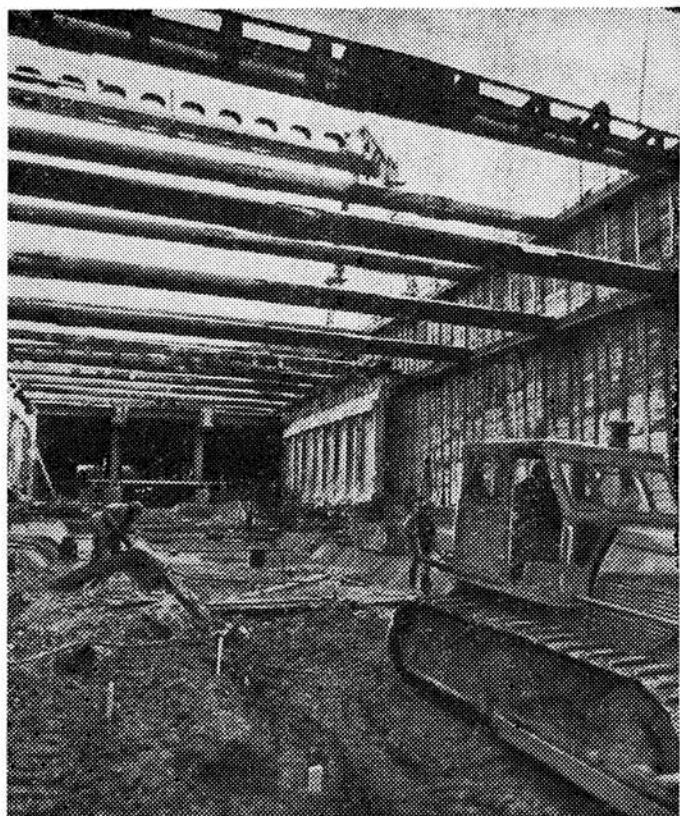
Кодарский тоннель — уникальное сооружение, требующее проведения комплекса научно-исследовательских работ, в частности, приготовления подбора состава, транспортирования и укладки бетона в конструкцию, учета влияния дополнительных температурных напряжений в обделке (из-за перепада температур), гидроизоляции конструкции, обогрева водоотводных лотков, эксплуатационного режима вентиляции и ряда других вопросов, решение которых как в процессе проектирования, так и строительства позволит обеспечить необходимую прочность, долговечность и условия для нормальной эксплуатации этого тоннеля.



Сбойка на участке тоннеля «ВДНХ» — «Ботанический сад». На снимке: бригада С. Сивца (СМУ-10).



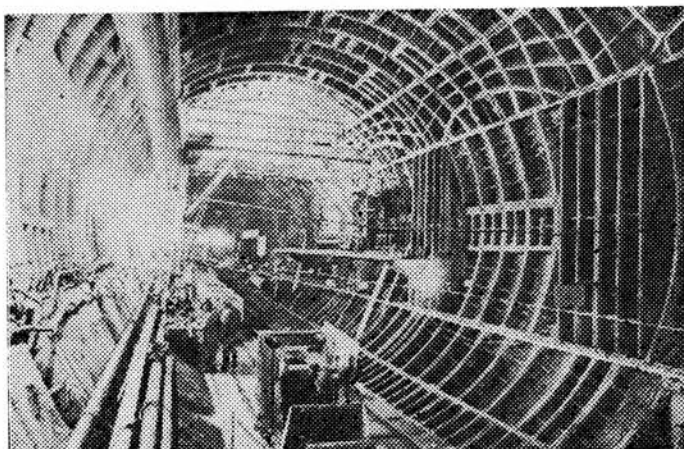
Сооружение перегонных тоннелей между станциями «Бабушкинская» и «Медведково» (СМУ-8).



Строится станция «Свиблово» (СМУ-5).



Разработка грунта под северный вестибюль станции «Ботанический сад» (СМУ-9).



Изоляционные работы в правом станционном тоннеле «Марксистской».



Машинист породопогрузочной машины А. Петров (СМУ-6) на станции «Марксистская».

Строятся Рижский и Калининский радиусы Московского метро

Приборы для наблюдения за развитием трещин в обделке

В. САРАБЕЕВ, К. ТРОИЦКИЙ, кандидаты техн. наук;
Н. МАЛЫШЕВ, инженер

Трещины — наиболее частый вид повреждения обделки эксплуатируемого тоннеля. Они могут появляться на стадиях изготовления, транспортировки, складирования, монтажа, а также в условиях эксплуатации тоннеля. Трещины уменьшают площадь поперечного сечения, нарушают сплошность материала конструкции, через них просачивается вода. В устье трещины возникает большая концентрация напряжений. Коррозионное влияние внешней среды при наличии трещин (в любом месте тоннельной обделки) снижает надежность и долговечность сооружения. Наибольшую опасность представляют трещины в процессе эксплуатации сооружения. Зная характеристики и динамику развития трещин, можно судить о фактическом состоянии обделки тоннеля. Но специальной методики пока не существует, для ее создания требуются тщательные исследования. Необходима информация о длине распространения, глубине проникновения и ширине раскрытия трещин.

В настоящее время участки конструкции, на которых появились развивающиеся трещины, регистрируются и периодически подвергаются осмотру. При визуальном наблюдении можно зарегистрировать только открытые трещины, т. е. выходящие на поверхность конструкции. Закрытые трещины можно обнаружить лишь приборами, принцип действия которых основан на использовании различных физических явлений (ультразвук, рентгеновские γ -, δ -лучи и др.) или методами неразрушающего контроля, обеспечивающими возможность исследования при одностороннем доступе.

Размеры трещин в процессе развития изменяются. При этом берега развивающихся трещин могут смещаться не только в одном, но и в двух—трех взаимно перпендикулярных направлениях, а также с вращением, со сдвигом и неравномерным выходом стенок трещин из общей плоскости.

Длина прямолинейных участков трещин и расстояние между последними измеряются линейками, рулетками, циркулями, штангенциркулями и т. п., длина на кривых — курвиметрами, а изменение направления прямых участков — транспортирами. Глубина проникновения трещин устанавливается с помощью ультразвуковых приборов, например УКБ-1м, ориентировочно — глубиномерами. (При этом глубина измерения ограничивается толщиной выдвинутого штока глубиномера). Ширина раскрытия трещин определяется механическими тензометрами, щупами (набором пластин различной толщины), микрометрами, индикаторами часового типа, трубкой Бринелля и т. д.

По ширине раскрытия трещины подразделяются на макроскопические (видимые невооруженным глазом) и микроскопические (невидимые невооруженным глазом). Здесь рассматриваются только макроскопические трещины.

Наблюдение за развитием открытых макротрещин чаще всего сводится к наблюдению за изменением длины распространения и ширины раскрытия.

Наблюдения могут быть качественными и количественными. При качественных используются маяки; алебастровые, цементные, стеклянные, бумажные, кото-

рые устанавливаются поперек трещины, нумеруются и датируются, а затем периодически проверяются.

Длина трещины отмечается краской. Если трещина расширяется, то маяк разрывается, а длина трещины, как правило, увеличивается. Разорвавшиеся маяки заменяются новыми, краской отмечается приращение длины трещины. Через определенное время этот процесс повторяется.

При количественном наблюдении выполняются измерения: непосредственные (постоянно обеспечивается доступ к трещинам); дистанционные (постоянного доступа к трещинам не требуется, так как результаты измерения регистрируются на расстоянии); на поверхности (для наблюдения используется только поверхность конструкции, т. е. изучаются те трещины, которые имеют выход на эту поверхность); в скважине, пробуренной в конструкции для определения направления распространения трещины в глубь конструкции и для обнаружения расслоения или трещин, не имеющих выхода на поверхность в месте расположения скважины; без особой подготовки поверхности (точки измерения отмечаются несмываемой краской, чтобы последующие измерения проводились в одном и том же месте); со специальной подготовкой поверхности (в выбранных местах обделки устанавливаются маяки).

Измерения без особой подготовки поверхности практически наименее трудоемки. Их проводят при раскрытии трещины в одном направлении (поперек трещины). Используемые при этом инструменты (линейки, микрометры, щупы,

Метро пойдет в Борисово

Исполком Моссовета утвердил планировочное задание на проектирование линии, которая станет продолжением Горьковско-Замоскворецкого диаметра метрополитена. От станции метро «Каширская» подземная трасса длиной 12,3 километра протянется до Борисова. Она свяжет микрорайоны Орехова-Борисова, Ленино и Бирюлева с центром города.

На трассе предусматривается сооружение шести станций. Первая из них расположится на участке между Кантемировской улицей и Кавказским бульваром. На пересечении с Каспийской улицей и Курским направлением Московской железной дороги разместится следующий метровокзал. Пассажиры отсюда смогут сделать пересадку на железнодорожную станцию Царицыно. У западной границы третьего микрорайо-

на Орехова-Борисова на Борисовском проезде намечено соорудить очередной остановочный пункт. Последующая станция будет на пересечении Каширского шоссе с Ореховым бульваром. Предпоследняя — на пересечении с Ореховым бульваром нынешнего проезда № 5336. Завершится трасса в промзоне № 60 «Борисово». Здесь же предполагается строительство депо.

Планировочным заданием предусматривается устройство вестибюлей станций в комплексе с пешеходными тоннелями под улицами и проездами; проведение необходимых мероприятий по защите от шума и вибрации жилых и общественных зданий, расположенных у трассы метрополитена.

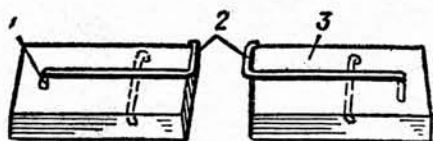


Рис. 1.

трубки Бринелля) позволяют получить 24-кратное увеличение. Приспособление к трубке Бринелля значительно облегчает работу при измерениях в свободной части тоннеля, где чаще всего появляются трещины.

Установка маяков необходима при коррозии бетона по берегам трещины, возникновении течи по трещине с размывом берегов, выходе из плоскости одного берега трещины, смещении ее берегов в двух—трех взаимно перпендикулярных направлениях и при сдвиге их с вращением и неравномерным выходом стенок из общей плоскости.

Конструкции маяков обеспечивают измерение величин раскрытия трещин при смещении берегов в различных направлениях только в месте установки маяка.

Маяки промышленностью не выпускаются. Ниже приведены типы маяков, по данным авторских свидетельств.

Маяк для измерения смещения берегов трещины в одном направлении (см. рис. 1) состоит из двух легких проволочных крестов с тремя отогнутыми в одну сторону концами-ножками 1 и четвертым с отгибом в противоположную сторону, заканчивающимся хромированным крючком 2. Кресты заблаговременно заливаются цементным раствором 3, а на месте установки наклеиваются по обе стороны трещины (например, цементным раствором или клеем на основе эпоксидной смолы). Замеряя обычным микрометром расстояние между крючками 2, получают возможность измерить ширину раскрытия трещины с точностью до 0,01 мм.

Прибор для отсчета величины раскры-

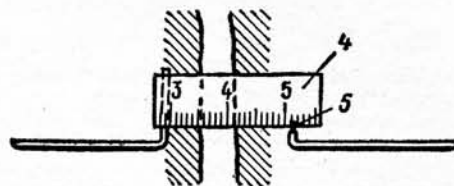


Рис. 2

тия трещины на расстоянии с помощью бинокля, зрительной трубки и т. п. можно получить, несколько видоизменив маяк (см. рис. 1). Для этого к одному измерительному крючку крепится масштабная линейка 4 (рис. 2) и пропускается через прорез в втором крючке, заканчивающуюся в виде стрелки-указателя 5. Точность отсчета составляет 0,3 мм.

Маяк, в котором используется индикатор часового типа, закрепленный соответствующим образом по берегам трещины, позволяет производить измерения с точностью отсчета до 0,01 или 0,001 мм.

Прибор, изображенный на рис. 2, и маяк с индикатором удобно использовать в сводовой части тоннеля, а для наблюдения и регистрации ширины раскрытия трещины целесообразно применять фотографирование с фотовспышкой.

Маяк или приспособление для измерения смещения берегов трещины в трех взаимно перпендикулярных направлениях изображен для наибольшей наглядности в аксонометрической проекции (рис. 3). Измерение производится микрометром с точностью до 0,01 мм или штангенциркулем до 0,1 мм.

Приспособление состоит из двух стальных пластинок 1 и 2, соответственным образом изогнутых и закрепленных в обделке на растворе завершенными болтами через отверстия по обе стороны трещины А. К пластинкам прикрепляются три пары стальных призм 3, 4, 5; из них две пары (3 и 5) служат для измерения смещения в плоскости, а одна (4) — из плоскости обделки.

Маяк для измерения смещения берегов трещины с вращением, со сдвигом и неравномерным выходом стенок из общей плоскости (рис. 4, а) выполнен в виде пары укрепленных по обе стороны трещины плиток с заделанными в них шпильками, образующими между собой створы. Они находятся в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, причем в одной, параллельной поверхности сооружения, шпильки расположены двумя группами (по три в каждой), образующими прямой угол, а в плоскостях, перпендикулярных поверхности сооружения, — на узких продольных гранях плиток (по две шпильки, лежащих на одной прямой).

При помощи этого маяка возможна фиксация величин следующих видов смещений (рис. 4, б, в):

λ — поперек трещины; V — вдоль трещины; φ — угол разворота части блока

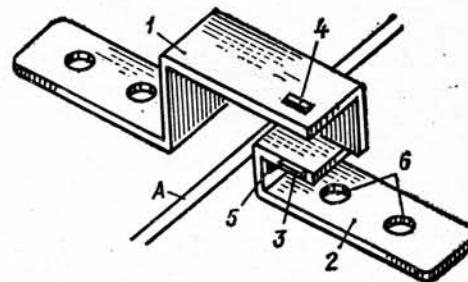
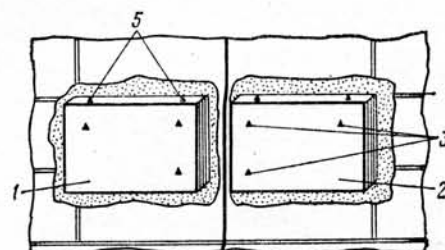
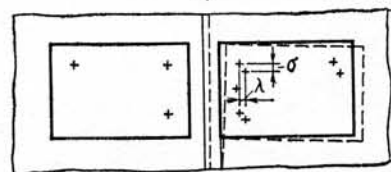


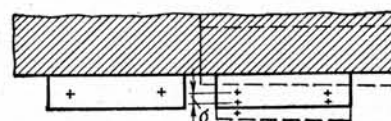
Рис. 3



а)



б)



в)

Рис. 4

в плоскости обделки; σ — сдвиг из плоскости обделки.

Можно измерить и величину разворота блока из плоскости обделки (неравномерный выход стенок трещины из плоскости обделки).

Предлагаемые маяки достаточно просты и могут быть изготовлены в мастерских метрополитенов.

Коррозионный датчик

Новая конструкция датчика позволяет получать достоверные данные скорости внутренней коррозии, ее характере, возможных типах и распределении по сечению трубы коррозионных поражений.

Б. РЕЙЗИН, Г. ЗЕМЦОВ, В. РОССОВСКИЙ,
Б. ПРИБИТКО, Н. САВИНА, инженеры

ПРИ обследовании состояния тоннельного водопровода Московского метрополитена для определения характера и интенсивности коррозии использовался датчик оригинальной конструкции.

Обычно датчики представляют собой образцы в форме стержня, спирали, тонкой проволоки или прямоугольных пластинок, которые вводят в трубопровод и оставляют там на необходимое время. Такие датчики не дают возможности получить достоверные данные о скорости и характере коррозии внутренней поверхности труб. Для получения одинаковых скоростей коррозии датчика и внутренней поверхности трубы существенное значение имеет эквивалентность гидродинамических условий, в которых они находятся. Рассмотренные выше датчики помещаются в поток, искажая поле его скоростей. На стенке трубы и на поверхности этих датчиков создаются тем самым разные гидродинамические условия и различный по толщине неподвижный диффузионный слой, доставка кислорода через который в значительной степени определяет скорость коррозионного процесса. Необтекаемая форма этих датчиков приводит к дополнительной турбулентности, вследствие чего гидродинамические условия вблизи датчика и у стенки трубы становятся различными в еще большей степени. Из-за отсутствия между датчиком и стенкой трубы электрического контакта возникает неэквивалентность условий их работы. Вследствие этого не учитывается влияние макроэлементов на скорость и характер коррозии.

Кроме того, с помощью рассматриваемых датчиков невозможно получить данные о характере коррозионных поражений и их распределении по сечению трубы.

Устранить эти недостатки можно, если датчик расположить ближе к стенке трубы и придать ему форму и размеры, не нарушающие условия течения

потока, а также обеспечить электрический контакт с трубой.

В соответствии с этим была разработана простая конструкция датчика, представляющего собой тонкостенный стальной цилиндр с прорезью вдоль образующей. Последний изготавливается из материала контролируемого трубопровода.

Из гидродинамических соображений толщина датчика выбрана 0,6—1,0 мм, а его длина 100—150 мм. В этом случае помехи, вносимые датчиком в поток, незначительны. Условия течения жидкости вдоль датчика становятся идентичными соответствующим условиям на внутренней поверхности трубы уже через 10—20 мм от границы датчика, на которую избегает поток.

Диаметр датчика равен диаметру трубы, в которую он устанавливается. Ширина прорези 10—15 мм. Для того, чтобы датчик не прилипал к трубе и легко из нее извлекался, его сторону, прилегающую к трубе, окрашивают любым изоляционным материалом. Для осуществления электрического контакта с трубой на окрашенной поверхности датчика у прорези оставляется неизолированная полоса шириной 1—2 мм. При установке датчик сжимают и вставляют в трубу, где он распрямляется и плотно прилегает к ее поверхности. Этим обеспечивается эквивалентность гидродинамических и электрических условий работы датчика и трубы.

После извлечения датчика из трубы скорость коррозии можно определять весовым способом, а также по глубине коррозионных язв.

Весовой способ дает лишь интегральную скорость коррозии, которая соответствует действительной только в случае равномерной коррозии. А как показывает практика, на тоннельном водопроводе наблюдается чаще всего неравномерная коррозия.

Наиболее достоверные данные скорости и характеру коррозии могут быть получены при измерении глубины коррозионных язв.

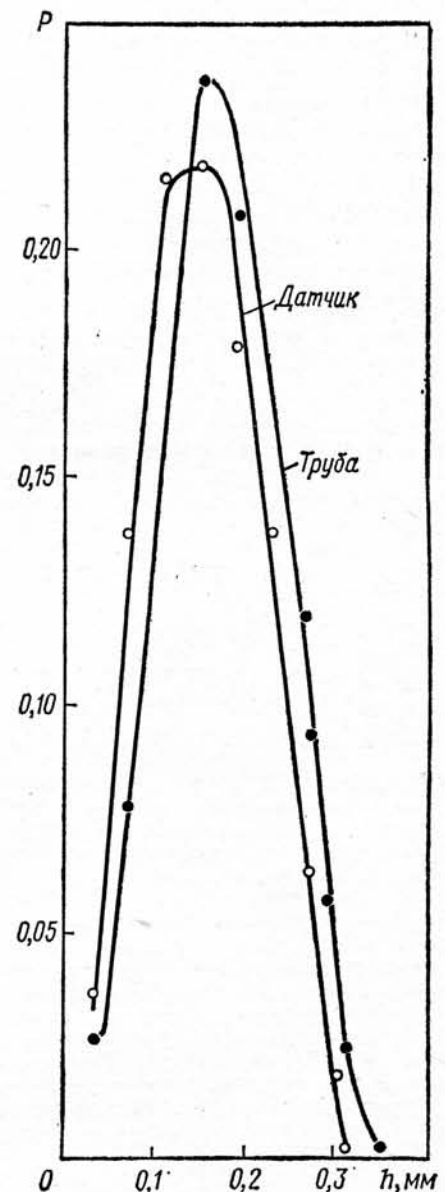


Рис. 1. Распределение коррозионных язв на трубе и датчике.

С целью проверки эффективности работ новых конструкций 15 датчиков поместили в отрезки труб диаметром 89 мм, которые вварили в действующую водопроводную систему на Московском метрополитене. Длительность испытаний составила 6 месяцев. После извлечения датчика распрямили и удалили с них продукты коррозии сначала механически, а затем в ингибированной соляной кислоте. Глубину коррозионных язв на отрезках труб измеряли глубиномером с щупом в виде иглы. На рис. 1 представлена зависимость $P-h$ для трубы и датчика. $P = \frac{n}{N}$ — вероятность появления

язв данной глубины, n — число язв данной глубины, N — общее число язв, h — глубина язв. Как видно из графика, датчик достаточно точно описывает картину распределения язв на трубе.

С помощью новых датчиков получены необходимые данные для оценки коррозионных процессов, протекающих на внутренней поверхности водопроводных труб. На рис. 2 представлены зависимости вероятности появления коррозионной язвы от глубины для датчиков, находившихся в трубах, различное время (перегон «Речной вокзал» — «Водный стадион»): кривая 1 соответствует двум месяцам, кривая 2 — шести.

Для меньшей выдержки датчика характерно наличие многочисленных не-

глубоких язв, небольшой их разброс и резкий спад кривой по глубине. Очевидно, в этот период язвы находятся в начальной стадии развития, лишь некоторые из них достигают значительных размеров. Так, на язвы глубиной от 0,13 до 0,2 мм приходится всего 3,5% общего числа, а на язвы 0,02—0,05 мм — почти 60%, причем из этих 60% основную долю занимают язвы глубиной 0,02—0,03 мм. При дальнейшем нахо-

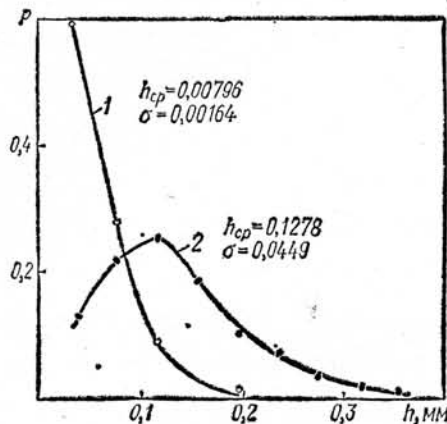


Рис. 2. Распределение коррозионных язв на датчиках, выдержанных в трубе 2 мес. (кривая 1) и 6 мес. (кривая 2).

жении датчика в трубе очевидно появляются новые язвы, растут и ранее образовавшиеся, но с разной скоростью. В результате разброс язв по глубине здесь значительный, имеются язвы до 0,37 мм. Число язв, которые можно заметить визуально, составляет: для первого датчика примерно 400 язв, для второго — около 900. Сравнение дисперсий ($\sigma_1 = 0,00164$, а $\sigma_2 = 0,0449$) и средних глубин, рассчитываемых по формулам

$$\sigma = \frac{\sum (h_{cp} - h_i)^2}{N}, \quad h_{cp} = \frac{\sum h_i}{N}$$

показывает, что вторая кривая имеет большее смещение по оси глубин. Это соответствует более пологому ходу кривой и большему разбросу глубин, а следовательно, неравномерному коррозионному процессу. За два месяца средняя глубина язв достигла 0,08 мм, а за шесть 0,13 мм. Возникновение язв глубиной более 0,3 мм за полгода свидетельствует о высокой скорости местной коррозии, в результате чего за сравнительно короткий срок могут образоваться свищи.

Помещение датчиков на разный срок в трубы с полным застоем или, напротив, постоянным протоком позволит выявить влияние режима течения на скорость коррозии и прогнозировать вероятность появления сквозных прорывлений.

КРЫСЫ ОСАЖДАЮТ ВАШИНГТОНСКОЕ МЕТРО

К проблемам, с которыми столкнулось новое вашингтонское метро, прибавилась еще одна — крысы. Некая Шарлотт Шелтон, продавщица магазина мужской одежды на одном из центральных проспектов столицы — Коннектикут авеню, рассказала корреспонденту «Вашингтон пост», что она не поверила своим глазам, увидев на днях, как две огромные крысы поднялись в метро по эскалатору и, выйдя на улицу, благополучно скрылись среди стоявших неподалеку бочек с мусором. Городские власти, пишет газета, получили уже не одну жалобу от вашингтонцев по поводу заметного увеличения крысиного по-

головья в местах, где строятся новые станции метро. Это вызвано, как считает руководитель вашингтонской программы по борьбе с крысами Дж. Меофи, отсутствием нормальных санитарных условий на строительстве.

Необычная на первый взгляд проблема не вызывает удивления, ибо Вашингтон, как и другие крупные американские города, особенно в трущобных кварталах, буквально наводнен крысами.

Впрочем, не одни крысы волнуют руководителей транспортного управления Вашингтона. Шесть месяцев эксплуатации первой очереди подземки протяженностью всего 7 с небольшим кило-

метров показали, что она ни в коей мере не решает острой проблемы нехватки общественного транспорта в городе с миллионным населением. Несмотря на довольно высокую стоимость проезда (55 центов в часы пик), каждый день работы метро приносит дефицит в 55 тысяч долларов. Поезда подземки ходят нерегулярно. В поездах и на платформах участились случаи краж.

Следующую очередь подземки — около 20 километров — намечено ввести в строй в июле будущего года. Однако местная печать указывает, что из-за финансовых трудностей эти планы могут быть пересмотрены.

Для повышения точности измерения

С. КИСЕЛЬЕР, маркшейдер

Подземное геодезическое обоснование. Почти на всех тоннелях и станциях Бакинского метро применяются маркшейдерские полигонометрические знаки специальной конструкции, разработанные и введенные на строительстве тоннелей Чиркейской ГЭС Тоннельным отрядом № 1 Главтоннельмостроя.

Конструкция знака представляет собой металлический диск диаметром 200 мм и толщиной 8—12 мм с отверстием посередине (рис. 1, 2).

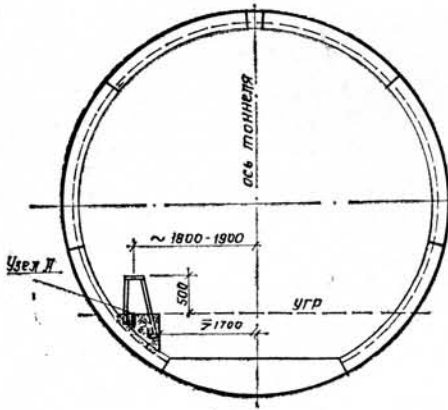


Рис. 1.

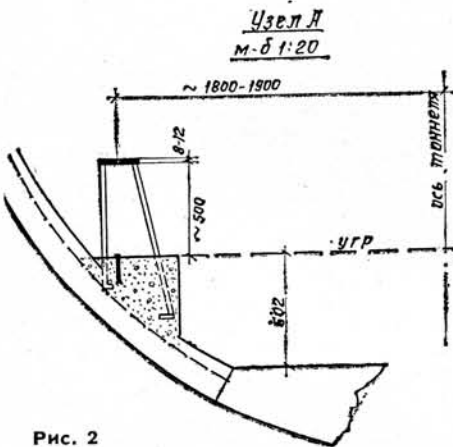


Рис. 2

В комплекс полигонометрического знака входят визирные целики с отверстием $D=1$ мм. Оно служит для установки объекта визирования (иглы) или подвески под ним отвеса (рис. 3).

Крепление полигонометрического знака в тоннелях, как с тубинговой, так и с блочной унифицированной обделкой, осуществляется при помощи приваренных к нему разновеликих П-образных

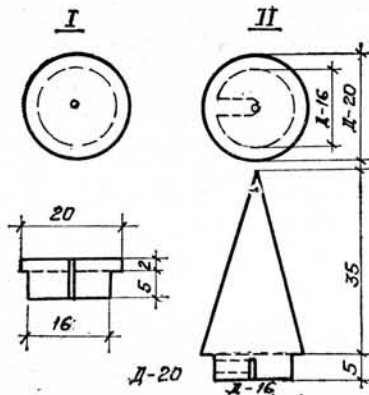


Рис. 3

уголков 50×50 мм, заделанных в бетонный монолит размером 50×50 см.

Во время бетонирования полигонометрического знака за подлицо с бетонной поверхностью под центром диска закладывается металлический штырь со сферической головкой.

Впоследствии на него проектируется центр знака, сверлится отверстие $D=1$ мм и зачеканивается медной проволокой. Перед сдачей тоннелей полигонометрические знаки срезаются и используются на других строящихся объектах.

Как показала практика, применение рассматриваемого полигонометрического знака в условиях строительства тоннелей на всех его этапах создает удобства для выполнения всевозможных геодезическо-маркшейдерских работ и детальных разбивок.

Обеспечивается автоматическое центрирование теодолита и визирных целей. Резко сокращается количество угловых измерений и, что особенно важно, повышается их точность.

Полигонометрический знак одновременно является и высотным обоснованием строительства тоннелей.

Конструкция и способ закладки путейского репера на блочных участках метрополитена. Путьский репер предлагаемой конструкции состоит из закладной детали, болта с двумя контргайками М-20 и распорного клина, вставляемого в щель хвостовой части закладной детали (рис. 4). Последняя изготавливается из арматурной стали $D=36-40$ мм, лучше периодического профиля. Ее длина 230—250 мм (причем на длине 100 мм закладная деталь делается плоского сечения шириной 50 мм и толщиной 15 мм). На этой площадке просверливается отверстие с резьбой М-20 для реперного болта.

Прорезь в хвостовике делается не более 50 мм.

Распорный клин изготавливается длиной 60—70 мм с толщиной от 0 до 10 мм. В блочной обделке на высоте УГР-0,060 пробуривается горизонтально шпур диаметром 36—40 мм на глубину 170 мм.

Бурение ведется пневмосверлом, причем затраты времени на один шпур не превышают 5 мин.

Пробуренный шпур заполняется, примерно до половины его длины, густым цементным раствором, после чего в него забивается закладная деталь с нажимленным в прорези распорным клином (до полного заклинивания ее в шпуре). Раствор при забивке закладной детали выдавливается и омолачивает ее со всех сторон. Таким образом, репер готов к определению его как в профиле, так и в плане.

После установки и проверки реперного болта в профиле сбивается резьба на контргайках.

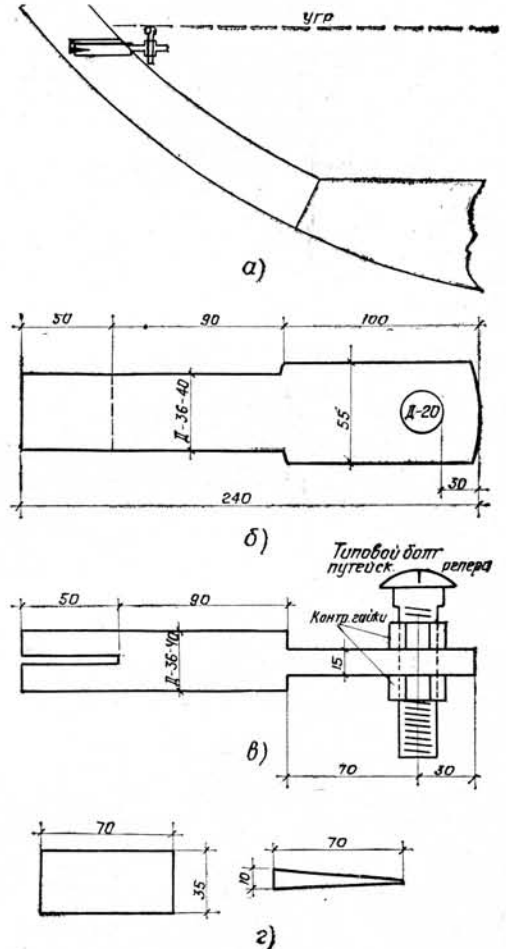


Рис. 4

Двухлинейная схема освещения тоннелей

ПЕРЕХОД НА НОВУЮ СХЕМУ НАПРАВЛЕН НА СОКРАЩЕНИЕ КАПИТАЛЬНЫХ ЗАТРАТ, СРОКОВ МОНТАЖА И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАСХОДОВ

Ф. НАРОДИЦКИЙ, Г. ГАЛАНТ, инженеры

Перегонные тоннели отечественных метрополитенов, как известно, оборудуются двумя линиями дополнительного освещения, проложенными по обеим его сторонам и одной линией рабочего освещения, расположенной по сильнооточной стороне.

В качестве светильников дополнительного освещения применяются приборы типа СС-328, поставка которых затруднена (из-за их дефицитности), а для рабочего освещения — Астра-2М.

Светильники с лампами накаливания мощностью 60 вт устанавливаются через 12 м в каждой из линий.

По предложению сотрудников ОЭМУ Бактоннельстроя, на пусковом участке «28 Апреля» — «Низами» тоннели оборудуются в опытно порядке одной линией дополнительного освещения, располагаемой по слабооточной стороне и одной линией рабочего, размещаемой по сильнооточной стороне.

Для обеих линий используются светильники типа Астра-2М с лампами мощностью 60 вт.

В поисках оптимального варианта размещения светильников по двухлинейной схеме Управлением Бакметрополитена совместно с Бактоннельстроем и при участии Бакметропроекта смонтировано освещение участка существующего тоннеля с тубинговой обделкой диаметром 5,5 м у станции «Баксовет». Признано рациональным расстояние между светильниками 9 м. Они установлены на высоте 2,76 м от уровня головки рельсов с углом наклона оси отражателя 30° к горизонтальной плоскости и под углом 5° к оси пути. При этом обеспе-

чивается уровень освещенности, соответствующий требованиям СНиП П-ДЗ-68.

На рис. 1 представлены результаты замеров освещенности вдоль тоннеля в горизонтальной плоскости на уровне головки рельсов.

Светильник крепится на кронштейне, приваренном к ответвительной коробке типа У-996, изготавливаемой предприятиями главэлектромонтажа. В ней устанавливаются сжимы для отвлечения от магистрали освещения к прибору.

Установка светильника показана на рис. 2.

Одновременно Бакметропроектом выполнены расчеты сетей освещения перегона «28 Апреля» — «Низами» длиной 2 км. Линия дополнительного освещения представляет собой кабель АВРГ-3×35+1×16. При подключении к ней нагрузок малой путевой механизации мощностью до 5 квт падение напряжения не превысит 9%.

Линия рабочего освещения выполняется кабелем ВРГ-3×16 и ВРГ-1×25.

В связи с увеличением на 33% числа приборов в линии рабочего освещения, несколько возрастет в аварийном режиме нагрузка на аккумуляторные батареи понизительных подстанций — «28 Апреля» и «Низами». Однако это не вызывает необходимости замены этих батарей.

Опыт эксплуатации освещения тоннелей пускового участка Бакинского метрополитена по новой системе позволит сделать заключение о возможности дальнейшего применения двухлинейной схемы для освещения перегонных тоннелей.

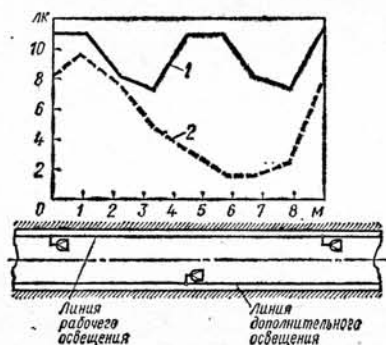


Рис. 1.

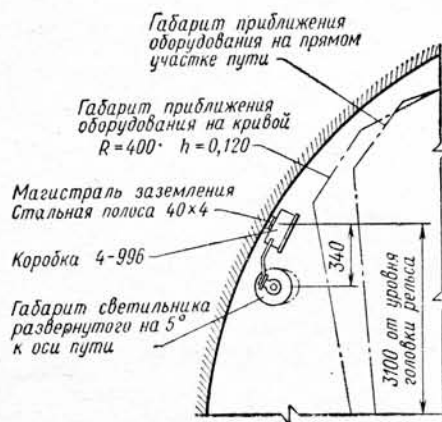


Рис. 2.

Улучшать условия работы машинистов

ЧТО ПОКАЗАЛ АНКЕТНЫЙ ОПРОС

И. ГАРШИН, канд. техн. наук, О. ТЮРИНА, инженер

С целью более полного изучения условий труда поездных бригад и разработки предложений по созданию комфортных условий в кабинах вагонов, ВНИИвагоностроения проведен анкетный опрос машинистов пяти метрополитенов страны. Московскому, Ленинградскому, Киевскому, Бакинскому и Тбилисскому метрополитенам было разослано 390 анкет с вопросами, адресованными машинистам. Институтом получено 337 анкет с ответами, распределившимся следующим образом: Москва — 110, Ленинград — 56, Киев — 54, Баку — 58, Тбилиси — 59. Однако в связи с тем, что многие из вопросов анкет, поступивших от Тбилисского метрополитена, остались без ответа, данные опроса по этому городу не учитывались.

Исследователи располагали мнением 278 машинистов четырех метрополитенов. Подавляющее большинство опрошенных (97,5%) мужчины; более 59% машинистов в возрасте до 40 лет; около 60% имеют стаж работы свыше 5 лет. Последнее позволяет рассматривать полученный результат как достаточно обоснованный и ценный документ для изучения условий труда поездных бригад и разработки рекомендаций, направленных на создание комфортных условий для машинистов.

Вагоны, эксплуатируемые на метрополитенах страны, имеют в настоящее время естественную приточно-вытяжную вентиляцию, осуществляемую через отверстия на крыше вагона — «черпаки». Такую же систему вентиляции имеют и кабины управления.

Испытания этой системы, проведенные Всесоюзным научно-исследовательским институтом вагоностроения, показали, что несмотря на большое количество воздуха, поступающего в кабину, эффективность вентиляции недостаточна. Нельзя также назвать удачной систему отопления кабины печью сопротивления с естественной конвекцией.

Между тем системы вентиляции и отопления кабины играют исключительно важную роль в обеспечении оптимальных условий работы поездной бригады.

Обработка ответов на вопрос о температуре воздуха в кабине показала, что только 9% опрошенных в летнее время оценивают ее как нормальную, остальные же считают неудовлетворительной (высокой). Распределение полученных ответов приведено в таблице 1.

Большинство машинистов считает, что зимой температура в кабине низкая, и комфортные условия не обеспечиваются.

Подавляющее большинство опрошенных в Москве и Киеве и около половины — в Ленинграде не могут признать температуру воздуха в кабине нормальной. Другая картина наблюдается на метрополитене Баку. Это связано не только с климатическими условиями, но и с особенностями метрополитенов (наличие и протяженность открытых участков и т. д.).

Таблица 1

Температура воздуха	Метрополитены				Единица измерения
	Москвы	Ленинграда	Киева	Баку	
Летом высокая	90	93	100	90	%
нормальная	10	7	0	10	
Зимой низкая	68	52	88	19	%
нормальная	32	48	12	81	

На вопрос анкеты «Удовлетворяет ли вас расположение приборов отопления?» ответы анкетированных распределились следующим образом (табл. 2):

Таблица 2

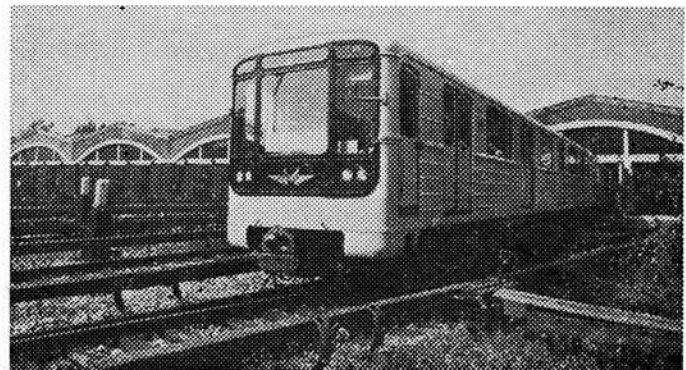
Ответ	Метрополитены				Единица измерения
	Москвы	Ленинграда	Киева	Баку	
Да	52	55	76	70	%
Нет	48	45	24	30	

Из рассмотрения данных этой таблицы видно, что поездные бригады Московского и Ленинградского метрополитенов в меньшей степени удовлетворены расположением приборов отопления, чем их бакинские и киевские коллеги. Это объясняется вероятно тем, что в «северных» метрополитенах отопление кабин имеет более важное значение, действует более продолжительное время и к нему предъявляются соответственно большие требования.

Основные причины неудовлетворенности расположением отопительных приборов, как показывают объяснения машинистов, заключаются в том, что печи нагревают воздух неравномерно по объему кабины; не обогревают ее на уровне пола; теплый воздух движется снизу вверх, создавая неприятные ощущения у сидящего в кресле машиниста, включается только полная мощность печей, т. е. отсутствует секционирование.

На вопрос о том, чувствуют ли машинисты духоту в кабине, подавляющее большинство опрошенных ответило: «летом да».

Следует отметить, что на остановках принудительная подача в кабину свежего воздуха вообще прекращается. Кроме



Новый вагон метрополитена в депо.

того, в вагонах, эксплуатируемых на линиях с открытыми участками пути, увеличиваются теплопритоки от солнечной радиации. В осенне-зимний период, когда требуется включение приборов отопления, приточный черпак на таких участках закрывается, и кабина машиниста практически вентилируется только за счет инфильтрации наружного холодного воздуха через щели и открываемую дверь.

Количество воздуха, поступающего в кабину, по мнению 90% опрошенных, недостаточно. Летом приходится приоткрывать торцовую дверь кабины, создавая дополнительный приток свежего воздуха. С другой стороны, неудовлетворительное уплотнение дверей, окон и других конструктивных элементов кабины способствуют инфильтрации наружного воздуха, возникновению нежелательных сквозняков. Машинисты Киевского метрополитена в качестве основных недостатков конструкции назвали недостаточное уплотнение в местах ввода труб и проводов из-под пола, нарушение уплотнения дверей и опускаемого окна и др.

Одним из главных пожеланий поездных бригад явилось существенное улучшение герметизации кабины и выбор надежных и долговечных в эксплуатации материалов для уплотнения.

Среди основных недостатков системы вентиляции кабины — плохая циркуляция воздуха; неплотное закрытие жалюзи раздаточных решеток; неудовлетворительная конструкция регуляторов наклона створок жалюзи (в связи с чем невозможно управлять подачей воздуха в кабину); большая запыленность кабины; неравномерность подачи воздуха при различных скоростях движения и отсутствие его подачи на остановках.

Среди многочисленных рекомендаций, относящихся к улучшению работы и конструкции системы вентиляции, большин-

ство опрошенных в первую очередь выделяет принудительную подачу воздуха в кабину. Далее следуют предложения установить вентиляторы внутри кабины; перенести вытяжной черпак в более удобное место (например, под пол вагона), а решетку выходящего воздуха установить на панели внутренней обшивки лобовой стенки; заменить черпак дефлектором; применить систему кондиционирования и др.

У заполнявших анкеты были также многочисленные замечания по внутреннему оборудованию кабины. Здесь упоминалось и неудобное кресло, и отсутствие достаточного пространства для ног, и неправильное расположение откидного кресла для помощника машиниста, и неудобное размещение приборов управления и т. д.

Многие машинисты отмечали в анкетах неудовлетворительное состояние освещения кабины: неудачное конструктивное выполнение светильников, фонаря и т. д. Это вызывает при их включении блики и отражения на лобовом стекле от находящихся в кабине приборов и аппаратов (сюда же можно отнести и излучение тепла фонарем верхнего освещения и др.).

С учетом результатов анкетного опроса машинистов, проведенного ВНИИвагоностроения, и по рекомендациям этого института, Мытищинский машиностроительный завод внес ряд изменений в конструкцию кабины управления вагона метро. На новых опытных вагонах серии 81—717, которые сейчас проходят испытания и выпуск которых начнется в 1977 г., изменена вся лобовая часть и компоновка оборудования кабины; сделана механическая приточная вентиляция; приборы управления и контроля размещены на пульте; приняты меры по тепло- и звукоизоляции и т. д. Предварительные данные испытаний этих вагонов позволяют ожидать значительного улучшения условий работы машинистов.

Для повышения надежности подвижного состава

ИССЛЕДОВАНИЯ МЫТИЩИНСКОГО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАВОДА

С. ВАКСИН, инженер;
М. ЗАКС, канд. техн. наук

Замена в конструкции тележки вагона метрополитена опорно-осевой подвески тягового электродвигателя на опорно-рамную позволила значительно уменьшить вес тележки и неподрессоренных частей вагона*. Однако жесткая консольная установка тягового электродвигателя на кронштейнах, приваренных к поперечной балке тележки, привела к возникновению в поперечной балке рамы дополнительных динамических нагрузок (частота приложения их равна частоте вращения тягового электродвигателя и может достигать 53—55 гц).

Раму тележки можно рассматривать как упругую систему, а остаточную неуравновешенность вращающихся масс электродвигателя как источник возбуждения колебаний рамы. Очевидно, что амплитуды колебаний достигают наибольших значений в резонансных зонах, где частота вращения тяговых электродвигателей совпадает с одной из собственных частот колебаний рамы тележки.

Рама тележки вагона типа «Еж» имеет несколько форм свободных колебаний. При движении вагона наиболее ярко проявляются колебания рамы с резонансной частотой 35—36 гц (скорость движения 55—58 км/час). В резонансном режиме динамические силы, действующие на поперечную балку рамы от вибрации электродвигателя, значительно возрастают (как показывают теоретические расчеты и стендовые испытания динамический коэффициент K_d равен примерно 10). Увеличение напряжений в отдельных местах поперечной балки при установке на раму электродвигателей с большим дебалансом вращающихся масс может привести к появлению усталостных трещин в поперечной балке.

* Тележка вагона метрополитена типа «Еж» весит почти в два раза меньше тележки вагона типа «Г».

На стенде ММЗ были испытаны тяговые электродвигатели ДК-108Г как новые, так и полученные из различных депо метрополитена. В таблице 1 приведены результаты проверки 15 новых электродвигателей и двух, поступивших из депо «Сокол» с тех тележек, где были обнаружены трещины в узле крепления электродвигателя к раме. Последние два электродвигателя имели пробег больше 1 млн. км. В таблице 1 представлены также максимальные значения виброскорости корпуса электродвигателя при частоте вращения 25 гц и значения возмущающих сил H и момента M , в виде которых проявляется действие остаточной неуравновешенности якоря.

Следует отметить, что значение виброскорости всех исследованных электродвигателей превышает допустимую величину. Согласно ГОСТ 16921—71, все тяговые электродвигатели вагонов метрополитена имеют класс вибрации 4,5, т. е. виброскорость, замеренная в контрольных точках корпуса электродвигателя при максимальной скорости вращения не должна превышать $4,5 \pm 20\%$ мм/сек.

Максимальная скорость вращения электродвигателей ДК-108Г—3250 об/мин или 54 гц. Значение виброскорости прямо пропорционально частоте вращения, а значения силы H и момента M — квадрату частоты.

В резонансном режиме вращения сила H , действующая на электродвигатель и поперечную балку рамы тележки, увеличивается примерно в 20 раз по сравнению с данными таблицы 1.

Для улучшения виброхарактеристик необходимо при каждом ремонте электродвигателя, связанном с его разборкой, проводить динамическую балансировку якоря, желательно в своих подшипниках.

Во время ходовых испытаний определяли характер колебаний рамы и частотных границ резонансных зон, уровня на-

Таблица 1

№№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
$U_{\text{мах}}$ мм/с . . .	11,2	8,5	8,3	7,8	7,7	7,7	7,1	5,9	5,8	4,95	4,1	4,1	3,55	2,95	2,8	22,5	15
H , кг. . . .	43,3	25	31	25	37,5	31	31	43,3	25	18,7	25	25	18,7	17	25	88	70
M , кгм. . . .	10,7	8,3	7,7	9,6	7,0	7,7	7,3	1,4	5,1	5,1	4,6	4,1	3,6	3,8	2,3	24,6	18,5

пряженного состояния поперечной балки и моторных кронштейнов, величин амплитуд ускорений корпуса тягового электродвигателя, а также статической зависимости напряженного состояния моторных кронштейнов от этих ускорений. Кроме того, устанавливали корреляционную зависимость ускорений корпуса электродвигателя в резонансной зоне от его виброхарактеристик и влияние эксплуатационного пробега на изменение начальных виброхарактеристик.

Анализ осциллографических записей динамических напряжений в поперечной балке и моторных кронштейнах показал появление резонансной зоны упругих колебаний рамы, при скорости движения вагона 55—58 км/час. При движении свыше 75 км/час происходит постепенное увеличение амплитуд упругих колебаний рамы с частотой, равной частоте вращения электродвигателя. Величина амплитуд зависит от дебаланса его вращающихся масс. Максимальная же величина этих амплитуд — в резонансной зоне. Их значения зависят также от времени движения вагона при резонансной скорости. Чем быстрее проходит вагон эту скорость, тем амплитуда меньше.

Аналогичная картина наблюдается и для вертикальных ускорений корпуса электродвигателя, по значениям которых можно оценить его вибрацию. На величину этих ускорений влияют упругие колебания рамы и ее колебания как жесткого тела на буксовых пружинах с частотой, примерно, 7 гц. (Первые колебания будем называть высокочастотными, вторые — низкочастотными).

Во время движения вагона были измерены наибольшие значения вертикальных ускорений корпуса в резонансной зоне. Измерения проводились на вагонах с пробегом до 5 тыс. км и на вагонах, имеющих пробег 100—120 тыс. км. Установленные на них электродвигатели были изготовлены до 1972 г.

На первых вагонах были произведены измерения 100 электродвигателей, а на вторых — 175.

В таблице 2 приведены статистические характеристики распределения величин ускорений в долях g^* .

Таблица 2

Группа электродвигателей	Размах ускорений в долях g	Математическое ожидание g	Среднее квадратическое отклонение g
Новые вагоны	0,9—4	1,81	0,57
Вагоны с пробегом 100—120 т. км	1—4,1	2,05	0,625

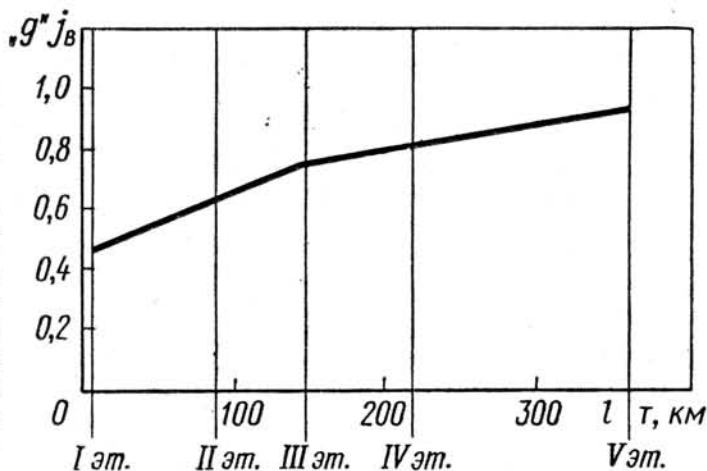
* g — ускорение силы тяжести.

Как видно из сравнения результатов двух групп замеров, после пробега 100 тыс. км произошло увеличение значений вертикальных ускорений на корпусе электродвигателя в среднем на 0,2—0,25 g .

Наибольшие напряжения от колебаний электродвигателей возникают в моторных кронштейнах. Одновременные измерения напряжений во фланцах моторных кронштейнов и вертикальных ускорений корпуса электродвигателей при резонансном режиме позволили установить, что между ними существует статистическая зависимость. Усредненное значение этой зависимости — 100 кг/см² на 1 g ускорения.

Провели 5 этапов замеров вертикальных ускорений 10 тяговых электродвигателей при следующем пробеге вагонов: 1,5 тыс. км, 94, 136, 220 и 350—370 тыс. км (последний соответствует пробегу до первого планово-подъемочного ремонта):

При обработке осциллограмм величина вертикального ускорения разделялась на высокочастотную и низкочастотную составляющие.



После первого этапа испытаний была определена корреляционная зависимость:

$$j = 0,145 V - 0,08$$

с коэффициентом линейной корреляции $r = 0,65$.

Здесь i — максимальное значение высокочастотной составляющей вертикального ускорения,

V — начальное значение виброскорости.

Невысокая степень коррелированности объясняется различным влиянием возмущающей силы H и возмущающего момента M .

Результаты обработки данных этапов испытаний приведены на рисунке, где показаны усредненная зависимость максимальных значений высокочастотной составляющей вертикальных ускорений от пробега вагонов.

Как видно из графика, ускорения корпуса электродвигателя растут, причем на первых 140 тыс. км темп роста более высокий — примерно 0,2 g на 100 тыс. км. Далее темп роста ускорений уменьшается и остается практически постоянным (0,1 g на 100 тыс. км).

За время испытаний низкочастотная составляющая ускорений изменилась значительно меньше, чем высокочастотная, которая, в основном, определяет величину вертикальных ускорений корпуса электродвигателя.

Выводы:

колебания рамы тележки вагона метро типа «Еж», вызванные вибрацией тягового электродвигателя, создают в резонансном режиме (скорость движения $V = 55—58$ км/час) повышенный уровень напряжений в поперечных балках и моторных кронштейнах рамы, который может привести к образованию в этих элементах усталостных трещин. Величина напряжений зависит от величины дебаланса вращающихся масс электродвигателя;

в эксплуатации находится большое количество тяговых электродвигателей, вибрационные характеристики которых не удовлетворяют требованиям действующих в настоящее время ГОСТ'ов. Кроме того, в процессе эксплуатации виброхарактеристики электродвигателей постепенно ухудшаются;

для улучшения показателей надежности подвижного состава метрополитена необходимо проводить динамическую балансировку якоря тягового электродвигателя при всех видах ремонтов (плановых или случайных), связанных с его разборкой. Ремонтные заводы должны быть оборудованы стендами по проверке на вибрацию собранных электродвигателей по ГОСТ 2582—72 на соответствие классу 4,5.

Применение асинхронных тяговых двигателей на метрополитене

А. БУРКОВ, Н. СЕМЕНОВ, кандидаты техн. наук;
А. ПОЛЯНСКИЙ, инженер

Одним из наиболее эффективных путей решения задач, связанных с увеличением пропускной способности линий метрополитена, снижением расходов на эксплуатацию электрооборудования и экономией электроэнергии на нужды тяги, может явиться применение тяговых асинхронных бесколлекторных двигателей.

Тяговые асинхронные двигатели питаются от контактной сети через полупроводниковые преобразователи.

Полупроводниковая техника значительно упрощает процесс преобразования электрической энергии постоянного или однофазного переменного тока в трехфазный, частота и напряжение которого могут плавно изменяться. На основе силовых управляемых полупроводниковых вентилей созданы мощные преобразователи для питания и регулирования режимов работы трехфазных двигателей.

Электропоезда с асинхронными двигателями и рекуперативным торможением расходуют электроэнергию много меньше (до 40%), чем электропоезда, имеющие двигатели постоянного тока и реостатное торможение.

Статические частотные преобразователи позволяют осуществлять питание двигателей трехфазным током с плавным и независимым регулированием его частоты и напряжения.

Пуск двигателей осуществляется при низкой частоте и малом напряжении. По мере разгона частота и напряжение повышаются в соответствии с требуемыми тяговыми характеристиками, при этом потери энергии в каких-либо балластных сопротивлениях отсутствуют.

Торможение осуществляется переводом двигателей в генераторный режим. Вырабатываемый за счет энергии торможения трехфазный ток поступает в преобразователь, который обеспечивает его превращение в постоянный ток, возвращающийся в контактную сеть.

Таким образом, частотное регулирование асинхронных двигателей дает возможность получить желаемые тяговые и тормозные характеристики привода с минимальным расходом электроэнергии для создания тяги и наибольшим ее возвратом в сеть при торможении.

Важнейшим преимуществом бесколлекторных двигателей является возможность повышения частоты вращения, которая обычно ограничивается механической прочностью коллектора.

Повышение частоты вращения обеспечивает лучшее использование мощности двигателя при высоких скоростях движения, меньший вес на единицу мощности, относительно малые расходы на обслуживание и ремонт, поскольку отсутствуют коллектор и щеточный аппарат. Бесколлекторные двигатели отличаются хорошими противобуксовочными свойствами и обеспечивают реализацию сил сцепления всеми движущими осями вагона.

В СССР разработано несколько опытных локомотивов с асинхронными тяговыми двигателями.

Новочеркасским электровозостроительным заводом построен восьмисосновый электровоз с двигателями мощностью 1200 кВт. Рижским электромашиностроительным заводом оборудована опытная электросекция. ЛИИЖТом совместно с Октябрьской железной дорогой создан опытный маневровый тепловоз, пробег которого к настоящему времени составил 4000 км. Рядом заводов с участием ЛИИЖТа создается магистральный тепловоз ТЭ-120 с приводом мощностью 4000 л. с.

Большие работы по асинхронному приводу выполнены за рубежом.

В ФРГ успешно работает магистральный тепловоз ДЕ-2500 мощностью 2500 л. с. Серия поездов с асинхронными тяговыми двигателями выпущена и эксплуатируется в США.

Значительные достижения имеются и в других странах.

Все это свидетельствует о необходимости дальнейшего расширения работ в области асинхронного привода в нашей стране.

Исследования, проведенные научно-исследовательской лабораторией электрической тяги ЛИИЖТа на опытном тепловозе, оборудованном асинхронным приводом и полупроводниковыми преобразователями, подтвердили его полную работоспособность. Перевод электроподвижного состава метрополитена на асинхронный привод целесообразно осуществить тремя этапами.

Этап I. Используется существующая система энергоснабжения постоянного тока. Вагоны оборудуются асинхронными двигателями трехфазного тока, питание которых осуществляется от контактной сети через полупроводниковые преобразователи. Последние преобразуют постоянный ток в трехфазный с регулируемой частотой и напряжением. Такая система обеспечивает желаемые тяговые характеристики и торможение с возвратом энергии до полной остановки поезда.

Этап II. Существующая система энергоснабжения постоянного тока промышленной частоты 50 Гц.

На вагонах устанавливаются асинхронные двигатели и полупроводниковые преобразователи переменного тока, обеспечивающие получение трехфазного тока требуемой частоты и напряжения.

Следует отметить, что эта система электротяги позволяет также существенно снизить блуждающие токи и упростить тяговые подстанции. Необходимая ее экспериментальная проверка могла бы быть выполнена на небольшом участке пути (длиною около 1 км), параллельно с работами первого этапа с использованием полученных результатов при строительстве новых линий метрополитенов.

Этап III. Осуществляется дальнейшее совершенствование электротяги путем перехода на линейные двигатели трехфазного тока.

Плоский статор линейного двигателя может устанавливаться как на подвижном составе, так и вдоль пути. Соответственно реактивная полоса монтируется либо вдоль пути, либо на подвижном составе.

В первом случае (прямоугольный вариант) система энергоснабжения и полупроводниковые преобразователи могут быть теми же, что и в предыдущих этапах.

Во втором случае (обращенный вариант) на подвижном составе отсутствуют какие-либо силовые преобразователи. Они имеются только на тяговых подстанциях. Питание обмотки двигателя, уложенной вдоль пути, осуществляется по трехжильному кабелю. Управление частотой и амплитудой питающего напряжения производится по каналам радиосвязи с движущимся поездом.

Применение линейных двигателей, не имеющих вращающихся частей, позволит существенно повысить надежность работы подвижного состава.

Так как при использовании линейных двигателей реализация тягового усилия осуществляется за счет электромагнитных сил, возникающих при взаимодействии реактивной полосы и плоского статора, то в данном случае можно получить очень высокие ускорения, не зависящие от сцепления колес с рельсами.

В процессе дальнейших исследований, которые следует провести на специальном опытном вагоне, необходимо выяснить ряд вопросов, в частности, установить допустимую разницу в диаметрах отдельных колес и изучить влияние высших гармонических на работу устройств СЦБ и связи в условиях метрополитена.

Предстоит также доказать, что улучшение тяговых свойств за счет асинхронного привода окупит затраты на полупроводниковое оборудование.



Основываясь на опробированных в СССР технических решениях, группа советских консультантов-метростроителей, находившаяся в Индии в июле—сентябре 1976 года, предложила ряд рекомендаций по методике расчетов, проектам и организации производства работ, приемам монтажа и эксплуатации горнопроходческого оборудования на строительстве калькуттского метрополитена. О ходе работ на сооружении первого его участка и техническом содействии советских специалистов информируют читатели возвратившиеся из командировки авторы статьи.

К. ЯНЧЕВСКИЙ, А. ШЕВЧЕНКО, А. ЯКОВЛЕВ, инженеры

Пересекающий далее большое количество железнодорожных путей и русло канала в условиях тесной городской застройки тоннельный перегон «Бельгация» — «Шиамбазар» длиной 945 м сооружается в круговой обделке из чугунных тубингов. Предполагается проходка щитовыми комплексами под сжатым воздухом. Сейчас заканчивается составление проекта организации работ и укрепления зданий, попадающих в зону осадок.

Предусмотрена откатка аккумуляторными электровозами. Поскольку ожидается поступление из грунта метана (до 0,6%), электрооборудование должно быть во взрывобезопасном исполнении.

Компрессорная станция для кессонных работ и горный комплекс располагаются на перегоне между станциями «Бельгация» и «Шиамбазар». Плечи проходки: в направлении к ст. «Бельгация» — 200 м, к ст. «Шиамбазар» — 795 м.

На протяжении около 15 км между станциями «Шиамбазар» и «Таллиганж» расположен участок открытого способа работ. Тоннели прямоугольного сечения сооружаются в монолитном железобетоне с оклеечной гидроизоляцией, защищенной шпунтом.

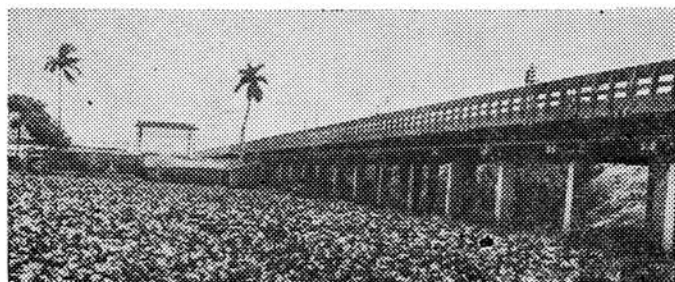
Началось возведение колонной станции «Майдан» с островной платформой, а также прилегающих тоннелей открытым способом. Котлованы крепятся сваями с деревянной затяжкой и методом «стена в грунте» с двумя-тремя ярусами расстрелов. Часть тоннеля сооружается в котловане с откосами.

Грунт разрабатывают и выдают вручную (частич-

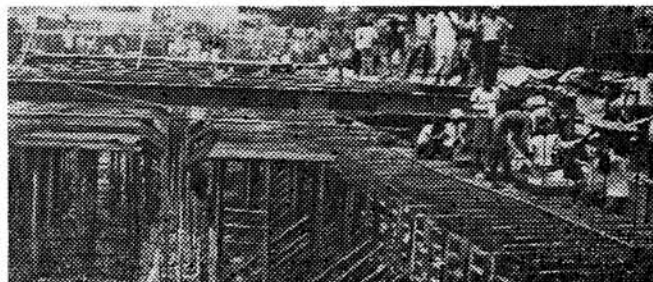
Трасса первой линии* протяженностью 17,5 километров с 17 станциями пересечет крупный промышленный центр Калькутту с севера на юг.

В настоящее время сооружены в конструкции километровой эстакады между будущей наземной станцией «Дам-Дам» и возводимой колонной станцией «Бельгация», а также примыкающий к нему участок рампы длиной 0,34 км. Ее образуют двухъярусные монолитные железобетонные тоннельные элементы прямоугольного очертания. В верхнем ярусе укладывается путь метрополитена. Нижний, заглубленный в породу ярус служит для дренирования грунтовых вод и отвода их к насосной станции. В этом ярусе на сопряжении с подземной частью трассы уложен бетон в качестве пригруза, назначение которого — предотвратить «всплывание» тоннельных конструкций.

* С подробной характеристикой трассы можно ознакомиться в № 7 «Метростроя» за 1974 г.



Участок эстакады на перегоне между станциями «Дам-Дам» — «Бельгация».



Укладка бетона в конструкцию двухпутного перегонного тоннеля между станциями «Бельгация» и «Шиамбазар».

но с помощью козловых кранов). Бетон подается в емкостях козловыми кранами.

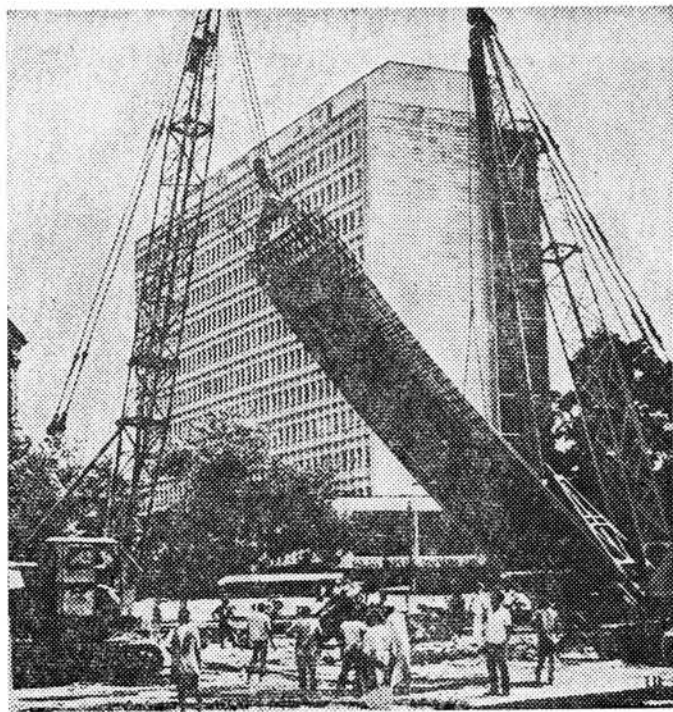
Шпунт и сваи забивают дизель-молотами с помощью копровых установок, смонтированных на стреле крана.

Водоотлив открытый; на отдельных участках применяется водопонижение внутри контура котлована.

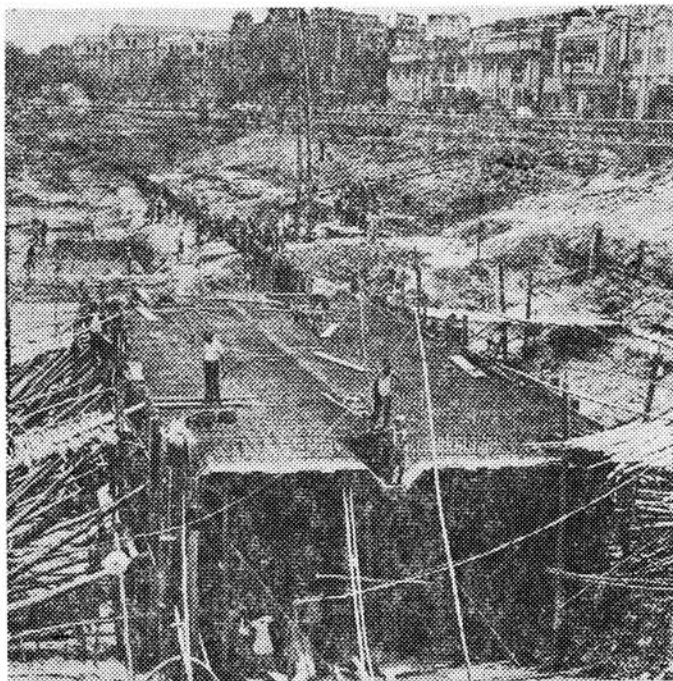
Устройство «стены в грунте» производится путем разработки щелевых прорезей шириной 0,6 м отрезками по 3 и 6 м с разрывами в 3 и 6 м. Грунт разрабатывают грейфером, подвешенным на жесткой вертикальной штанге, закрепленной на стреле крана. С целью предохранения стен от обрушения по мере углубления прорези выработанное пространство заполняется 5%-раствором (по весу к воде) бентонитовой муки. Над грейферным ковшом на штанге имеется направляющее устройство с вертикальными гранями, выравнивающими стены прорези. После разработки последней на требуемую глубину (до 15 м) в торцы опускаются две трубы диаметром 0,6 м в качестве опалубки. В прорезь устанавливается вязаный арматурный каркас. Бетонирование производится снизу вверх по шлангу. Бентонитовый раствор вытесняется, сливается в отстойник, очищается от грунта, доводится до необходимой консистенции и используется снова (раствор может быть использован трехкратно). Скорость сооружения «стены в грунте» составляет 3 пог. м в сутки при трехсменной работе.

Разработка грунта и бетонирование промежуточных участков производятся после извлечения торцовых труб.

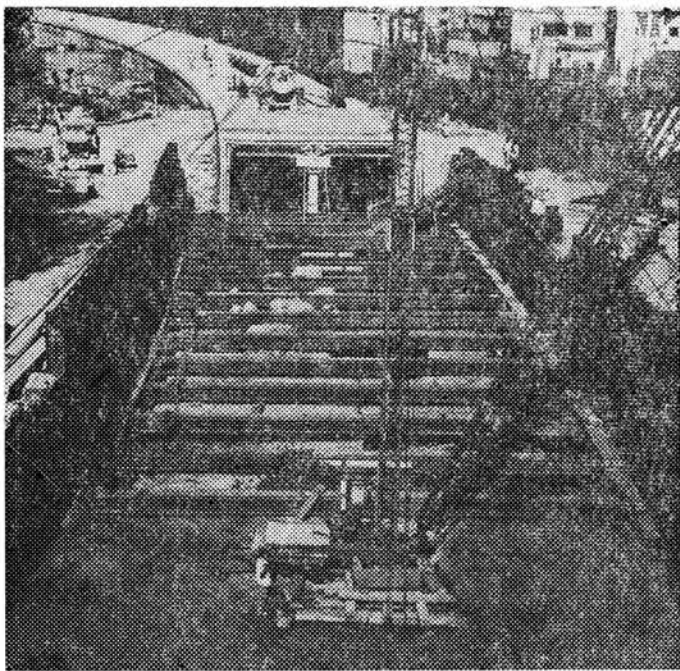
Возведение «стены в грунте» предполагается на участках трассы с интенсивным городским движением (в первую очередь на южном участке от ст. «Централ»). Намечены разработка первого яруса с разбивкой дорожного покрытия, установка расстрелов и конструкций для пропуска транспорта с по-



Установка арматурного каркаса при сооружении «стены в грунте» на участке между станциями «Майдан» — «Рабиндра Саган».



Участок двухпутного тоннеля, подготовленного к бетонированию, на перегоне «Майдан» — «Парк стрит».



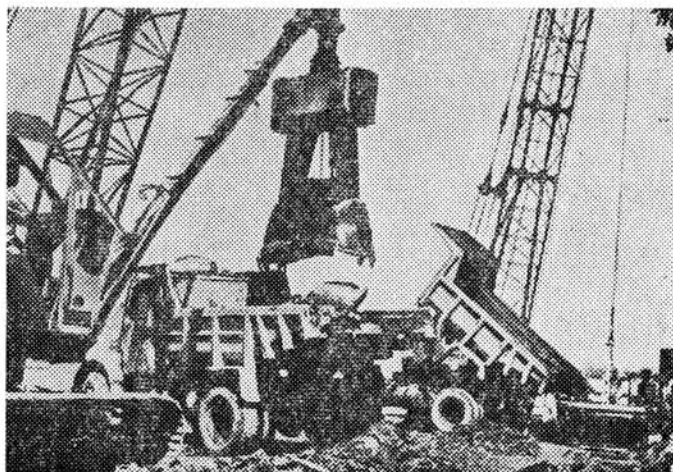
Раскрытие котлована перегонного тоннеля на сопряжении с рамповым участком.

следующей разработкой и перемещением грунта бульдозерами и выдачей драглайном и грейфером.

Из-за недостаточного финансирования работ темпы строительства ниже технически возможных. Это ведет к отсрочке ввода в эксплуатацию 1-й очереди метрополитена. Рассматривается вопрос об открытии пробного движения на участке «Дам-Дам» — «Бельгация» в 1980 году.



Советские и индийские специалисты за обсуждением технических вопросов строительства.



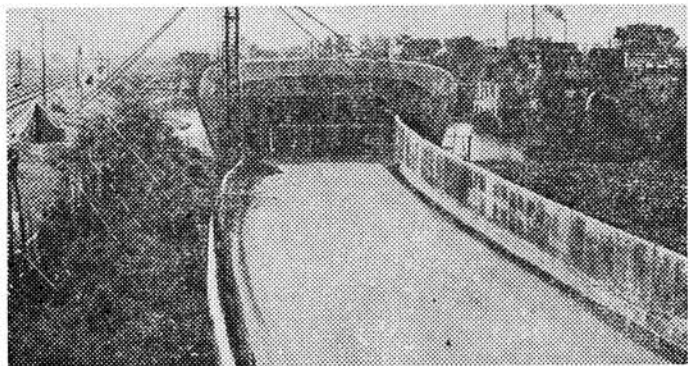
Разработка траншеи при устройстве «стены в грунте».

За время пребывания в Калькутте советские специалисты предложили индийским метростроителям ряд рекомендаций по вопросам планировки станций и вестибюлей, совмещенных с подуличными переходами; устройства деформационных швов в конструкциях мелкого заложения в местах резкого изменения геологических условий; гидроизоляции тоннелей, сооружаемых открытым способом; крепления котлованов; вывода щита из монтажной камеры; сооружения тоннелей под сжатым воздухом (очередности продвижения забоев, работа под проезжей частью); циклограммы щитовой проходки; определения величины и распространения осадок поверхности и сохранности городских объектов, попадающих в эту зону; строительства тоннелей открытым способом без снятия транспортного движения; перекладки инженерных коммуникаций; эффективности водопонижения и др.

Подготовлен проект программы посещения индийскими делегациями действующих метрополитенов и строек скоростных подземных магистралей нашей страны. Предусмотрено, в частности, ознакомление с особенностями производства работ в условиях густой застройки и развитой сети городских коммуникаций при сооружении Рижского и Калининского радиусов Московского метрополитена, посещение действующих его станций и обсуждение вопросов организации пассажиропотоков и эксплуатации архитектурных конструкций. Гости из Индии

будут изучать способы проходки и оборудование для сооружения подрусовых участков линий в Ленинграде, методы ведения строительно-монтажных и архитектурно-отделочных работ, а также виды облицовочных материалов, применяемых в условиях жаркого климата в Ташкенте. Зарубежные специалисты получают консультации и по вопросам проектирования и возведения сейсмостойких конструкций.

Ученые ЦНИИСа знакомят своих индийских коллег с работой по созданию горнопроходческого оборудования, видами новых гидроизоляционных материалов и покрытий, изысканиями по борьбе с шумом и т. п. Широкий круг проблем осветят проектировщики Метрогипротранса. В программе работы групп индийских специалистов в СССР — посещение заводов, управления механизации и технической школы Мосметростроя.



Портал рампового участка.



Верхний ярус крепления котлована, используемый для устройства временной проезжей части.

ИЗ ПУТЕВЫХ ЗАПИСОК О ПАРИЖСКОМ МЕТРО

С. ПОНОМАРЕНКО

Осмотр метрополитена не входил в программу нашего пребывания в Париже. Бюро путешествий не включило его в число достопримечательностей французской столицы. За просторными стеклами туристического автобуса, с переменным успехом выбиравшегося из потоков «опелей», «ситроэнов», «мерседесов», «шевроле» и пр., время от времени появлялась эмблема метрополитена. Туда вводили с тротуаров открытые лестничные марши, обрамленные металлическими решетками, с неизменным информатором при входе: крупным планом города с разветвленной схемой подземного транспортного маршрута. Взглядом скользя по спускам-ступенькам, мы исчерпывали всякий раз на этом свои познания о метро.

Правда, они пополнялись информацией, получаемой в беспрепятственном оконном мелькании — в Париже свыше трехсот станций — отчетливых наименований. Во многих из них аккумулировалось прошлое. Века и люди и дела этих людей проходили перед нами в беспорядочной цепочке времени: «Аустерлиц» и «Сталинград», «Робеспьер» и «Жорес», «Клебер» и «Шарль де Голль», «Виктор Гюго» и «Александр Дюма», «Бастилия» и «Пер-ла-Шез», «Свобода» и «Республика». Какой магической силой притяжения, какими впечатляющими оказываются моменты истории в современном деятельном городе! Станциям присваиваются не только местные — «Монмартр», «Сен-Лазар», «Опера», — но и общегеографические наименования — «Аргентина», «Пиренеи», «Площадь Италии» и т. д. Есть просто одиночные, не подпадающие ни под какую рубрику названия: в одном из них запечатлен небезызвестный Робинзон.

Езда в парижском автотранспорте не превышает пятнадцати километров в час, а если попадешь в так называемую «пробку», и того меньше. Движение в часы «пик» — это попросту большая автомобильная стоянка. Уличные артерии превращаются в склеротические узлы. Впрочем, парижские «пробки» быстро рассасываются: в хаотической толчее машин водители предпочитают обходиться без блюстителей порядка, удивительно спокойны, не теряют чувство юмора и уж воистину взаимно вежливы в стремлении пропустить друг друга.

Исколесив парижские платановые авеню и кольцо Больших бульваров, парадные площади в стиле классицизма и ампир и жемчужные набережные Сены, знаменитые пред-

местья и ведущие к ним современные автострады, уже хорошо представляешь себе наземную планировку и, как говорится, сферу обслуживания метрополитена. В центре города традиционная «М» встречается через каждые полкилометра, на окраинах, где действуют новые экспресс-линии, — примерно, через два. Одна из скоростных линий пересекает общественно-деловой центр «Дефанс» или «Париж 2000-го года», как окрестили его французы.

...Ожившие страницы из архитектурных журналов будущего. Именно так воспринимается «Дефанс» с циклопическими ступенчатыми сооружениями, прокалывающими небо башнями и полубашнями с беспорядочно продырявленными, как швейцарский сыр, окнами, архитектурой грубого бетона и будто случайно коснувшимися его поверхности отдельными красочными мазками. Ныряют в тоннели и возносятся на различных уровнях транспортные развязки — целая система с восходящими и нисходящими. Сюда же вписываются доступные нашему обзору верхние ярусы станции метро «Дефанс», принимающие автобусные маршруты. Над ними — блоки служебных сооружений.

Трудно однозначно определить психологическое воздействие от пребывания в мире гигантских конструкций. Это ощущение безграничности человеческого разума и строительных возможностей будущего и вместе с тем некоторой подавленности в столь несоизмерном и необычном окружении.

Могут ли эти строения с их новой пластикой сохранить присущую городу архитектурную цельность?

Позже, почти под вечер в трепете дождика и первых огней Елисейских полей, просматривающихся из конца в конец, мы увидели силуэт триумфальной арки. Его искажали зубы-уступы выстроившейся вдали шеренги небоскребов.

Площадь триумфальной арки, где сходятся двенадцать улиц, носит сейчас название «Шарль де Голль-Этуаль». Рядом одноименная станция метро. Выкроив, наконец, время, спускаемся в подземный переход первой, открытой в 1900 году линии. Пол перехода усыпан желтыми карточками использованных проездных билетов с продольными коричневыми дорожками — стертый магнитным слоем. Купив за полтора франка билет второго класса, проходим через пропускной автоматический пункт. Створки автомата раз-

двинутся лишь в том случае, если введенную для контроля карточку не забудешь получить обратно (на пути следования может быть очередной контроль: дальности поездки, класса вагона и т. д.). Белый свет сигнального табло напоминает об этом каждого пассажира, последующий зеленый приглашает пройти, красный загорается, если билет не действителен.

Но вот и одетый в желтую керамику станционный зал, объединенный невысоким сводом. Ни дневной свет, ни блеск, по-видимому, недавно обновленной плитки не снимают ощущения подземности. В темную подкову перегона неожиданно резко закругляют убегающие двойные пути. Добрую половину стен боковых платформ занимает реклама. Кажется, будто ее «содержимым» расписаны сами стены — настояло безукоризненно облегают их эллиптический контур полотно из тонкой плотной бумаги.

Попасть на противоположную платформу можно только по обходному коридору с подъемом-спуском, зато на перрон соседней станции другого направления — лишь пройдя сквозь проем в стеновой конструкции. (Ниже, под тремя эксплуатируемыми трассами метро функционирует третья станция «Шарль де Голль-Этуаль» региональной линии Восток — Запад).

Поезда парижской подземки заставляют себя ждать — интервал между ними по меньшей мере вдвое продолжительнее, чем на Московском метро, — и мы оказываемся в курсе последних рекламных новинок, предлагаемых автомобильной фирмой «Рено» и законодателем мод Диором.

Подошедший зеленый состав из пяти вагонов был явно не современных форм. Средний, с опознавательной полосой над неширокими окнами — первого класса; он отличается мягкими сиденьями. В крайнем, на вид изрядно послужившем вагоне, куда мы вошли, поперечные жесткие кресла с откидными местами. Наверху полочки для ручной клади. Двери на остановках поворотом ручки открывают сами пассажиры. Несмотря на довольно умеренный уровень комфорта, в салоне, если не считать голосов пассажиров, необычно тихо: нет утомительного перестука колес, мягкость и плавность хода. Вагоны оборудованы пневматическими шинами, идущими по специальным упругим полотнам сбоку рельсов. При торможении, прохождении стрелок или в случае выхода шин из строя, включаются в работу

обычные колеса со стальной ребордой.

Мы осмотрели около тридцати станций на линиях № 1, 2 и 4. Утилитарные транспортные сооружения различались лишь цветом облицовки. Та же реклама, то кричащая, то ненавязчивая — неизменный элемент архитектурного оформления, те же автоматы на платформах, начиненные сигаретами и жвачкой.

Но единственную в своем роде станцию все-таки довелось увидеть. Это подземный «Лувр». Интерьер станции с копиями скульптурных шедевров всемирно известной коллекции воспринимается как преддверие музея. На фоне светлых, спокойных стен четко контрастируют установленные на платформах художественные изваяния из камня.

Парижский метрополитен — ровесник века — возник как необходимая техническая реакция на недостаток транспортных средств. Теперь, при их избытке, он становится радикальным средством от прогрессирующего транспортного паралича.

Ориентация современного градо-

строительства не только на эффективное, но и эффективное освоение подземных пространств восходит еще к 1937 году, когда на Международной выставке в Париже Советский Союз получил первую премию за подземную урбанистику, в связи с сооружением I очереди Московского метрополитена.

Известен созданный в наши дни архитектором Полем Мэймоном проект подземного Парижа. Под Сенной предполагается соорудить двенадцатиярусный город, углубляющийся на 60 метров. В нем могли бы разместиться промышленные предприятия, склады, гаражи, кинотеатры. Лувр с двумя миллионами его художественных произведений и даже противоатомное убежище на несколько миллионов человек. Впрочем, это один из многих проектов, о которых нельзя сказать, что они будут осуществлены. А пока, чтобы привлечь автомобилизованный Париж в подземный город сегодняшнего дня — метро, «ровесник века» перестраивается, совершенствуя свои эксплуатационные показатели: степень комфорта, пропускную способность и т. д. Реконструируются

старые линии, сооружаются и проектируются скоростные региональные магистрали на основе последних достижений мировой практики тоннелестроения. Предполагается соединить экспрессными линиями аэро- и железнодорожные вокзалы. Разветвляющаяся и вытягивающаяся в разных направлениях сеть нового метрополитена будет способствовать росту Большого Парижа. Через два десятилетия население его, по прогнозам, достигнет 16 миллионов человек (сейчас 12 миллионов жителей). Французские футурологи усматривают, однако, в этой взаимосвязи неизбежное противоречие: расширяющийся, выходящий из-под контроля, теряющий компактность город пытается связать свои части скоростным внеуличным транспортом, удлиняя тем самым радиус трудовых поездок и способствуя дальнейшему распылению застройки.

Так, на примере Парижа постигаешь: транспорт, призванный сближать отдельные части разрастающихся городов, совершенствуясь, одновременно способствует их расседоточению.

НЕКОТОРЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ТОННЕЛЕЙ В ШВЕЙЦАРИИ

(ПО МАТЕРИАЛАМ ЗАРУБЕЖНОЙ КОМАНДИРОВКИ)

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

По данным Федеральной службы дорог и плотин Швейцарии, на строящихся в соответствии с тридцатилетним планом 1800 километрах автомагистралей суммарная длина тоннелей составляет 10% от общей протяженности. В связи с этим более одной трети ассигнований на дорожное строительство приходится на сооружение тоннелей.

За истекший со времени утверждения плана (1960 г.) период ряд участков дорог уже введен в эксплуатацию. Здесь построено несколько тоннелей, в том числе сравнительно большой протяженности, — Бернандинский длиной 6,6 км, два параллельных Бельхенских по 3,2 км, Хайтерсбергский — 4,9 км и другие. Сооружаются два параллельных Зеелизбергских тоннеля по 9292 м каждый и самый протяженный в Европе — Сен-Готтардский длиной 16322 м.

Инженерно-геологические условия строительства тоннелей весьма разнообразны. Это обусловило необходимость применения различных способов проходческих работ, использования соответствующего оборудования и конструкций тоннельных обделок.

Так, Бернандинский тоннель подковообразной, приближающейся к круговой, формы сечением в проходке 85 м² (высота 9,48 м, ширина 10,44 м) залегает в

кристаллических породах — орто- и парagneйсах — в виде тонких пластов, от пластинчатого до сланцевого характера, с близким к параллельному напластованию. Проходка велась буровзрывным способом с раскрытием забоя на полный профиль.

Для бурения применялись порталные трехъярусные рамы. С них же велось зарядание шпуров, оборка забоя и кровли, анкерное крепление. В зависимости от прочности пород на заходку бурили от 120 до 160 шпуров (т. е. 1,4—1,9 шпура на 1 м² площади забоя). Породу грузили подземным электрическим экскаватором в вагоны емкостью 7—10 м³.

При проходке тоннеля установлено около 60 000 стальных анкеров. На отдельных участках, суммарной длиной около 500 м, с недостаточно устойчивыми породами в качестве временного крепления применялись металлические арки.

Постоянную обделку возводили из монолитного бетона с использованием скользящей опалубки. Бетон к окнам в опалубке подавался как ленточным транспортером, так и пневмобетоннасосом. Портальные участки на длину 300 м изолировали рулонным битумным материалом. В средней части тоннеля, где требовалась гидроизоляция обделки, применялся рулонный стеклопластик.

В комплекс тоннельных сооружений входили также два вентиляционных шахтных ствола диаметром по 7,8 м и глубиной 358 и 462 м, а также ряд вспомо-

гательных выработок. Общий объем разработанной породы составил 550 тыс. м³.

Строительство Бернандинского тоннеля продолжалось с 1961 по 1965 г., эксплуатация его началась в 1967 г.

Два параллельных друг другу Бельхенских тоннеля полукруглого очертания сечением от 74 до 90 м² каждый прокладывали в слабоустойчивых породах: мягких известняках, доломитах, глинах и частично мергелях. Первоначально проходились две подошвенные штольни, в которых бетонировались фундаменты для опор полуцита. Под защитой этого полуцита, разделенного по вертикали на три яруса, производилась разработка оставшейся части забоя. По мере его разработки полуцит перемещался по фундаменту на катках (рис. 1).

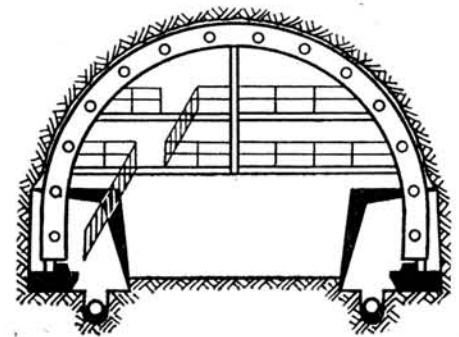


Рис. 1

Под хвостовой оболочкой агрегата устанавливались металлические арки временного крепления с затяжкой кровли и боков выработки. Далее калоттная часть крепилась анкерами с сеткой. Следующие операции — демонтаж металлических арок и нанесение слоя набрызг-бетона. К слою последнего крепили гидроизоляционный ковер из полиэтиленовой пленки, затем возводили постоянную обделку из монолитного бетона (рис. 2). Тоннели строились с 1963 по 1970 г.

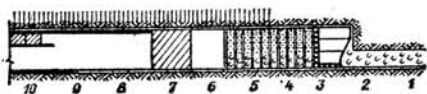


Рис. 2

Тоннель Барегг, сооруженный в период с 1963 по 1969 г., проходилась буровзрывным способом с применением в зоне малоустойчивых пород специально изготовленного щита (рис. 3). Обделка — сборная из железобетонных элементов. Щит был оснащен двумя группами домкратов (для перемещения по мере продвижения забоя и управления при передвижке). Бурение осуществлялось установкой с че-

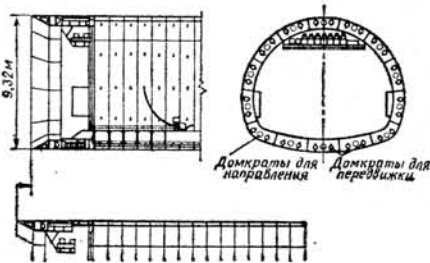


Рис. 3

тырью буровыми стрелами и одной стрелой с рабочей люлькой. Вслед за возведением обделки производилось нагнетание за нее тампонажного раствора. Хайтерсбергский железнодорожный тоннель длиной 4,9 км пересекал различные по прочности и устойчивости породы. Восточная часть его на длину 600 м сооружена открытым способом: в рыхлых глинистых и гравелистых породах на небольшой глубине. Далее, на участке длиной 2900 м, тоннель пересекал песчаники и мергели. Этот участок впервые в практике швейцарского тоннелестроения пройден механизированным щитом диаметром 10,67 м фирмы Роббинс (США). Последний (Западный) участок длиной 1400 м, пересекавший песчаные гравелистые породы, супеси и пески, пройден немеханизированным щитом диаметром 11,3 м.

На автодороге Чиассо-Ламоне построены три тоннельных комплекса: Мелиде-Грансиа, Мароггия-Биссоне и Джентилино.

Между Мелиде-Грансиа сооружены два параллельных тоннеля длиной по 1,7 км на расстоянии 20—30 м один от другого. На порталных участках породы представлены доломитами и сланцами. В средней части — порфирами и порфиритами, на отдельных участках сильно трещиноватыми.

Проходка от портала со стороны Мелиде велась раскрытием забоя на полный профиль. Однако отдельные участки в зонах недостаточно устойчивых пород проходились уступным способом: раскрывалась калотта и в ее пределах устанавливались металлические арки. По мере разработки штроссы арки наращивались вниз.

Портальный участок на длину 350 м со стороны Грансиа сооружали способом опертого свода: в шельге проходили штольно шириной 3 и высотой 3,6 м с полукруглым сводом. Ее крепили стальными анкерами. Калотту расширяли до полного профиля и возводили бетонный свод. Затем разрабатывали среднюю часть штроссы и только после этого поочередно расширяли ее до заданного габарита заходками небольшой длины.

Строительство обоих тоннелей велось одновременно с 1962 по 1966 г.

Сооружение двух параллельных тоннелей на участке Мароггия-Биссоне осложнялось тем, что оси их под углом 11—12° пересекали ось построенного 85 лет назад железнодорожного тоннеля и находились выше шельги его свода всего на 12 м. Породы, хотя и очень прочные (порфириты), но сильно нарушенные трещиноватостью, способствовали возникновению большого горного давления.

На всем протяжении тоннели пройдены способом опертого свода (аналогично проходке западного участка предыдущего тоннеля). Однако потребовались мощные временные крепления и постоянная обделка. При проходке калотт устанавливали металлические арки со сплошной затяжкой металлическими листами, а бетонный свод постоянной обделки армировался.

В связи с подвижкой пород горного массива в результате проходческих работ откосы над железнодорожным тоннелем пришлось укрепить скальными металлическими анкерами: 27 шт. длиной по 40 м с натяжением 230 т. Кроме того, проведено инъецирование в массив цементного раствора. Длительные наблюдения показали, что принятых мер оказалось достаточно для стабилизации массива.

В качестве гидроизоляции применялись рулонные битумные материалы между слоем набрызг-бетона и монолитной обделкой.

Два этих тоннеля, длиной 680 и 625 м сооружались с 1964 по 1967 г.

Параллельные тоннели Джентилино длиной 570 и 580 м также пройдены методом опертого свода: налегающий над ними массив высотой 50 м представлен сильно трещиноватыми породами, а на поверхности — старая каменная застройка. Проходка велась буровзрывным способом короткими заходками с ограниченными по величине взрывами.

Сооружение тоннелей выполнялось с 1966 по 1968 г.

Таким образом при строительстве тоннелей в Швейцарии применяют различные способы ведения проходческих работ, но всегда имеется стремление к проходке с раскрытием забоев на полный профиль. Фирмы-производители работ в ряде случаев считают выгодным идти на дополнительные затраты по созданию или приобретению нестандартного оборудования, возможно пригодного лишь для строительства какого-то определенного тоннеля (например, получит для Бельхенского тоннеля и щит для тоннеля Барегг).

В материалах, характеризующих основные критерии, учитываемые при выборе трасс тоннелей, четко прослеживается стремление к выбору наиболее благоприятных вариантов в отношении геологических условий проходки. Предпочтение отдается строительству тоннелей в устойчивых породах. Чтобы избежать проходки в слишком крепких или неустойчивых грунтах идут, если потребуются, на проектирование трассы с кривыми в плане и даже на увеличение длины тоннелей (например, строительство двух параллельных Зеелизбергских тоннелей длиной по 9292 м).

В практике швейцарского тоннелестроения начато практически повсеместное применение в качестве временной крепи металлических анкеров. В более тяжелых геологических условиях, параллельно с анкерным креплением, применяются металлические арки, которые обычно замонтированы при возведении постоянной обделки. Широкое применение находит набрызг-бетон, как в качестве временной крепи, так и подготовительного слоя для устройства гидроизоляции.

В конструктивном отношении предпочтение отдается тоннельной обделке из монолитного бетона (сборная железобетонная обделка применяется только при щитовой проходке). Изготовление элементов обделки выполняется, как правило, на специально организуемых Neville, на специально организуемых Neville, на специально организуемых Neville, на специально организуемых Neville. Гидроизоляция в большинстве случаев выполняется из полиэтиленовой пленки (толщиной 2 мм). Ее помещают между слоем набрызг-бетона, нанесенного на поверхность выработки, и монолитной бетонной обделкой.