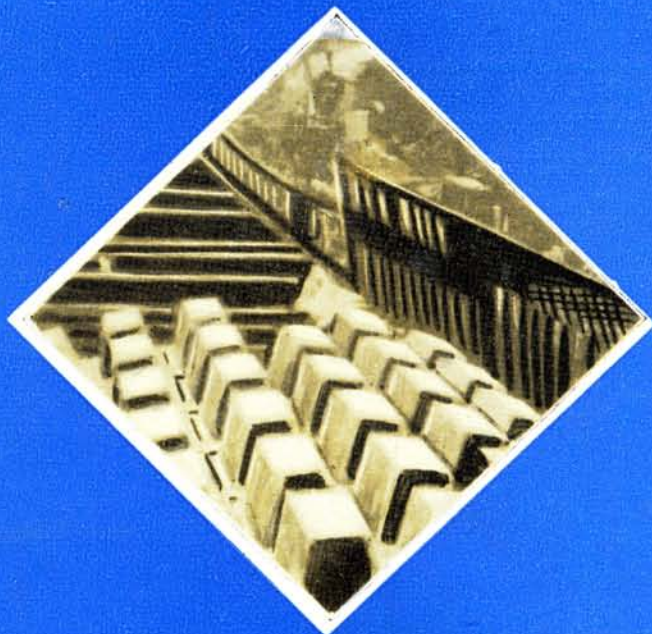
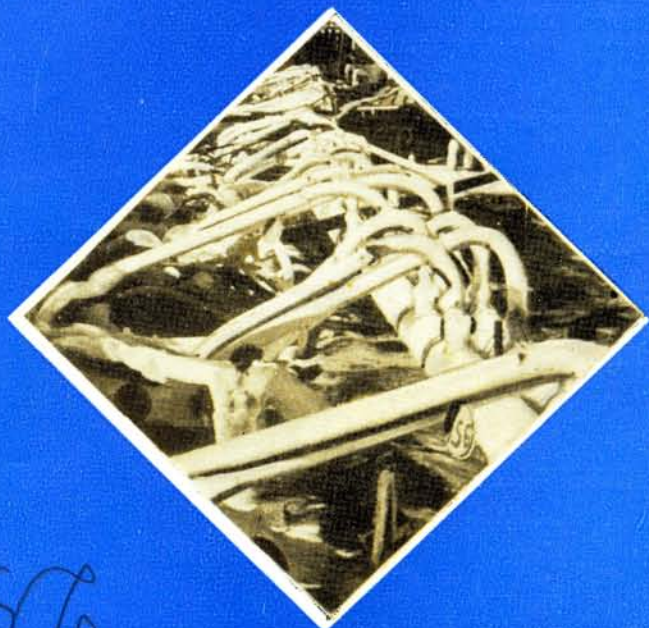


ЭКЗ. ЧИТ. 3212



МЕТРОСТРОЙ



5 · 1975

Е.С.Г.

ИНФОРМАЦИОННЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
СБОРНИК

№ 5

«МЕТРОСТРОЙ»

1975 г.

Издание
Московского
метростроя
и издательства
«Московская правда»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Е. Д. РЕЗНИЧЕНКО [редактор], А. С. БАКУЛИН, Г. А. БРАТЧУН, П. А. ВАСЮКОВ, С. Н. ВЛАСОВ, Б. П. ВОРОНОВ, А. Ф. ДЕНИЩЕНКО, В. М. КАПУСТИН, Ю. А. КОШЕЛЕВ, А. С. ЛУГОВЦОВ, В. Л. МАКОВСКИЙ, Б. П. ПАЧУЛИЯ, С. А. ПОНОМАРЕНКО, В. И. РАЗМЕРОВ, П. А. РУСАКОВ, А. И. СЕМЕНОВ, В. В. ЯКОБС, И. М. ЯКОБСОН

Издательство «Московская правда»

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

Технический редактор А. Милюевский.

Л 34462 Сдано в набор 3/VI—75 г.

Подписано к печати 8/VII—75 г.

Объем 4 п. л.

Тир. 5000

Бумага тифдручная 60×90¹/₈.

Зак. 2117

Цена 30 коп.

Типография изд-ва «Московская правда»

В НОМЕРЕ:

- В. ЯКОБС.** О повышении эффективности строительства. 1
- Сооружение Калининского радиуса. 4
- Н. КАРАСЕВ.** На новом участке Рижского радиуса. 6
- В. ВОЛКОВ, С. ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ.** На строительстве односводчатой станции «Сходненская». 8
- В. БЕЛЯЕВ.** Из практики кессонных работ. 10
- Г. БОГОМОЛОВ, П. ВАСЮКОВ, Б. СОСУНОВ.** Гидрозабойка шпуров при проведении буровзрывных работ. 12
- П. ПАШКОВ, А. ЗАХАРОВСКИЙ, А. ЗИНЬКОВСКАЯ.** Рациональное сочетание сборных и монолитных конструкций. 14
- Л. ЕРОФЕЕВ, Е. ШИРАЙ, Ю. КОШЕЛЕВ, О. ЗЕГЕ.** Механизация погружения и извлечения металлических свай, шпунта и труб. 16
- К. ТРОИЦКИЙ, Э. МАЛОЯН.** Параметры тампонажных цементно-бентонитовых растворов. 18
- В. ПУШКИН.** О пределах обжатия кольцевых тоннельных обделок в песчаный массив. 20
- Я. ТАТАРЖИНСКАЯ.** Конструкции и принципы архитектурной композиции станций Московского метрополитена. 22
- Г. ЯРОВ.** «Транспрогресс» — грузы и пассажиры... внутри поршня. 25
- Вслед за забоем. 26
- А. ДЗИДЗИГУРИ, С. МАЧАРАШВИЛИ, А. ГИОРГАДЗЕ.** Циркуляционные воздушные потоки в сооружениях Тбилисского метрополитена. 27
- Е. ДЕМЕШКО.** Метрополитен Вашингтона. 28
- В. БЕЛОЛИКОВ.** Тоннели в водонасыщенных песках. 30
- А. ПОЛЯНСКИЙ.** Двухвагонная моторная секция. 32

О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА

В. ЯКОБС, канд. техн. наук

ОТЕЧЕСТВЕННОЕ транспортное тоннелестроение, роль которого все больше возрастает, интенсивно развивается в направлении совершенствования горнопроходческого оборудования, создания новых конструкций тоннельных обделок, разработки и внедрения более прогрессивных технологических процессов. Успешное решение этих задач обеспечивает повышение скоростей проходки, а следовательно, и темпов сооружения тоннелей, снижает стоимость выполняемых работ и их трудоемкость.

За последние годы производственные, проектно-конструкторские и научно-исследовательские организации Минтрансстроя создали ряд новых тоннельных машин и механизмов, разработали прогрессивные типы конструкций, усовершенствовали технологию производства работ.

Созданы механизированные проходческие щитовые агрегаты для сооружения перегонных тоннелей метрополитенов ЩН-1 и ЩМР-1 в породах средней крепости и глинистых грунтах; щит ЩМ-17 для работы в неустойчивых песчаных породах; агрегат ТЩБ-5,9 для проходки в слабых грунтах с монолитно-прессованной обделкой; механизированный щит ММЩ-1 для пород крепостью от 80 до 800 кг/см² с монолитно-прессованной обделкой (с комплексом ТЩ-5-3); механизированный щит для проходки в плотных глинах типа КТ-1-5,6 (усиленный ленинградский).

Более совершенными стали тюбингоукладчики для возведения обделок перегонных тоннелей и станций, их применение улучшило условия труда на монтаже обделок и разработке породы в тоннелях. Для сооружения путевых и средних тоннелей станций колонного типа, например, применяются новые блокоукладчики ТУ-2гп и ТУ-4гп. Перегонные усовершенствованные блокоукладчики типа ТУ-1гп и ТУ-7 предназначены для возведения обделок, обжатых в породу. Модернизированы механизированные проходческие комплексы за тюбингоукладчиками, например, типа КМ-24 для проходки перегонных тоннелей в грунтах средней крепости. Для прокладки тоннелей в песчаных грунтах с обжатой в породу обделкой созданы укладчик с комплексом типа

КМ-19, для станционных тоннелей — комплексы КМ-36 (на станциях колонного типа) и КМ-15 и КМ-38 (на пилонных станциях).

Усовершенствован тюбингоукладчик типа ТНУ для сооружения эскалаторных тоннелей диаметром обделки 7,5 и 9,9 м. При сооружении станций открытым способом применяются козловые краны ККТС-20 грузоподъемностью 20 т с пролетом 40 м.

Применены также механизированные переставные металлические тоннельные опалубки и буровые рамы для сооружения горных тоннелей различных сечений. Созданы комплексы механизмов и оборудование для проходки шахтных стволов с тиксотропной рубашкой.

Парк механизации тоннельных работ пополнился также породопогрузочными машинами, электровазми, насосами, кранами, автомобилями грузоподъемностью до 12 т и др.

При сооружении в Москве станций глубокого заложения колонного типа «Пушкинская» и «Кузнецкий мост» применены конструктивные элементы из чугуна с клинчатыми перемычками. Размеры среднего зала увеличены по ширине до 8,2 м, высоте до 6,3 м при шаге колонн 5,25 м с расширением пассажирской платформы до 16,1 м.

В Ленинграде на сооружении станций «Лесная» и «Выборгская» применены новые конструкции колонных станций из сборного железобетона с металлическими колоннами и верхними прогонами и монолитными железобетонными с нижними прогонами. На станциях глубокого заложения «Площадь Мужества» и «Политехническая» внедрены односводчатые конструкции из сборного железобетона с обжатием обделки верхнего свода и лотка в породу.

В Харькове, Ташкенте и Москве сооружены и строятся станции односводчатого типа мелкого заложения из монолитного железобетона, которые позволяют разместить под одним сводом и пристанционные вспомогательные сооружения.

На Московском Метрострое внедрена облегченная чугунная обделка для перегонных тоннелей, вес которой снижен с 5,4 т до 4,8, а также конст-

рукция плоского лотка, сочетающая чугунную плиту с железобетоном. Такая конструкция применена также и на станционных тоннелях с расширением ее использования для боковых тубингов, прилегающих к лотковой части тоннельных обделок. Это позволило снизить вес чугуна почти на 1 тыс. тонн на станции.

В Ленинграде в условиях глинистых пород начали внедрять конструкции сборной железобетонной обделки перегонного тоннеля из блоков сплошного сечения (без ребер), обжатых в породу. В Москве в песчаных грунтах в порядке опыта также была применена конструкция обжатой обделки.

Опробован новый технологический процесс сооружения тоннелей с монолитно-прессованной бетонной обделкой в неустойчивых грунтах. В Москве по такой технологии сооружен один из перегонных тоннелей Краснопресненского радиуса. Эта работа была удостоена Государственной премии.

При сооружении колонных станций мелкого заложения используются укрупненные элементы с увеличением шага колонн до 6 м. Новые конструкции цельносекционных обделок начали применять в строительстве перегонных тоннелей, сооружаемых открытым способом. При этом размеры секции по длине тоннеля составляют в Харькове 1 м, в Тбилиси — 1,5 м. В Баку, Харькове и Москве для гидроизоляции внедряют покрытие утяжеленным материалом — гидростеклоизолом, что освобождает от необходимости использовать горячие битумные мастики. Для заделки швов тоннельных обделок взамен дефицитного расширяющегося цемента внедрен безусадочный уплотняющий состав (БУС).

В процессе выполнения работ, требующих специальных способов, применяется новая технология и оборудование по скоростному бурению замораживающих скважин под углом 30° к горизонту для эскалаторных тоннелей с использованием высокоэффективных бурильных установок с обратной промывкой скважин. Применен новый способ замораживания грунтов под дном водотока при помощи блочных секций из замораживающих трубопроводов. В Ленинграде впервые в тоннелестроении для замораживания грунтов используют жидкий азот.

Однако необходимо отметить, что общий уровень механизации тоннельных работ пока еще недостаточен. Например, удельный вес ручного труда при разработке породы и возведении обделок в условиях проходки закрытым способом составляет 34%. Это бесщитовая проходка тоннелей камер и станций горным способом, установка арматуры и опалубок, а также бетонирование конструкций в тоннелях, откатка породы и доставка материалов в зоне забоя, кирпичная кладка стен и т. п.

В условиях сооружения тоннелей открытым способом работы, выполняемые вручную, достигают в общих трудовых затратах 65%. К этим работам относятся: подбор грунта в котлованах (у стен и в лотке), обратная засыпка конструкций, деревянная забирка между сваями, омоноличивание стыков, гидроизоляционные работы, защита гидроизоляции и т. д.

Недостаточно механизированы укладка путей в тоннеле и отделочные работы.

Имеющийся парк тоннельных механизмов щитовой проходки состоит из многих типов машин различной (пока еще недостаточной) производительности. Мощности большинства щитовых агрегатов еще полностью не освоены. По этим причинам и достигнутые скорости проходки ниже проектных. Подготовка фронта тоннельных работ задерживается еще и из-за перекладки множества подземных городских коммуникаций (на мелком заложении), а также вследствие несвоевременной поставки материалов для тоннельных обделок. К тому же стоимость эксплуатации сложных и металлоемких проходческих агрегатов очень высока, что препятствует снижению себестоимости выполняемых работ.

При сооружении тоннелей в водоносных неустойчивых породах до сих пор широко применяется трудоемкий и дорогой кессонный способ. В связи с этим весьма актуальна задача замены этого способа более эффективным. В настоящее время ведется проектирование нового проходческого механизированного агрегата с призабойной кессонной камерой. Его использование позволит снизить трудоемкость работ на 16—17 тыс. чел.-дней на каждый километр тоннеля.

Сооружение тоннелей открытым способом ведется в котлованах с креплением стен металлическими сваями или же с разрытием котлованов с откосами, вывозом излишней породы на свалки с последующим обратным завозом ее для засыпки конструкций. В связи с этим начата разработка механизированного агрегата с подвижной металлической крепью. Его внедрение позволит обойтись без свайного крепления и излишней разработки грунта и снизить трудовые затраты на проходке тоннеля на 8,4 тыс. чел.-дней, уменьшив расход металлопроката на 1,5—1,8 тыс. тонн.

При сооружении тоннелей в плотных, но легко разрабатываемых грунтах (например, в лессовых и глинистых), неэффективно применять тяжелые щитовые агрегаты, особенно при проходке закрытым способом на мелком заложении. В связи с этим целесообразно создать облегченные агрегаты для разрушения породы в забое и оконтуривания выработок с целью использовать обжатую в породу обделку, избежав нагнетания. Конструкция подобного агрегата в настоящее время разрабатывается. Предполагается, что его применение снизит трудовые затраты до 10 тыс. чел.-дней.

Весьма трудоемка проходка выработок станций $\varnothing 8,5$ м горным буровзрывным способом. Разрабатывается механизированный способ выполнения этих работ путем встраивания в тубингоукладчик проходческих комбайнов со стреловым рабочим органом для разрушения породы, что снизит затраты труда на проходке до 6 тыс. чел.-дней на каждую станцию.

Разработка породы в верхней части односводчатых станций, сооружаемых закрытым способом, ведется пока вручную, отбойными молотками. В настоящее время создается механизм для разрушения породы с оконтуриванием выработки, применение которого снизит трудовые затраты на 2,5—2,6 тыс. чел.-дней на одну станцию.

При проходке эскалаторных тоннелей значительная часть породы в забое (а в лотке — полностью)

грузится вручную. На основе опытной породопрогрузочной машины, разработанной ПКБ Главстроймеханизации и испытанной на Киевметрострое, создается агрегат, совмещенный с тьюбингоукладчиком. Его применение снизит трудовые затраты примерно на 400 чел.-дней.

Сооружение станций открытым способом требует большого расхода металла для крепления стен котлована. Но в соответствующих климатических условиях вместо металлических свай целесообразно возводить конструкции методом «стена в грунте».

При сооружении транспортных железнодорожных тоннелей в слабоустойчивых грунтах и на припортовых участках обычно применяют щиты очертания Д-8,5 м с чугунной обделкой. Однако, чтобы возводить обделки различных внешних габаритов подковообразного очертания (в зависимости от величины горного давления), на этих работах целесообразнее использовать механизированные щиты арочного типа с переменным внешним габаритом для возведения вслед за проходкой монолитной бетонной обделки. Это повышает темпы проходки и снижает затраты труда на крепление выработок.

При искусственном замораживании грунтов значительна трудоемкость и стоимость бурения вертикальных скважин. Создание специальной установки для бурения горизонтальных скважин в 1,5—2 раза снизит объем работ и расход холода на замораживание грунтов. Это даст возможность вместо замораживания всего массива породы в зоне над тоннелем и в зоне его сечения ограничиваться закреплением холодом лишь кольцевого контура.

Существенно и то, что процесс замораживания слишком длителен (1,5—2 месяца) и весьма велик объем работ по монтажу холодильной установки и коммуникаций для замораживающих скважин. В связи с этим целесообразно применять безрассольное низкотемпературное замораживание путем испарения хладагента (жидкого азота) в трубах с доведением температуры до минус 190°С. Этот способ очень эффективен и заслуживает широкого использования. Хорошо зарекомендовали себя и мобильные замораживающие установки, агрегированные на автомобилях, успешно примененные на проходке одной из шахт Московского Метростроя.

Бурение замораживающих и водопонижающих скважин под различными углами в плане к горизонту осуществляется станками ТУМБ для скважин под углом 30°. Между тем целесообразно бурить скважины под любыми углами, уменьшая таким образом объем работ по вертикальному бурению. Очевидно с этой целью необходимо создание соответствующих станков.

Щитовая проходка тоннелей в слабых грунтах вынуждает применять сплошную шандорную крепь, что, резко снижая темпы работ, не гарантирует от обрушения забой и от осадок поверхности. В связи с этим целесообразно широко внедрять технологию химического закрепления притоннельной и надтоннельной зон из забоя. Это обезопасит выполнение горных работ в городских условиях. Соответствующее оборудование можно разработать на основе опыта Харьковметростроя.

Работы по укладке пути в тоннелях метрополитена в настоящее время выполняются в основном

вручную. Для производства путеукладочных и подготовительных работ необходимо создать постоянную механизированную базу, которая занималась бы разработкой и внедрением специальных механизмов и приспособлений, в том числе и для укладки третьего рельса.

В области совершенствования тоннельных конструкций основные технические решения должны быть направлены на создание более эффективных обделок, резкого снижения их металлоемкости, трудоемкости возведения, а следовательно, и их удешевления.

В настоящее время для обделок перегонных тоннелей расходуются много чугуна. В зависимости от гидрогеологических условий вес обделок составляет от 4,8 до 7,4 т на каждый метр тоннеля, а для станционных конструкций — от 20 до 25 т. В ближайшие годы будут разработаны и внедрены облегченные обделки из высокопрочного модифицированного и синтетического чугуна. Вес таких обделок для перегонных тоннелей может быть снижен до 3—3,5 т на каждый метр.

Предусматривается ввести облегченные чугунные конструкции и для станционных тоннелей (преимущественно для колонных и как исключение пилоновых). Целесообразно также разрабатывать и внедрять облегченные конструкции из чугуна для односводчатых станций, сводя к минимуму типоразмеры элементов обделки свода. Следует совершенствовать и сборные железобетонные обделки односводчатых станций, используя решения, примененные в Ленинграде на станциях «Площадь Мужества» и «Политехническая».

Для станций, сооружаемых открытым способом, целесообразно разработанное Метрогипротрансом конструктивное решение односводчатого типа со сборной железобетонной сводовой частью. Такое решение резко сокращает трудовые затраты по сравнению с устройством монолитного армированного свода.

В строительстве притоннельных и межтоннельных вспомогательных сооружений для постоянных устройств метрополитена (перекачка, санузлы, сбойки и т. п.) нужно перейти на сборные железобетонные конструкции с встроенной в заводских условиях металлоизоляцией из стальных листов, как это предложило СМУ-7 Московского Метростроя.

Качество тоннельных конструкций значительно повысится с переходом на более плотные бетонные смеси с использованием напрягающего цемента (НЦ), разработанного НИИЖБом. Этот вид цемента, обладающий высокой трещиностойкостью, целесообразно использовать для нагнетания и чеканки швов в тоннелях. В настоящее время он изготовляется в опытном порядке, и на Мосметрострое изучаются возможности его широкого использования.

Следует значительно шире пользоваться новыми видами рулонных безмастичных материалов типа гидростеклоизола, а также вести разработку заводских мастичных покрытий для изоляции швов в тоннелях, исключаящих трещинообразование. В тоннелях мелкого заложения, при небольшом гидростатическом напоре (до 0,5 ати), следует использовать аэрированные растворы, наносимые механизированным способом.

СООРУЖЕНИЕ КАЛИНИНСКОГО РАДИУСА

НА КАЛИНИНСКОМ радиусе сооружаются шахтные стволы, станции и депо открытым способом. Начинается радиус от Таганской площади и прокладывается до жилого района Новогиреево. На трассе будет построено шесть станций, из них четыре глубокого заложения — в известняках, мергелях, глинах и две мелкого — в четвертичных отложениях, выраженных суглинками, супесями, песками.

Станция «Марксистская» расположена возле Таганской площади; «Площадь Ильича» — под одноименной площадью; «Авиамоторная» на месте пересечения улицы Авиамоторная с шоссе Энтузиастов; «Шоссе Энтузиастов» — на пересечении одноименного шоссе с Электродной улицей; «Перово» — на скрещивании Зеленого проспекта со 2-й Владимирской улицей и «Новогиреево» — на стыке Зеленого и Свободного проспектов.

Для строительства станций глубокого заложения сооружены четыре шахтных ствола. О проходке каждого из них рассказывают начальники участков.

А. Крюков, начальник участка СМУ-6:

— Ствол нашей шахты сооружен еще в 40-х годах. Он был предназначен для строительства станции «Таганская»-кольцевая. Коллективу СМУ-6 пришлось его несколько углубить, чтобы выйти на трассу Калининского радиуса. До начала проходки был сооружен надшахтный комплекс: тубинговый копер, механизированная бункерная эстакада, машинное здание и др. На строительной площадке смонтировали козловый кран грузоподъемностью 10 т.

Углубление шахтного ствола производилось в известняках буровзрывным способом с откачкой воды до 70 м³/час. Когда глубину ствола довели до проектной отметки, построили несколько метров рудничного двора. Затем приступили к переоборудованию бадьевого подъема на клетевой. В настоящее время строители вышли на трассу.

В. Чуркин, начальник участка СМУ-8:

— Поскольку проходку нашего шахтного ствола должны были вести в водонасыщенных песках и в известняках с большими притоками подземных вод, коллектив строителей СМУ-8 решил сооружать его способом искусственного замораживания.

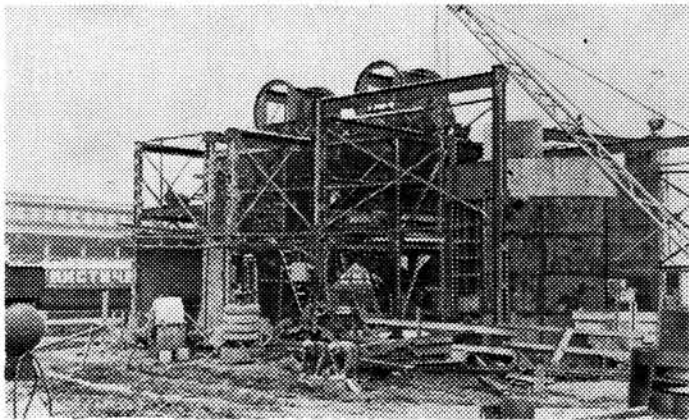
С этой целью соорудили форшахту для размещения в ней распределительных и коллекторных труб.

Грунт форшахты разрабатывали экскаватором с ковшом емкостью 0,6 м³. Породу крепили с применением обсадных труб и затяжки из досок. Затем собрали четыре тубинговых кольца. Для замораживания грунтов пробурили 28 рабочих, 4 гидрогеологических и 3 термометрических скважины. В целях сокращения сроков монтажа замораживающей станции впервые на Московском Метрострое применили передвижные замораживающие установки ПХС-100, смонтированные на двух металлических платформах на колесном ходу.

Замораживающая установка ПХУ-50 состоит из двух компрессоров (хладоагент фреон) типа П-220 холодопроизводительностью 175000 ккал/час, двух электродвигателей мощностью по 75 квт, двух испарителей, двух конденсаторов, двух насосов производительностью каждый 90 м³/ч с электродвигателем 30 квт и сети трубопроводов.

Ледогрунтовой контур шахтного ствола образовался через 14 дней работы замораживающей станции при температуре поступающего рассола в скважины минус 28°, выходе — 26°. Затем замораживающая установка была переведена на работу в две смены.

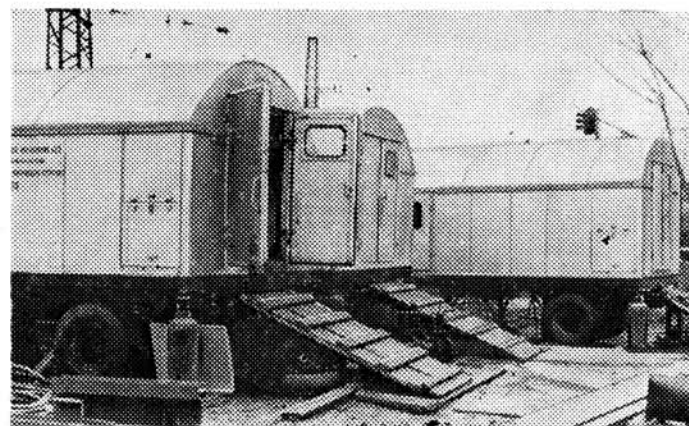
Замораживание грунтов вело СУ-29 Треста горнопроходческих работ № 2. В дальнейшем приступили к монтажу козлового крана грузоподъемностью 10 т и возведению постоянного надшахтного комплекса сооружений: тубингового копра, бункерной



Монтаж надшахтного комплекса (СМУ-8)



Металлический полон форшахты, с которой производится монтаж тубинговых колец (СМУ-5)



Передвижные замораживающие установки

эстакады, машинного здания для проходки шахтного ствола на полную глубину.

Г. Гликин, начальник участка СМУ-5:

— Шахтный ствол в неустойчивых водонасыщенных грунтах коллектив СМУ-5 проходил способом опускной крепи в тиксотропной рубашке. Для обеспечения вертикальности опускной крепи возвели форшахту с воротником. Для этого экскаватором, оборудованным драглайном с ковшом емкостью 0,6 м³, разработали котлован на глубину 5 м диаметром 12,5 м и уложили 250 м³ бетона. Наружный диаметр форшахты — 10 м, внутренний — 6,4, воротник — 12 м. Затем собрали ножевую часть крепи из листовой стали H — 1,1 м толщиной 16 мм (нож полый с заполнением цементно-песчаным раствором) и смонтировали три тубинговых кольца. Ножевое кольцо соприкасалось с породой, а тубинговые собирали отступя на 15 см от грунта для заполнения полости глинистым раствором. Для проходки шахты в пересекающих водонасыщенных грунтах — супесях, песках и юрских глинах над форшахтой смонтировали конструкцию из балок № 55 с консольной обвязкой на металлических стойках и с нижней обвязкой и погружением в бетон для упора шести гидравлических домкратов. Работу их обеспечивал насос типа $H-403$, Q — 35 л/мин. с электродвигателем мощностью 23,5 квт. Для приготовления глинистого раствора удельным весом 1,2 т/м³ над форшахтой смонтировали глиномешалку.

Породу разрабатывали четырехлопастным грейфером, подвешенным к стреловому крану грузоподъемностью 20 т. Одновременно с выемкой породы работали щитовые домкраты под давлением до 250 ати. Чтобы предотвратить поступление в забой пльвунов, уровень глинистого раствора был ниже верха крепи, а горизонт воды в стволе — на уровне грунтовых вод. Тубинговые кольца монтировали сверху опускной крепи внутри форшахты с металлического полка, имевшего ограждение. Скорость проходки составляла 1 м в смену.

После демонтажа оборудования для проходки шахтного ствола способом опускной крепи начали возводить надшахтный комплекс сооружений. Затем начнется проходка ствола обычным способом, с подводкой тубинговых колец снизу.

В. Казьмин, начальник участка СМУ-10:

— Строители СМУ-10 будут вести проходку шахтного ствола опускной крепью в тиксотропной рубашке до крепких пород. Для строительства форшахты разработали котлован на глубину 4 м диаметром 12,5, затем уложили бетон в объеме 280 м³. Наружный диаметр форшахты составляет 10 м, внутренний — 6,4, воротник — 12 м.

По маркшейдерским отметкам уложили на дно форшахты изготовленный из листовой стали нож толщиной 20 мм H — 1,1 м и смонтировали над ним три тубинговых кольца. Для продавливания опускной крепи над форшахтой соорудили металлическую конструкцию из балок № 55 с консолями l — 0,85 № 55 с обвязкой. Балки погрузили в бетон форшахты на 4 м с нижней обвязкой из балок

№ 45 для упора восьми гидравлических домкратов, работающих от насоса. Для приготовления глинистого раствора удельным весом 1,2 т/м³ изготовили глиномешалку и проложили от нее трубопроводы к форшахте для заполнения 15-см полости между породой и тубинговой крепью. Породу разрабатывали грейфером, подвешенным к стреловому крану, и одновременно погружали опускную крепь под давлением вначале 50 ат, затем постепенно увеличивая его.

По мере опускания крепи наращивали сверху тубинговые кольца с металлического полка, смонтированного внутри форшахты. После окончания проходки способом опускной крепи демонтировали оборудование и возводили постоянный надшахтный комплекс сооружений: копер, бункерную и материальные эстакады, машинное помещение для проходки ствола обычным способом с подводкой тубинговых колец снизу.

Параллельно с возведением надшахтных сооружений строили душкомбинат, механическую мастерскую и др.

В. Жохов, начальник участка ТО-6:

— Коллективу комсомольско-молодежного участка № 2 Тоннельного отряда № 6 предстоит построить станцию «Перово» в неустойчивых породах (супеси и водонасыщенные пески).

До начала работ будут забиты металлические сваи и произведено искусственное понижение уровня грунтовых вод.

Конструкция станции колонного типа с увеличенным шагом колонн до 7,5 м нашим коллективом будет возводиться впервые.

В настоящее время идет освоение строительной площадки: выставляется ограждение, строятся подъезды, подсобные и другие помещения.

Ю. Фокин, начальник участка СМУ-11:

— Нам предстоит соорудить станцию и депо «Новогиреево». Конструкция станции будет колонного типа с увеличенным шагом колонн — 7,5 м.

После перекладки трамвайной линии начнется освоение строительной площадки.

Сейчас вокруг депо «Новогиреево» выставлено ограждение, строится душкомбинат и другие помещения.

НА НОВОМ УЧАСТКЕ РИЖСКОГО РАДИУСА

Н. КАРАСЕВ, инженер

СТРОЯЩИЙСЯ участок Рижского радиуса Московского метрополитена от станции «ВДНХ» до станции «Медведково» соединит район ВДНХ с новым жилым массивом. Трасса начинается от тупиков главных путей за станцией «ВДНХ» и принята подземной на всем протяжении 8,3 км, из которых — 2,3 глубокого заложения, остальные — 6 км — мелкого.

Участок линии проходит в районе густой городской застройки с множеством подземных коммуникаций, трижды пересекает желез-

нодорожные пути и дважды — реку Яузу.

На линии запроектированы четыре станции: «Ростокинская» — вблизи Малого кольца Московской железной дороги и начала Снежной улицы; «Свиблово» — в конце Снежной улицы на пересечении с Игральным проездом; «Бабушкинская», расположенная на перекрестке Енисейской улицы с улицей Менжинского; и конечная станция «Медведково» — на пересечении улиц Грекова и Широкой.

Перегонные тоннели и станции

на большей части трассы сооружаются мелкого заложения в водонасыщенных песках, местами в глинистых породах с включением щебня, гравия и гальки.

На участках трассы глубокого заложения чередуются породы каменноугольной и юрской систем — глины, мергели, известняки.

Перегонные тоннели глубокого заложения сооружаются через два шахтных ствола.

Часть участка будет проходить кессоном и с предварительным водопонижением эжек-

торными иглофильтрами 2¹/₂" или скважинами с глубинными насосами.

Обделка перегонных тоннелей глубокого заложения запроектирована из чугунных тубингов Д-5,5 м с плоским лотком. Откатка грунта предусмотрена контактными электровозами типа 7 КР-600 в вагонах емкостью 1,5 м³, доставка в забой материалов — песка, цемента и др. в вагонетках опрокидного типа емкостью 1,1 м³.

Вентиляция тоннелей осуществляется приточно-вытяжной системой через трубы Д-600 мм. Вентиляторы установлены возле шахтных стволов или вмонтированы в вентиляционные трубы.

Станции сооружаются открытым способом в котлованах.

Разработка котлованов осуществляется с помощью стреловых кранов, оборудованных ковшами-драглайнами емкостью 0,6 м³. Грунт подается к драглайнам бульдозерами. Котлованы крепятся металлическими и буронабивными сваями, незначительная часть выполняется с откосами. Водопонижение ведется глубинными насосами типов ЭЦВ-6 и ЭЦВ-8, иглофильтровыми установками ЛИУ-5 и открытым водотливом.

Станции колонного типа представляют собой в поперечном сечении трехпролетную рамную конструкцию с шагом колонн 6 м и шириной платформы 10 м.

Монтаж сборных железобетонных элементов — блоков перекрытия, прогонов, стеновых блоков, колонн с башмаками и лотка будет выполняться 20-т козловым краном ККТС-20.

Станция «Ростокинская» имеет два выхода: северный — с подземным вестибюлем и лестничными входами и южный — с наземным вестибюлем у входа в Главный Ботанический сад. Южный вестибюль будет соединен с плат-

формой станции тремя эскалаторами типа ЛТ-5.

Станция «Свиблово» запроектирована с двумя подземными вестибюлями, с подуличными переходами и лестничными входами. Подземные вестибюли соединены с платформой станции лестницами.

«Бабушкинская» будет иметь два подземных вестибюля с подуличными переходами и лестничными входами по обе стороны Енисейской улицы. Выход на поверхность запроектирован из северного вестибюля по лестнице, из южного — тремя эскалаторами ЛТ-5.

Станция «Медведково» строится с двумя наземными вестибюлями по обе стороны улицы Широкой, северный вестибюль соединяется с платформой станции тремя эскалаторами ЛТ-5, южный — лестницей.

На участке между станциями «Ростокинская» и «Свиблово» запроектировано опытное водопонижение через ряд дренажных скважин.

Возведение обделки перегонных тоннелей осуществляется из сборных железобетонных элементов прямоугольного сечения и цельносекционной (длиной секций 1,5 м) с помощью пневмоколесных кранов различной грузоподъемности.

При пересечении трассы вблизи станции «Медведково» с Яузой русло реки отводится в железобетонный желоб, уложенный на готовую конструкцию тоннеля. Затем на освободившемся участке русла реки сооружается перегонный тоннель.

Для оборота поездов и отстоя вагонов с пунктом технического осмотра за конечной станцией «Медведково» возводится четырехпутный тоннель из железобетонных элементов.

На новой линии внедряется ряд прогрессивных технических реше-

ний, повышающих эксплуатационные качества метрополитена. Так, в целях снижения шума и вибрации предусматривается применение через каждые 200—250 м клеболтовых изолирующих стыков, снижающих ударное воздействие более чем вдвое; контактный рельс закрывается коробом из стеклопластика вместо деревянного; станционные платформы будут выполнены из укрупненных железобетонных элементов.

Участок оборудуется устройствами СЦБ, рассчитанными на пропуск 40 пар шестивагонных поездов в час. В перспективе на линии будет курсировать 40 пар восьмивагонных поездов.

Линия оснащается устройством автоуправления поездов по системе САММ всех видов связи, громкоговорящим оповещением и промышленным телевидением.

Электроснабжение предусмотрено по децентрализованной системе питания тяговой сети от пяти подземных понизительных подстанций и одной наземной тяговой, расположенной на территории депо.

Система вентиляции оборудуется новыми осевыми агрегатами ВОМД-24. При входах в вестибюли устраиваются воздушно-тепловые завесы.

Станции и вестибюли предусматривается облицевать мрамором, гранитом и керамической плиткой с элементами тематического содержания, которые дополняют архитектурное оформление, а люминесцентное освещение усилит общую выразительность интерьеров станций.

После ввода в эксплуатацию длина линии между станциями «Беляево» и «Медведково» составит 31,6 км. Время движения поездов между ними — 47,6 мин., в обратном направлении — 48,2 мин.

ЧТО ПОКАЗАЛИ НАТУРНЫЕ СЪЕМКИ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ОБДЕЛКИ

В. ВОЛКОВ, д-р техн. наук, профессор;
С. ПРЕОБРАЖЕНСКИЙ, инженер

НА П ОЧЕРЕДИ Краснопресненского радиуса открытым способом ведется сооружение односводчатой станции «Сходненская»*. 8 апреля 1975 года забетонированы последние 6 пог. м свода станции. Впереди окончание гидронизоляционных работ и осуществление обратной засыпки.

Для совершенствования технологии возведения и исследования напряженно-деформированного состояния станции в процессе ее строительства СМУ-3 Метростроя и МИИТом при участии ЦНИИСКА (Центрального научно-исследовательского института строительных конструкций им. Кучеренко) совместно ведутся натурные съемки напряжений и деформаций в обделке. Реализация этой задачи осуществляется следующими способами измерений (рис. 1).

Для определения контактного давления на обделку установлены грунтовые динамометры струнного типа 1, позво-

ляющие вести фиксирование изменения давления с точностью до $0,02 \text{ кг/см}^2$ и отличающиеся высокой стабильностью характеристик во времени. Показания данных грунтовых динамометров прослушиваются с помощью прибора ЦС-5.

Для определения деформаций и соответственно напряжений в арматуре конструкции обделки установлены проводниковые петлевые тензорезисторы 2 с базой 20 мм. Для защиты тензорезисторов от воздействия влаги произведена их гидроизоляция с помощью эпоксидного клея.

Для съемок показаний по тензорезисторам используется автоматический измеритель АИД-2 м с переключателем.

Чтобы определить напряжения по внутренней контуре обделки, производятся измерения по мерным базам — 3 съемным индикатором с базой 600 мм.

Для непосредственного измерения нормальных напряжений сжатия в бетоне конструкции используются разработанные в ЦНИИСКе инженером И. Н. Гельфером ферритовые магнитоупругие датчики напряжений 4 (авторское свидетельство № 260257 б/н № 3 1970 г.).

Эти датчики представляют собой жесткие низкие цилиндры $\varnothing=20 \text{ мм}$, $h=9 \text{ мм}$ из феррита с модулем упругости $1 \times 10^6 \text{ кгс/см}^2$.

Для определения деформаций обделки в отдельных точках применяются прогибомеры Мокина 5, позволяющие вести измерения деформаций с точностью до $0,01 \text{ мм}$.

Деформации обделки по внутреннему контуру устанавливаются с помощью инструментальной теодолитной съемки.

Грунтовые динамометры, тензорезисторы на арматурных каркасах и мерные базы установлены в трех поперечных сечениях станции. Расстояние между сечениями по пикетажу 8 м. Наличие показаний в трех идентичных сечениях позволяет:

получить объемную картину работы конструкции;

производить статистическую обработку данных, имея несколько дублирующих показаний, с определенным исключением случайностей.

Для съемок показаний по грунтовым динамометрам, тензорезисторам и магнитоупругим датчикам соответствующие коммуникационные кабели выведены под платформу в специально оборудованное пультовое помещение 6. Благодаря этому съемки ведутся вне зависимости от погодных условий, производимых строительно-монтажных и отделочных работ. Кроме того, данный вывод коммуникаций дает возможность наблюдения за показаниями приборов в процессе эксплуатации сооружения.

Съемки прогибомерами Мокина и ин-

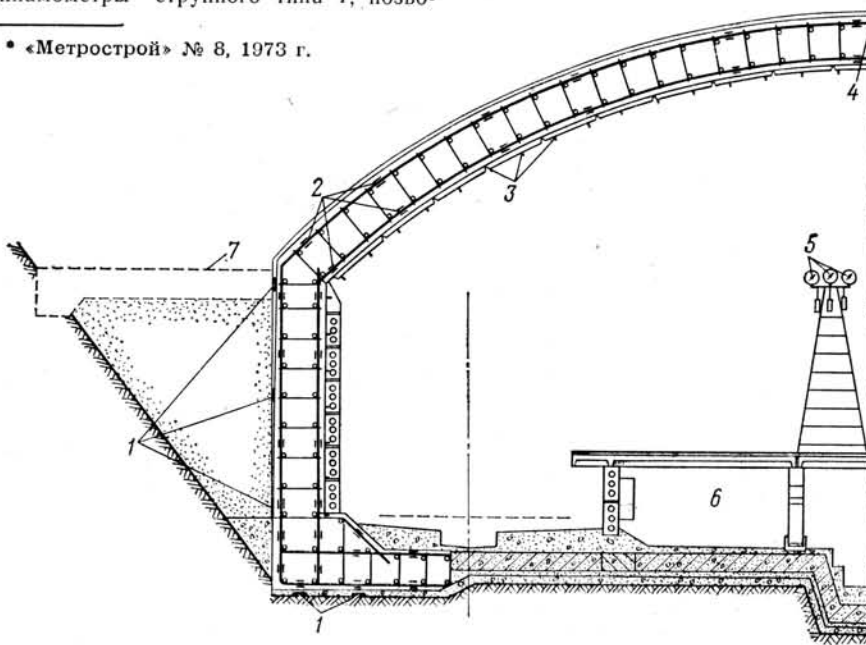


Рис. 1

* «Метрострой» № 8, 1973 г.

струментальные съемки деформаций отделки осуществляются на всем протяжении станции.

Широкий диапазон применяемых способов измерений, помимо решения основной задачи по исследованию работы конструкции односводчатой станции, дает возможность произвести оценку работ каждого из принятых видов измерения с методологической точки зрения.

Наряду с натурными съемками деформаций и напряжений уточнен расчет отделки с учетом конкретных условий строительства.

Благодаря указанной работе, произведенной в условиях непосредственного строительства, удалось добиться ряда практических результатов, реализованных на станции «Сходненская»:

увеличен шаг между арматурными каркасами. Это позволило сэкономить 60 т арматуры;

подтверждена целесообразность устройства бетонных распорок 7 (см. рис. 1), предусмотренных рабочим проектом. Объем бетона распорок 750 м³ М 100.

Благодаря дополнительным статическим загрузкам удалось определить ожидаемые деформации отделки после засыпки. Учитывая их величину и характер, начаты отделка и работы по устройству постоянных путей до завершения обратной засыпки конструкции. По существующей технологии отделочные работы на станциях метрополитена и устройство постоянных путей производятся после обратной засыпки конструкции.

Определение ожидаемых деформаций от обратной засыпки осуществлялось в такой последовательности:

принята расчетная схема отделки с учетом статического нагружения сосредоточенной нагрузкой (вариант № 1, рис. 2) и определены соответствующие деформации точек *a*, *b*, *c*. (δ_{pi}^1). Расчетная схема принята с максимально возмож-

ным учетом фактического состояния обратной засыпки на испытываемых участках;

определены деформации точек *a*, *b* и *c* при нагрузке от обратной засыпки (вариант № 2, рис. 2), δ_{pi}^2 ;

по варианту № 1 произведено статическое нагружение конструкции (рис. 2, а). Оно производилось в зоне сечений, соответствующих местам установки приборов измерения. Нагрузка прикладывалась стадийно, нагружение по варианту № 1 производилось так, что максимальные напряжения в бетоне и арматуре были ниже расчетных.

Полученные фактические деформации конструкции, измеренные приборами после статистической обработки, позволили построить эпюры деформаций отделки от статической нагрузки.

Фактические деформации определялись во времени. Деформации затухали и через 48 часов давали ничтожно малый прирост (0,01 мм за 24 последних часа), которым для поставленной практической задачи можно пренебречь, поэтому за основу взяты данные деформации через 48 часов с момента приложения нагрузки.

Фактические деформации оказались меньше расчетных. Это объясняется приближенностью принятых исходных данных для расчета;

для каждой из измеряемых точек получены соответствующие переходные коэффициенты K_i от расчетных данных к фактическим:

$$K_i = \frac{\delta_{fi}^1}{\delta_{pi}^1},$$

где δ_{fi}^1 — фактическая деформация точек (*a*, *b*, *c*) по варианту № 1,

δ_{pi}^1 — расчетная деформация точек (*a*, *b*, *c*) по варианту № 1.

С допущением, достаточным для решения поставленной задачи, имея расчетные деформации по варианту № 2 (см. рис. 2), могут быть получены прогнозируемые деформации в интересующем направлении для конкретных точек отделки:

$$\delta_i^2 = K_i \cdot \delta_{pi}^2,$$

где δ_i^2 — прогнозируемая деформация по варианту № 2 (обратная засыпка) точки *i*,

δ_{pi}^2 — расчетная деформация по варианту № 2 точки *i*,

K_i — переходной коэффициент.

По полученным таким образом данным построена эпюра прогнозируемых деформаций отделки от обратной засыпки (см. рис. 2).

Таблица прогнозируемых деформаций отделки от обратной засыпки:

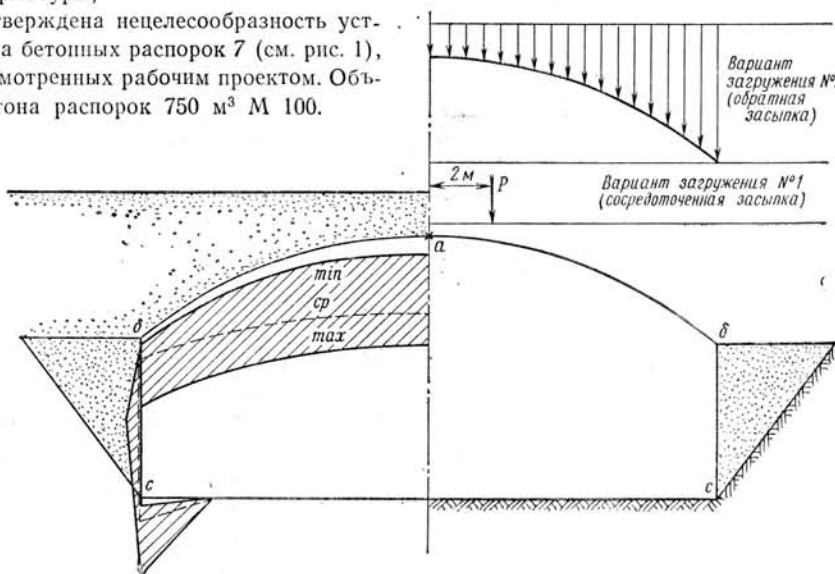


Рис. 2. Справа: расчетная схема и варианты нагружения. Слева: эпюра зоны прогнозируемых деформаций отделки

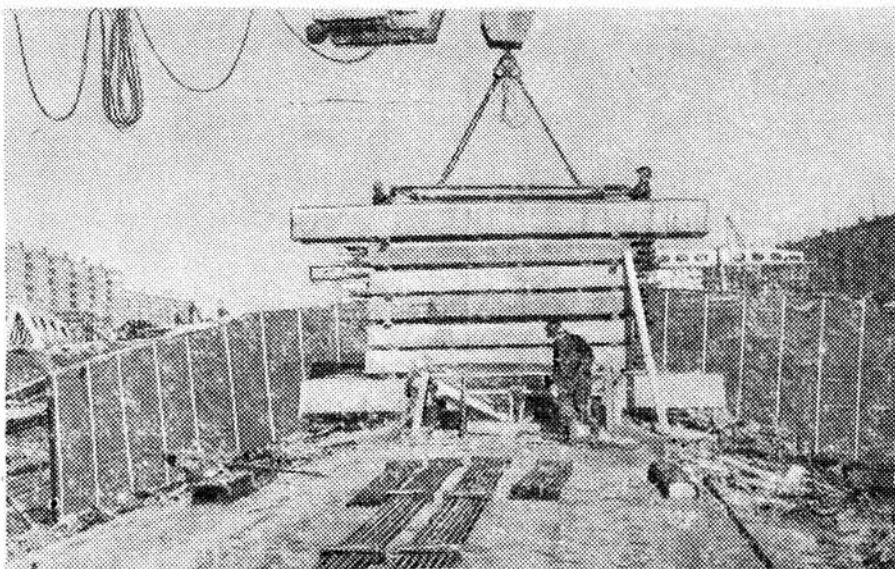


Рис. 2а

№№ точек	Направление деформаций	δ ср, мм	δ max, мм	δ min, мм
а	Вертикальное	2,02	3,03	0,67
	Горизонтальное	—	—	—
б	Вертикальное	0,70	2,57	0,24
	Горизонтальное	0,15	0,44	0
с	Вертикальное	0,70	2,57	0,24
	Горизонтальное	0	0	0

В результате начала работ по отделке и устройству постоянных путей до обратной засыпки время завершения работ на ст. «Сходненская» сократилось на 4 месяца, что явилось большим положительным фактором в пусковой период.

На основании проводимых измерений удалось внедрить технологию бетонирования свода двумя тележками «шахматным» методом (рис. 3).

Измеренные фактические деформации отделки в процессе бетонирования и при снятии опалубки (тележки) со свода оказались менее 5 мм, т. е. в пределах допускаемой точности работ при возведении железобетонных конструкций станции метрополитена.

Малая фактическая деформация отделки позволила уверенно подойти к стыкованию тележек и реализовать

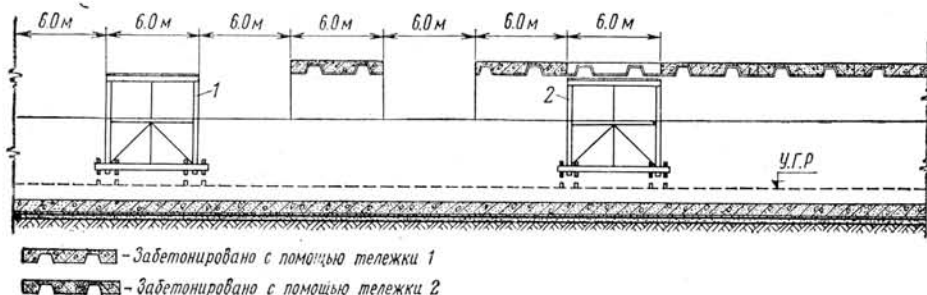


Рис. 3
1 — тележка 1; 2 — тележка 2

Наибольшие опасения перед началом работ вызывали осадки свода в процессе его возведения и связанные с этим вопросы стыкования заходок (в частности, вероятность больших уступов между заходками).

«шахматный» метод их перестановки (рис. 4).

Благодаря внедрению этого метода удалось сократить время сооружения свода на месяц.

Работы на станции «Сходненская» продолжаются.

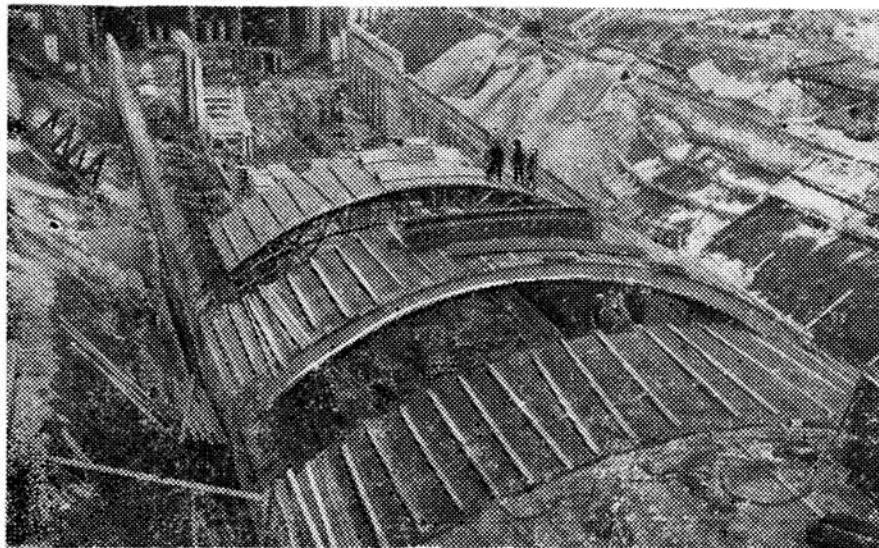


Рис. 4

Записки

маркшейдера

ИЗ ПРАКТИКИ КЕССОННЫХ РАБОТ

В. БЕЛЯЕВ

В ОДА, насыщающая пески, обычно движется вдоль древнего русла, однако степень влияния этого движения на положение подземных сооружений изучена мало.

В статье излагаются результаты наблюдений маркшейдерской службы на одной из крупных строек при опускании больших кессонов в водоносных песках у берегов многоводной реки.

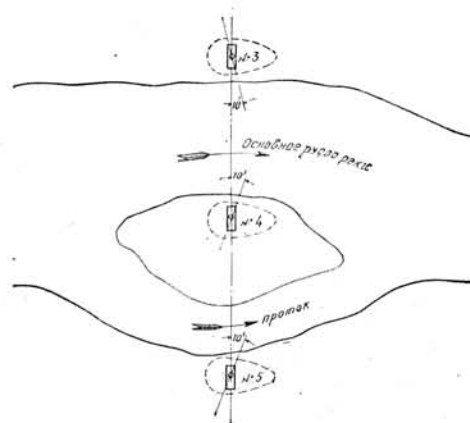


Рис. 1. Схема расположения кессона на берегах реки

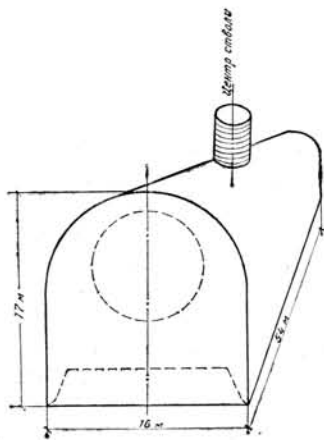


Рис. 2. Общий вид кессона

На многокилометровой ширине поймы в непосредственной близости от берегов основного русла и ее протока были намыты земснарядами три строительные площадки до уровня незатопляемости лаводковыми водами. На них расположились компрессорные станции, механические мастерские, душкомбинаты и другие сооружения. Но главным на каждой площадке было массивное железобетонное сооружение размером 16×54 м и высотой 17 м. По всей площади нижней части этой конструкции располагалась кессонная рабочая камера, оснащенная гидромониторами для размыва грунта. Выше находились секции с разнообразным технологическим оборудованием — проходческие щиты диаметром 8,2 м с тубингоукладчиками и гидромониторами, мощные землесосы для выбрасывания песчаной пульпы на поверхность, по две железобетонные кессонные перемычки с четырьмя шлюзами в каждой, малый кессонный (Филипповский) шлюзовой аппарат и др. Значительный вес всего сооружения с оборудованием увеличивался за счет ствола (чугунные кольца $\varnothing = 6$ м) при наращивании его по мере погружения кессона.

Опускание кессона до уровня грунтовых вод (соответствующего уровню зеркала воды в реке) шло без каких-либо осложнений. При дальнейшем погружении кессона маркшейдеры, которые вели непрерывные инструменталь-

ные наблюдения, стали замечать, что кессон смещается в сторону от своего проектного положения. Тогда пришли к выводу, что поток грунтовых вод, встречая на своем пути вертикальную преграду площадью 918 м^2 (54×17), стал оттеснять сооружение с проектной оси в направлении течения реки. Такое же явление было зафиксировано и на двух других кессонах. В целях его предотвращения искусственно был создан поперечный крен конструкции путем несимметричного подмыва песка гидромониторами под ножом кессона. Сохраняя крен, или, как сейчас принято называть «угол атаки», продолжали дальнейшее опускание кессона. В результате смещение удалось ликвидировать.

Одновременно при опускании кессонов был замечен разворот их вокруг вертикальной оси, совпадающей с осью ствола. Ствол, обжатый со всех сторон уплотненным песком, выданным землесосами в пульпе из-под ножа кессона, являлся своего рода шарниром, вокруг которого происходил разворот. Никаких методов борьбы с этим явлением не было.

После опускания кессона до проектной отметки маркшейдерская служба зафиксировала разворот всех трех кессонов в пределах 10 угловых минут, т. е. их торцы были смещены в разные стороны на 7—9 см; центр кессона (под стволом) остался на проектном положении. Характерно то, что развороты кессонов оказались в прямой связи с направлением течения реки: торцы конструкции, обращенные к руслу, сместились вниз по течению реки, противоположные — наоборот вверх.

На основании результатов маркшейдерских наблюдений можно сделать вывод, что в песках, залегающих в пойме этой реки, имеет место движение грунтовых вод и чем ближе к руслу, тем оно интенсивнее. Этим можно объяснить и общее смещение опускаемых кессонов и их развороты вокруг центральной точки, когда одна половина конструкции воспринимала давление более интенсивного течения, нежели вторая, лежащая по другую сторону ствола и удаленная от русла реки.

Величина бокового давления, оказываемая движущимися грунтовыми водами на сооружение, весьма ощутима.

Ведь общее смещение кессона в плане устранено путем применения искусственного крена конструкции при опускании, а разворот кессона в плане на 10 угловых минут явился результатом только разности давления на конструкцию в разных ее краях. Если учесть, что в обе стороны от русла реки между коренными берегами простирается многокилометровая песчаная пойма, в которой также движутся грунтовые воды, то вряд ли можно предположить, что при разности удаления от русла в 54 метра (длина кессона) будет значительная разница в скорости движения грунтовых вод. И все же этой разницы было достаточно, чтобы создать получившийся разворот кессона в плане.

Когда в аналогичных условиях сооружается тоннель кессонным способом, течение грунтовых вод встречает на своем пути обтекаемую форму преграды со сравнительно небольшой площадью сопротивления. Если же тоннель сооружается с применением замораживания, то для течения подземных вод создается большая преграда. Локальное замораживание грунтов в пределах прокладки тоннеля технологически сложно. Чаще практикуется замораживание грунтов до проектной глубины от самой поверхности земли, что создает для течения подземных вод преграду в виде плотины. Подземная вода начинает выискивать для протока еще незамороженные участки, устремляется через них с увеличенной скоростью, а это препятствует распространению мороза до проектных контуров. Целик пород, который должен быть заморожен, оказывается не доведенным до кондиции. Выявить это можно только путем применения нового ультразвукового способа. Прозвучивание производится между соседними замораживающими скважинами.

Ультразвуковой способ, примененный недавно на Ленметрострое, показал хорошие результаты.

ГИДРОЗАБОЙКА ШПУРОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ

Г. БОГОМОЛОВ, П. ВАСЮКОВ,
Б. СОСУНОВ, инженеры

НА СТРОИТЕЛЬСТВЕ линий Московского метрополитена, сооружаемых в породах средней крепости на глубоким заложении, наряду с внедрением комплексной механизации, в значительной степени возрастают объемы буровзрывных работ.

Увеличение в связи с этим расхода взрывчатых материалов ведет к резкому увеличению выхода вредных газов в процессе проходки тоннеля. При производстве БВР шахтная атмосфера интенсивно загрязняется. Часть продуктов взрыва и пыли поступает в забойное пространство, а часть значительное время сохраняется в штабеле отработанной горной массы и также выделяется во время погрузки. Применительно к специфическим условиям строительства Московского метрополитена необходимы исследования существующих систем вентиляции с целью резкого повышения ее эффективности, а также применение достижений науки и техники в области снижения выхода вредных газов (окись углерода, окислы азота, сернистый газ и сероводород) при производстве буровзрывных работ.

Научно-исследовательским институтом горного дела имени А. А. Скочинского, Макеевским и Восточным институтами по безопасности работ в горной промышленности (МакНИИ, ВостНИИ), а также ВНИИРудвентиляции проведены значительные исследовательские работы в области воздействия воды на поглощение и снижение выхода вредных газов в процессе взрыва. Эти исследования при соответствующей доработке

применительно к условиям Мосметростроя могут быть использованы при производстве буровзрывных работ.

Учеными ВНИИРудвентиляции установлены зависимости выхода окиси углерода от орошения взорванной горной массы водой (рис. 1).

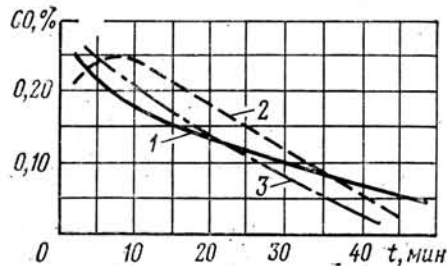


Рис. 1. Изменение газовой выделенности (CO) в зависимости от увлажнения взорванной горной массы:
1 — сухая порода; 2 — орошение; 3 — нагнетание воды

Из приведенного графика видно, что при орошении взорванной горной массы водой, с расходом 40—50 кг/м³ разрыхленной породы, резко интенсифицируется процесс газовой выделенности. Это объясняется тем, что вода, просачиваясь в горную массу, частично заполняет пространство между кусками породы, вытесняя находящийся между ними газ.

Окислы азота, сероводород и серный газ легко растворяются в воде, что позволяет в значительной степени снизить выход вредных продуктов взрыва в призабойное пространство.

На угольных шахтах и рудниках по добыче цветных металлов вода успеш-

но применяется в качестве забойки шпуров. Объединенные под общим названием «гидрозабойка» методы использования воды или ее смеси с инертными материалами в качестве забойки шпуров можно разделить на три основных типа:

заливка шпуров при производстве БВР водой с последующей песчано-глиняной забойкой;

гидрозабойка при помощи пасты или пульпы, вводимой в шпур специальным устройством. Пульпа представляет собой смесь сланцевой пыли или глины с водой в пропорции 2:1. При такой консистенции пульпа способна медленно растекаться по ровной поверхности, но не вытекать из горизонтальных и восстающих шпуров при угле подъема шпура 5—10°. Применение пульпообразных составов позволяет механизировать процесс забойки и повысить эффективность использования шпура. При введении пульпообразных составов в горизонтальные и восстающие шпуры, как правило, часть радиального зазора в месте нахождения заряда заполняется пульпой, что в сочетании с находящейся в ней водой приводит к снижению расхода ВВ или увеличению коэффициента использования шпура. С целью улучшения свойств гидрозабойки возможно применение желатинообразной пасты, приготовленной на основе гидрогеля кремниевой кислоты и содержащей 90—95% воды. Эту пасту можно использовать в восстающих шпурах с углом подъема 60—90°;

гидрозабойка шпуров при помощи пластиковых ампул, наполненных водой. Пластиковые ампулы изготавливаются трех типов:

с обратным клапаном (рис. 2) — конструкции МакНИИ и ПечорНИИУИ;

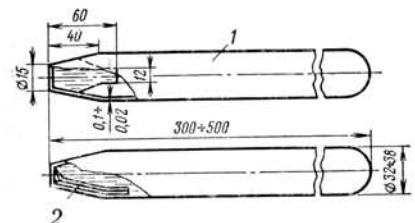


Рис. 2. Ампула с обратным клапаном (МакНИИ, ПечорНИИУИ):
1 — оболочка; 2 — обратный лепестковый клапан

чорНИУИ — представляют собой цилиндрическую емкость из полиэтилена толщиной $\delta=0,10-0,15$ мм. Один конец ампулы запаян, а другой снабжен обратным лепестковым клапаном.

Ампулы имеют диаметр 37—38 мм и длину 300—500 мм. Заполнение их водой производится до начала заряжания шпуров, что позволяет определить качество их изготовления. Ампула вводится в шпур при помощи забойника, где она должна находиться между зарядом ВВ и запирающей глиняной забойкой, плотно прилегая к патрону-боевику с одной стороны и поджимаемая запирающей глиняной забойкой с другой стороны (рис. 3, а).

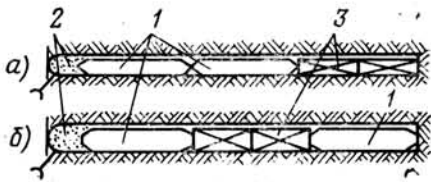


Рис. 3. Схема расположения ампул с обратным клапаном в шпуре: 1 — полиэтиленовая ампула; 2 — запирающая забойка; 3 — заряд ВВ

Для более эффективной борьбы с пылеобразованием при взрыве целесообразно применять ампулы с водой, располагаемые у дна шпура (рис. 3, б). Запирающая забойка из глины или песчано-глиняной смеси для данного типа ампул обязательна и должна составлять не менее трех пыжей;

самоудлиняющиеся — конструкции ИГД им. Скочинского (рис. 4).

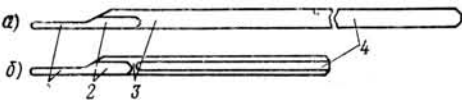


Рис. 4. Самоудлиняющаяся ампула конструкции ИГД им. А. А. Скочинского: 1 — корпус ампулы; 2 — обратный клапан; 3 — отросток; 4 — подворотная часть ампулы

Эти ампулы представляют собой цилиндрическую оболочку из полиэтилена, изготовленную в виде трубы, один конец которой наглухо запаян, а противоположный имеет фасонный вырез со встроенным в него обратным клапаном (рис. 4, а).

Запаянный конец оболочки введен внутрь ампулы (рис. 4, б) до упора его в клапан. Это позволяет, помимо создания условий для удлинения ампулы, придать ей определенную жесткость, необходимую для ввода в шпур. Фасонный вырез предназначен для помещения в шпур запирающей забойки (рис. 5).

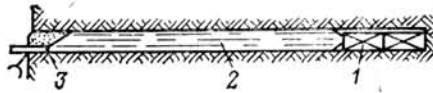


Рис. 5. Расположение самоудлиняющейся ампулы в шпуре: 1 — заряд ВВ; 2 — ампула в заполненном виде; 3 — запирающая забойка

Наличие возможности удлинения ампулы позволяет выполнить гидрозабойку всей незаряженной части шпура одним изделием. При подаче воды внутрь ампулы вследствие того, что наружный диаметр ($\varnothing 45-47$ мм) больше диаметра шпура, ампула плотно расклинивается в шпуре, и телескопический конец ее выдвигается до заряда ВВ. Ампулы изготавливаются трех размеров общей длиной 800, 1200 и 1800 мм. При производстве забойки оболочка ампулы складывается вдоль продольной оси и вводится в шпур с таким расчетом, чтобы конец отростка выходил из шпура на 20—30 мм. Заправка ампулы водой производится непосредственно в шпуре с помощью несложного устройства. Вследствие максимального количества воды, вводимого в шпур при помощи ампул ИГД, достигается наибольший эффект снижения выхода вредных газов. В связи с тем, что наружный диаметр ампулы больше диаметра шпура, и последняя прочно расклинивается в нем, самоудлиняющиеся ампулы в условиях Мосметростроя могут применяться без запирающей глиняной забойки;

само расклинивающаяся ампула с химвагентом конструкции ВостНИИ (рис. 6) имеет обратный клапан. Химвагент, состоящий из смеси следующих порошкообразных компонентов бикарбоната натрия, щавелевой



Рис. 6. Саморасклинивающаяся в шпуре ампула с химвагентом: 1 — оболочка; 2 — затвор; 3 — химвагент

кислоты и экстракта солодкового корня в соотношении 2,3:1,7:1.

Заполнение ампул водой производится только после размещения зарядов ВВ в шпурах. Перед вводом ампулы в шпур имеющийся в ней патрончик с химвагентом разламывается на несколько частей. Через 1—1,5 минуты после этого при взаимодействии химвагента с водой начинается образование пенно-газовой среды, за счет чего диаметр ампулы увеличивается, и она расклинивается в шпуре. Реакция заканчивается полностью через 4—5 минут.

Все типы ампул изготавливаются на специальных полуавтоматических и автоматических станках и установках.

Применение гидрозабойки шпуров при производстве БВР имеет следующий производственный и санитарно-гигиенический эффект:

снижение выхода вредных продуктов взрыва в 1,5—2,5 раза,

снижение выхода пыли при взрыве в 2—4 раза,

увеличение коэффициента использования шпура (КИШ) или соответствующее снижение расхода ВВ на 10—15%,

уменьшение времени и снижение трудоемкости при забойке шпуров на 15—20%,

повышение безопасности взрывных работ,

малую стоимость гидрозабойки (отпускная цена одной ампулы колеблется в пределах от 1 до 2,5 коп).

По данным исследований, проводимых на шахтах комбината «Воркутауголь», Государственным научно-исследовательским, проектно-конструкторским институтом «ПечорНИИПроект» при производстве БВР с применением гидрозабойки экономический эффект при проведении подготовительных выработок сечением 9 м² составил 2,7 рубля на один погонный метр проходки.

На Московском Метрострое при строительстве перегонных тоннелей «ВДНХ» — «Ростокинская» проводится комплекс работ по исследованию систем вентиляции, путей повышения ее эффективности и применения гидрозабойки в условиях строительства метрополитена. Изучаются способы применения воды в виде орошения, воздушно-водяных завес и заслонов с целью максимального снижения выхода вредных газов и увеличения эффективности вентиляции при производстве буровзрывных работ. Результаты исследований помогут наметить пути улучшения воздушной среды в тоннелях и повышения производительности труда при их проходке.

РАЦИОНАЛЬНОЕ СОЧЕТАНИЕ СБОРНЫХ И МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

П. ПАШКОВ, А. ЗАХАРЕВСКИЙ, А. ЗИНЬКОВСКАЯ, инженеры

СНИЖЕНИЕ трудовых затрат на строительной площадке, уменьшение сметной стоимости работ и металлоемкости конструкций достигаются, как правило, повышением сборности сооружений и их заводской готовности. Но таким путем можно добиться лишь снижения трудоемкости работ. Основой для решения всех вопросов, связанных с повышением эффективности строительства метрополитенов открытым способом работ, является сокращение тех производственных операций, которые практически не поддаются механизации (из-за их специфики и условий работы). К их числу относятся: подготовка монолитного бетонного основания под оклеечную гидроизоляцию, наклейка рулонной изоляции, устройство защитного слоя, заделка и омоноличивание стыков между элементами сборных конструкций и др. Трудовые затраты на выполнение этих операций составляют около 50% от общих трудовых затрат на возведение конструкций станционных комплексов, а их сметная стоимость — только около 15%. Попытки производить гидроизоляцию железобетонных конструктивных элементов в заводских условиях с целью сокращения трудовых затрат на стройплощадке пока не нашли широкого применения: это решение требует качественно новых материалов и новых узлов сопряжения элементов.

Поэтому наряду с совершенствованием полносборных конструкций представляется целесообразным один из вариантов рационального сочетания сборных и монолитных железобетонных элементов.

Вместо комплекса малопроизводительных операций по подготовке основания и устройству гидроизоляции лотка и стен предлагается индустриальная технология установки единой железобетонной плиты «Комплект», а вместо сборных несущих элементов лотка и стен, монолитные конструкции с максимальной механизацией арматурных и бетонных работ.

«Комплект» изготавливается на заводе и представляет собой железобетонную плиту с наклеенной гидроизоляцией из двух слоев стеклоизола, защищенных бетонным слоем. Общая толщина плиты 140 мм. Размер ее соответствует унифицированным габаритам строительных конструкций — 2980×2980 мм с возможным впоследствии увеличением до 3000×6000 мм. Опытный образец, изготовленный по обычной технологии, показывает полную сплошность склеивания слоев гидростеклоизола и его надежную адгезию с бетоном.

Бетон для изделия принят марки «150» с фракцией щебня до 40 мм. Расход арматуры несущей части конструкции составляет около 40 кг/м³ бетона.

Плита укладывается на слой песка толщиной 50—60 мм. При песчаном или влажном супесчаном основании этот дополнительный слой не требуется. Швы между

уложенными в лотке плитами заполняются цементно-песчаным раствором. Сплошность гидроизоляции достигается наклейкой по швам уложенных плит двух слоев гидростеклоизола полосами шириной 300—350 мм.

Защитный слой по гидроизоляции не наносится, а между слоями стеклоизола укладывается полиэтиленовая пленка.

Впервые новые плиты использованы для лотка и стен односводчатой станции «Сантехзавод» Харьковского метрополитена — она выполняется из монолитного железобетона.

Применение плит «Комплект» позволяет сократить затраты труда на стройплощадке на 37%.

Несущие конструкции лотка и стен в новом решении выполняются из монолитного железобетона с применением инвентарной, многократно оборачиваемой металлической передвижной опалубки. При этом армирование конструкции производится пространственными блоками полной заводской готовности. Ширина блоков 3000 мм, собираются они из плоских сварных каркасов. Рабочие стержни арматуры приняты класса А III и А II, монтажные — класса А I, а содержание арматуры в 1 м³ бетона не превышает 120 кг.

Передвижная опалубка устанавливается только с внутренней стороны и закрепляется к пространственным арматурным блокам. С наружной стороны опалубкой служат плиты «Комплект».

Стены платформенного участка станции колонного типа сооружаются толщиной 500—600 мм с образованием в них коммуникационных отверстий. Для этого внутри пространственных арматурных блоков укладываются и закрепляются трубы диаметром 100 мм. Стены остальных пристанционных сооружений имеют толщину 350—400 мм. (Толщина стен зависит от конструктивного решения перекрытий).

Бетонирование стен производится ярусами, непрерывно. Бетон, привезенный с завода, подается козловым краном в специальных ковшах непосредственно в опалубку или на место укладки. Марка бетона «300» с фракцией щебня до 40 мм. Последовательность работ по возведению платформенного участка с двумя рядами колонн показана на рис. 1.

Применение монолитного железобетона для лотка и стен с полной механизацией производственных процессов в сочетании с плитой «Комплект» и передвижной металлической опалубкой не влияет на трудовые затраты на строительной площадке, но зато сокращает металлоемкость конструкций, уменьшает шумовые воздействия на внешнюю среду, дает больше возможностей разнообразить архитектурный облик станций. Возможные варианты решений показаны на рис. 1, 2, 3.

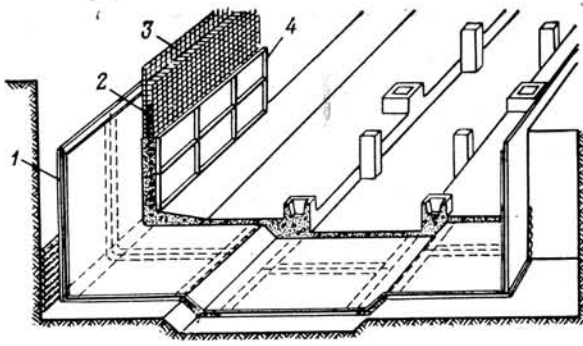


Рис. 1

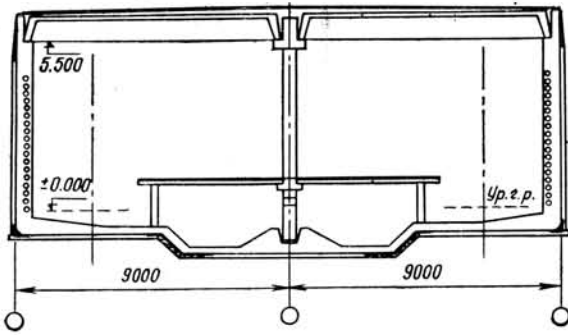


Рис. 2

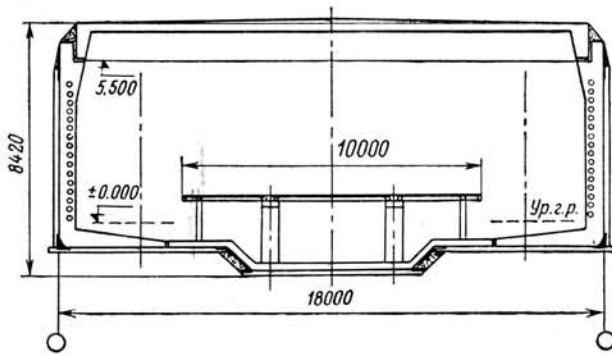


Рис. 3

Внутренние конструкции, включая перекрытия всего станционного комплекса, могут быть сборными и выполняться из тех же элементов, что в полносборном варианте (рис. 4). Общее количество типоразмеров при этом составляет 15, а монтажных единиц около 1500.

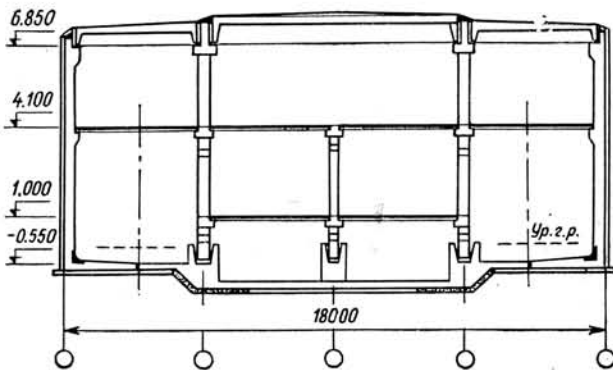


Рис. 4

Для уменьшения объема кирпичной кладки стен и перегородок дополнительно разработано пять типоразмеров

панельных перегородок и стен служебных и производственных помещений. Они выполняются из керамзитобетона марки «50»; толщина стен 200 мм, перегородок — 120 мм. Размеры всех помещений приняты кратными 1500 мм, что согласуется с унифицированными шагами и пролетами несущих конструкций.

В новом сборно-монокристаллическом решении, как и в полносборном, приняты две поперечные схемы — одна для платформенного участка и вторая для остальных участков комплекса. В обеих схемах сопряжение фундаментных участков лотка со стенами и колонн с лотком — жесткое, остальные узлы шарнирные. Фундаменты стен представляют собой консольные ленты, соединенные шарнирно с лотковой частью.

Новая статическая схема позволяет выполнять пространственные арматурные блоки простой формы укрупненными и производительнее использовать подъемно-транспортные средства. Кроме того, возможно наиболее рациональное приложение нагрузок, что способствует снижению металлоемкости конструкций.

Но основное преимущество принятой статической схемы в том, что она позволяет внедрить в практику строительства бесколонные станции и вестибюли с весьма простыми сборно-монокристаллическими конструкциями перекрытий.

Сравнение технико-экономических показателей сборно-монокристаллических конструкций с полносборными для станционного комплекса с двумя рядами колонн приведены в таблице. Эти показатели даны на станционные комплексы для пятивагонных составов; они включают платформенный участок, два вестибюля, камеру основной вентиляции и понизительную подстанцию.

Таблица

Наименование	Ед. изм.	Конструкция станции	
		Полно-сборная	Сборно-монокристаллическая
Протяженность комплекса	м	234	234
Общий расход железобетона, в том числе:	м ³	5094	5581
сборного	м ³	4751	2671
монокристаллического	м ³	343	2910
Расход арматуры	т	1122	849
Удельный расход арматуры	кг/м ³	202	152
Затраты труда, в том числе:	чел/дн.	15415	12460
на стройплощадке	чел/дн.	8825	7590
на заводе ЖБК	чел/дн.	6590	4870
Расход цемента	т	2900	2720
Сметная стоимость	тыс. руб.	939	732,0
Дополнительные капиталовложения в базу	тыс. руб.	238	51
Приведенные затраты	тыс. руб.	938	18

Из таблицы видно, что при индустриальных методах возведения комплексов сборно-монокристаллические конструкции в сравнении с полносборными экономически более эффективны. При этом общие затраты труда сокращаются на 19%, в том числе на строительной площадке на 14%; уменьшается расход дефицитных материалов: арматуры — на 17%, цемента — на 6%; сметная стоимость строительства снижается на 22%. Сокращение трудоемкости сооружения станционных комплексов дает реальную возможность сократить на 10% продолжительность строительства.

Сравнительный экономический эффект на один станционный комплекс составляет 230 тыс. руб.

Новое решение наиболее целесообразно применять при сооружении новых метрополитенов, где в начале строительства отсутствует развитая производственная база.

МЕХАНИЗАЦИЯ ПОГРУЖЕНИЯ И ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СВАЙ, ШПУНТА И ТРУБ

Л. ЕРОФЕЕВ, Е. ШИРАЙ, кандидаты технических наук;
Ю. КОШЕЛЕВ, О. ЗЕГЕ, инженеры

ПРИ СООРУЖЕНИИ станций и перегонных тоннелей метрополитена открытым способом большое значение имеют комплексная механизация трудоемких процессов и повышение производительности труда на работах по погружению в грунты металлических свай, труб и шпунтин, а также их последующее извлечение для повторного использования металла.

Способ забивки металлических свай дизель-молотами (наиболее распространенный в настоящее время) имеет следующие недостатки: в связи с малым поперечным сечением погружаемых элементов и, следовательно, малым лобовым сопротивлением в начале забивки дизель-молоты плохо запускаются (а при работе на слабых грунтах не запускаются практически до конца погружения). При работе же на плотных грунтах верхние части погружаемых свай сильно деформируются, что затрудняет выполнение последующих операций. В итоге эксплуатационная производительность забивки свай таким способом не превышает 10 штук в смену.

В связи с этим безусловно более эффективно применять для погружения металлических свай и шпунтин вибрационные машины.

В СССР созданы и выпускаются небольшими партиями вибропогружатели и вибромолоты конструкции институтов ВНИИГСа, ЦНИИСа, ЛИИЖТа и ВНИИ-Стройдормаша.

Зарубежные фирмы Японии, ФРГ, Франции и ПНР также выпускают подобные машины. Их конструкции и основные параметры, как правило, аналогичны создаваемым в СССР.

В машинах зарубежных фирм широко применяются гидравлические наголовники с расположением насосной установки внизу, на поверхности земли или на копре. При подвеске машины на грузоподъемные механизмы используются мощные пружинные амортизаторы.

В настоящее время Мосметрострой успешно использует отечественные виброударные машины.

Для погружения металлических свай и шпунта длиной 12—15 м СМУ-9 применяет электрические вибромолоты типа С-467М мощностью 44 квт конструкции ВНИИСтройдормаш. Они используются в комплекте с копровыми установками на базе экскаваторов Э-1254 (рис. 1) и эксплуатируются на строительстве метрополитена и других сооружений. Погружение свай производится в

разных гидрогеологических условиях, характеризующихся песками естественной влажности от мелкозернистых до крупнозернистых, различного вида супесями, суглинками и глинами.

За период с 1970 по 1974 год двумя вибромолотами С-467М погружено более 8000 т металлических свай двутаврового сечения (№ 45—60) и шпунта типа «Ларсен-4» и «Ларсен-5». Максимальная производительность при этом составила 42 сваи в смену. В слабых и средней плотности грунтах производительность вибромолота превышала соответствующие показатели штанговых (С-330) и трубчатых (С-996) дизель-молотов в 1,5—3 раза.

Эксплуатация показала, что в диапазоне температур от +30 до —30°С вибромолоты надежно запускаются и работают устойчиво без перегрева. Простота конструкции, надежность эксплуатации и достаточная долговечность вибромолотов обеспечивают высокие темпы свайных работ при строительстве метро открытым способом и при больших объемах работ по погружению (более 3000 т металлических свай в год).

В сложных гидрогеологических условиях сооружение станций и тоннелей производят с применением искусственного замораживания или стабилизации грунтов, а также водопонижения. Выполнение таких работ обычно сопровождается бурением большого количества скважин.

В настоящее время искусственное замораживание грунтов ведется путем монтажа труб для замораживающих колонок в специально пробуренные скважины с последующей подачей хладоносителей. Сокращение сроков и сто-

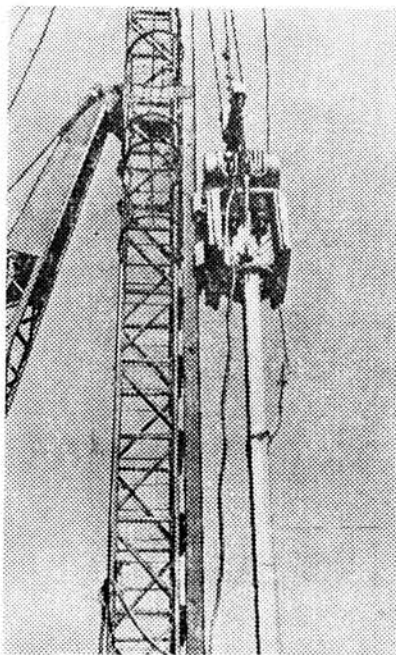


Рис. 1. Вибромолот В1-601

имости этих работ может быть достигнуто применением виброударного способа погружения труб (до глубины примерно 35 м) без предварительного бурения скважин.

ВНИИСтройдормаш совместно со строительными организациями Главтоннельмостростроя (Минтрансстроя СССР) разработали и внедрили метод виброударного погружения труб для замораживающих колонок с закрытым нижним концом (башмаком). Погружение производилось с помощью вибромолота мощностью 6 квт (С-402 А, конструкции ВНИИСтройдормаш) в комплекте с краном К-124. При этом трубы диаметром 114 мм, длиной до 18 м погружались в песчаные, гравелистые и глинистые грунты. За время производственных испытаний двумя вибромолотами было погружено более 700 замораживающих колонок на глубину 9, 12 и 18 м. Работы проводились при строительстве метрополитенов и других сооружений в Москве, Киеве и Харькове. Трубы были погружены с сохранением герметичности и с отклонениями от вертикального положения в пределах технологических требований.

Способ виброударного погружения труб повысил производительность труда при монтаже замораживающих колонок в 3—4 раза по сравнению с бурением скважин, причем стоимость работ сократилась вдвое.

При непрерывно увеличивающемся объеме работ по погружению металлических элементов различного профиля проблема извлечения их из грунта особенно актуальна, поскольку в настоящее время механизмов для этих целей практически не существует.

Применяющиеся вибропогружатели обеспечивают эффективное извлечение металлических элементов с глубин не более 12 м, как правило, только из водоносных песков.

ЦНИИСом совместно с Люберецким заводом мостостроительного оборудования разработаны виброударные шпунтовыдергиватели (Ш-1 и МШ-2). Хотя эти машины и эффективны при извлечении свай, но у них есть ряд конструктивных недостатков, ко-

торые в настоящее время устраняются.

ВНИИСтройдормашем разработан и успешно внедрен на объектах СМУ-9 Мосметростроя виброударный шпунтовыдергиватель для извлечения металлических свай двутаврового сечения из талых и мерзлых грунтов.

Шпунтовыдергиватель В1-592 мощностью 26 квт в комплекте со специальной копровой установкой на экскаваторе Э-1254 применялся для извлечения свай длиной 13,5—17 м на строительстве Краснопресненского радиуса в 1972—1973 годах (рис. 2). За это время было извлечено более 800 двутавровых балок (№ 45—55—60) общим весом более 1000 т.

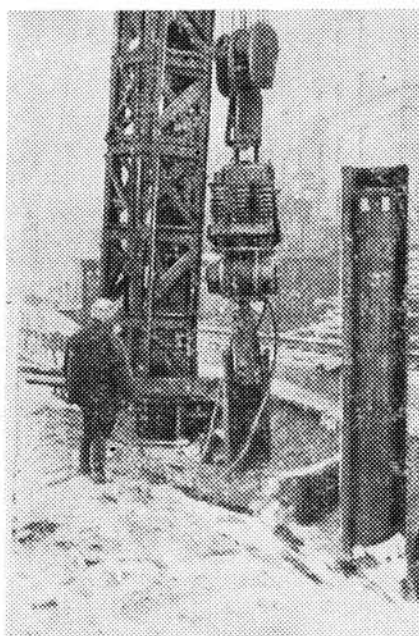


Рис. 2. Шпунтовыдергиватель В1-592

Особые трудности встретились на строительстве станции «Калужская» при извлечении свай из тонкозернистых цементированных и сухих (после водопонижения), так называемых абтских песков. Здесь на извлечение отдельных свай затрачивалось 20—25 минут на каждую.

Производственными испытаниями установлено, что статическое усилие извлечения свай с применением виброударного шпунтовыдергивателя снижается в 4—5 раз (с 80—100 тс до 15—20 тс) в сравнении со статическим методом. При этом величина силы извлечения практически не зависит от длины извлекаемого элемента,

а также от состояния грунта (талый он или частично мерзлый).

Изготовленный Механическим заводом № 1 Мосметростроя опытный образец шпунтовыдергивателя В1-592 прошел заводские и приемочные испытания и рекомендован к серийному изготовлению.

Коэффициент оборачиваемости извлекаемых свай практически еще не установлен. Следует только отметить, что металлические сваи необходимо погружать вибромолотами, а извлекать виброударными шпунтовыдергивателями. Тогда уменьшается деформация свай (чего не удастся избежать при забивке их дизель-молотами), увеличивается их сохранность и оборачиваемость. Несомненно, вибромашины найдут широкое применение в строительстве метрополитенов.

Извлечение свай при полностью замороженных грунтовых стенках (например, в открытых котлованах зимой) представляет собой значительные трудности. Время, затрачиваемое на срыв каждой сваи и извлечение ее из грунта на высоту 1,5—2 м с применением шпунтовыдергивателя, составляло 25—30 минут. Причем извлекать удавалось не все сваи.

В процессе дальнейшего широкого внедрения виброударных машин технология и организация работ при погружении и извлечении металлических элементов должна систематически совершенствоваться путем применения мобильных грузоподъемных механизмов и повышения эффективности виброударных устройств. Так, копровая установка для статического извлечения в комплекте со шпунтовыдергивателем используется примерно на 10% по мощности и грузоподъемности. Поэтому в ближайшее время представляется целесообразным провести работы по применению шпунтовыдергивателя В1-592 в комплекте с самоходными кранами грузоподъемностью 20—25 тонн.

Исследованиями ВНИИСтройдормаша и ЦНИИСа установлено, что срыв свай и начало ее извлечения (на 1—2 м) могут быть достигнуты при жестком ее соединении со шпунтовыдергивателем без статического усилия. Усилие грузоподъемного механизма

необходимо для дальнейшего извлечения сваи, поскольку ослабляется ее сцепление с грунтом, возникает необходимость удержания ее на весу, а затем подъема. В связи с этим нужно создать надежные и удобные в работе захваты (наголовники) для соединения виброударных шпунтовых дергивателей с извлекаемыми элементами различного профиля. (В настоящее время шпунтовый дергиватель В1-592 шарнирно соединяется с извлекаемой свайей, так что применение грузоподъемного механизма необходимо на всем протяжении процесса извлечения элемента.)

Применяемый шпунтовый дергиватель В1-592 снабжен пружинным амортизатором, удовлетворяет требованиям производства работ с копровой установкой, снабженной двенадцатикратным полиспастом. Вибрация, возникающая при работе шпунтового дергивателя, частично гасится в канатах полиспаста. Для обеспечения сохранности легких грузоподъемных механизмов и соблюдения допустимых санитарных норм вибрации, передаваемой на рабочие места машиниста крана, следует усовершенствовать амортизаторы.

Значительный интерес представляет замена (где это целесообразно, например, в пловунах и водонасыщенных песках) ограждения котлованов с помощью металлических свай с затяжкой на сплошные шпунтовые ограждения. Известно, что примерно 50% забитых балок двутаврового сечения имеют значительные отклонения от вертикали. Поэтому деревянную затяжку приходится устанавливать между сваями по месту. Работы эти трудоемки, не поддаются механизации и связаны с потерями лесоматериалов.

Правда, на устройство сплошного ограждения из шпунта (например, «Ларсен-V») требуется примерно вдвое больше металла, чем при забивке свай. Однако в настоящее время, когда эффективные сваевыдергивающие устройства только начинают применяться, оборачиваемость (повторное использование металла) характеризуется примерно коэффициентом 5. Располагая эффективными виброударными установками, можно извлекать практически

весь погружаемый шпунт, и его оборачиваемость может значительно возрасти. Таким образом, будут компенсированы большие затраты на устройство ограждений (по сравнению с двутавровыми балками). При этом можно почти полностью исключить и большой объем ручных работ при установке деревянной затяжки. Шпунтовые ограждения имеют еще и другое преимущество: они создают водонепроницаемые перемычки, защищающие котлованы от грунтовых вод и пловунов, чего трудно и подчас невозможно (без применения, например, водоотлива) достигнуть при деревянной затяжке.

Представляется целесообразным провести экспериментальные исследования для оценки возможности замены в ряде случаев горизонтальных расстрелов между свайными стенками котлована растяжками, крепящимися с помощью специальных анкеров, забиваемых наклонно вне зоны котлована. При этом для забивки анкеров могут быть использованы те же виброударные механизмы, которые в настоящее время применяются для погружения свай.

Таким образом, в числе перспективных мероприятий по ускорению научно-технического прогресса в области погружения в грунты и извлечения из них металлических свай, шпунта и труб в метростроении можно назвать следующие:

серийный выпуск проверенных в производственных условиях виброударных машин для забивки и извлечения металлических свай и шпунта;

осуществление комплексной механизации основных и вспомогательных процессов при погружении и извлечении металлических элементов, предусматривающей создание мобильных свабойных установок с виброударными машинами;

разработка, исследование и внедрение новых, прогрессивных технологических процессов, повышающих производительность труда и качество выполняемых работ при одновременном снижении стоимости строительства; уменьшение объемов немеханизированных работ, улучшение условий труда с обеспечением требований техники безопасности.

Проектирование, конструирование, исследования

ПАРАМЕТРЫ ТАМПОНАЖНЫХ ЦЕМЕНТНО- БЕНТОНИТОВЫХ РАСТВОРОВ

**К. ТРОИЦКИЙ, Э. МАЛОЯН, кандидаты
технических наук**

ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ тоннелей метрополитенов закрытым способом в обводненных породах для гидроизоляции производят нагнетание растворов бентонитовых глин за обделку. Таким методом СМУ-6 Мосметростроя успешно осушило 340 пог. м соединительной ветки Ждановского радиуса, сооруженной из сплошных железобетонных блоков. Аналогичная технология была применена при строительстве перегонного тоннеля Калужско-Рижского диаметра между станциями «Тургеневская» и «Колхозная».

СМУ-7 успешно выполнило работы по гидроизоляции железобетонной обделки транспортного тоннеля под каналом им. Москвы на Волоколамском шоссе путем нагнетания цементных растворов. Этот же коллектив использовал технологию нагнетания растворов бентонитовой глины для гидроизоляции обделки при сооружении перегонных тоннелей между станциями «Баррикадная» и «Пушкинская».

Тоннельным отрядом № 6 Мосметростроя на перегоне между станциями «Калужская» и «Беляево» в песчаных грунтах, за счет создания водонепроницаемого слоя раствора бентонитовой глины за обделкой, чугунную конструкцию на протяжении 170 пог. м удалось заменить на железобетонную.

В сложных инженерно-геологических условиях, при наличии обводненных тре-

щитоватых пород, выполнило работы СМУ-751 Харьковметростроя по гидроизоляции ребристой железобетонной обделки между станциями «Центр» — «Левада», а также «Левада» — «Стадион».

Опыт показывает, что обеспечение водонепроницаемости наиболее успешно достигается при нагнетании в несколько этапов. Обычно планируется два этапа: первичное нагнетание цементно-бentonитовых растворов;

нагнетание растворов бentonитовых глин.

Первичное нагнетание производится с целью заполнить строительный зазор, обеспечивая тем самым совместную работу кольца обделки с окружающим массивом и предупреждая осадки подземных и наземных сооружений. Кроме того, при первичном нагнетании тампонируются крупные и кольматируются мелкие трещины окружающего тоннель массива.

Добавка бentonитовой глины в цементно-песчаный раствор первичного нагнетания предотвращает его расслаивание, делает его более пластичным и подвижным, что позволяет без повышения давления нагнетания проникать на большую глубину в трещины и пустоты массива. Практика применения цементно-бentonитовых растворов в других областях строительства показала также, что эти растворы безупрочны. Применение их позволяет избежать усадочных трещин, которые образуются при нагнетании традиционных цементно-песчаных растворов, и, соответственно, избежать дополнительных путей фильтрации воды в тоннель.

Вскрытия обделки после нагнетания цементно-бentonитовых растворов показали, что в песчаных (пористых) грунтах их проницаемость составляет всего несколько миллиметров. При наличии трещиноватых грунтов проницаемость растворов зависит от ширины трещины, состава раствора и давления нагнетания.

Некоторые данные по проницаемости растворов приведены в таблице.

Таблица

Состав твердой фазы в % по весу		Состав раствора	Давление, атм	Ширина трещины, мм	
цемент	глина			В	Ц+БГ
80	20	0,67	4	п. ч.	п. п.
70	30	0,75	4	п. ч.	п. ч.
100	0	0,35	2	п. ч.	п. ч.
100	0	0,45	1	п. п.*	п. п.

* п. п. — проницаемость полная;
п. ч. — проницаемость частичная (1—10 см);
п. п. — проницаемости нет.

На основании обследования заобделочного пространства на перегоне между станциями «Тургеневская» и «Колхозная» было установлено, что после тампонирования пор и трещин в породе, примыкающей к конструкции, за счет эффекта «стенки», вокруг обделки создается сплошной слой бentonитового раствора.

В затвердевшем состоянии растворы обладают повышенной пластичностью, которой обычно оказывается достаточно, чтобы избежать разрывов тампонажного слоя при деформациях, всегда возможных в сборной обделке. Однако добавление бentonитовой глины в цементно-песчаный раствор снижает его прочность, что также следует учитывать при выборе состава цементно-бentonитовых растворов.

В некоторых случаях, например, при щитовом способе проходки, растворы должны обладать прочностью, достаточной для восприятия нагрузки от веса кольца обделки и технологического оборудования.

В ЦНИИСе были проведены эксперименты по определению влияния добавки бentonитовой глины в цементно-песчаный раствор на его прочность.

Состав испытываемого раствора: портландцемент М400 Белгородского завода, бentonитовый глинопорошок Аскагель, песок и вода.

За активную часть этого сложного раствора принималась сумма весовых частей цемента Ц и бentonитовой глины БГ. Отношение суммы весовых частей цемента и бentonитовой глины к песку П во всех экспериментах составляло:

$$\frac{Ц + БГ}{П} = \frac{1}{2}$$

Диаметр распыла был постоянен во всех опытах и равнялся 17,5—18 см. Каждая серия экспериментов проводилась дважды.

В первом случае готовился раствор, в котором бentonитовая глина набухла двое суток. Далее в этом растворе замешивался цемент с песком. Во втором случае готовилась сухая смесь порошков цемента, глины и песка, а затем в эту смесь добавлялась вода.

Зависимость разрушающей нагрузки от отношения весовых частей $\frac{Ц}{БГ}$ при различных сроках твердения представлена на рис. 1.

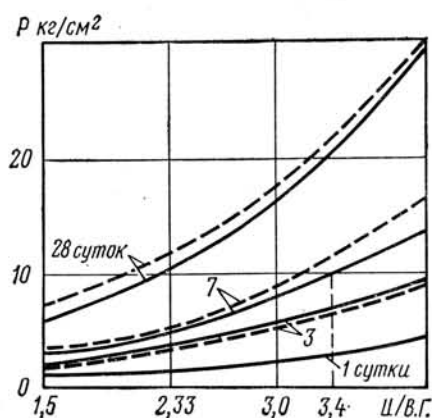


Рис. 1

Предварительное набухание бentonитовой глины практически не влияет на прочность раствора.

На рис. 2 представлена зависимость

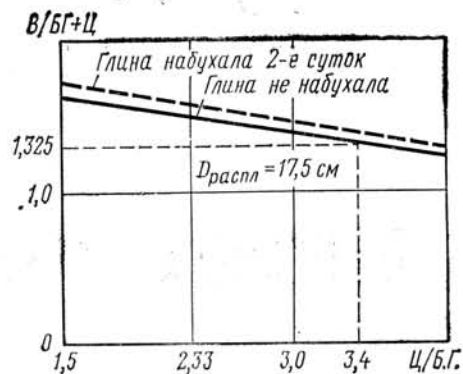


Рис. 2

отношения $\frac{В}{БГ+Ц}$ к $\frac{Ц}{БГ}$ при диаметре распыла 17,5 см. С увеличением отношения $\frac{Ц}{БГ}$ количество воды, необходимое

для получения требуемой текучести раствора, оцениваемой диаметром распыла, уменьшается. Это может быть объяснено тем, что важнейшей особенностью бentonитовых глин, обусловленной их химическим, минералогическим и гранулометрическим составом, является способность к связыванию большого количества воды.

С увеличением $\frac{Ц}{БГ}$ процентное содержание бentonита в растворе уменьшается и, соответственно, уменьшается объем воды, связанной бentonитовой глиной.

Практическое использование результатов опытов можно проиллюстрировать на таком примере:

По технологическим соображениям цементно-глинистый раствор должен иметь в 7-дневном возрасте прочность 10 кг/см². Из рис. 1 видим, что этому условию удовлетворяет раствор с соотношением $\frac{Ц}{БГ} = 3,4$. Из рис. 2 определяем количество воды, необходимое для того, чтобы диаметр распыла был равен 17,5 см. По отношению $\frac{Ц}{БГ} = 3,4$ по графику определяем величину

$\frac{В}{БГ+Ц} = 1,325$ и, соответственно, необходимое количество воды.

Для успешного применения нагнетания цементно-глинистых растворов на строительстве тоннелей метрополитенов в каждом конкретном случае при заранее установленном по технологическим соображениям диаметре распыла и его прочности следует:

провести опыт по подбору состава раствора с материалами (цемент, вода, глина), намеченными к применению по выше указанной методике;

по результатам опытов подобрать оптимальную добавку бentonитовой глины и количество воды, нужное для заданного диаметра распыла.

О ПРЕДЕЛАХ ОБЖАТИЯ КОЛЬЦЕВЫХ ТОННЕЛЬНЫХ ОБДЕЛОК В ПЕСЧАНЫЙ МАССИВ

В. ПУШКИН, инженер

В ЛАБОРАТОРИИ «Тоннельных конструкций» МИИТа проведено экспериментальное исследование взаимодействия системы «железобетонная блочная обделка — песчаный массив» с применением для обжатия плоских гидродомкратов типа Фрейссине.

В задачи исследования входило выявить: качественный и количественный характер деформируемости песчаного массива при воздействии обжимаемой в него железобетонной блочной обделки и особенности общих деформаций конструкции; определить величины усилий обжатия, исходя из несущей способности надтоннельного массива.

Для этого провели послышную засыпку щеλεкольцевого стенда (рис. 1) среднезернистым песком естественной влажности с последовательным уплотнением каждого слоя мощностью 0,25 м до плотностей, составляющих величины, близкие к натурным.

Параллельно с наращиванием массива вели монтаж четырех колец железобетонной блочной обделки.

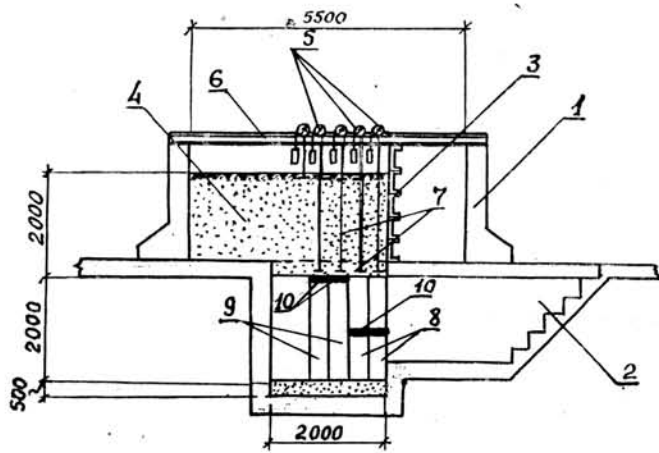


Рис. 1

1 — щеλεкольцевой стенд; 2 — вход в щелевую часть; 3 — стальная реперышка; 4 — грунт засыпки; 5 — прогибомеры «БПАОЛИСИ»; 6 — опорная балка реперной системы; 7 — реперы; 8 — кольца тоннельной обделки, обжимаемые по схеме I; 9 — кольца тоннельной обделки, обжимаемые по схеме II; 10 — плоские гидродомкраты.

Плоские гидродомкраты размещали в стыках колец по двум схемам: на уровне горизонтального диаметра и в стыках шельги свода. Перед установкой домкраты тщательно тарировали. Пространство надтоннельного массива мощностью 2 м оснащали реперами специальной конструкции, позволяющей исключить их собственный вес.

Реперная система позволяла измерять вертикальные перемещения массива в поперечном сечении над каждым из обжимаемых колец в различных уровнях: непосредственно у контуров обделки (в пределах 5 см) по ее оси и на поверхности. Измерения перемещений массива проводили с точностью до 0,01 мм, применяя прогибомеры «БПАОЛИСИ». Радиальные

сдвиги блоков каждого кольца измеряли специальной ноннусовой линейкой с точностью 0,1 мм, шарнирно закрепленной на стальной жесткой и неподвижной штанге вдоль центральной оси тоннеля. Местные деформации измеряли индикаторным прибором с базой 100 мм.

Общий объем уплотненного песка в стенде составлял около 60 м³, физико-механические характеристики которого определялись послышно при непосредственном участии лаборатории «Механики грунтов» института.

Технические характеристики обделки и физико-механические свойства породы приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Наружный диаметр кольца, мм	Ширина кольца, мм	Количество обжимаемых колец, шт/м	Схема обжатия	Кол-во блоков в кольце, шт/м	Толщина блока, мм	Марка бетона	Вес блока, кг	Содержание арматуры
2000	325	2	I	8	100	300	70	Армированы только стыки блоков
2000	325	2	II	10	100	300	56	

Таблица 2

Удельный вес	2,65 г/см ³
Объемный вес	1,7 т/м ³
Влажность	3,15%
Коэффициент пористости	0,71
Угол внутреннего трения	30°
Сцепление	0,015 кг/см ²

По мере последовательного обжатия колец песчаный массив доводили до конца фазы сдвигов. Каждую ступень нагружения доводили до условной стабилизации, ориентировку вели по затуханию перемещений центральных реперов.

В начальный период нагружения стабилизация деформаций происходила довольно быстро, не более чем за 2 часа. Очередную ступень давали после того, как затухали основные деформации (разность отсчетов составляла 0,01—0,02 мм за последний час наблюдений). Отсчеты по реперам снимали через каждые 30 мин.

Окончательное нагружение было доведено до появления и развития трещин на поверхности. Оптимальное воздействие обжатия на песчаный массив происходило, когда последний на контакте с обделкой приобретал лишь упруго-уплотненное состояние до развития сдвиговой фазы, но не вызывал значительных деформаций поверхности. Этот случай предполагает обратное воздействие песчаного массива на обделку, что оказывает положительное влияние на ее статическую работу. Такое состояние массива имеет место при принятом соотношении глубины заложения обделки к ее внешнему диаметру (см. рис. 1).

Эпюры радиальных перемещений элементов колец на описанном этапе обжатия (рис. 2) имеют определенный, направленный

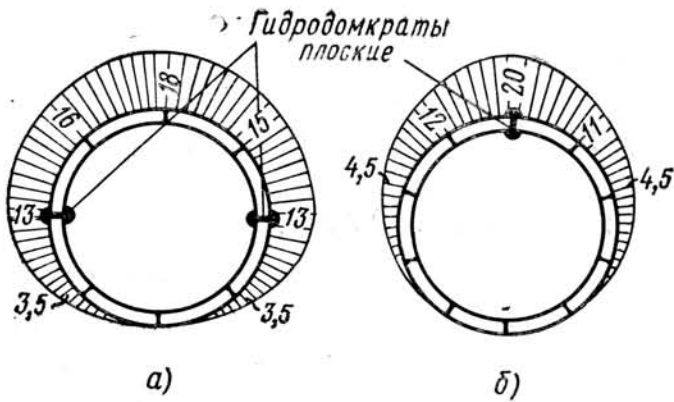


Рис. 2. Эпюры радиальных перемещений элементов обделки при усилиях обжатия $N_y=9,8$ и $10,4$ т, в мм

ный вверх характер развития. Поэтому они идентичны, несмотря на различное размещение плоских гидродомкратов в стыках колец.

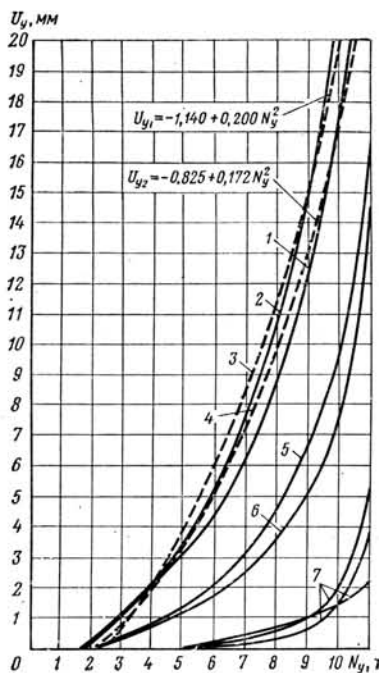


Рис. 3
1—2—экспериментально полученные зависимости $U_y = f(N_y)$ (по усредненным значениям для I и II схем обжатия); 3—4— аппроксимированные кривые по экспериментальным данным; 5—6— перемещения массива по крайним глубинным реперам; 7— перемещения поверхности массива

Экспериментально полученные зависимости (см. рис. 3, 1 и 2) для каждой пары опытов аппроксимированы. Их аналитическое выражение имеет общий вид:

$$U_y = A + B N_y^2, \quad (1)$$

где U_y — вертикальные перемещения песчаного массива на контакте свода обделки с породой, мм;

N_y — усилие обжатия, передаваемое плоскими гидродомкратами на стыки кольца, т;

A, B — экспериментально полученные коэффициенты, отражающие преемственность работы плоских гидродомкратов, которая зависит от величины сопротивления материала домкрата и технологических зазоров в распорных стыках кольца обделки¹.

¹ Этим объясняется сдвиг нуля в осях координат (см. рис. 3).

Кроме того, они отражают влияние деформативных особенностей массива на его несущую способность при обжатии кольца.

Эксперимент показал, что на контакте песчаной породы и обжимаемой обделки в пределах максимально возможного уплотнения контура выработки массива (для принятой глубины заложения — 2 м) зависимости 2 и 3 справедливы соответственно — для I и II схем обжатия

$$\text{при } N_y \geq 2,4; U_{y1} = -1,140 + 0,200 N_y^2, \quad (2)$$

$$\text{при } N_y \geq 2,2; U_{y2} = -0,825 + 0,172 N_y^2. \quad (3)$$

Необходимо отметить, что зависимости 2 и 3 отличаются только коэффициентами A и B , причем незначительно. Дальнейшие исследования в этом направлении раскроют более подробно физико-механическую сущность этих коэффициентов.

Если допустить, что свод кольца обделки — полуцилиндрический жесткий штамп, движущийся к поверхности массива, то штамп будет перемещать породу.

В этом случае экспериментально полученные зависимости (см. рис. 3) и отражающие их уравнения (2) и (3) будут грузовыми характеристиками данной части каждого кольца обжимаемой обделки.

Грузовая характеристика показывает во сколько раз сила, обжимающая свод при обжатии кольца, будет больше веса перемещающейся породы в объеме призмы выпора.

Исходя из определения грузовой характеристики свода, можно записать условие равновесия:

$$N_y = G + g, \quad (4)$$

где G — вес выпираемой породы, т;

g — вес свода (части перемещаемого кольца), т.

Границы распространения трещин по поверхности по линейным размерам близки к вычисленным по зависимостям, выраженным через глубины заложения — h (м), угол внутреннего трения породы, ширину кольца — b (м) и его диаметр — d (м);

$$L_1 = d + 2(h + 0,5d) \cdot \text{tg } \varphi, \quad (5)$$

$$L_2 = b + 2h \text{tg } \varphi. \quad (6)$$

Задавшись геометрической схемой объема выпираемой породы, перемещающейся по прямолинейным плоскостям, можно определить ее вес:

$$G = bdh \gamma \lambda, \quad (7)$$

где

$$\lambda = \left[\frac{h}{d} (\text{tg } \varphi + \frac{1,333}{b} \text{tg}^2 \varphi) + \frac{1}{b} (h \text{tg } \varphi + 0,665 \text{tg}^2 \varphi) + \frac{d}{h} (0,113 + 0,250 \text{tg } \varphi) + \text{tg } \varphi + 1 \right].$$

Подставив выражение (7) в условие равновесия (4), получим:

$$N_y = bdh \gamma \lambda + g. \quad (8)$$

Вертикальные перемещения свода обжимаемой обделки U_y находим, подставив в зависимость (1) полученное значение N_y :

$$U_y = A + B [bdh \gamma \lambda + g]^2. \quad (9)$$

На рис. 4 представлены кривые, позволяющие определить силы обжатия железобетонных блочных обделок диаметром 2 м до появления первых трещин на поверхности.

Как показал эксперимент, при обжатии колец тоннельной обделки в песчаный массив малой мощности, появление трещин на поверхности и некоторое их развитие является пределом увеличения усилий обжатия в соответствии с несущей способностью надтоннельного массива.

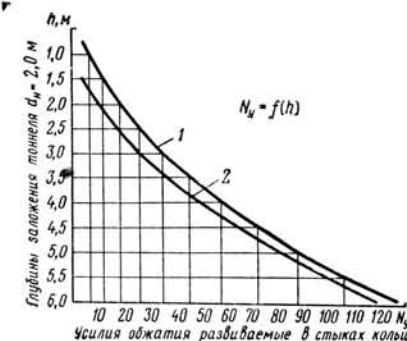


Рис. 4.
1 — критические и 2 — оптимальные усилия при I и II схемах обжатия

КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПЫ АРХИТЕКТУРНОЙ КОМПОЗИЦИИ СТАНЦИЙ МОСКОВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

Я. ТАТАРЖИНСКАЯ, архитектор

● *Новое никогда не рождается из ничего, оно возникает на основе пристального изучения и критического анализа всех достижений прошлого. Поэтому так важно исследование проблемы тектонического построения различных по стилю и творческому направлению архитектурных произведений метрополитена и выявить наиболее прогрессивные и логически обоснованные приемы.*

● *Тектоническое мышление как одна из частей архитектурной теории всегда отражает мировоззрение времени.*

● *В архитектуре метрополитена, как ни в каком другом типе сооружений, имеет значение связь ее с несущими конструкциями. Можно сказать, что в этой области проблема взаимосвязи конструкций и архитектурных форм преобладает над другими проблемами.*

Е ДВА ЛИ нужно доказывать, что от конструктивного решения во многом зависит внешний облик сооружений метрополитена. Тем не менее при создании новых станций не всегда удается избежать ошибок в построении архитектурной композиции и особенно тектонической ее трактовки. Это связано с недооценкой объективных закономерностей архитектурной композиции в связи с отсутствием теоретических работ в этой области.

Тектоника — это конструктивная выразительность образа, это полное соотношение всех художественных форм и элементов на композиционной основе сооружения. Тектонические принципы основываются на глубоком знании законов природы и связаны с неизменными ее физическими процессами (сжатия, трения, растяжения).

Передавая свойства конструкции и материала сооружения, тектоника не является их натуралистическим изображением, а целой системой выразительных форм единого организма. Поэтому нельзя отождествлять понятие тектоники и конструкции. Но правдивое отражение конструктивной основы сооружения необходимо для реалистических произведений архитектуры и особенно для станций метрополитена.

Эти сооружения требуют высокой технической оснащенности, больших затрат труда и материальных средств. Поэтому так важно для архитектуры метро сохранить бережное отношение к неповторимому своеобразию ее несущих конструкций.

В последнее время наибольшее распространение в строительстве станций глубокого заложения в Москве получили конструкции колонного типа как наиболее экономичные и удобные для эксплуатации. Но для правильного решения их архитектурной композиции и тектонического построения необходимо глубокое изучение ранее построенных станций. Особые принципы формировались в архитектуре сооружений пилонного типа. Для сооружения их применялся бетон и чугунные тубинги. Материал существенно влиял на конструктивную схему станций, поэтому те из них, которые выполнены в бетоне, отличаются от сооружений, возведенных из чугунных тубингов.

Монолитный бетон станций первой очереди позволял в каждой постройке проектировать пилонную часть и свод, в зависимости от конкретного архитектурного замысла. В этих станциях архитектурные формы неразрывно связаны с конструктивными. Характерным примером может служить выдающееся произведение советской архитектуры — станция «Лермонтовская», созданная в 1935 году архитектором И. А. Фоминым.

Начиная со второй очереди строительства Московского метрополитена, станции глубокого заложения пилонного типа стали сооружать индустриализированными методами из чугунных тубингов.

Неизгладимое эмоциональное впечатление производит на всякого спустившегося под землю во время строительства таких станций трехчастное внутреннее ее пространство, отвоёванное человеком у земли. Необычайно сильными и напряженными выглядят тубинговые кольца тоннелей. Всегда вызывает сожаление невозможность сохранить в архитектурной композиции металлическую основу подземных станций, настолько она выразительна.

Для отвода воды, просачивающейся через соединительные швы, к верхним тубингам крепится подвесной зонт. Платформа для посадки пассажиров отделяет нижнюю часть тоннелей. Под ней размещаются подсобные помещения. Эти элементы скрывают основную несущую конструкцию и меняют характер и форму всего внутреннего пространства.

Проектируя подобные станции, архитекторы не могли создавать их без «балласта» изобразительности. Им не удавалось органично связать архитектурные формы с конструктивными. Приходилось также считаться с несовпадением внутренних свойств отделочных материалов и конструкций. Работу архитектора стали часто называть «архитектурное оформление», подчеркивая этим разницу между «архитектурной оболочкой» и несущей основой сооружения.

Но, несмотря на все эти особенности, тектоническая система станций остается наиболее важной проблемой их архитектурной композиции.

В лучших станциях метрополитена наиболее распространены изобразительный принцип тектонического построения, при котором архитектурные формы выполняются не как декорация, а определенная система, выражающая работу конструкции. Авторы искали архитектурную тему и основные членения, которые бы наиболее правдиво отражали внутреннюю связь с конструктивной основой сооружения. Подвесные своды, различные по форме пилоны только тогда были художественно правдивыми и закономерными в композиции, когда подчинялись тектонике тоннелей.

При этом в архитектуре станций не выражалась работа применяемого материала в конструкции: чугуна, железобетона. Для облицовки использовали мрамор, гранит, керамику. И тогда отделка должна была отвечать всем технологическим свойствам этого материала. Например, облицовка из мрамора строилась по принципам каменной архитектуры.

К сожалению, в архитектуре станций встречаются отдельные сооружения, в которых архитектурные формы не связаны с конструкцией, не отражают ее работу, они ее просто украшают. Отсутствие преобладания основной архитектурной темы, подчиненной конструкции, ведет к конфликту между нею и художественной системой. Декоративность архитектурного решения или точнее украшение архитектурой — один из основных признаков эклектичности художественного мышления. Уже давно советским архитекторам ясна бесплодность этого направления.

Среди пилоновых станций глубокого заложения различаются станции, основой композиции которых служат высокие пилоны с опирающимися на них цилиндрическим сводом («Курская»-радиальная, «Электроводская», «Белорусская»-радиальная, «Октябрьская», «Киевская»-радиальная, «Краснопресненская»-кольцевая, «Смоленская», «Спортивная», «Фрунзенская», «Дзержинская», «Новокузнецкая», «Кировская», «Колхозная площадь» и др.), и станции с цилиндрическим сводом на низких опорах («Белорусская»-кольцевая, «Киевская»-кольцевая, «Новослободская», «Арбатская», «Площадь Революции», «Таганская»).

Правильно выбранная архитектурная тема помогает глубоко раскрыть тектоническую правдивость образа этих сооружений.

В станциях метро с высокими пилонами основой композиции являются пилоны, а цилиндрический свод, опирающийся на них, имеет подчиненное значение. В этих работах чувствуется стремление авторов выделить пилоновую часть как наиболее напряженный элемент конструкции.

Высокие пилоны помогали архитекторам зрительно увеличить внутреннее пространство станции, кроме того они упрощали производство отделочных работ и улучшали условия эксплуатации.

В таких станциях около пилонов сооружались в кирпиче или бетоне несущие вертикальные стенки. Облицовываются они плитами естественного камня или керамикой, к ним же крепятся карнизы и тяги. Материал облицовки играет основную роль в архитектурной композиции, архитектурные формы чаще всего повествуют о его работе. В станциях этого типа архитекторы по-разному опирали свод на пилоны: в одних случаях при этом применялись архитравные балки, в других — своды непосредственно примыкали к пилонам и аркам проходов.

Характерным примером может служить станция «Октябрьская»-кольцевая, созданная архитектором Л. М. Поляковым в 1950 году. В ее композиции и архитектурных формах чувствуется влияние традиционных форм классицизма. Превеличенная торжественность архитектуры делает эту станцию не только пассажирским залом, но и станцией-памятником. Архитектурная тема ее выполнена с удивительной выразительностью и мастерством. Основой тектоники этой станции является изобразительный принцип, при котором архитектурная система пилонов и цилиндрического свода с подпружными арками отражает работу основной конструкции тоннеля, ее внутреннюю напряженность и силу.

Главным элементом композиции этого сооружения служат крепованные по углам высокие пилоны. Раскреповка зрительно облегчает их, придает большую стройность пропорциям и как бы увеличивает ширину проемов. Однако возможность раскреповки пилонов появляется лишь тогда, когда их выступающие части служат поддержкой для элементов свода и выполняют определенную тектоническую роль. Креповка пилонов на станции «Октябрьская» привела к необходимости членения цилиндрического свода подпружными арками. Последние, опираясь на выступающую часть пилонов, как бы усливают свод на этих участках, часть же свода между ними служит более легким заполнением.

Декор этой станции помогает выявить ее основную тектоническую систему. Здесь декорируются только ненапряженные элементы композиции, т. е. заполнение подпружных арок и вставки в средних частях пилонов. Масштабное построение как бы подчеркивает тектоническую выразительность сооружения, в котором с таким мастерством и блеском выполнено соотношение его несомых и несущих элементов.

Тектонический смысл композиций с пилонами ордера типа («Площадь Свердлова», «Динамо», «Павелецкая», «Смоленская») подобен рассмотренному выше. Основное и существенное отличие заключается в архитектурной трактовке пилонов. Нагрузка от цилиндрического свода в них зрительно передается на колонны. Пилоны же, к которым они прислонены, сделаны внешне более легкими и иногда служат как бы заполнением пространства между колоннами. В архитектуре этих станций применены колонны дорического ордера и только на «Павелецкой» встречаются столбы более сложного ордера.

Ордерные архитектурные композиции излишне усложняют внутреннее пространство станций, создают дополнительные трудности в процессе их строительства и эксплуатации, поэтому в последние годы они не сооружаются. Но нельзя не отметить, рассматривая этот тип сооружений, замечательное архитектурное произведение — станцию «Площадь Свердлова» архитектора И. А. Фомина.

Основа композиции станций второй группы — цилиндрический свод, опирающийся на низкие пилоны или на цоколи. Эта система возникла от стремления более полно выразить в архитектурной пластике конструкцию тоннеля и полезнее использовать пространство станции. При этом все средства архитектурной выразительности выявляют работу сводчатой поверхности тоннеля, опирающейся на низкие пилоны или цоколи.

Однако в архитектуре этих станций нет органической связи с несущей конструкцией. Цилиндрический свод в них сооружался подвесным, укрепленным к чугунным тубингам, цоколь же выполнялся из невысоких кирпичных или железобетонных стенок. По принципу тектонического построения станции этого типа принципиально не отличаются от станций первой группы (тектонический принцип построения здесь также изобразительный). Обычно эти станции имеют единый цилиндрический свод, но встречаются примеры применения в архитектуре свода подпружных арок различного очертания.

Наиболее характерным примером станций этого типа может служить «Белорусская»-кольцевая (1952 год, авторы — архитекторы И. Г. Таранов и Н. А. Быкова, соавторы — архитекторы З. Ф. Абрамова, А. А. Марова и Я. В. Татаржинская). За основу ее композиции, выполненной в классических архитектурных формах, принят кессонированный свод на сильных низких опорах. Высота опорного цоколя 1,1 м, что совпадает с центром круглого сечения тоннеля. Благодаря этому архитектурная отделка станции максимально приближена к ее конструкции. Однако здесь так же, как и на других станциях, архитектурные формы не были связаны с конструкцией органично. Кессонированный свод сооружен из подвесных железобетонных плит, прикрепленных поверх зонта к чугунным тубингам, а стенки опорного цоколя выполнены из тонких железобетонных плит, облицованных мрамором.

Цилиндрический свод, единый на всем протяжении, стал основной темой станции. Для облегчения он был прорезан неглубокими прямоугольными кессонами с легкими декоративными вставками растительного орнамента. Арочные проемы стали второстепенным элементом композиции, не нарушающим единства цилиндрического свода: Прорезая свод на всем протяжении, они оставляют небольшие участки у его опоры. Таким образом, свод делится на две части: верхнюю — до пяти арочных проемов, и нижнюю — до опорного цоколя. В этом разделении была наибольшая сложность композиции станции, ибо тектоническая роль каждой части свода различна. В нижней он преодолевает большие нагрузки и должен быть более сильным, нежели его верхняя, облегченная часть.

К этой же группе можно отнести станции «Площадь Революции» (архитектора А. Н. Душкина) и «Новокузнецкую» (архитекторов И. Г. Таранова и Н. А. Быковой). В архитектурной композиции этих станций цилиндрический свод поддерживается различными по форме порталами (арочными и прямоугольными). Смысл тектонического построения станций заключается в правдивой архитектурной трактовке несущих свод порталов. При анализе конструкции пилоновой станции мы видели, что проемы сооружаются из более мощных тубингов и перемычек. Отражение в архитектуре усилий конструкции в проемах возможно, хотя внутреннее пространство пассажирского зала таких станций излишне усложняется архитектурными формами и, видимо, поэтому они не строились в последующие годы.

Особый интерес представляет архитектура станций, в которых архитекторы стремились к большему соответствию конструкции и системы архитектурно-художественной выразительности. Таких примеров в нашей практике немного: станции «Добрынинская» и «Рижская».

Архитектурная композиция этих станций во многом необычное явление в метростроении. Здесь авторы ставили перед собой задачу яснее и правдивее выразить несущую

основу сооружения. Сводчатая поверхность тоннелей не декорирована, она лишь ограждена защитным зонтом. У проемов тоннеля сооружены самонесущие ограждения из кирпича и бетона, которые не служат опорой сводам, а обусловлены требованиями эксплуатации.

Впервые подобная композиция наметилась в станции «Добрынинская» (1950 год, архитекторы М. А. Зеленин, М. И. Ильин и Л. Н. Павлов). В этом подлинно новаторском для своего времени архитектурном решении большую роль играет необычайно красивая по форме и пропорциям система больших уступчатых арок проходов и малых арочных ниш. Мраморные аркады служат лишь необходимым ограждением нижней части тоннеля, не рассчитанным на опирание на него сводов. Это очень хорошо ощущается и зрительно. Сводчатый тоннель существует самостоятельно, он играет основную тектоническую роль в этой станции. Эта мысль особенно ярко выражена в архитектурной трактовке завершения арок плоскими плитами мрамора криволинейного очертания, за которыми как бы свободно продолжается сводчатая поверхность. Низкие мраморные платформенные стенки с венчающими их карнизами также не служат опорой сводам; они резко выступают вперед, создавая впечатление защитной ограждающей панели.

Общая ясность принципа тектонического построения «Добрынинской», к сожалению, нарушается небольшими козырьками над арками проходов. Появившиеся на своде от максимального приближения к нему арок эти козырьки напоминают распалубки и мешают восприятию основной тектонической структуры станции.

На «Рижской», созданной в 1958 г. архитекторами А. А. Рейнфельдсом и В. А. Апитисом, роль тоннельного ограждения выполняют прямоугольные закругленные боковые стенки пилонов, облицованные керамическими плитами. Со стороны центрального и боковых залов цилиндрическая поверхность станционного свода продолжается до цоколя. Применяя такой интересный принцип композиции, авторы не смогли сделать эту станцию безупречной в архитектурном отношении. Вызывает сомнение примыкание вертикальных закругленных стенок к сводчатой части. Не получили четкого выражения и форма самого ограждения, его масштабное и цветовое решение.

Станции колонного типа глубокого заложения — одно из значительных достижений советской техники подземного строительства. Первой такой станцией была «Маяковская». Впоследствии построены «Павелецкая», «Курская», «Комсомольская»-кольцевая, «Площадь Ногина» и др.

Основное преимущество этих конструкций — создание обширного станционного тоннеля. Благодаря применению металлических колонн и прогонов боковые и средние залы сливаются в единый объем. При одинаковой выборке грунта кубатура среднего зала колонных станций значительно больше, чем пилоновых. Это очень важное качество, оказывающее влияние на архитектурный облик станций и показатели их эксплуатации, так как средний зал выполняет основные функции распределения пассажиров.

Принцип тектонического построения станций колонного типа в своей основе мало чем отличался от пилонового. Органической связи архитектурных форм и конструкции здесь также нет. Материал облицовки (чаще всего мрамор и гранит) играет главную роль в композиции, и художественный облик создается на основе каменной архитектуры с использованием форм различных стилистических направлений.

Примером может служить станция «Павелецкая» (1953 год, архитекторы С. В. Лященко и Е. С. Демченко). Двойные аркады со сводами и небольшими куполами являются основными элементами ее архитектуры.

В построении станции «Павелецкая» полностью игнорируется основной несущий материал — металл, а главным элементом архитектуры становится отделочный — мрамор.

На «Павелецкой» отсутствует тектоническая последовательность построения архитектурной композиции. Мраморные аркады с архивольтами из белого мрамора не согласуются с цилиндрическим сводом. При системе сильных каменных арок было бы более целесообразно выполнить свод таким, чтобы он действительно выражал напряжение от нагрузки и передачу его на арки. Распалуб

ки свода, расположенные над арками, слегка намечены и не имеют тектонического смысла. Опорная часть свода между распалубками изрезана своеобразными каннелюрами и закрыта декоративными щитами. Все это создает впечатление, будто бы свод ничего не несет, а служит лишь легкой подвесной оболочкой, прикрепленной к несущим элементам. Такая трактовка свода противоречит нижней части станции — мраморным аркадам, задуманным в виде несущих элементов. Отсутствие единства принципов тектонического построения композиции станции «Павелецкая» снижает архитектурно-художественную ценность этого сооружения.

Определенный интерес из ранее созданных станций колонного типа представляет ст. «Маяковская» (1938 год, архитектор А. Н. Душкин).

Это произведение не только мастерски выполненное, но и совершенно самостоятельное по форме, принадлежит к лучшим на Московском метрополитене. К созданию художественного образа ее автор приходит путем подчеркивания техничности сооружения и его основной металлической конструкции. Ее подземный зал производит на пассажира необычайное впечатление легкости форм и воздушности пространства.

Это во многом зависит от интересного тектонического построения композиции, в котором сказалось стремление выявить наиболее правдиво работу металла как основного материала конструкции. Все архитектурные детали из нержавеющей стали и мраморных плит задуманы как легкая «оболочка», выполненная так, что видно ее крепление к несущей конструкции.

Основной композицией является двойной ряд арок, связанных между собой поперечными арками. Из-за этого все пространство среднего зала делится на равные по величине ячейки со сводчатыми покрытиями и небольшими куполами. Арки не имеют циркульного очертания, они изогнуты по сложной кривой, чтобы не имитировать форму каменной архитектуры. Плиты мрамора на станции не выражают работу камня, наоборот, зрительно создается впечатление, что это тонкая облицовка, подвешенная к конструкции. Так, мраморные обрамления арок не являются архивольтами, они меняют свое сечение и на месте опоры арочных пил совсем исчезают.

Своды над арками не имеют правильной формы, заполняют все пространство между тубингами и затяжками, свободно следуя очертанию конструкции. Опорная часть куполов, прорезанных в сводах, настолько изрезана вентиляционными решетками, что не остается никаких сомнений в том, что они просто укреплены к тубингам и затяжкам. Такое необычайное и новое толкование композиции делает эту станцию интересным сооружением. Она до сих пор не имеет аналогий в архитектуре Московского метрополитена.

Современный темп жизни — быстрый, динамичный и точный — во многом определяет строй создаваемых ныне художественных произведений. Это отчетливо ощущается в новых станциях глубокого заложения и последних конкурсных проектах.

В конкурсных работах наблюдается тенденция расширения диапазона поисков новых выразительных архитектурных форм и объемно-пространственных решений с использованием технических и научных достижений отечественного метростроения. Архитекторы легко и свободно комбинируют современные формы, смело вводят контрастные сочетания объемов и материалов. Предельно лаконичные геометрические формы новых станций, лишенные декора, обладают не меньшей выразительностью, чем условленные прежние композиции. Простота форм — очень важное качество архитектуры, если она не обедняет ее внутреннее содержание, а, наоборот, помогает со всей глубиной его выразить.

Стремясь максимально приблизить архитектурные формы к конструкции, архитекторы часто проектируют пилоны наклонными («Новокузнецкая», «Дзержинская», «Колхозная») или криволинейными («Тургеневская», «Октябрьская»-радиальная). Наклонные плоскости пилоновой части станции придают большую напряженность этой архитектурной системе и усиливают впечатление динамичности форм. Впервые верхняя часть пилонов сделана наклонной на станции «Перспект Мира» (Кольцевой линии). К сожалению, авторам в этой работе не удалось без ошибок справиться с этой интересной архитектурной

темой, и долгое время она не получала развития. В последнее время пилоны, как правило, сооружаются наклонными или сложной формы. Среди этих работ выделяются лаконизмом и четкостью тектонического построения станции «Дзержинская» (авторы — архитекторы А. Ф. Стрелков, Н. А. Алешина, Н. А. Самойлова) и «Новокузнецкая» (авторы — архитекторы В. Г. Поликарпова и А. А. Марова).

Логика архитектурной композиции станций глубокого заложения должна вытекать из сущности воплощаемой ее конструкции. Только правильно выбранные творческий метод и принцип композиции позволяют творить свободно, не ограничивая себя стилистическими приемами и догмами, и создавать совершенные художественные произведения. При этом большое значение имеет последовательное претворение основного тектонического принципа во всех

деталях и элементах архитектурной композиции. Ошибочные тектонические концепции ведут к неудаче в целом всего архитектурного замысла.

Развитие архитектуры Московского метрополитена показало, что можно использовать различные сложившиеся ранее и новые художественно-композиционные приемы и темы композиции. Работа над новыми конструкциями и новыми материалами обнаружит несомненно большие возможности для создания выразительных образов сооружений. Новые конструкции должны рассматриваться как основа новых тектонических и композиционных систем, а не только как средство создания объемно-пространственных решений. Необходимо также, чтобы творческие принципы были связаны с потребностями жизни. Необычайный размах строительной индустрии открывает перед архитекторами богатые перспективы.

Транспорт будущего

СТРАННАЯ судьба у этого вида транспорта. Идея его создания зародилась одновременно с паровозами...

Тем не менее, мы и сегодня называем его транспортом будущего. Но сегодня это будущее намного ближе, чем сто пятьдесят лет назад. Тогда, как это часто бывает, идея слишком опередила свое время. Технические возможности, которыми человечество располагало в момент появления этой идеи, не позволяли ее реализовать.

Речь идет о так называемом контейнерном пневматическом трубопроводном транспорте. Первые сообщения о нем появились еще в 1827 году. Английский механик Медхэрст предложил соорудить трубу с прорезью в верхней части. По этой трубе движется поршень. Его хвостовик выходит вверх, через прорезь. К хвостовику прикреплены тележки, которые движущийся поршень увлекает за собой.

Несколькими годами позже появилась конструкция пневмотранспорта. Здесь поршень двигался за счет перепада давления. Сзади было большее давление, спереди — меньшее.

В 1843 году открылось регулярное движение по атмосферической дороге (так ее тогда называли) длиной 2,8 км. Перед отправкой поезда из Кингстоуна в Далки из трубы откачивался воздух. Поезд выталкивался на путь. Поршень головного вагона входил в трубу, и только за счет силы атмосферного давления состав весом в 60 тонн начинал двигаться. Все быстрее, быстрее и вот уже достигнута скорость 32 км/час. Весь путь состав преодолевал за пять минут. Однажды на этой дороге была показана скорость и по сегодняшним меркам для наземного транспорта немалая — 135 км/час. Такую скорость удалось развить впервые в истории человечества. Так что — хоть и ненадолго — но пневмотранспорту принадлежал мировой рекорд скорости. Атмосферическая дорога была серьезным конкурентом для метрополитена.

В 1864 году, едва только в Лондоне открылся первый метрополитен с паровой тягой, английский инженер Рэмел построил в предместье города другую транспортную систему, вернее ее модель. Тоннель длиной 550 метров и шириной, вполне достаточной для прохода нормального вагона, плотно закрывался с обеих сторон воротами. Возле входа в тоннель была насосная

«ТРАНСПРОГРЕСС» — ГРУЗЫ И ПАССАЖИРЫ... ВНУТРИ ПОРШНЯ

Г. ЯРОВ

станция с вентилятором, который приводился в действие паровой машиной мощностью 60 л. с. На торце вагона находились кромки, плотно прилегавшие к стенкам тоннеля и игравшие роль уплотнений. Когда вентилятор гнал воздух, вагон двигался в одну сторону со скоростью 35—40 км/час. А когда вентилятор отсасывал воздух — вагон двигался в другую сторону.

Эта «дорога» возникла на основе простого принципа — работы поршня в машине. Но если уплотнить поршень с помощью колец сравнительно просто, то уплотнить вагон совсем нелегко. Отсутствие возможности создания надежного уплотнительного устройства стало главной причиной, помешавшей развитию этого вида транспорта. Кроме того, не было достаточно мощных компрессоров, автоблокировочных устройств, систем, позволяющих многократно использовать одну и ту же порцию воздуха, экономичных и производительных способов проходки подземных тоннелей.

Но вот общее развитие техники привело к созданию такого рода устройств, машин и механизмов. Оказалось, что существует настоятельная потребность в широком применении пневмотранспорта, что есть целый ряд отраслей народного хозяйства, для которых пневмотранспорт будет экономичнее, выгоднее, нежели любой другой.

Для перевозки сухих грузов на расстояния в сотни и тысячи километров, пока еще нет более удобного транспорта, нежели железная дорога.

Скажем, нужно перевезти песок, гравий, щебень и прочие строительные материалы из карьеров, где их добывают, или из портов, куда их доставили на бетонные заводы и обогатительные фабрики. Расстояние небольшое, строить железную дорогу невыгодно. Автомобиль? Поскольку грузы насыпные и массовые, нужны огромные самосвалы грузоподъемностью 150 тонн и больше.

Но для таких великанов нужны специальные и очень дорогие дороги. А если надо вывозить строительные материалы или руду из глубоких карьеров, котлованов, то воздух окажется сильно насыщен выхлопными газами, что превысит все санитарные нормы.

Очень сложно в современных больших городах вывозить, например, мусор, бытовые отходы на мусороперерабатывающие заводы. Сложно потому, что большой город не только много потребляет, но и много выбрасывает. Тысячи автомобилей заняты перевозкой мусора на значительные расстояния: каждый за одну поездку совершает пробег в 50 и более километров. Санитарные условия при этом соблюдаются недостаточно строго.

Транспортные пробки, создаваемые автомобилями в больших городах, наводят на мысль о том, что надо искать иное средство для массовой перевозки людей (метрополитен очень хорош, но требует огромных капитальных затрат).

Во всех перечисленных и во многих других случаях решением проблемы является перемещение грузов и пассажиров по трубам в контейнерах. В разных странах мира разработано много проектов подобного рода. Есть и очень интересные. Однако проекты — это еще не реальность.

Двигаются ленточные конвейеры, скрипят задвижки бункеров. Гравий и щебень с конвейеров сыпятся прямо в бункеры, а оттуда — в трубы, идущие частью по земле, частью по эстакадам. Крупный гравий транспортируется по трубам? Да, есть такое направление в технике — перемещать сыпучие или мелкие грузы по трубопроводам в потоке жидкости или газа. Но оно не получило развития, поскольку внутренность трубопровода сильно изнашивается, а из-за больших затрат мощности большое расстояние не преодолеешь. Значит, остается другое: в трубе поместить контейнеры на колесах — вагонетки — в них и сыпать груз.

Так оно и сделано на первой в мире в СССР установке трубопроводного контейнерного транспорта. Она сконструирована и успешно применяется для транспортировки сыпучих строительных материалов от карьера до завода железобетонных изделий в районе поселка Шулавери в Грузинской ССР. По трубопроводу диаметром 1020 мм на расстояние 2,2 км ежегодно доставляются

640 тысяч тонн строительных материалов. Эту систему спроектировали совместно специальная конструкторское бюро «Транснефтеавтоматика» и институт «Грузгипроводхоз». А предшествовала этому длительная исследовательская работа. В СКБ «Транснефтеавтоматика», помимо проведения расчетов, построили модель пневмотрассы из стеклянных труб диаметром 40 мм и длиной 25 м. На ней и проверяли все особенности работы будущей трассы. Когда первоначальные данные были получены, построили вторую модель, вернее, стенд, тоже из стеклянных труб — но уже диаметром 100 мм и длиной 250 м. Созданная конструкторами система трубопроводного контейнерного транспорта получила название «Транспрогресс». Эта система представляет собой транспортные трубопроводы, в которых движутся контейнеры на колесах — вагонетки. Они могут быть единичные или объединенные в составы. Когда контейнеры формируются в поезд, к ним присоединяются так называемые пневмовозы — негруженые вагонетки. Вместо груза эти вагонетки несут уплотнительные манжеты, прилегающие к стенкам трубы. Таким образом, этот пневмовоз и является как бы поршнем. Для того, чтобы двигать состав весом 25 тонн по горизонтальной плоскости, нужен сравнительно небольшой перепад давлений — всего 0,1 атмосфер, а при подъеме с уклоном 6‰ — около 0,3 атмосфер.

Поезд состоит из шести вагонеток-контейнеров и двух пневмовозов, расположенных по концам состава и снабженных специальными уплотнениями. Именно они полностью перекрывают поперечное сечение трубопровода и создают тяговое усилие пневмопоезда. Перепад давления создается воздушными насосами. Скорость составов — до 45 км/час. Погрузочные и разгрузочные станции, стрелочные переводы, шлюзовые затворы, предотвращающие снижение давления, тормозные устройства, останавливающие тяжелые контейнеры в заданном месте — все это присуще системе «Транспрогресс». Все операции загрузки и выгрузки контейнеров, управление их движением — автоматическое, оно контролируется диспетчером с центрального пульта.

Установки могут быть с одной, двумя и многими трубами — в зависимости от интенсивности работ. Трубопроводы можно прокладывать под землей, на земле и на эстакадах, а если использовать систему на заводе — то вдоль стен и под потолками производственных зданий, т. е. не требуется специальных транспортных проходов.

Работа установок «Транспрогресс» не зависит от погоды. На трубу не повлияют ни морозы, ни дожди, а вагонетки внутри надежно защищены. Поэтому система может использоваться в горах, на болотах и в других местах, где иной транспорт либо требует больших затрат, либо вообще неприменим.

Установки мобильны — они быстро разбираются, легко перевозятся на новое место. Это очень удобно для крупных строков, где используются песок, щебень, известняк, цемент и прочие грузы.

Колеса вагонеток покрыты слоем резины или другого эластичного материала,

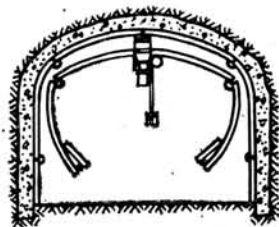
например, уретана. Поэтому износ трубы и ходовой части подвижного состава вообще незначителен. Значит высека эксплуатационная надежность и долговечность. И еще одно, не менее существенное обстоятельство — отсутствие шума. Это делает «Транспрогресс» исключительно удобным для больших городов. Используя его, можно перевозить самые различные грузы и даже пассажиров. И воздух в городах станет чище: пневматические дороги не выделяют вредных выхлопных газов.

Можно назвать и другие благоприятные особенности нового вида транспорта. Все перевозимые грузы надежно изолированы от внешней среды: они ведь в контейнерах, да еще в трубе. Поэтому соблюдаются технологические, гигиенические и другие условия при транспортировке.

Персонала для обслуживания установок «Транспрогресс» требуется немного. Производительность труда в 10—15 раз выше, чем на автомобильном транспорте.

ВСЛЕП ЗА ЗАБОЕМ*

НЕСКОЛЬКО секций и механизм для их перемещения — главные элементы передвижной металлической опалубки для бетонирования капитальных горных выработок. Секция — это сводчатая сварная конструкция (см. схему), бортовые и от-



кидные части которой соединены шарнирами, а к сводчатой части крепится двутавровая балка. По ней движется тележка. Когда она подходит под секцию, площадка домкрата выдвигается до упора в двутавр. Удаляются крепежные соединения, боковые и откидные части секции устанавливаются в удобное для транспортировки положение. Секция опускается на тележку и «едет» на место монтажа. Таким образом крепь параллельно проходческим работам движется вслед за забоем. Конечно, это лишь грубая схема работы устройства, разработанного учеными «КузНИИшахтостроя» и защищенного несколькими авторскими свидетельствами.

Применение опалубки «ОМП-1» увеличивает скорость бетонирования, улучшает качество поверхности крепления, облегчает труд крепильщика. В зависимости от способа проходки и сечения выработки годовой экономический эффект составляет от 80 до 190 тысяч рублей на километр крепи.

* «Социалистическая индустрия», 8 апреля 1975.

Трубы — тонкостенные, из самых дешевых материалов — бетон, пластмасса, железобетон.

Сейчас ведется разработка новых конструкций пневмотранспорта. Так, для Волгограда спроектирована магистраль, где по двум трубам будет перевозиться три миллиона тонн песка в год. Расстояние перевозки — одиннадцать километров, диаметр трубопровода — 1220 мм. Расчет показывает, что перевозка одной тонны песка на расстояние в один километр по трубопроводу в контейнерах обойдется в 3 раза дешевле, чем на автомобиле. И таким образом, капиталовложения окупятся за срок, чуть больший, чем два года.

Еще одна система — для перевозки песка и щебня — спроектирована и строится под Тбилиси. Но теперь протяженность ее составит 50 км. Это уже будет не эксперимент и не опытный образец, а действующая промышленная установка.

Можно перечислить еще много способов применения системы «Транспрогресс» в самых разных отраслях народного хозяйства. Но, пожалуй, наиболее эффективной будет использование ее для организации городского пассажирского хозяйства. А такой проект уже есть — для Москвы. Его разработали СКБ «Транснефтеавтоматика» совместно с Главным архитектурно-планировочным управлением столицы. Данный вид транспорта выбран потому, что он значительно дешевле метрополитена, бесшумен, сохраняет окружающую среду, не выделяет токсичных веществ. В качестве первого участка первого в мире пассажирского пневмотранспорта выбран район подмосковного города Зеленограда, так как здесь четко выражены жилые и производственные зоны и направления пассажирских потоков. Шестикилометровая трасса пойдет от железнодорожной станции через производственные территории и жилые районы. Она будет состоять из двух тоннелей сечением 3×2 м. Обделка тоннелей — железобетонные секции длиной 1,8 м. Трасса пойдет и на поверхности, и по эстакаде, и на небольшой глубине. На ней будет 4 станции.

Поезд из нескольких (до десяти) вагонов, в каждый из которых вмещается 125 пассажиров, будет развивать скорость до 90 км/час.

Кузов такого вагона герметичный, цельнометаллический, несущий, имеет восемь дверей (две — в торцевых стенках). В переднем и заднем вагонах — кабины для водителя с приборами управления. На торцевых стенках установлены специальные уплотнительные манжеты.

Пневматический транспорт по провозной способности уступает только железной дороге и метрополитену. В Москве он может дополнять последний, осуществляя сообщение с аэропортами, зонами массового отдыха и т. д. А в городах, имеющих устойчивые потоки пассажиров, пневмотранспорт может служить основным средством сообщения.

Такова удивительная судьба в свое время отвергнутого, а ныне воскрешенного советскими конструкторами и учеными вида транспорта. Он уже сегодня полностью себя оправдал, а завтра может стать повсеместным и массовым.

ЦИРКУЛЯЦИОННЫЕ ВОЗДУШНЫЕ ПОТОКИ В СООРУЖЕНИЯХ ТБИССКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА

В РЕЗУЛЬТАТЕ поршневого действия движущихся поездов на станциях метрополитена создается избыточное давление или разрежение, и потоки воздуха с довольно большой скоростью выходят на дневную поверхность или поступают в подземные сооружения через двери вестибюлей и эскалаторный тоннель, а также через вентиляционные отсеки или стволы. В условиях Тбилисского метрополитена в вестибюлях нет двойных дверей, а имеющиеся однорядные входные и выходные двери постоянно открыты. Это обстоятельство, наряду с другими факторами, способствует повышению скорости движения циркуляционных потоков воздуха, возникающих под влиянием поршневого действия поездов.

Возникновение сильных сквозняков — «дутья» — оказывает неприятное ощущение на пассажиров и обслуживающий персонал. Величина скорости перемещения циркуляционных воздушных потоков и продолжительность их знакопеременного движения зависят от интенсивности и скорости следования поездов, объема станции и других факторов*.

Поршневое действие поездов вызывает резкое и частое изменение скорости движения циркуляционных потоков воздуха в сооружениях метрополитена. В связи с этим возникает необходимость записи осциллограмм мгновенных значений параметров пульсирующего воздушного потока, поскольку его усредненные параметры не дают ясного представления о характере переходного процесса. В связи с отсутствием стандартных датчиков, которые позволили бы производить осциллографирование скоростей пульсирующих воздушных потоков в широком диапазоне их изменений, совместно с работниками тбилисского филиала Всесоюзного зонального института типового проектирования (ВЗИП) были разработаны и изготовлены малоинерционные датчики скорости на резисторах. Их основные достоинства — высокая чувствительность, стабильность тарировочной кривой, отсутствие необходимости в усилителях, восприятие реверсирования воздушной струи и др. Записанные с помощью этих датчиков осциллограммы дают как качественное, так и количественное представление о характере переходных процессов в подземных вентиляционных сетях метрополитена с достаточной для практических целей точностью.

* Подиков В. Я. Вентиляция и теплоснабжение метрополитенов. Изд-во «Недра», 1968.

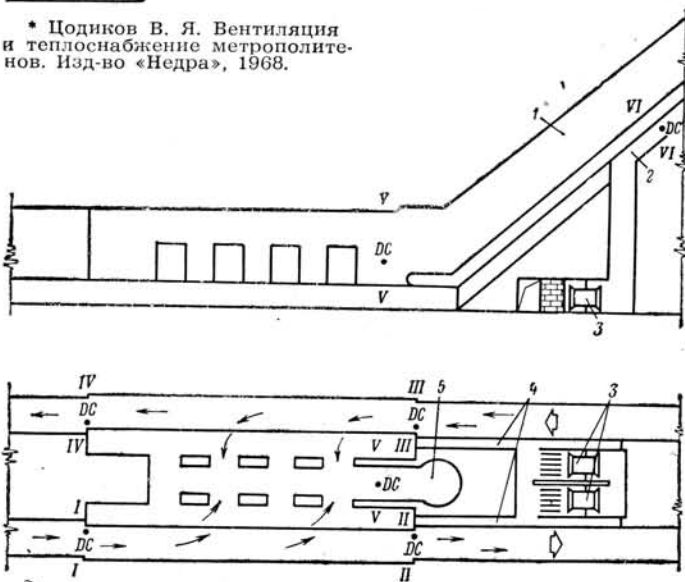


Рис. 1. Схема расположения датчиков скорости в характерных сечениях станции:

1 — наклонный эскалаторный тоннель; 2 — вентиляционный отсек; 3 — вентилятор; 4 — подплатформенный вентиляционный канал; ДС — датчик скорости

А. ДЗИДЗИГУРИ, академик АН ГССР;
С. МАЧАРАШВИЛИ, канд. техн. наук; А. ГИОРГАДЗЕ, инженер

Запись осциллограмм производилась в характерных сечениях станций I—I, II—II, III—III, IV—IV, V—V и VI—VI (рис. 1) при наличии факторов, влияющих на величину воздухообмена и силу «дутья» (например, при работающих и отключенных вентиляторах, при различных атмосферных условиях, разной частоте движения поездов и др.). Продолжительность цикла определялась в соответствии с движением поездов. За начало цикла условно принимался момент отправления поезда со станции, за конец — момент отправления другого поезда, следующего в том же направлении.

Измерения и запись скорости циркуляционных потоков воздуха в указанных характерных сечениях были произведены на многих станциях. Анализ показал, что в качественном отношении осциллограммы для разных станций в идентичных сечениях не отличаются друг от друга.

На рис. 2, а, б, в, г, д представлены осциллограммы скоро-

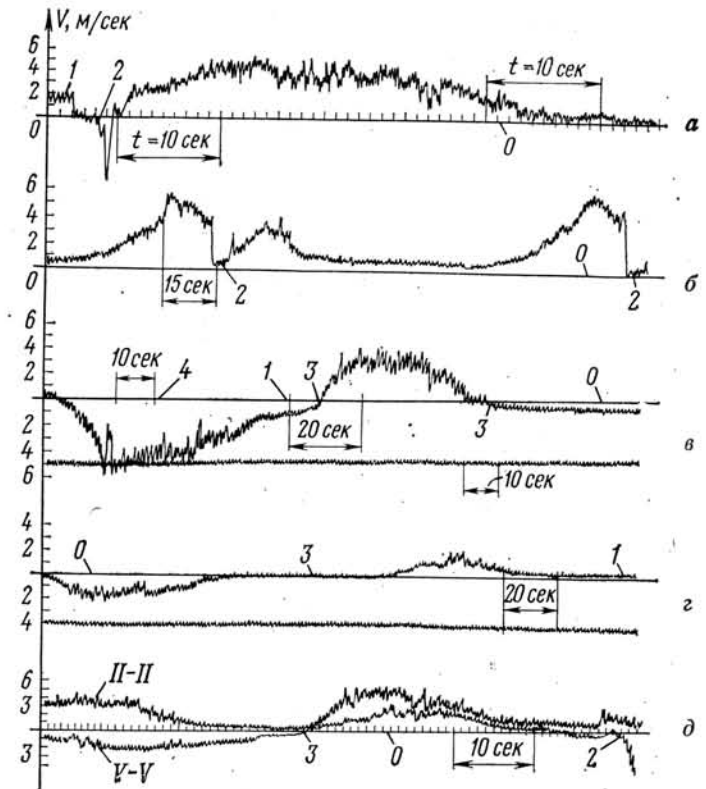


Рис. 2. Осциллограммы скоростей циркуляционных потоков воздуха:

а — в сечении II—II; б — в сечении III—III; в — в сечении V—V; г — в сечении VI—VI; д — одновременно в сечениях II—II и V—V; О — нулевая линия; t — отметчик времени

стей циркуляционных потоков воздуха на одной из станций Тбилисского метрополитена при работе вентиляторов тоннельного проветривания и расположения датчиков соответственно в сечениях II—II, III—III, IV—IV и V—V, записанные одновременно двумя датчиками, а на рис. 2, г в сечении VI—VI — при отключенном вентиляторе.

На осциллограммах точка 1 соответствует моменту начала движения поезда со станции, 2 — моменту прохода поезда ми-

мо датчика, 3 — моменту уравнивания объемов воздуха, отсасываемого и нагнетаемого на станцию поездами (т. е. когда скорость движения циркуляционных потоков воздуха в указанных сечениях равна нулю и происходит опрокидывание струи воздуха), а точка 4 — моменту входа поезда на станцию.

Из приведенных осциллограмм можно установить следующие общие закономерности перемещения циркуляционных потоков воздуха в сооружениях метрополитена. Максимальную скорость потока воздуха в сечениях II—II и IV—IV имеет примерно в течение 10 сек. после ухода поезда со станции (см. рис. 2, а), а в сечениях I—I и III—III максимальная скорость потока воздуха наблюдается примерно за 15 сек. до входа поезда на станцию (см. рис. 2, б). Аналогичная картина в эскалаторном тоннеле и вентиляционном отсеке (сечения V—V и VI—VI). Здесь скорость циркуляционных потоков воздуха достигает своего максимума за 10—15 сек. до входа поезда на станцию и через 20—25 сек. после ухода его со станции (см. рис. 2, в, г). Перемещение потоков воздуха с максимальной скоростью $V = 5-6$ м/сек в рассмотренных характерных сечениях за один цикл движения поездов продолжается 20—25 сек. В перегонных тоннелях скорость воздушных циркуляционных потоков изменяется в пределах 0—6 м/сек, а его направление совпадает с направлением движения поездов.

На рис. 2, д даны сопоставительные осциллограммы скоростей движения потоков воздуха в сечениях II—II и V—V, записанные одновременно двумя датчиками. Как видно, максимумы скоростей циркуляционных потоков воздуха в этих сечениях сдвинуты по времени.

Мгновенное изменение направления движения воздуха — обратное направлению движения поездов в зазоре при входе поезда со станции в перегонный тоннель (точка 2), очевидно, обусловлено сильным завихрением циркуляционных потоков воздуха в результате резкого уменьшения сечения тоннеля (сопряжение станционного и перегонного тоннелей) и большого аэродинамического сопротивления.

Реверсирование струи воздуха происходит только в эскалаторном тоннеле и вентиляционном отсеке. Изменение скорости в эскалаторном тоннеле по основной частоте происходит по синусоидальному закону. В вентиляционном отсеке максимальная скорость воздушного потока достигает 2 м/сек, и среднерасходная — 0,9 м/сек, в эскалаторном тоннеле — соответственно 5 и 3 м/сек. Таким образом, только поршневым действием поездов суммарное количество воздуха, которое поступает на станции или выходит на поверхность через эскалаторный тоннель и вентиляционный отсек (при частоте движения поездов 20 пар/час), составляет в среднем 45 м³/сек. Воздухообмен в подземных сооружениях можно значительно увеличить через вентиляционный отсек при открытых дверях камер и клапанов обоих вентиляторов (при их отключении).

Таким образом, при снижении пассажиропотоков периодически можно отключать тоннельные вентиляторы (продолжительностью не более чем 4 часа) и обеспечивать нормальное проветривание подземных сооружений метрополитена только за счет поршневого действия движущихся поездов.

Регулярное наблюдение за качеством тоннельного воздуха подтверждает правильность выбранного режима работы вентиляционной системы.

Приведенные осциллограммы могут послужить основой при разработке способов и устройств борьбы с явлением «дутья». Высокочастотные составляющие скоростей, которые зафиксированы на осциллограммах, свидетельствуют о сильном пульсирующем характере циркуляционных потоков. Они должны быть учтены при создании автоматических систем контроля, управления и регулирования вентиляционными системами метрополитенов.

МЕТРОПОЛИТЕН ВАШИНГТОНА

Е. ДЕМЕШКО, канд. техн. наук

В СООТВЕТСТВИИ с принятым Конгрессом США законом о строительстве в столице страны — Вашингтоне метрополитена общая протяженность его сети составит 158 км, количество станций — 86 (рис. 1). Первая линия длиной 7,4 км будет введена в строй в 1975 г. Строительные работы начаты в 1971 г., завершение их предполагается к концу 1979 г.

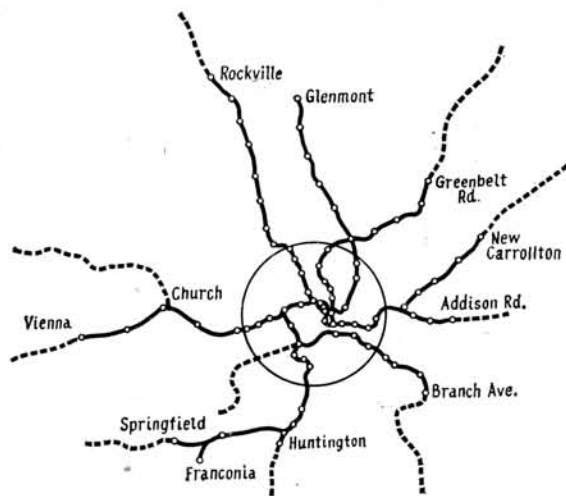


Рис. 1

Коренная перестройка городского транспорта предусматривает эксплуатацию метрополитена в органическом единстве с организуемой системой автобусных пассажирских перевозок. У станций метрополитенов будут созданы стоянки для индивидуального автотранспорта и такси на 27 000 мест.

Характеристика метрополитена

Общая протяженность сети	158 км
Длина подземных линий	77,5 км
Длина наземных линий	80,5 км
в том числе на эстакадах	13 км
Количество подземных станций	53
Количество наземных станций	33
Годовая провозная способность к 1980 г.	350 млн. пасс.
Количество эксплуатируемых вагонов	556 шт.
Система управления подвижным составом	автоматизированная
Скорость поездов максимальная	120 км/час
эксплуатационная	56 км/час
Интервалы движения:	
в часы пик	2 мин.
днем	6 мин.
рано утром и поздно вечером	10 мин.

Сеть метрополитена включает семь радиусов, некоторые из них имеют вилочные ответвления. В центре города будет построено четыре пересадочных станции (в двух уровнях). В дальнейшем предполагается открыть еще два пересадочных узла.

Подземные станции выполняются в виде односводчатых конструкций с двумя боковыми или одной средней платформами, что должно, как полагают, гармонировать с монументальной архитектурой столицы (рис. 2).

Длина станции составляет 180 м при ширине 18 м и высоте 9 м. Вход на станцию устроен через ее торец. Из подземного вестибюля пассажир выходит вначале на балкон, с которого открывается вид на станцию, а затем по одному из двух эскалаторов опускается на платформу. Два других эскалатора служат для подъема пассажиров на балкон. На пересадочной станции «Центр» в средней части островной платформы установлены два трехленточных эскалатора, связывающих ее с верхним уровнем, где расположена вторая станция.

Интересно архитектурное оформление станции и ее интерьера. Поверхность свода выполнена в виде кессонов квадратного сечения, глубина которых колеблется от 2 см до 75 см (рис. 3). Боковые платформы отделены от стен железобетонным парапетом с установленными вдоль них гранитными скамьями. За парапетом, отстоящим от стены на 0,9 м, помещены светильники. Вдоль края платформы уложена полоса шириной 0,3 м из светлого гранита, куда через определенные интервалы встроены мигающие светильники. Они загораются при приближении поезда к станции.

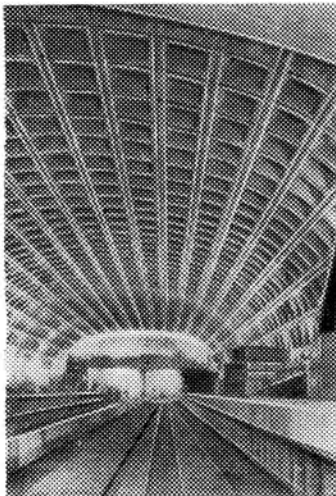


Рис. 2

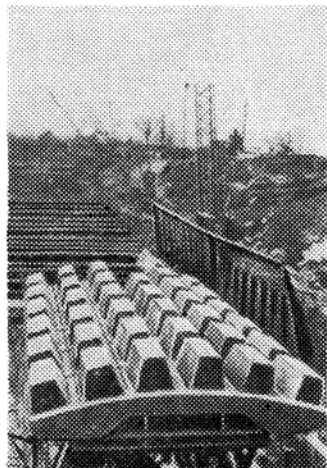


Рис. 3

Станции часто соединены подземными переходами с крупными магазинами, учреждениями и т. д. Подземные вестибюли и переходы выполнены из нештукатуренного железобетона с неокрашенной поверхностью. Чтобы предохранить стены от порчи со стороны пассажиров, на их поверхность нанесены насечки или бороздки различного рисунка. Вдоль стен устроены перила. Пол выстлан шестиугольными гранитными плитками красного цвета. Потолки подвесные. Металлические детали и украшения выполнены из бронзы или анодированного алюминия цвета бронзы.

Наземные станции строятся с островной платформой длиной 180 м. Вдоль ее оси расположены колонны, поддерживающие два козырька в виде полуцилиндрических железобетонных оболочек (рис. 4). Между оболочками оставлен просвет, перекрытый полуцилиндрическим фонарем из прочного прозрачного пластика. Общая длина навеса 90 м.

Удачно найдено архитектурное решение эстакад. Они имеют единую конструкцию из унифицированных колонн с пролетными строениями длиной от 24 до 33 м.

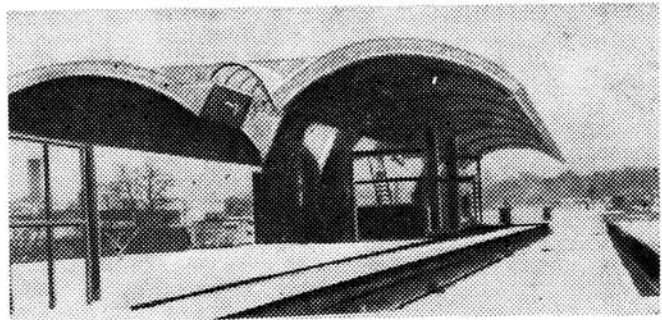


Рис. 4

Большое внимание уделено снижению уровня шума и вибрации. Подвесные потолки выполнены из акустических шумопоглощающих панелей. На станциях подплатформенные стенки также закрыты шумопоглощающими панелями. Рельсовый путь из сварных плетей без стыков. Рельсы крепятся к железобетонному основанию через упругие полимерные прокладки толщиной 18 мм. На отдельных участках путь дополнительно укладывается на железобетонных плавающих плитах, отделенных от окружающих конструкций прокладками из синтетической резины или стекловолокна толщиной 75 мм; они снижают шум на 10 децибел (рис. 5). Устройство плавающего пути равнозначно удалению линии метрополитена от зданий дополнительно на 55 м в скальных породах или 15 м в мягких грунтах. Приняты меры к снижению уровня шума и вибрации непосредственно в конструкции вагонов. Корпус вагона будет опираться на колесную тележку через воздушные баллоны (пневматические рессоры), давление внутри которых регулируется в зависимости от заполнения вагона пассажирами.

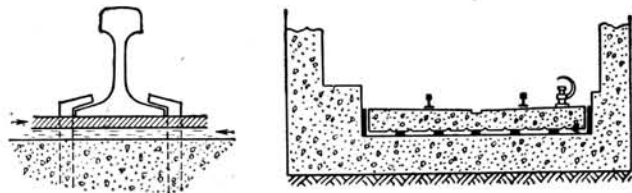


Рис. 5

Так как Вашингтон находится в климатической зоне с характерной летом высокой температурой и влажностью, принято решение обеспечить метрополитен кондиционированной системой воздухообмена. Система кондиционирования предусматривает очистку воздуха, его охлаждение и сушку. На каждой станции будет действовать установка мощностью 1 млн. ккал/час. Зимой воздух будет нагреваться. Для охлаждения используются две системы: с применением завес из холодного воздуха и локального охлаждения отдельными струями. Нагретый воздух на станциях отсасывается. Вагоны метрополитена также снабжаются кондиционированным воздухом. Система вентиляции на перегонах использует три шахты, две из которых расположены близ станций, а третья, оборудованная вентилятором, — в средней части перегона. Когда перегон свободен от поезда, воздух поступает через боковые стволы и отсасывается наружу через средний ствол. При движении поезда используется поршневой эффект, и воздух выталкивается через пристанционный ствол, расположенный по ходу движения (тогда как два остальных ствола работают в прежнем режиме).

Подача кондиционированного воздуха на станции с островными платформами осуществляется через несколько столбчатых пилонов с металлической облицовкой бронзового цвета. Эти пилоны играют также роль информационных указателей: на них имеются надписи станций данной линии.

Для Вашингтонского метрополитена специально проектируется новый подвижной состав, образец которого выставлен для осмотра у Белого Дома (рис. 6). Изготавливает вагоны компания Пор Индастриз, шт. Калифорния, имеющая большой опыт в аэрокосмической области. Поезд состоит из сдвоенных вагонов и насчитывает их 2, 4, 6 или 8. Вагоны облицованы полированным алюминием. В каждом из них три двери. Длина вагона — 22,8 м, ширина — 3,04 м. В вагоне 81 сидячее место и 94 стоячих. Стекла в окнах цветные, закрепленные виниловой полосой бронзового оттенка. Система трогания поезда с места и система вождения — автоматические. Последняя регулирует как скорость движения поезда, так и интервалы времени между ними. Скорость движения (эксплуатационная) в 56 км/час обеспечивает доставку пассажиров от центра города к периферии (20—25 км) за 30 мин.

Интересна система оплаты проезда в метро. В автоматической кассе пассажир приобретает билет в виде карточки — жетона на одну поездку или больше стоимостью до 20 долларов. Цена на жетоне проставлена цифрами, а также зафиксирована магнитным кодом. На пропускном пункте жетон опускается в щель автоматического контролера, где магнитным кодом отмечается время и наименование станции. По окончании поездки при выходе пассажир опускает жетон в приемник автоматического контролера, где высчитывается время поездки и вычисляется стоимость проезда. Оставшаяся сумма печатается

на жетоне и фиксируется магнитным кодом. При этом, если время нахождения в метро превысило контрольное время поездки, пассажиру приходится оплачивать пени.

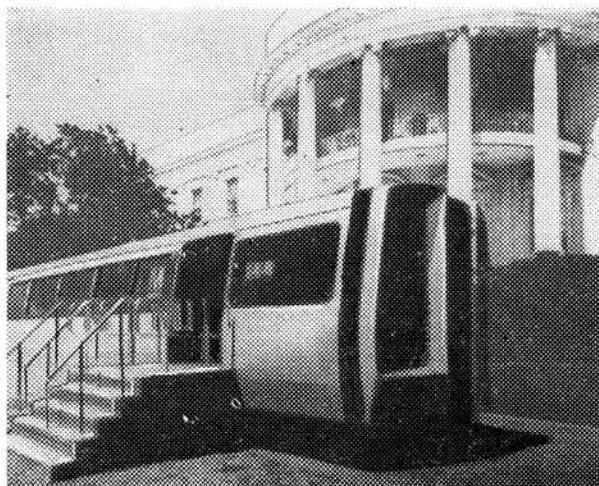


Рис. 6

ТОННЕЛИ В ВОДОНАСЫЩЕННЫХ ПЕСКАХ

Перевод инж. В. БЕЛОЛИКОВА

МУНИЦИПАЛЬНЫМ Советом г. Лоустофта (Англия) проведено переустройство существующей системы канализации с целью обеспечения нужд населения при предполагаемом увеличении его до 85 000 человек. Предварительно был составлен проект общей стоимостью 2,3 млн. фунтов стерлингов, предусматривавший выполнение работ по фазам с тем, чтобы исключить случаи затоплений территории города и избежать капитальных затрат на содержание системы в последующие годы.

Площадь Лоустофта составляет около 1920 га причем значительная часть территории развивающегося города находится на участках, расположенных не более чем на 3 м над уровнем моря. Подпочва здесь состоит, главным образом, из песков с линзами гравия и глины, с высоким уровнем грунтовых вод.

Канализационная система в городе возникла в 1850 году, последующее развитие ее свело все линии к короткому выпуску в море у Лоустофтского мыса. Эта удачно спроектированная система стала со временем такой перегруженной, что сделались частыми случаи серьезных затоплений, загрязнение территориальных вод неизбежно возрастали и в этом была угроза загрязнения береговой полосы и пляжей.

Проходка штолен. Около 450 м трубопроводов различных диаметров (от 152 до 610 мм) было про-

ложено в обычных штольнях с деревянным креплением. Особое внимание при проходке было обращено на предотвращение подвижки породы. С этой целью для усиления несущей способности крепи возводились временные кирпичные кладки, и разработка забоев велась уступами. Первоначальное осушение массивов грунта, достигалось путем опускания шахтных стволов на глубину несколько футов ниже подошвы штолен и использованием их как зумпфов. Для отвода воды к зумпфу в штольне применялся закрытый дренаж, иногда создавались промежуточные зумпфы внутри самих штолен.

Успешно использовались железобетонные кессоны, бетонируемые на месте, которые опускались по мере разработки и выемки грунта.

Переход через гавань. Лоустофт делится на две почти равные части — северную и южную — озером, сообщающимся с морем, уровень которого меняется во время приливов. Озеро для обеспечения судоходства пересекается двумя разводными мостами.

Вследствие этого переход канализационных линий из одной части города в другую мог быть выполнен или по дну озера или ниже его дна — в тоннеле. Принят был второй вариант.

Учитывая, что в тоннеле должны быть размещены еще две канализационные проектируемые магистрали

Ø 525 мм и два дюкера Ø 305 мм, внутренний диаметр тоннеля был запроектирован равным 2,6 м.

Тоннель запроектирован у места примыкания морского побережья к гавани, недалеко от разводного моста, на глубине около 16,2 м ниже уровня моря. Дно здесь сложено песком и гравием, мощность которых приблизительно 9,12 м. Для подходов к тоннелю сооружены два шахтных ствола внутренним диаметром 4,25 м и ствол на севере гавани у насосной станции.

Проходка шахтных стволов. Южный шахтный ствол был пройден первым с помощью сооруженного на месте железобетонного кессона. Разработка грунта в кессоне велась при опережающем зумпфе до глубины 13,7 м. На этой стадии дальнейшее увеличение воронки депрессии могло привести к повреждению расположенных вблизи зданий и сооружений. Поэтому последующее углубление ствола велось под водой вплоть до намеченной глубины — 21,2 м. Бетон для подушки в забое подавался по трубам.

До начала проходки северного ствола был вскрыт заброшенный шахтный ствол с обделкой из кирпича. Вероятно, когда-то он был частью гидравлического аккумулятора ранее существовавшего разводного моста у входа в гавань. Этот ствол достигал глубины около 10,6 м и затруднял

строительство нового. Решено было пройти этот ствол в замороженном грунте с креплением из чугунных тубингов диаметром 4,56 м. Для замораживания грунта вокруг ствола было пробурено 24 скважины с диаметром кольца 6,4 м и глубиной 24,3 м.

Начало проходки тоннеля. Сооружение тоннеля по проекту намечалось осуществить под сжатым воздухом. Однако после рассмотрения нескольких предложений решено было вести проходку в замороженном грунте. Но бурение скважин вдоль тоннеля с поверхности воды было невозможно, так как это мешало бы судосудов.

Поэтому подрядчик предложил осуществлять замораживание грунта участками длиной около 6,1 м бурением скважин из забоя тоннеля и осуществлением циркуляции через них жидкого азота.

Трудности возникли по мере удаления от ствола, так как замораживающие грунта жидким азотом трудно контролируются. Жидкий азот при температуре 184°С вызывает быстрое замерзание грунтовой воды в породе, немедленно окружая колонку слоем льда. Это, в свою очередь, приводит к тому, что вокруг колонки образуется слой изоляции, который задерживает дальнейшее нарастание льда в окружающей породе. Получить замкнутый ледогрунтовой цилиндр в зоне, примыкающей к стволу, оказалось невозможным. Пришлось отказаться от этого способа.

На этой стадии работ, на южном стволе было сделано воздухонепроницаемое перекрытие и установлен вертикальный шлюз. Проходка ствола и расческа были закончены под сжатым воздухом. Кессон и пригруз были рассчитаны на максимальное давление 1,82 кг/см².

Особое внимание было обращено на регулирование давления воздуха в тоннеле в зависимости от уровня приливной волны в гавани с тем, чтобы снизить утечку воздуха и предотвратить возможность прорыва воды в тоннель. При встрече с линзами гравия успешно применялось нагнетание бентонита.

На северном стволе было также сооружено воздухонепроницаемое перекрытие, чтобы под его защитой ввести щит через специальный проем в крепление ствола.

Выпуск канализации в море. Одновременно с проходкой тоннеля в гавань велось составление рабочих чертежей морского выпуска. В течение почти ста лет большая часть канализационных вод Лоустофта сбрасывалась в море через выпуск у оконечности мыса Лоустофт — самой восточной точки Британии.

Для разработки нового типа выпуска в море были проведены исследования содержания коли-бактерий, измерение солёности, определение степени токсичности, установление скорости течений, их направлений при различных уровнях прилива и над различными обширными поверхностями. Полученные результаты и изучение движения наносов морского

дна позволили установить два наиболее благоприятных для устройства выпуска места в 530 м и 1000 м, восточнее оконечности мыса Лоустофт.

Техника подводной укладки трубопроводов, развившаяся за последние 20 лет, дает возможность достигать долгой службы таких устройств. Исходя из этого, было принято решение выполнить выпуск из двух стальных труб и соорудить его с помощью буксировки или с укладочной баржи.

Подрядчиком было внесено предложение из проходимого с берега тоннеля в двух намеченных для выпусков точках пройти восстающие вертикальные стволы, через которые и организовать выпуски. Техника проходки восстающих стволов малого диаметра через пески была разработана подрядчиком в содружестве с Университетом в Глазго. Этот способ проходки был применен при устройстве водяного охлаждения для атомной электростанции в Сайзвелле.

Схема тоннеля, при которой все элементы сооружения, кроме непосредственно самого оголовка находятся ниже морского дна и не подвержены воздействию волн, по-видимому, имеет значительно больший жизненный потенциал, чем подводные трубопроводы. Осуществляя при детальном проектировании дальнейшие усовершенствования по сравнению с обычными трубопроводными выпусками, это предложение дало заказчику экономию около 100 000 фунтов стерлингов, даже в сравнении с низкими выпусками. Оно и было принято к осуществлению.

Выпуск в море. Береговой шахтный ствол сооружался в водонасыщенных песках и гравии сначала под защитой водонепроницаемой перемычки из металлического шпунта, забитого на глубину 9,12 м. Водоотлив осуществлялся погружными насосами. После достижения глубины 6,7 м были собраны снизу вверх кольца из чугунных тубингов. Затем устроили воздухонепроницаемое перекрытие, для которого были использованы конструкции служебного помещения запроектированного сверху шахтного ствола. Кольцевое пространство между тубингами и шпунтовым ограждением перемычки заполнили железобетоном для того, чтобы противостоять растягивающим напряжениям, развивающимся при подаче сжатого воздуха в шахту.

Оставшаяся часть ствола пройдена без затруднений под сжатым воздухом в обделке из чугунных тубингов. Наибольшее давление воздуха в 2,52 кг/см² применено для бетонирования подушки в забое на дне ствола.

Тоннель под морским дном. Чтобы вывести щит через проем в крепление ствола и организовать горизонтальный кессон, был пройден вручную небольшой участок тоннеля внутренним диаметром 2,74 м, закрепленный бетонными тубингами. После этого для облегчения доступа в тоннель, вертикальный шлюз был снят с оголовка ствола и началась проходка собственно тоннеля

внутренним диаметром 2,12 м и длиной 1120 м; давление воздуха при этом было 1,54 кг/см².

Разработанная вручную порода по давалась от забоя щита передвижных транспортеров в грейзеров бак, куда добавляли морскую воду, и полученная пульпа перекачивалась через ствол в море. Предполагалось, что прибрежное течение разнесет эту породу.

Хотя проходка велась преимущественно в песках, часто встречались прослойки гравия, суглинки и глина. Расход воздуха увеличивался от 28,3 до 113,3 м³/мин; наибольшее давление было 1,96 кг/см².

Тоннель закрепили предварительно напряженными бетонными тубингами, соединяемыми болтами. Известные трудности возникли в связи с волосняными трещинами, развившимися в тубингах от воздействия щитовых домкратов. Положение, однако, было выправлено, когда применили деревянные прокладки в круговых швах между кольцами тубингов.

Выжимание шахтного ствола из тоннеля. На участке тоннеля, где должен был сооружаться ствол для выпуска в море, вместо бетонных тубингов уложили тубинги из мягкой стали. Их конструкция включала круговой упорный настил и окружающее бортовое обрамление из листового железа. Перед началом работ по выжиманию ствола вверх бортовое обрамление и верхние тубинги были забетонированы и образовали карниз в тоннель. Лотковые тубинги также были заполнены бетоном, а между ними и карнизом, для повышения общей жесткости тоннеля, установили стальные стойки.

Для выдвигания колец крепления ствола вверх были применены четыре домкрата усилием 20 т каждый и четыре домкрата усилием по 10 т для удержания выдвинутых колец. Кроме того, для удержания забоя использовались винтовые домкраты, тросы, прикрепленные к упорному кольцу и защитной плите, а также серия различной длины стальных распорок (которые могли быть пущены в дело, если бы удерживающие забой домкраты по какой-либо причине отказали).

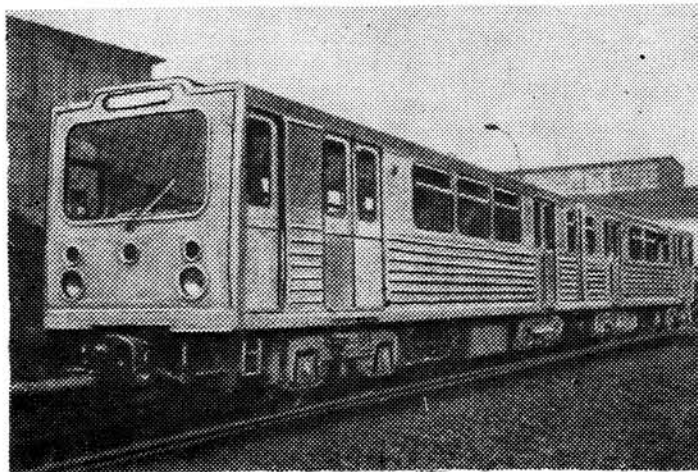
Процедура выжимания ствола требовала сооружения стального опорного кольца из тубингов наружным диаметром 1,21 м; к низу этого кольца укрепляли поперечные балки для упора в них удерживающих домкратов и бетонирования кругового пространства между бортовым листом и опорным кольцом. После этого был начат медленный подъем ствола при помощи домкратов. Каждое кольцо перед повторением цикла чеканилось свинцом. Песок и гравий над упорным настилом при движении ствола вверх смещались. Когда ствол был поднят до заранее определенного уровня, низ последнего установленного тубингового кольца скрепили с бортовым листом. Затем через отверстия в спинах тубингов произвели нагнетание в окружающий грунт и внутри ствола сделали бетонную рубашку.

ДВУХВАГОННАЯ МОТОРНАЯ СЕКЦИЯ

А. ПОЛЯНСКИЙ, инженер

ЛОКОМОТИВОСТРОИТЕЛЬНЫЙ комбинат им. Ганса Баймлера по заказу Берлинского транспортного управления изготовил двухвагонную моторную секцию усовершенствованной конструкции для метрополитена столицы ГДР.

Секция состоит из двух вагонов — один с кабиной управления для машиниста, второй — без такой кабины.



Поезд метрополитена может формироваться из двух-трех- и четырех-двухвагонных секций.

При наполнении пяти пассажиров на 1 м² площади пола вместимость секции составляет 219 пассажиров, число мест для сидения — 66.

Максимальная скорость движения 70 км/час, наибольший уклон пути 32‰.

Моторвагонная секция предназначена для эксплуатации с напряжением в контактной сети 750 в постоянного тока.

Основные технические данные

Общая длина двухвагонной секции по осям сцепления автосцепок, мм	26 660
Длина вагона, мм	12 830
Ширина вагона, мм	2218
Высота вагона от уровня головок рельсов под тарой, мм	3142
Высота пола от уровня головок рельсов, мм	986
Диаметр колеса, мм	820
Ширина колеи, мм	1435
Мощность тяговых двигателей, квт:	
секции	4×120
вагона	2×120
Максимальное ускорение, м/сек ²	1,15
Максимальное замедление при электрическом тормозе, м/сек ²	1,15
Максимальное замедление при воздушном тормозе, м/сек ²	1,15
Вес тары секции, т	35

Кузов вагона изготовлен из легких сплавов сварной облегченной конструкции, что значительно снижает вес вагона, затраты на эксплуатацию и увеличивает срок службы.

В конструкции кузова применены специальные и стандартные профили и листы из алюминиевых сплавов.

Все алюминиевые элементы кузова соединены путем сварки. Для звукоизоляции использована стеклянная шерсть и противозумная мастика, нанесенная методом напыления.

С каждой стороны вагона имеются по две двойные раздвижные двери с электропневматическим приводом, ширина дверного проема в свету 1200 мм.

Места для сидения в пассажирском салоне расположены продольно. Сидения изготовлены из поропласта и обтянуты искусственной кожей.

В вагоне имеются устройства для подачи в пассажирский салон нагретого воздуха системы отопления и принудительной вентиляции.

Для отделки стен и потолка использован трудносгораемый декоративный древесно-слоистый пластик.

Рама тележки состоит из двух продольных и двух поперечных несущих балок коробчатого сечения.

Обе колесные пары тележки приводятся в движение от продольно расположенного тягового двигателя. Кузов опирается на тележки через сферические пятники и обрезиненные скользящие.

Вагон оборудован следующими видами тормозов: рабочий — электрический реостатный; экстренный и резервный — пневматический; стояночный тормоз — пружинно-аккумуляторный с дистанционным управлением.

Питание приборов сжатым воздухом обеспечивается в каждой секции двухступенчатым, трехцилиндровым поршневым компрессором.

В качестве тяги использованы самовентилируемые двигатели постоянного тока последовательного возбуждения, рассчитанные на половинное напряжение контактной сети. Причем оба двигателя одного вагона соединены последовательно и образуют единый тяговый комплект с двигателями соседнего вагона.

Секция оборудована комплектом пусковых сопротивлений, которые используются и как тормозные. Предусмотрено использование тепла, выделяемого пуско-тормозными сопротивлениями для отопления пассажирского помещения.

Переключения ступеней пуско-тормозных сопротивлений осуществляются электромагнитными контакторами. Пуск и торможение происходят плавно.

Для защиты силового электрооборудования под вагоном установлены быстродействующий выключатель и два реле перегрузки.

Вспомогательные потребители, кроме компрессора, получают питание от преобразователя, который вырабатывает переменный ток напряжением 380 в, частотой 50 гц.

Преобразователь обеспечивает питание двигателей вентиляторов обдува пуско-тормозных сопротивлений, люминесцентного освещения пассажирского помещения, а также зарядного устройства для аккумуляторной батареи.

Кадмий-никелевая аккумуляторная батарея емкостью 80 Ач находится в режиме постоянного подзаряда и при неисправности преобразователя обеспечивает питание цепей управления.

Поезд, состоящий из секций, может управляться с поста машиниста по системе многих единиц, команды управления при этом передаются по поездным проводам через электроконтактные коробки автосцепок.

Секция оборудована устройством для радиооповещения пассажиров.

Звуковые и световые сигнальные устройства, информирующие пассажиров об отправлении поезда, связаны с приводом автоматического закрывания дверей вагонов, что позволяет повысить безопасность движения.

* «Eisenbahn praxis» № 2, 1975, стр. 59—60.

НОВЫЕ ВАГОНЫ МЕТРО

В НАЧАЛЕ этого года вступил в строй метрополитен в Бонне. Для первой очереди фирмой DUWAG построена партия вагонов серии «В».

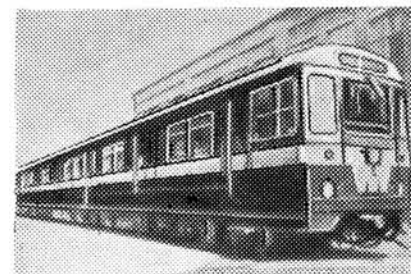
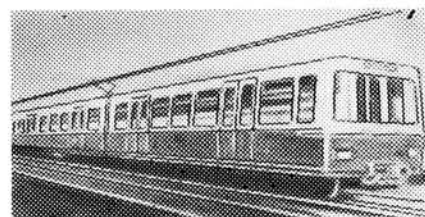
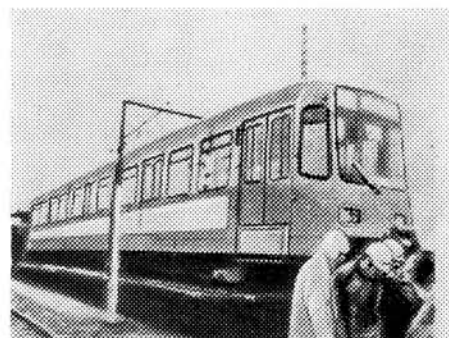
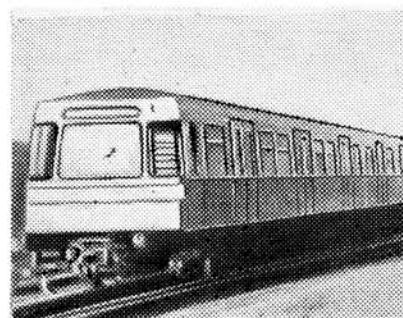
В связи с расширением сети Роттердамского метрополитена эта же фирма выпустила партию из шарнирно-сочлененных шестиосных вагонов новой серии.

Отличительной чертой этих вагонов является то, что их кузовная часть выполнена с применением алюминиевых сплавов. Следует заметить, что большинство вагонных секций имеет шарнирное сочленение. Это способствует более равномерному распределению пассажиров в вагонах.

Кроме того, уменьшается длина состава, а при наличии малых пассажиропотоков такая секция может эксплуатироваться самостоятельно в варианте подземного трамвая, чему способствует наличие двух кабин управления. Шарнирно-сочлененная секция имеет три тележки (две обмоточные и одна средняя бегунковая или все три обмоточные). Это упрощает техническое обслуживание вагонов. Пневматическая подвеска и тиристорное бесконтактное регулирование обеспечивают плавность хода при пуске и торможении порядка 1,1—1,3 м/с². Весь подвижной состав оборудован полным комплексом автоматики.

Некоторые технические данные этих вагонов следующие.

Вагон города	Бонн	Штутгарт	Роттердам	Вена	Бирмингем
Длина секции, м.м	28 000	37 550	29 000	36 800	28 750
Ширина вагона, м.м	2650	2900	2676	2800	2650
Высота вагона, м.м	—	3530	3610	3500	3155
Количество дверей с каждой стороны секции	3+3	2+2	2+2	3+3	2+2
Вместимость:					
сидячих пассажиров	72	—	80	98	84
общая	260	—	290	280	270
Максимальная скорость, км/час	100	80	80	80	80
Напряжение, в	750	750	750	750	1500
Тара, т	38,9	54	40	52,6	—



Новый подвижной состав. На снимках (сверху вниз): вагоны метро Вены, Ганновера, Бирмингема и Роттердама

