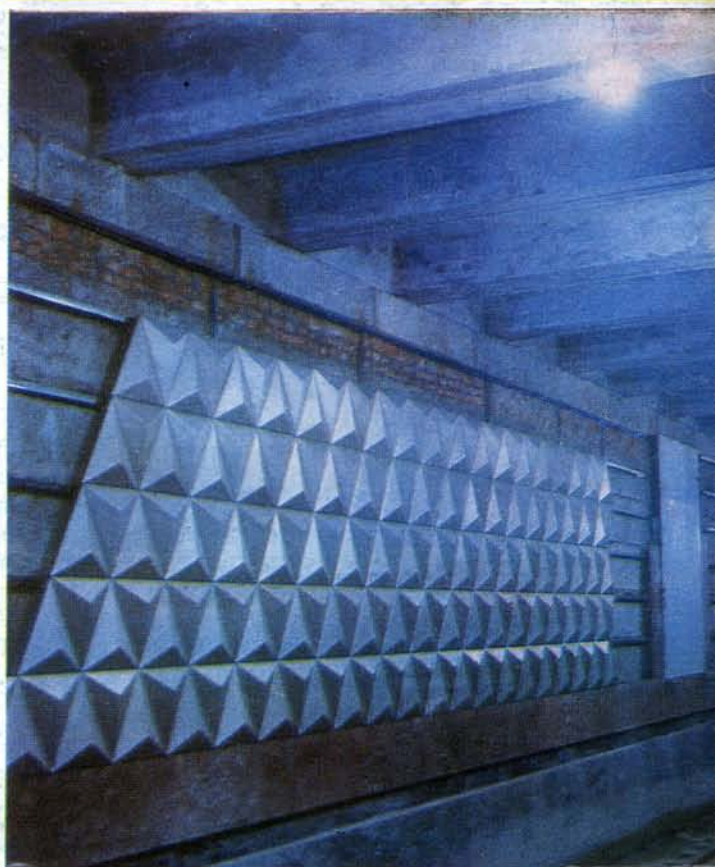


МЕТРОСТРОЙ



МЕТРОСТРОЙ

ИНФОРМАЦИОННЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

4 1978

ИЗДАНИЕ МОСКОВСКОГО МЕТРОСТРОЯ И
ИЗДАТЕЛЬСТВА «МОСКОВСКАЯ ПРАВДА»

В НОМЕРЕ:

Ю. Кошелев. НА ТРУДОВОМ МАРШЕ ПЯТИЛЕТКИ	1
В. Алихашкин, Г. Сазонов. ИСКЛЮЧЕНИЕ ИЗ ПРАКТИКИ МЕТРОСТРОЕНИЯ КЕССОННОЙ ПРОХОДКИ	2
П. Степанов, К. Безродный. ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ СКОРОСТНЫХ ПРОХОДКАХ ТОННЕЛЕЙ СО СБОРНОЙ ЖЕЛЕЗобЕТОННОЙ ОБДЕЛКОЙ, ОБЖАТОЙ В ПОРОДУ	5
С. Щукин. КАНОНЕРСКИЙ ПОДВОДНЫЙ ТОНNELЬ	5
Д. Иосаева. СТАНЦИИ II ОЧЕРЕДИ ТБИЛИССКОГО МЕТРО	7
В. Пикуль. ВИКТОР ЛЕОПОЛЬДОВИЧ НИКОЛАИ	10
Н. Смирнов, З. Суворова. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНЫХ РАБОТ	13
В. Сарабеев. ОБ АТТЕСТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ ЖБК	15
Х. Абрамсон. МОНОЛИТНАЯ БЕТОННАЯ ОБДЕЛКА В ТОННЕЛЯХ ГЛУБОКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ	17
К. Троицкий, И. Мачавариани. ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫЙ БЕТОН, УПЛОТНЯЕМЫЙ ПРЕССОВАНИЕМ	18
Ш. Алиев, И. Беляев, С. Кадышев. ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ТОКОСЪЕМА	20
А. Френкель. ЛИНЕЙНЫЕ ДВИГАТЕЛИ ПОСТОЯННОГО ТОКА	22
П. Васюков, Е. Демешко, Э. Малоян. СОВРЕМЕННЫЙ ОПЫТ ПРОДАВЛИВАНИЯ ТОННЕЛЕЙ	24
Л. Маковский. АВТОСТОЯНКИ И ГАРАЖИ ТОННЕЛЬНОГО ТИПА	30
Л. Данилова, Н. Ягупов. МЕТРОПОЛИТЕН ГОНКОНГА	32

Редакционная коллегия:

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

«Самое неотложное сейчас — это не только выполнить, но и перевыполнить план текущего года. Это исключительно важно для выполнения пятилетки в целом».

(Л. И. БРЕЖНЕВ. Из речи на XVIII съезде ВЛКСМ)

НА ТРУДОВОМ МАРШЕ ПЯТИЛЕТКИ

Ю. КОШЕЛЕВ, начальник Главтоннельмостростроя

С хорошей отдачей, по-ударному работают метростроевцы и тоннелестроители над выполнением целевых задач третьего года пятилетки. Главная из них — обеспечить досрочный ввод в эксплуатацию новых линий метрополитена: второго участка 1-й очереди от станции «Московский проспект» до «Пролетарской» протяженностью 7,8 км в Харькове — в августе; Рижского радиуса от ВДНХ в район Медведково длиной 8,3 км в Москве — к 7 октября — Дню принятия новой Конституции СССР; северного направления участка Кировско-Выборгской линии в 5,4 км до станции «Калининская» в Ленинграде — в IV квартале нынешнего года.

В этот ответственный и напряженный период требуется мобилизация сил всех участников каждого строительного конвейера, чтобы осуществить пуск очередных объектов не только своевременно, но и на высоком техническом уровне.

Отличная готовность в тоннелях харьковского метро: по свежееуложенной трассе успешно пропущен пробный поезд. Накануне этого завершающего события и москвичи — строители Рижского радиуса. Ритмично набирают предпусковой темп подразделения Ленмостростроя.

В ходе реализации своих строительных программ, выполнения принятых обязательств и встречных планов, коллективы оказывают друг другу действенную помощь. Так, экскаваторщики СМУ-9 Мосмостростроя осуществляют сейчас земляные работы на сооружении депо «Калининское» в Ленинграде. Отделочники ССП-901 «одевают» станции харьковского метро. Организационно-техническое взаимодействие строек Главка принимает все более широкие масштабы. Они не только обмениваются своими лучшими представителями, аккумулируя передовой опыт, поднимаясь в процессе социалистического соревнования коллективов на новую ступень производительности труда и хозяйственного развития. Можно сказать, происходит общая концентрация производственной базы метростроения: его промышленные предприятия в различных городах, специализируясь на выпуске тех или иных изделий, расширяют сферу взаимообслуживания. Московский завод ЖБК в Черкизове поставляет, к примеру, мраморные плиты, алюминиевые конструкции и двери вестибюлей для харьковского метро. КЭПРО Харьковмостростроя отправляет, в свою очередь, в Москву изделия верхнего строения пути, а ленинградский завод — грузоподъемные механизмы.

Работать максимально плодотворно — значит заложить сегодня завтрашний успех. Досрочный пуск Рижского радиуса в Москве обеспечит ввод в строй действующих в 1979 г. Калининского. В этом полугодии предстоит почти закончить проходку перегонов на линии, возвести станционные тоннели и наклонные ходы. Только при этом условии может быть выполнена такая обширная строительная программа, как монтаж 2,5 тыс. км кабелей и 34 км путей, подготовка к эксплуатации депо в Новогиреево и развертывание фронта отделочных и монтажных работ на радиусе.

Растущие объемы метро- и тоннелестроения требуют всеобщего внедрения прогрессивных методов хозяйствования. Коллективы Главтоннельмостростроя взяли обязательство — расширить применение на участках бригадного подряда. Хорошая предпосылка для массового внедрения этого эффективного метода заложена успехом комплексной бригады Заслуженного строителя РСФСР И. Шепелева — СМУ-6 Мосмостростроя и почином других передовых строек. Необходимо перевести сооружение практически всех комплексов на бригадный подряд, подняв взаимную ответственность, наладив четкое взаимодействие различных хозяйственных звеньев, усилив личную заинтересованность в конечных результатах труда. Важно быстро и решительно устранить препятствия, которые стоят на пути передового опыта, широко распространять ценные инициативы, обеспечивать их организационно, планомерно и материально-технически.

Нынешний год — год начала основных работ по сооружению уникальных тоннелей на БАМе. За истекшие шесть месяцев пройдено 1200 пог. м выработок на Байкальском тоннеле, в том числе 600 м основных, введен в эксплуатацию шахтный комплекс на Даванском перевале. Построено около 700 пог. м Северо-Муйского тоннеля, близится к завершению проходка ствола № 3. До конца года на трассе БАМа будет проложено 5 км горных выработок.

Закончено возведение Нагорного тоннеля в Якутии: он сдан под укладку пути.

Несмотря на небывало сложные гидрогеологические и климатические условия, посланцы Москвы, Ленинграда и других городов — весь четырехтысячный коллектив тоннелестроителей-бамовцев — наращивает строительные темпы. Лозунг: «Работать и учиться, закаляться в трудностях» стал боевым девизом тоннельщиков. Высокая оценка, данная труду создателей гигантской магистрали Генеральным секретарем ЦК КПСС, Председателем Президиума Верховного Совета СССР Л. И. Брежневым, вдохновляет их на новые свершения.

Высота, которую надо взять в ближайшее время молодым метростроевским коллективам в Минске и Горьком, — создание производственной базы и развертывание горнопроходческих работ. Должна быть обеспечена готовность ко всевозрастающим объемам подземного строительства.

В полную силу работают метростроевцы Еревана. Республиканская партийная организация поставила перед ними задачу: в 1980 г., к юбилею Советской Армении, ввести в эксплуатацию первую линию метрополитена в ее столице.

«Ни одного своевременно не введенного объекта, ни одной отстающей стройки или участка, безусловное выполнение социалистических обязательств» — таково неперемное требование, выдвигаемое перед всеми коллективами метро- и тоннелестроителей страны. Итоги работы за первое полугодие вселяют уверенность, что ответственные задачи отрасли на современном этапе будут успешно решены.

Исключение из практики метро-строения кессонной проходки

В. АЛИХАШКИН, главный инженер Метрогипротранса;
Г. САЗОНОВ, начальник отдела

Контурное искусственное замораживание грунтов с герметизацией отсеков и нагнетанием в них сжатого воздуха для интенсификации откачки воды, выполненное Тоннельным отрядом № 6 Мосметростроя и Управлением № 157 по проекту Метрогипротранса на участке Рижского радиуса, позволило отменить кессонную проходку и решить задачу крупного социального значения.

При проектировании и строительстве метрополитенов на переходных участках от глубокого заложения к мелкому, а также при прохождении трассы под реками и в зонах размывов возникают сложные проблемы, связанные с сооружением тоннелей в толще водоносных неустойчивых грунтов.

Проходка в подобных случаях возможна лишь в сочетании с различными специальными способами, обеспечивающими повышение устойчивости грунтов либо путем осушения (искусственное водопонижение, кессонная проходка), либо изменения их физико-механических свойств (химическое закрепление, искусственное замораживание).

На переходных участках от глубокого заложения к мелкому в сложных гидрогеологических условиях в практике отечественного метростроения нередко применяется кессонный способ проходки. Он используется как крайняя мера на участках, где неосуществимо водопонижение, и в связи с плотной городской застройкой возникают трудности массового бурения скважин для искусственного замораживания грунтов.

Создание в призабойной зоне избыточного воздушного давления для отжатия воды и осушения грунта имеет существенный недостаток — повышенное давление неблагоприятно влияет на организм человека. Несмотря на ограничение продолжительности рабочего времени, постепенное изменение величины давления при переходе людей в призабойную зону и

выходе из нее, строгий медицинский контроль, не исключается возможность проявления профессионального заболевания — кессонной болезни. Кроме того, производительность труда в результате большей утомляемости проходчиков в зоне сжатого воздуха, а также неизбежных потерь рабочего времени на шлюзование довольно низкая.

Эти обстоятельства закономерно поставили вопрос — можно ли обойтись без кессона?

В практике мирового тоннелестроения давно ведется поиск по ограничению вредного влияния кессона за счет уменьшения объема рабочей зоны со сжатым воздухом (щит с призабойной кессонной камерой) и уменьшения давления в ней (сочетание частичного водопонижения с кессоном).

Проектировщики Метрогипротранса и строители Московского метрополитена в последние годы разработали и внедрили новый способ сооружения перегонных тоннелей в сложных гидрогеологических условиях, исключая применение сжатого воздуха в забое.

Важнейшей предпосылкой к разработке этого способа явилось применение контурного замораживания в сочетании с водопонижением.

На подходах к каналу им. Москвы между станциями «Щукинская» и «Тушинская» Краснопресненского радиуса для обеспечения надежной проходки в сложных гидрогеологических условиях было выполнено с поверхности контурное замораживание во-

доносных песков с созданием ряда отсеков.

Внутри отсеков, огражденных льдогрунтовыми стенами, устраивались водопонижительные скважины для откачки воды и осушения грунта.

Режим откачки был типичен для ограниченного по площади водоносного пласта — через короткое время после включения насоса дебит скважины уменьшался в несколько десятков раз. Быстрое формирование депрессионной воронки в отсеке сопровождалось уменьшением зоны высачивания у фильтра. Это вызывало резкое сокращение притока воды в скважину. Поэтому откачку из отсека приходилось вести в пульсирующем режиме: откачка — восстановление уровня — откачка и т. д.

Несмотря на то, что пески хорошо отдавали воду, пульсирующий режим определил значительный срок производства этих работ — до 20—30 суток. Однако полного осушения достигнуто не было и высота остаточного столба воды на водоупоре составила 2—3 м, что вызвало дополнительные трудности при горных работах.

Участок выхода перегонных тоннелей с глубокого заложения на мелкое на Рижском радиусе Московского метрополитена сооружался в массиве со сложным чередованием суглинков, песков и супесей, а также под руслом реки Яузы.

Существующими средствами водопонижения практически невозможно было осушить массив в зоне тоннелей из-за неблагоприятного взаиморасположения водоупорных и водоносных грунтов, а также в связи с крайне низкой водопроницаемостью последних. Наиболее распространенные водоносные супеси имели коэффициент фильтрации 0,1—0,2 м/сутки. В подобных условиях могла быть использована только кессонная про-

ходка, при которой для отжатия воды от забоя требовалось бы давление сжатого воздуха до 3 ати или сплошное искусственное замораживание массива грунтов.

Первоначально на этом участке длиной 710 м предусматривалась кессонная проходка с частичным водопонижением для уменьшения давления сжатого воздуха до 2 ати; на подходах к реке и под руслом Яузы на протяжении 270 м, где отсутствовал верхний воздухоупорный слой, — создание сплошного искусственно замороженного массива.

После дополнительных проектных проработок и расчетов, более детальных инженерно-геологических изысканий и проведения опытных работ по водопонижению проектировщики и строители предложили изменить трассу перегонных тоннелей в профиле. В результате удалось сократить переходный участок, где требовалось применение кессонной проходки и сплошного замораживания массива, до 312 м.

В процессе решения важнейшей социальной задачи — исключения из практики метростроения неблагоприятной для здоровья проходчиков кессонной проходки — сложился авторский коллектив, разработавший новый способ сооружения тоннелей в обводненных неустойчивых грунтах. Новшество признано изобретением (авторское свидетельство № 559006 по заявке с приоритетом от 4 марта 1976 г.; авторы: Е. А. Василенко, Ю. А. Кошелев, В. А. Алихашкин, П. А. Васюков, И. Е. Василенко, А. А. Абросов, Г. Н. Сазонов, Г. В. Молодцов и В. В. Сидорцев).

В целях повышения эффективности осушения грунтового массива перед проходкой тоннеля его герметизируют со всех сторон, затем в верхнюю его часть подают сжатый воздух. Грунтовую воду из нижней части массива откачивают при непрерывной подаче сжатого воздуха. Отличительной особенностью нового способа является также и то, что герметизация массива достигается или путем создания льдогрунтовой оболочки, или с использованием водоупорных естественных слоев.

Первым этапом реализации этого решения на Рижском радиусе было создание по трассе длиной 312 м 10 герметичных отсеков, внутри которых должны были сооружаться перегонные тоннели.

По всем сторонам каждого отсека создавались льдогрунтовые стены,

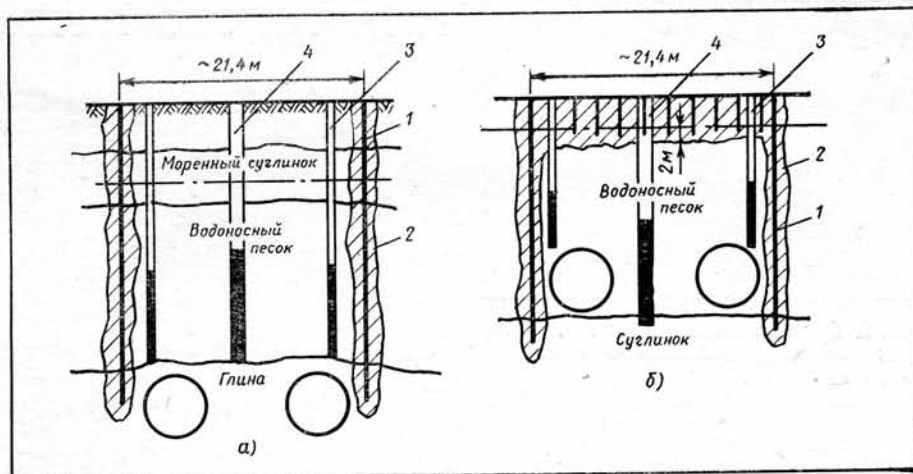


Рис. 1. Герметизация отсеков:

а — с естественным перекрытием (суглинка); б — с искусственным перекрытием (льдогрунтовая плита)
1 — замораживающие колонки; 2 — льдогрунтовые стены; 3 — воздухоподающие скважины; 4 — водопонижительные скважины.

для чего по контуру бурились скважины, которые заглубляли в водоупорные слои ниже тоннелей и оборудовали замораживающими колонками.

Первые пять отсеков представляли собой «короба» с льдогрунтовыми стенами, верхним воздухоупорным перекрытием — моренными суглинками и дном — юрскими глинами или моренными суглинками (рис. 1, а). В следующих отсеках, где верхние моренные суглинки отсутствовали, устраивалось искусственное перекрытие в виде льдогрунтовой плиты. Для этого с поверхности по всей площади отсеков бурились короткие, с заглублением на два метра ниже уровня грунтовых вод, замораживающие скважины (рис. 1, б).

В десятом отсеке, расположенном под Яузой, замораживающие скважины бурились с временного моста, передвижавшегося вдоль русла реки.

Герметичность всех отсеков устанавливалась по поднятию уровня воды в гидронаблюдательных скважинах, по замерам температуры — в термометрических и пробным откачкам воды из отсеков.

Вторым этапом работы было создание благоприятных условий для проходки тоннелей внутри отсеков, т. е. осушение грунтов с низкой водопроницаемостью. При использовании обычных приемов откачки осушение потребовало бы длительного времени. Кроме того, неизбежно оставался бы неосушенный слой грунтов над водоупором — так называемый «остаточный» столб воды, который затруднял бы проходку, особенно в момент выхода

плита из юрских глин в вышележащие обводненные супеси.

Для увеличения скорости фильтрации грунтовых вод каждый отсек оборудовался водопонижительными и воздухоподающими скважинами, количество которых назначалось, исходя из конкретных гидрогеологических условий.

Нагнетаемый через скважины в отсек сжатый воздух создает повышенное пластовое давление, газифицирует воду в зоне скважин и образует газожидкостную смесь. Воздух частично растворяется в воде. Кроме того, он находится в виде мельчайших газовых пузырьков, которые увеличивают упругость смеси и повышают активность ее перемещения.

Скорость движения воды в пласте с повышенным давлением определяется градиентом давления.

Фильтрация газожидкостной смеси в замкнутом отсеке происходит в направлении области разгрузки пластового давления, т. е. от воздухоподающей скважины к водопонижительной. Это позволило, искусственно меняя величину градиента, регулировать скорость фильтрации воды к скважине и повысить производительность последней.

Дебит скважины В-44 в IV отсеке до подачи сжатого воздуха в течение 12 час. уменьшился с 9 до 0,1 м³/час.

При давлении сжатого воздуха 1 ати дебит скважины в течение трех суток сохранялся в пределах 6—4 м³/час, а при повышении на 0,5 ати увеличился на 2 м³/час (рис. 2).

Было установлено также, что нагнетаемый в отсек воздух не только

НА ПУСКОВОМ РИЖСКОМ РАДИУСЕ

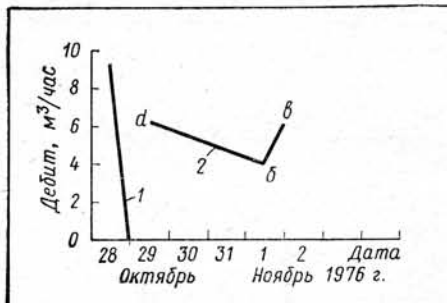


Рис. 2. Влияние давления сжатого воздуха на производительность скважины В-44 в IV отсеке:

1 — кривая дебита до подачи сжатого воздуха; 2 — то же после подачи; аб — при давлении 1 ати; бв — при давлении 1,5 ати.

интенсифицировал откачку воды, но и стабилизировал работу водопонижительных скважин. Продолжительность работы насосов со стабильным расходом увеличивалась в 5—10 раз.

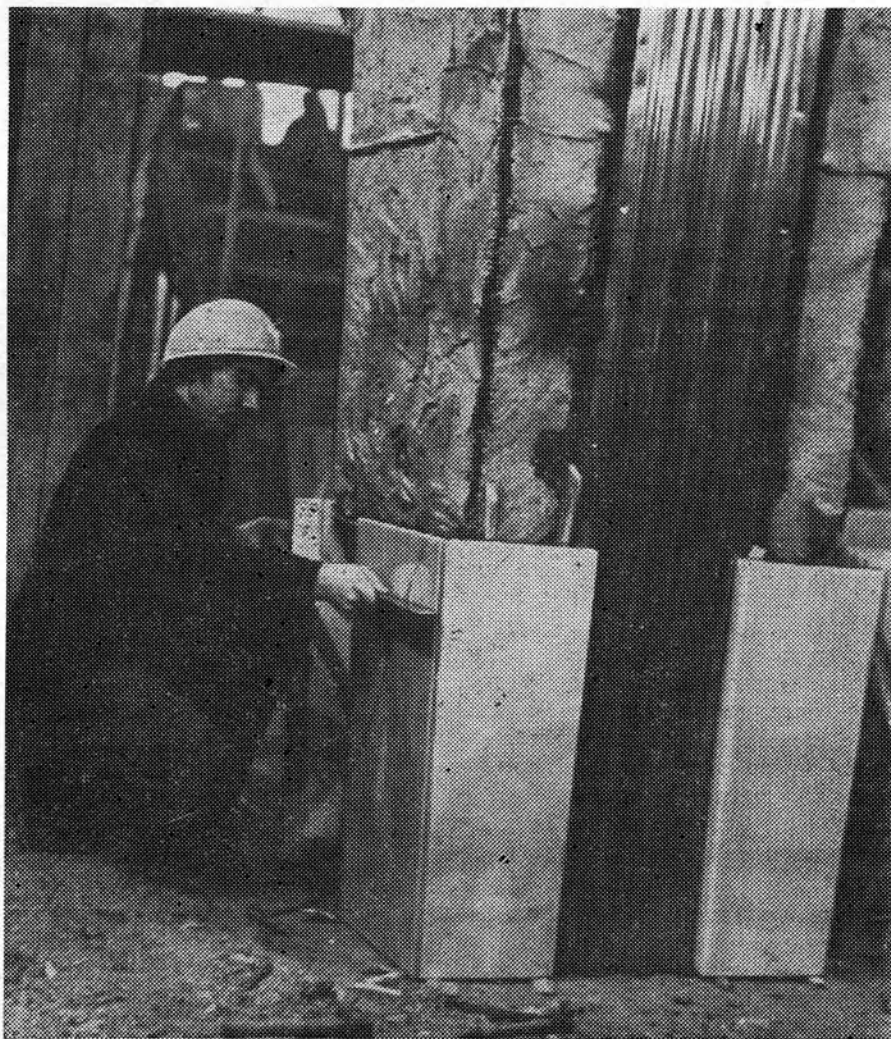
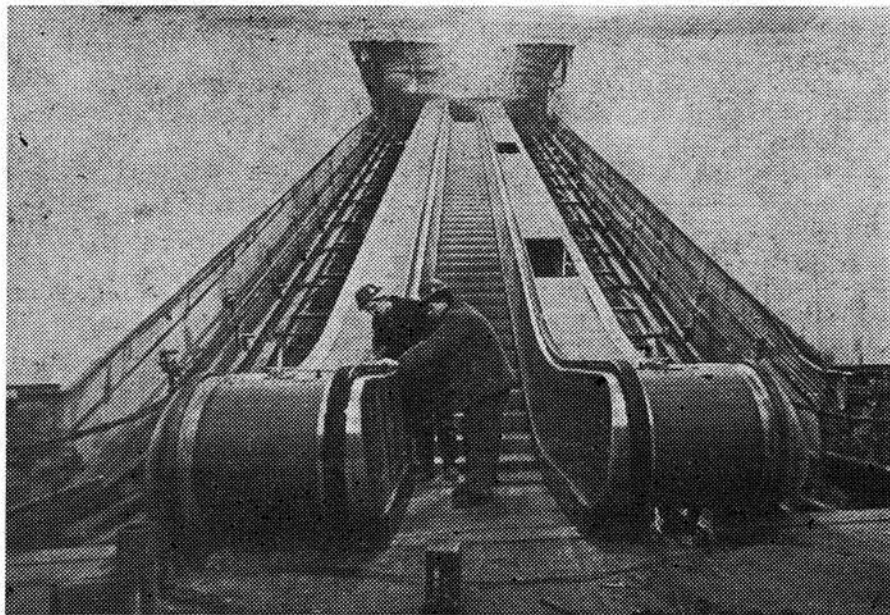
Без подачи сжатого воздуха по ступенне воды в водопонижительные скважины практически прекращалось через 10—12 час. Таким образом, для полного осушения отсека потребовалось бы провести 20—25 циклов откачки в течение 25—30 суток. С помощью сжатого воздуха можно было осушить отсек в один прием за 5—6 суток.

Следует отметить, что способ контурного замораживания позволил исключить сплошное замораживание массива грунтов на подходах и под руслом реки Яузы и улучшить условия труда проходчиков.

Таким образом, проектная разработка и внедрение в практику метростроения на Рижском радиусе указанного способа позволяют сделать вывод о возможности отказа не только от кессонной проходки, но и от сплошного замораживания массива, где это позволяют градостроительные и гидрогеологические условия. Чтобы создать реальную основу для исключения кессонной проходки из практики тоннельного строительства, необходимо особенно тщательно определять положение трассы линии метрополитена на переходных участках от глубокого заложения к мелкому.

В настоящее время на участке Калининского радиуса, который по протяженности почти в 1,5 раза больше отрезка Рижского радиуса, проводятся подготовительные работы для внедрения способа контурного замораживания.

Несомненно, этот способ перспективен и требует дальнейшего развития и научного обоснования. □



Завершающий этап работ на станции «Медведково». На снимках: монтаж эскалаторов ведет СМУ-4; отделочник Л. Рогожин облицовывает колонну.

Исследования при скоростных проходках тоннелей со сборной железобетонной обделкой, обжатой в породу

П. СТЕПАНОВ, К. БЕЗРОДНЫЕ

При подготовке к скоростной проходке Северного коллектора диаметром 5,5 м в Ленинграде, осуществленной Ленметростроем в декабре 1977 г. — январе 1978 г., учтен опыт сооружения перегона между станциями метро «Академическая» и «Гражданский проспект», в ходе которого достигнута скорость 676 пог. м тоннеля в месяц. Здесь использовалась сборная железобетонная обделка из гладких блоков 5-БНЛ-2 с обжатием на породу. Кольца обделки монтируются без перевязки продольных швов и не имеют связи между собой. В этих швах устанавливаются стальные шпильки, фиксирующие положение блоков при монтаже. Нормальные блоки изготавливаются из бетона марки «400», лотковые — из бетона «300». Все блоки армированы.

Поверхность обделки гладкая, стыки плоские. Радиальный стык с внешней стороны кольца имеет скос

шириной 30 мм. В лотковых блоках предусмотрены ниши для установки разжимающих домкратов. На поверхности блоков, обращенной к клиновым вкладышам, закрепляются винилластовые прокладки переменной толщины. После разжатия домкратом стык заполняется четырьмя бетонными клиновыми вкладышами, позволяющими фиксировать зазоры различной ширины. Когда снимается домкрат, усилие передается на вкладыши (в нишу домкрата вставляется вкладыш). Затем шов заполняется бетоном.

Исследования показали, что тоннельная конструкция удовлетворяет условиям скоростного монтажа, а материал обделки работает на сжатие.

Одновременно выявилось, что отклонения от проектной толщины блоков, доходящие до 30—40 мм, усложняют монтаж и ухудшают условия

статической работы обделки вместе с грунтовым массивом, так как невозможно обеспечить плотное прилегание всех элементов к породе. Эти недостатки были в основном устранены при установлении нового всесоюзного рекорда — 876 пог. м тоннеля в месяц.

Использование кассетного блокоукладчика в комплексе со щитом позволило значительно сократить время сборки обделки и улучшить условия труда рабочих, так как все монтажные операции выполнялись в лотковой части.

Исследования конструкции и технологии работ, проведенные ЛенНИЛ ЦНИИС, показали, что обделка 5-БНЛ-2 удовлетворяет возросшим требованиям скоростной проходки. Однако необходимо дальнейшее уменьшение и ликвидация отклонений толщины блоков от номинальной. □

Канонерский подводный тоннель

Под Морским каналом на дне Финского залива сооружается автомобильно-пешеходный тоннель

С. ЩУКИН, главный инженер проекта

В Ленинграде завершается сооружение первого в нашей стране подводного тоннеля методом опускных секций, который свяжет материк с Канонерским островом. Он расположен в юго-западной части Ленинграда вблизи устья Невы и отделен от материковой части города Морским каналом — судоходным искусственным водотоком. Последний прорыт в 80-х годах прошлого столетия и является в настоящее время единственным глубоководным путем из Финского залива к акватории Морского Торгового порта и Неве.

Правый берег канала, на котором расположен Канонерский судостроительный и судоремонтный завод и жилой поселок, имеет откос крутизной 1:2,5. Левый берег, занятый территорией Морского Торгового порта, ограничен на стороне канала вертикальной причальной стенкой. Ширина канала по урезу воды около 130 м, по дну не более 100 м.

К западу от Канонерского острова на острове Белая мель ведется строительство очистных сооружений городской канализации.

Переправа через Морской канал на

Канонерский остров транспортных средств и людей осуществляется пока паромами и катерами с использованием в зимнее время ледокольных буксиров.

Сооружение постоянного перехода для автомобильного и пешеходного движения через Морской канал стало необходимым условием нормальной работы Канонерского судостроительного и судоремонтного завода и обеспечения транспортных удобств населению острова.

В проекте подводного тоннеля были предусмотрены такие способы

сооружения, как щитовая проходка под сжатым воздухом и метод опускания готовых секций.

Длина тоннельного перехода составляет 946,7 м, в том числе закрытая часть 652,9, открытые рамповые участки 293,8 м. 375 м тоннеля закрытой части сооружаются методом погружения готовых секций.

Предназначается тоннель для двухполосного разностороннего движения автомобильного транспорта с устройством двух тротуаров и продольной разделительной полосы. В боковой его части устраивается сквозной людской проход в 1,5 м.

Ширина готовой конструкции по наружному контуру — 13,3—13,75 м.

Рамповые участки и участки мелкого заложения сооружаются в открытых котлованах со стальным шпунтовым ограждением.

Основная особенность подводного тоннеля — в технологии строительства средней его части, состоящей из пяти заранее изготовленных железобетонных секций. Длина каждой 75 м, ширина 13,3, высота 8,05 м, вес около 8000 т. Конструкция выполнена из монолитного железобетона с толщиной лотка, стен и перекрытия по 0,93 м.

Гидроизоляция наружная, из стального листа толщиной 6 мм. Защищенная от коррозии, она одновременно служила опалубкой при бетонировании секции.

Для соединения элементов тоннеля между собой применен резиновый профиль, изготовленный голландской фирмой «Фредестайн», который крепится к торцовой поверхности каждой секции. При опускании и наводке монтируемая секция стыкуется торцом с ранее установленной, а резиновый профиль, сжимаясь, образует водонепроницаемый экран по контуру тоннеля.

После прекращения осадок секций и производства подбивки песка в основание будут выполнены постоянные железобетонные стыки между элементами.

Секции изготавливали в док-шлюзе. Он представляет собой площадку-полигон на отметке +2 м и шлюзовую камеру глубиной 9 м.

После того, как в док-шлюз закачивается вода, секции всплывают. Затем они устанавливаются над шлюзовой камерой, а поверхность воды понижается до уровня ее в Морском канале. Перемычка, отделяющая шлюз от Морского канала, разбирает-

ся, и секции поочередно выводятся туда для последующей транспортировки к месту монтажа.

Тоннель будет оборудован всеми современными устройствами (вентиляция, автоматика, освещение, дренаж).

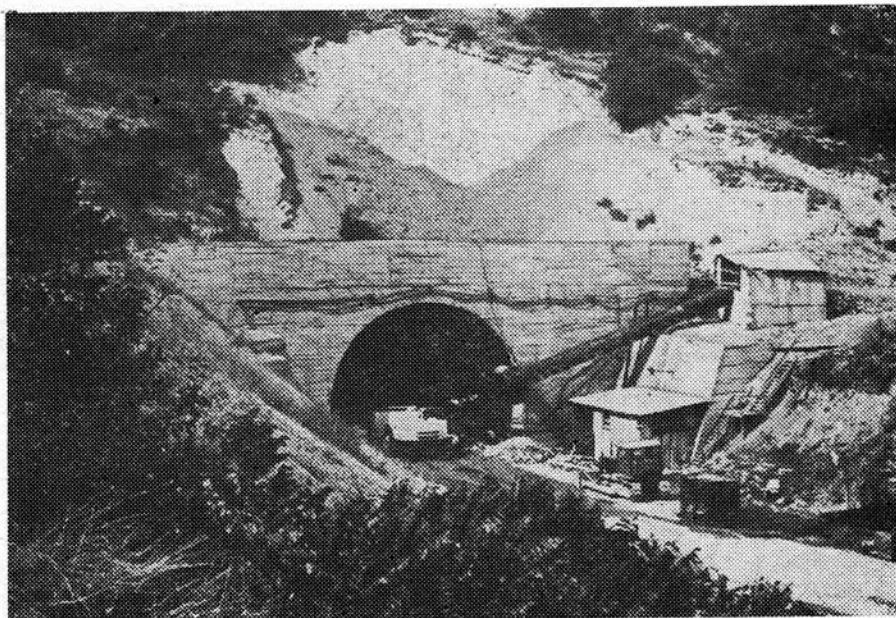
На предпортальных участках тротуаров впервые применены гибкие проволочные электронагреватели для работы в зимнее время.

Строительство подводного тоннеля на Канонерский остров ведется в сложной инженерно-геологической об-

становке в условиях действующего Морского порта и железнодорожной станции.

В проектировании комплекса подводного тоннеля участвуют 16 проектных, научно-исследовательских и конструкторских институтов и организаций.

Сейчас готовы все пять секций тоннеля, разрабатывается траншея в берегах Морского канала, осенью нынешнего года предполагается начать транспортировку первых секций к месту установки. □



Строительство Мцхетского железнодорожного тоннеля. Бригада Ю. Сутидзе, работающая по методу Злобина, добилась скорости проходки 60 метров в месяц при сечении 63,3 м², делая 111 шпуров длиной 2,5 м за смену. Бурильщики выполняют норму на 115—120%.

На снимках: Восточный портал тоннеля. Бригада бурильщиков. Слева направо: Т. Мегрели, У. Зенклишвили, И. Альбору, Д. Валиев, Б. Мегрели, сменный мастер Н. Джанджава

Станции II очереди Тбилисского метро

Д. ИОСАВА, архитектор

«Площадь Вокзальная»-пересадочная возводится непосредственно у действующей одноименной станции. Она завершит создание важного транспортного узла в районе железнодорожного вокзала с интенсивными пассажиропотоками и явится «подземными воротами» в Сабуртало — один из крупных жилых массивов города. Устройству удобной и кратчайшей пересадки принадлежит ведущая роль. Структура пересадочного узла предопределила разработку проекта, где пешеходный тоннель примыкает к середине метровокзала. Это дает возможность сократить путь пассажиров и обеспечить равномерную загрузку.

Станция глубокого заложения, односводчатая с шириной платформы 11 м.

Архитектура решена лаконично с максимальным приближением оформления к конструкции. Для отделки станции применяются местные облицовочные камни.

Полы устилаются квадратными плитами черного гранита «охомира». Этим же материалом облицовываются путевые стены. В переходном тоннеле и вестибюле использован белый мрамор Сванетского месторождения.

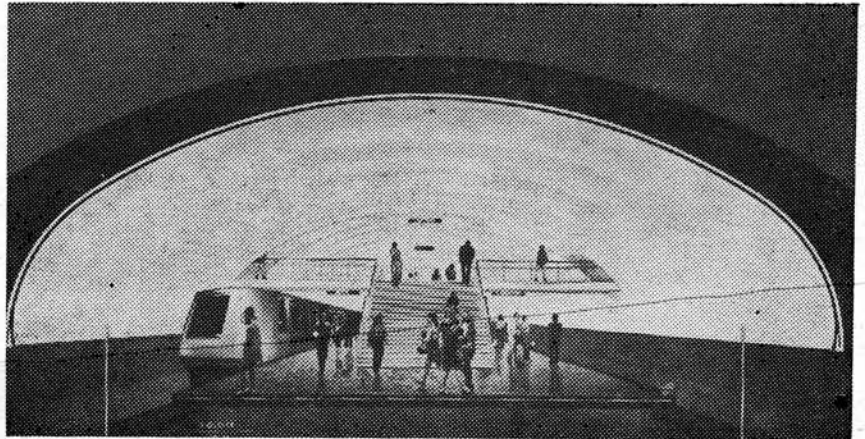
Потолки отделаны гидроизоляционными зонтами, штукатурятся и покрываются светлой краской. Освещение люминесцентное.

Архитектор Т. Каландадзе.

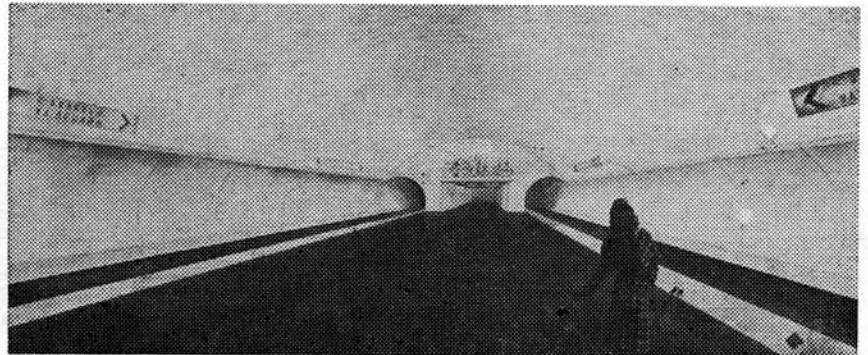
«Политехнический институт» строится в районе большого транспортного узла, связывающего жилые массивы Сабуртало с центром города, в непосредственной близости от гостиницы «Аджария», дворца спорта и политехнического института.

Станция имеет два подземных вестибюля с выходами в пешеходные переходы. Конструкция глубокого заложения, односводчатая с шириной платформы 11 м.

Учитывая то, что в формировании интерьера большую роль играет освещение, плоскость свода подсвечивается люминесцентными лампами, встроенными в выступающую конструкцию покрытия. Она тянется в виде карниза с обеих сторон станции над путями.



«Вокзальная»



«Политехнический институт»

Свод отделяется фигурными асбоцементными элементами ромбического рисунка.

Путевые стены облицовываются белым мрамором «коелга». Пол устилается серыми гранитными плитами Курсебского месторождения.

На торцовых стенах предусмотрены рельефные тематические панно.

Архитектор Г. Модзманшвили (I премия на конкурсе).

«Комсомольская» расположена в начале проспекта Важа Пшавела близ гостиницы «Абхазия» и Республиканской центральной клинической больницы.

Станция мелкого заложения, сооружаемая открытым способом, имеет два подземных вестибюля. Пассажиры попадают сюда через подуличные пешеходные переходы.

Конструкция колонного типа (шаг 6 м). Колонны круглые из стальных

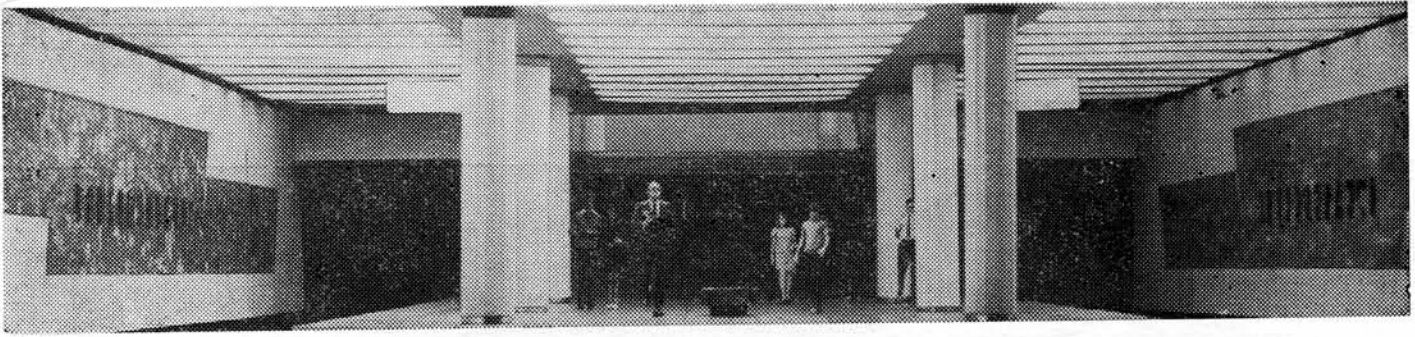
труб диаметром 0,6 м, высотой 3,65 м. Длина пассажирской платформы 101, ширина — 10 м.

Перекрытие пассажирского зала выполнено из железобетонных сборных плит с цилиндрическими внутренними поверхностями, а вестибюлей — плоское из монолитного железобетона.

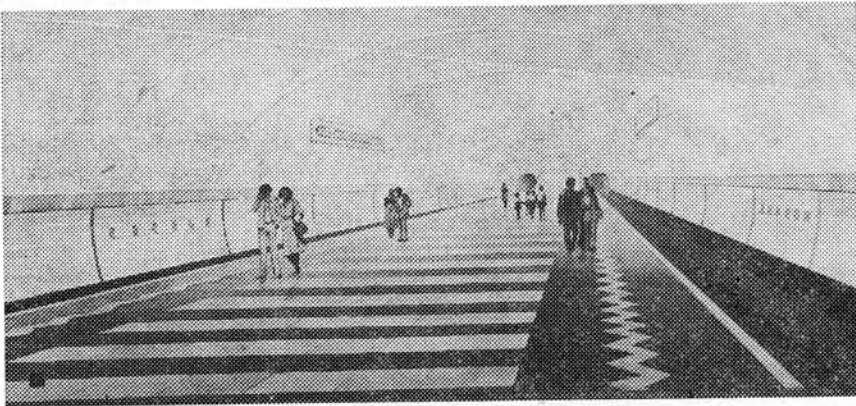
Строгость линий, предельная лаконичность и функциональность — основные особенности решения внутреннего пространства.

Большое значение придается художественно-тематическому образу сооружения. Тематическое решение станции предусматривает устройство на путевых стенах во всю их длину красных плоскостей в виде развернутых знамен из мрамора Салиетского месторождения, а также художественных панно из накладных бронзовых элементов на тему комсомола.

Цвет используется в основном как изобразительное средство, а свет, от-



«Комсомольская»



«Делиси»

ражающийся и льющийся от цилиндрических поверхностей перекрытия — для создания цельности зрительного образа интерьера и впечатления легкости конструкции. К перекрытию, на уровне низа продольных ригелей, подвешен потолок — экран, за которым располагаются люминесцентные светильники.

Отделка станции решена в светлой гамме. Колонны круглого сечения об-

лицованы вертикальными полосами из белого мрамора «коелга».

Пол устилается равномерными плитами красного гранита Токовского месторождения.

Архитекторы: Д. Иосава, Г. Модзманишвили, Н. Ломидзе.

«Делиси» находится на проспекте Важа Пшавела близ проходящей магистрали Сабуртало-Ваке (ул. Гура-

мишвили) и предназначается для обслуживания населения прилегающих жилых массивов, а также комплекса Тбилисского Государственного университета.

Станция мелкого заложения, односводчатая, с шириной платформы 10 м, сооружается открытым способом. Имеет два подземных вестибюля с примыкающими подулочными пешеходными переходами.

При решении интерьера станции удалось добиться органического сочетания эксплуатационных удобств и экономичности сооружения с его высокими эстетическими качествами.

Архитектура лаконична и строга.

Свод через каждые 6 м пересекают дуги люминесцентных светильников.

Путевые стены облицовываются белым мрамором «коелга» Уральского месторождения и черным гранитом «охомира». Пол устилается этими же материалами, а также плитами серого гранита Курсебского месторождения.

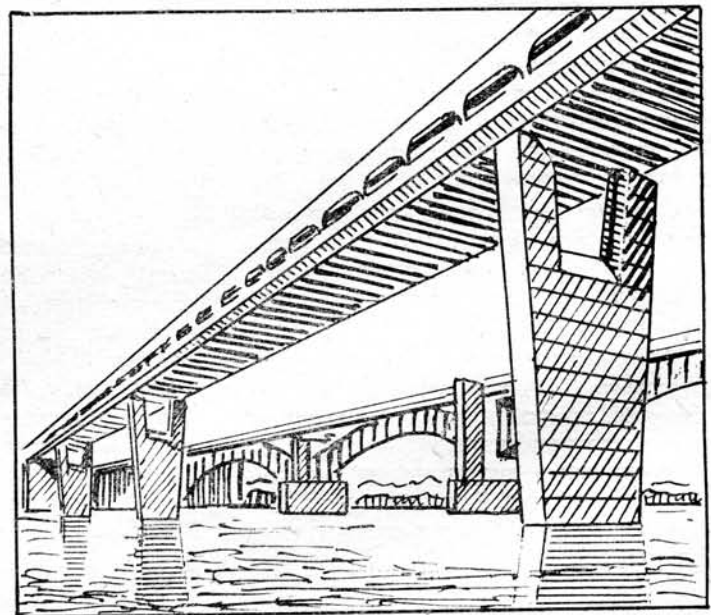
Архитектор Н. Ломидзе (I премия на конкурсе). □

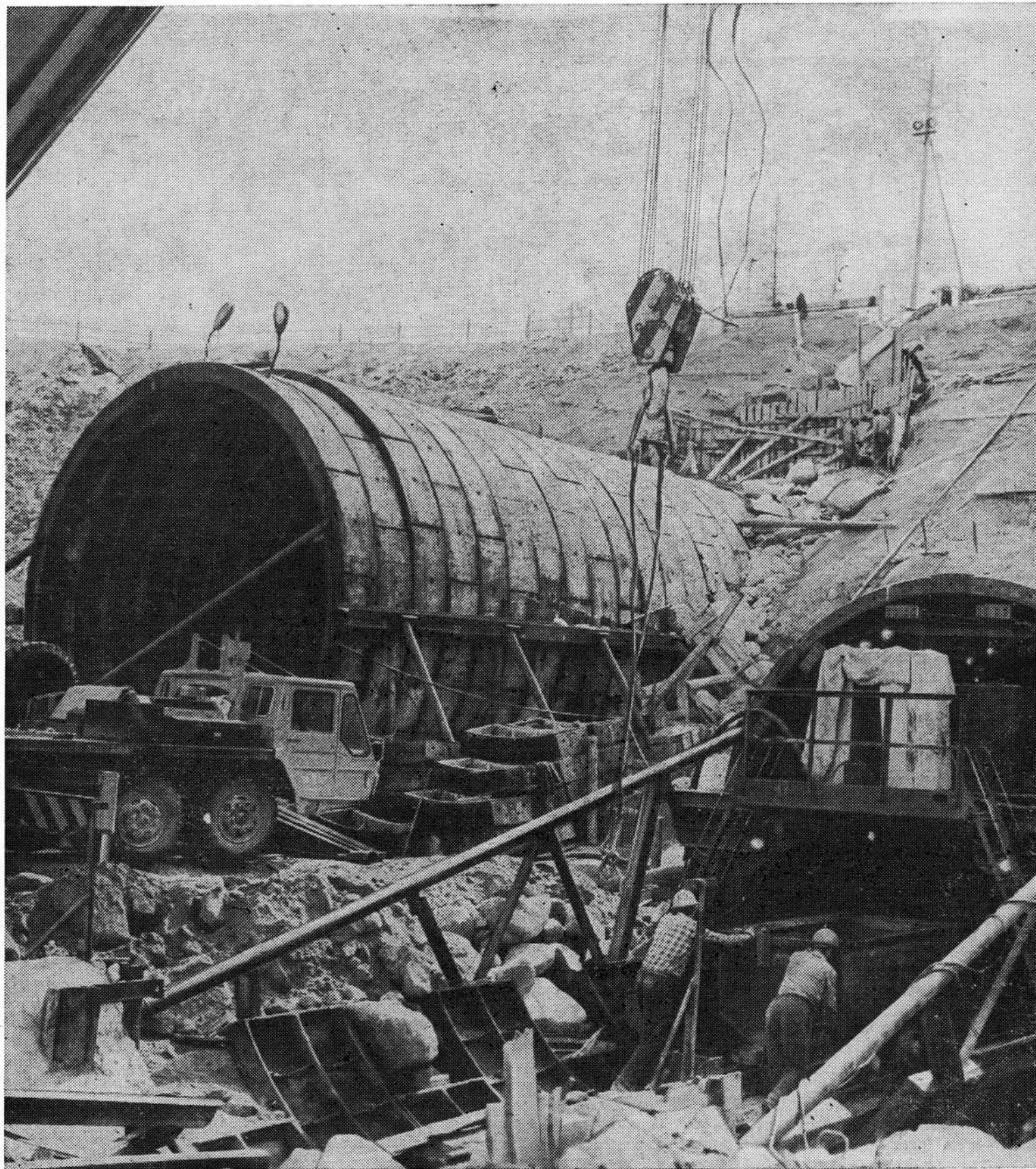
Метромост над Обью

На градостроительном совете Новосибирска одобрен технический проект метромоста через Обь, разработанный институтом Ленгипротрансмост.

Выбор архитектурного решения осложнялся тем, что рядом проходит арочный металлический мост постройки 50-х годов. Новая конструкция представляет собой вытянутый короб на треугольных опорах, вершины которых, уходя под воду, как бы вонзаются в русло реки.

Длина моста более двух километров. Поезда будут курсировать по закрытой галерее. На уровне окон вагонов предусмотрены широкие застекленные проемы. Горизонтальные элементы карниза над «окнами» моста и оригинальные ограждения тротуаров зрительно уменьшают высоту галерей, придают ее облику динамизм, присущий современному транспортному сооружению. □





Западный портал Северо-Муйского тоннеля. Врезка тоннеля и штольни



Виктор Леопольдович Николаи

(к 100-летию со дня рождения)

Осенью 1931 г. в Москве был организован «Метрострой». Коллектив его, насчитывавший в то время не более двух-трех десятков человек, разместился в углу большого зала банковской конторы, сводчатые окна которой выстроились на фасаде со стороны Ильинки (ныне ул. Куйбышева, д. 3). В этом зале, еще не раздробленном на отдельные кабинеты, продолжался шумовой аккомпанемент на счетах и арифмометрах, под который начал работать авангард первых метростроителей. Включаться нужно было безотлагательно. Предстояло осуществить грандиозное мероприятие. Все, начиная от мелких подробностей, было ново, трудно, очень ответственно и необыкновенно интересно.

В коридоре, опоясывавшем зал, над столом с подсветкой склонился немолодой уже человек. С завидным старанием и скрупулезностью наносил он тушью на длинный рулон полотно калки трассу и продольный профиль первой линии первого советского метрополитена. В скором времени эта трасса должна была стать реальностью, соединив Сокольники с Крымской площадью. Исполнителем проекта был начальник только что организованного технического от-

дела Метростроя профессор Виктор Леопольдович Николаи.

Он пошел по стопам отца, известного петербургского ученого, профессора по мостам. До сих пор не утратила своего значения разработанная Леопольдом Федоровичем Николаи теория расчета упругих арок, которую он применил при проверке на прочность и устойчивость свода Сурамского железнодорожного тоннеля. Имя Л. Ф. Николаи можно увидеть на чугунной плите величественного Кировского моста через Неву, который он возводил.

Виктор Леопольдович родился 4 июня 1878 г. По окончании с золотой медалью гимназии, он в 1896 г. поступил в Институт путей сообщения. Трудовую жизнь начал на изысканиях железных дорог, наиболее интересные из которых велись на строительстве Московской Окружной дороги. Здесь убедительно проявились его способности и техническая зрелость при проектировании мостов через Москву-реку. Два крупных металлических арочных моста, которые В. Л. Николаи не только проектировал, но и строил, являются достопримечательностью столицы.

В 1910 г. он возводил пятипролетный мост через Неву в Петербурге, а в 1914 — двухъярусный мост через Днепр. При непосредственном участии инженера сооружен ряд других переходов через Днепр, Оку и Волгу.

В 1917 г., сразу же после Великой Октябрьской революции, Николаи приступил к восстановлению водного транспорта, возглавив работы по шлюзованию порожистой части Днепра. Под его руководством осуществлены изыскания и создан проект выполнения этих работ по двухплотинной системе.

С 1922 г. Виктор Леопольдович состоял членом мостовой комиссии Научно-технического комитета НКПС, а в 1926 г. организовал Мостовое бюро НКПС, оказавшее большое влияние на развитие мостостроения в нашей стране.

Всесторонне эрудированный специалист, Николаи еще в 1905 г. без отрыва от производственной деятельности был привлечен к чтению курса мостов в Московском инженерном училище, впоследствии преобразованном в Московский институт инженеров транспорта (МИИТ). Через пятнадцать лет он возобновляет педагогическую работу профессором и проректором Екатеринославского (Днепропетровского) политехнического института. А в 1921 г. назначается профессором кафедры постройки мостов МИИТа, где проработал до 1934 г., когда возглавил вновь созданную здесь кафедру тоннелей и метрополитенов.

Организация и становление отечественного метростроения занимают особое место в деятельности В. Л. Николаи. Хорошо понимая, что силами технического отдела, занимавшегося одновременно инженерно-геологическими изысканиями, проведением опытных работ и т. д., нельзя обеспечить надлежащего проектирования первоклассного (а задача ставилась именно так) метрополитена, Виктор Леопольдович обосновал необходимость безотлагательной организации крупной специализированной проектной конторы. В первом пункте «Положения» говорилось: «В целях концентрации всех вопросов проектирования Московского метрополитена, касающихся составления проектов как по всем работам постройки его, так и по всем элементам электрического

оборудования тоннелей, станций, а также вопросов, относящихся к подвижному составу и подготовке законченных постройкой линий и пуску в эксплуатацию, в системе Метростроя организуется центрально-проектная контора под наименованием «Метропроект».

В этом документе были сформулированы задачи и функции Метропроекта, его структура и состав, многосторонние направления творческой деятельности, свидетельствующие о том, что проекты должны явиться в самом начале основой ударной стройки особого значения, особого масштаба и особого качества, каким действительно стал лучший в мире Московский метрополитен. Нет нужды подчеркивать, какая почетная ответственность была возложена на руководителя этой крупной организации, профессора В. Л. Николаи. Метропроекту выделили новое помещение на улице Горького, в доме, где находится теперь театр им. Ермоловой.

Под началом первого руководителя выполнен огромный комплекс чертежей линий I и II очереди строительства московского метрополитена и разработан технический проект III очереди.

Из-за новизны проблемы и ограниченности установленных сроков не все проходило гладко. Жизнь вносила свои коррективы, иногда приходилось «на ходу» менять проекты, не нарушая при этом заданного регламента.

Так, строительство всей линии I очереди было запроектировано и начато по варианту мелкого заложения. Однако быстро сказалась скудность данных геологической разведки. Проходка первого опытного тоннеля на Русаковской улице и шахт, рассчитанных на мелкое заложение между Каланчевской (ныне Комсомольской) и Дзержинской площадями, показала, что близко к поверхности, над юрскими глинами, залегают плывуны значительно большей мощности, чем можно было предположить на основании предварительного бурения скважин.

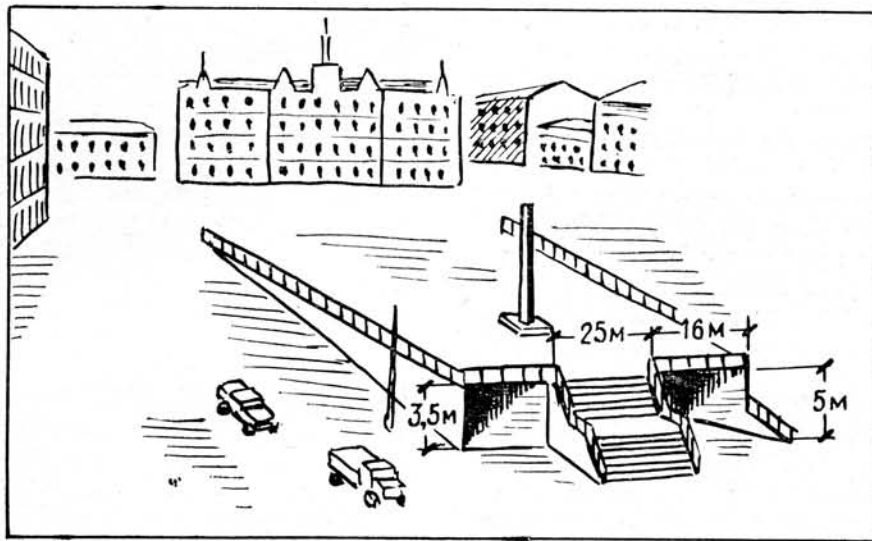
Для тщательной оценки и обоснования дальнейших планов строительства пришлось провести советскую и иностранную экспертизы, в работе которых активное участие принимал В. Л. Николаи. Вместе с тем ученый настоятельно ратовал за быстрее накопление отечественного опыта. В одной из служебных записок (от 9.08.1933 г.) о типе станций Арбат-

ского радиуса он писал: «При дальнейшем развитии сети московского метрополитена можно будет решить все еще спорный вопрос о наилучшем типе метрополитенной станции на базе своего собственного, а не чужого опыта».

Проект кардинально переделали с переводом значительной части трассы на глубокое заложение. Чтобы не прерывать начатых работ, решено было углубить шахты до нового горизонта расположения тоннелей. На

польдовичу на просмотр и утверждение кальки, авторы приходили к нему обычно с пузырьком туши и своей письменной ручкой. Он настолько углублялся в чертеж, что после подписи уже механически бросал ручку в нижний ящик стола. Говорят, там скопились десятки и сотни ручек...

29 января 1935 г. по трассе I очереди началось пробное движение поездов. Николаи писал в одной из центральных газет: «Мечта стала действительностью. Сегодня первый подзем-



Эскиз первого проекта транспортного пересечения на площади Маяковского, выполненный В. Л. Николаи.

трассе I очереди опробованы различные конструкции и методы производства работ, характерные как для мелкого (открытый и траншейный способы, опускные тоннели-кессоны), так и для глубокого (горные и щитовой способы) заложения. Если говорить о том, что I очередь Московского метрополитена явилась многогранной школой отечественного тоннелестроения, нужно помнить, что в чертежах эта трасса пройдена не один раз (эскизные проработки различных вариантов, технические и рабочие проекты с их видоизменениями и переделкой). Через руководителя Метропроекта прошел огромный поток технической документации, которую он просматривал с исключительной внимательностью и требовательностью, замечая мельчайшие погрешности и тут же требуя их исправления. Бывали случаи, когда, находя исполнение какого-нибудь узла неудовлетворительным, он ножницами вырезал этот узел из кальки. Представляя Виктору Лео-

новый поезд пройдет по всему протяжению обеих первоочередных линий Московского метрополитена — от Сокольников до Крымской площади и от Манежа до Смоленской площади, общей длиной 11,6 километра. Завершен первый этап одного из наиболее грандиозных сооружений второй пятилетки».

Касаясь предстоящего строительства II очереди, он далее сообщал: «Согласно разработанному плану работ — для линий II очереди потребуются 11 перегонных и 8 станционных щитов. Все эти щиты будут изготовлены в СССР по проектам, уже созданным в Метропроекте».

Жизнь и в данном случае внесла свои поправки в первоначальные, казалось бы, очень смелые планы. Благодаря щедрой помощи партии и Правительства, участию всей страны, энтузиазму и успехам уже познавших опыт строителей, на II очереди метро в Москве работало не 19, а 42 щита: 30 перегон-

ных и 12 станционных. Такого масштаба и стремительного перехода к индустриальным методам строительства еще не знала ни одна страна в мире.

Сооружение II очереди велось на новом, более высоком техническом уровне, с широким применением сборных обделок из чугунных тубингов, щитов, новых индустриальных типов станций («Маяковская», «Площадь Революции» и др.), запроектированных в Метропроекте. По сравнению с I очередью удельный объем вынутого грунта на километр трассы оказался меньшим на 30%, т. е. фактические показатели были значительно эффективнее выдвинутых прогрессивным для того времени первоначальным проектом. На III очереди проектировщики и строители пошли еще дальше, обеспечив, по сравнению с I очередью, сокращение объема земляных работ на километр трассы до 40%.

Первые линии Московского метрополитена созданы не только на высоком техническом уровне, но и на прочном научном фундаменте. К решению проблемных вопросов привлекались крупнейшие академики и профессора, входившие в состав Комитета Научного содействия Метрострою. Естественно, руководитель Метропроекта принимал активное участие в реализации научных разработок, стремясь закладывать их в проекты. Одним из результатов совместных исследований явился, например, получивший широкое распространение при расчете тоннельных конструкций «метод Метропроекта» (разработан Б. П. Бодровым, Б. Ф. Матери и другими).

Еще на I очереди стала очевидной необходимость воспитания кадров тоннельщиков высшей квалификации.

С присущей ему энергией, вместе с профессором С. Н. Розановым, А. Ф. Богдановичем и другими, Николай принялся за организацию в МИИТе факультета и кафедры «Тоннели и метрополитены». Первая в стране кафедра по этой специальности была создана в 1934 г. К чтению лекций он привлекал квалифицированных специалистов Метрострою и Метропроекта (А. И. Барышников, В. Л. Маковский и др.), а впоследствии их сменили кадровые преподаватели, воспитанные кафедрой МИИТа и аспирантурой. Сохранились первые стенограммы лекций и Виктора Леопольдовича.

С задачами создания школы советских тоннельщиков связано написа-

ние первых учебников и пособий по новой дисциплине.

Несмотря на большую загрузку в Метрострое и МИИТе, В. Л. Николаи принимает деятельное участие во множестве научно-технических начинаний и мероприятий. Следует напомнить, что состоявшийся 15 июня 1931 г. Пленум ЦК ВКП(б), рассматривавший вопросы развертывания городского хозяйства Москвы, вынес постановление не только о постройке метрополитена, но и так называемого «глубокого ввода» для переброски пассажиров из пригородных зон в центр столицы. Одновременно с предложениями по метрополитену возникли и проекты первых глубоких вводов. Автор одного из них, тоннельно-эстакадного, — В. Л. Николаи (апрель 1934 г.). Он был также автором первых проектов городских транспортных пересечений (автомобильный тоннель на площади Маяковского, предложенный им еще в 1936 г., такой же тоннель между Театральным проездом и ул. Разина) и пешеходных переходов.

Благодаря его инициативе Метропроект (впоследствии Метрогипротранс) явился основной организацией по проектированию транспортных тоннелей и переходов. Виктор Леопольдович уделял им много внимания, не считаясь со временем и отдыхом. В одном из писем он, например, писал: «...я отложил свой отпуск и сентябрь пробуду в Москве. Это тем более необходимо, что 14 августа (1939 г.) я узнал о том, что Моссосвет решил в этом году построить, согласно моему предложению, пешеходный тоннель под улицей Горького у Пушкинской площади. Мне поручено составить проект тоннеля».

Ученый принимал горячее участие в дискуссиях по коренным вопросам реконструкции столицы и развития ее транспорта — планировки улиц, развязки грузопотоков, выбора трассы, типов станций и габаритов тоннелей метрополитенов... Оптимальные решения горячо отстаивал, нерациональные критиковал. В частности, он выступал против объединения габаритов вагонов для метрополитена и пригородных железных дорог. Виктор Леопольдович обладал достаточной объективностью, чтобы критически рассматривать собственные предложения в зависимости от изменившихся обстоятельств. Так было, например, с его первой разработкой глубокого ввода, от которой он впоследствии отказался (в докладе о линиях 4-й

очереди Московского метрополитена) в связи с пуском линий метро первых трех очередей. Жизнь подтвердила правильность многих из этих предложений и начинаний.

В 1935 г. В. Л. Николаи утвердили членом Научно-технического совета НКПС, а в 1936 г. — членом экспертной комиссии Всесоюзного комитета по делам высшей школы по присвоению ученых степеней и званий. Самому Виктору Леопольдовичу, в числе первых ученых нашей страны, в 1938 г. присвоена ученая степень доктора технических наук без защиты диссертации. Ему присвоено также звание Генерал-директора пути и строительства III ранга.

В 1940 г. В. Л. Николаи вошел в состав ученого совета транспортной секции Отделения технических наук Академии наук СССР.

Линии I, II и III очередей стали эталоном для последующего строительства не только Московского, но и других метрополитенов. III очередь заканчивали в годы Великой Отечественной войны. В это трудное время Николай выполнял ряд ответственных заданий оборонного характера. Он был удостоен ордена Отечественной войны I степени.

В 1942 г. Виктор Леопольдович разработал два не первые «Технические указания по восстановлению разрушенных горных тоннелей под железную дорогу». В ноябре 1943 г. он возглавил экспертную группу по проверке устойчивости косогоров, состояния тоннелей и других искусственных сооружений на горном перевале Северного участка Трансиранской железной дороги от границы СССР до Тегерана, где, как известно, в конце ноября 1943 г. состоялась историческая конференция Глав Правительств СССР, США и Великобритании.

Уже полностью перейдя на педагогическую работу в МИИТ, Николай продолжал консультировать разработку первых линий метрополитенов в Ленинграде — он возглавлял секцию трассы и пути экспертной комиссии Госплана СССР по рассмотрению этого проекта, — а также в Киеве и Тбилиси.

До конца своей жизни (он скончался 27 августа 1955 г.) Виктор Леопольдович радовался каждому новому достижению и успеху в отечественном метростроении, которому посвятил лучшие годы своей многогранной деятельности.

В. ПИКУЛЬ,
канд. техн. наук.

СЕМИНАР: Управление качеством продукции и строительно-монтажных работ

Н. СМЕРНОВ, канд. техн. наук; З. СУВОРОВА, инженер

Десятая пятилетка развития народного хозяйства СССР — пятилетка эффективности и качества. Это означает, что вопросы обеспечения качества продукции и строительно-монтажных работ поставлены сейчас на новую, более высокую ступень, чем в предыдущие годы. На промышленных предприятиях машиностроения, приборостроения, электротехнических изделий и некоторых других давно уже перешли от разработки отдельных мероприятий к внедрению систем повышения качества продукции. Наибольшую известность получили: Саратовская система бездефектного изготовления продукции, СБТ (система бездефектного труда), Горьковская система КАНАР-СПИ, Ярославская система НОРМ. В последние годы предприятиями Львова совместно с институтами Госстандарта СССР разработана комплексная система управления качеством продукции (КС УКП) на базе стандартизации. Центральный Комитет КПСС рассмотрел вопрос об опыте применения КС УКП и рекомендовал его к широкому внедрению. В настоящее время КС УКП получила распространение на многих предприятиях Москвы, Ленинграда, Горького, Ярославля, Киева, Кременчуга и других городов страны.

На предприятиях стройиндустрии и в строительстве основной формой пока остается разработка и реализация отдельных мероприятий по повышению качества продукции и строительно-монтажных работ. В некоторых организациях (Главприволжкстрой Минстроя СССР, Главстройпром и Главмостострой Минтрансстроя и другие) действует система бездефектного изготовления продукции и сдачи строительно-монтажных работ с первого предъявления. На Святошинском заводе ЖБК в Киеве (трест Юзтрансстром) нашла применение система СБТ. Отдельные организации и пред-

приятия стройиндустрии внедряют элементы КС УКП: например, Архангельский ДСК Главархангельскстроя Минстроя СССР, трест Львовпромстрой Минпромстроя СССР, Главсредуралстрой Минстроя СССР, трест Новороссийскморстрой, Днепрпетровский завод МЖБК, Улан-Удэнский завод металлоконструкций Минтрансстроя и др.

С целью популяризации практики управления качеством продукции и строительно-монтажных работ и внедрения ее на предприятиях и в организациях Метростроя открывается этот семинар. Его ведут ЦНИИС, Оргтрансстрой, Метрострой. Пожелания и предложения по тематике семинара будут приняты с благодарностью редакцией.

Занятие I.

СИСТЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Б И П Саратовская система бездефектного изготовления продукции и сдачи ее ОТК с первого предъявления (БИП) разработана проф. Б. А. Дубовиковым и впервые была внедрена на машиностроительных предприятиях Приволжского совнархоза. В основе системы лежит общий для рабочих всех специальностей критерий оценки качества труда — процент сдачи изделий с первого предъявления. Этот показатель может быть рассчитан для смены, месяца, года или другого промежутка времени. Конечной целью БИП является полное исключение рекламаций от потребителей.

Порядок предъявления готовой продукции состоит в следующем. Непосредственный исполнитель сам проверяет свои изделия, отбирает выполненные с отклонениями от требований стандартов и технических условий и передает в ОТК для оформления акта о браке. Изделия, выполненные без

дефектов, предъявляются как готовая продукция. Если работники ОТК в сдаваемой партии обнаружили дефектное изделие — вся партия возвращается исполнителю для контроля и исправления недостатков (если это возможно). Вторичное предъявление ОТК возвращенной продукции производится с разрешения начальника цеха. Если ОТК снова обнаруживает дефектную деталь, партия опять возвращается исполнителю. Третье предъявление возможно лишь с разрешения директора предприятия. Работникам, сдающим продукцию с первого предъявления не менее шести месяцев подряд, разрешается пользоваться личным клеймом, минуя ОТК.

Внедрению Саратовской системы должно предшествовать проведение ряда организационно-технических мероприятий: механизации и автоматизации производственных процессов, приведение оборудования и инструмента в соответствие с паспортными данными, подготовка форм учета и отчетности, составление инструкции о порядке сдачи продукции ОТК, разработка положения о премировании и т. п.

Саратовская система предусматривает моральное и материальное стимулирование высокого качества продукции. Так, размер премии (надбавки к тарифной ставке) устанавливается в зависимости от удельного веса продукции, сданной с первого предъявления. Если, например, максимальный размер надбавки к тарифной ставке составляет 30%, шкала премий может быть следующей (табл. 1)

Таблица 1

Количество продукции, сдаваемой с первого предъявления, %	Размер премий в % к тарифной ставке
70—80	10
80,1—90	15
90,1—100	30

Премирование инженерно-технических работников ставится в прямую зависимость от состояния качества продукции на участке, в цехе, заводе. Лучшим вручаются почетные грамоты, присваиваются звания «Отличник качества», «Мастер — золотые руки» и т. п.

В целях усиления работы по внедрению БИП изданы «Рекомендации по применению в отраслях промышленности системы мероприятий по повышению качества продукции, разработанных на предприятиях Саратовской области».

Саратовская система нашла широкое применение за рубежом: в США, ФРГ, Японии, ГДР, ПНР и других странах. В США ее называют «программой нулевых дефектов», в ФРГ — «все без ошибок» и т. д.

Однако эта система не лишена недостатков. БИП не может быть использована на предприятиях, где продукцию нельзя «сосчитать» (химическая, металлургическая и другие виды промышленности). Охватывает лишь стадию изготовления продукции, не позволяет прямым путем оценить труд ИТР. Эти недостатки вызвали к жизни другие системы повышения качества продукции.

Система бездефектного труда (СБТ) впервые была разработана и внедрена на Львовских промышленных предприятиях (завод телеграфной аппаратуры и др.) и получила название «львовского варианта» Саратовской системы. Качество труда в системе СБТ оценивается величиной коэффициента качества. Последний в общем случае определяется по формуле:

$$K_T = K_{исх} - \sum_{i=1}^{i=m} K_{ci}$$

где $K_{исх}$ — исходный коэффициент качества труда (например за месяц $K_{исх}=1$);

K_{ci} — коэффициент снижения качества труда за невыполнение i -го задания;

m — количество невыполненных заданий.

Для определения коэффициентов снижения качества труда разрабатывается перечень нарушений. Например, на Лянозовском электромеханическом заводе (Москва) для производственных цехов составлен перечень из 25 позиций, каждая из которых снижает коэффициент качества труда на определенную величину. Не-

которые позиции из этого перечня приведены в табл. 2.

Таблица 2

Вид нарушения	
За каждый случай возврата продукции от ОТК:	
а) детали, узлы	0,05
б) блоки	0,07
в) шкафы	0,1
г) изделия в комплекте	0,15
За каждый случай межцехового брака:	
а) единичный	0,05
б) массовый	0,1
За срыв графика проведения типовых испытаний	0,1
За каждый случай выпуска брака рабочим с личным клеймом	0,05

Для инженерно-технических работников и служб этого завода разработан перечень нарушений из 20 позиций.

Материальное и моральное стимулирование рабочих, ИТР и служащих при внедрении системы СБТ связывается с величиной коэффициента качества труда за определенный период. Например, на Львовском заводе телеграфной аппаратуры использовалась такая шкала премий (вся премия за 100%), табл. 3:

Таблица 3

Величина коэффициента качества	Размер премии в %	
	За выполнение количественных показателей плана	За качество труда
1—0,71	50	50
0,7—0,61	50	25
0,60 и менее	50	0

Система бездефектного труда была рекомендована бюро Львовского обкома КП Украины к широкому распространению на предприятиях области. Она экспонировалась на ВДНХ СССР, одобрена Госстандартом СССР, Госкомитетом по науке и технике. В настоящее время система нашла применение во многих отраслях народного хозяйства, включая строительство.

Применение СБТ дает значительный экономический эффект. Например, за период действия ее на Львовском заводе телеграфной аппаратуры (1964—1972 гг.) потери от брака сократились втрое, число рекламаций от потребителей уменьшилось в 7 раз, издержки на контроль снизились в 2,2 раза. □

При аттестации сборных железобетонных конструкций по действующим нормативам* у производителей возникают затруднения в выборе базовых (эталонных) образцов. Не разработаны ни номенклатура, ни количественные величины базовых показателей качества, т. е. свойств эталонной продукции в численном выражении. Создание их необходимо, поскольку, сравнивая показатели качества аттестуемого изделия с базовыми, выясняют, к какой категории — высшей, первой или второй — относится данная продукция.

Количественные величины показателей качества зависят от вида изделия и технологии его изготовления. Поэтому каждая отрасль и подотрасль промышленности разрабатывают свои базовые показатели, инструкции и методики, а для неспецифичной продукции — получают от других министерств, которые руководствуются межотраслевыми нормативами МУС 2—76**.

ЦНИИСом ведется разработка базовых показателей уровня качества промышленной продукции, специфичной для отрасли — Министерства транспортного строительства. Выявляется номенклатура изделий, подлежащих аттестации в первую очередь. Устанавливается номенклатура базовых показателей, их количественные значения по категориям качества. Последние назначаются, исходя из оценки следующих критериев: технического уровня, стабильности показателей, экономической эффективности, конкурентоспособности на внешнем рынке, состояния стандартов (техни-

* Инструкция о порядке аттестации промышленной продукции, выпускаемой предприятиями Министерства транспортного строительства, ВСН 174—75.

Методика оценки технического уровня и качества сборных железобетонных и металлических конструкций транспортных сооружений. М., 1976.

** Методические указания по оценке уровня качества аттестуемой продукции строительной индустрии и промышленности строительных материалов, МУС 2—76.

Об аттестации промышленной продукции ЖБК

В. САРАБЕЕВ, канд. техн. наук

ческих условий) на аттестуемую продукцию.

На основе анализа существующих отечественных и зарубежных аналогов и оценки перспектив развития науки и техники установлена следующая номенклатура показателей качества сборных железобетонных конструкций:

марочная прочность бетона на сжатие, кгс/см²;

допуски геометрических размеров по ширине, толщине, длине, мм;

допуски защитного слоя, мм;

отделка поверхности;

совершенство производственного исполнения;

коэффициент вариации прочности бетона на сжатие;

процент брака;

количество рекламаций в год;

показатель соблюдения стандартов, СНиП, ТУ, %;

трудозатраты на 1 м³ конструкции, чел.-час.;

себестоимость, руб/м³ конструкции;

рентабельность, %;

наличие внешнеторгового экспорта;

соответствие государственной системе стандартов, стандартам СЭВ, ИСО.

Ведущими по выпуску сборных железобетонных конструкций в Главтоннельмострое являются: Мосметрострой, Ленметрострой, Киевметрострой и Харьковметрострой, продукция которых рассматривается как базовая, исходя из принципа «от достигнутого». Некоторые показатели качества, представляющие наибольший интерес для производственников, приведены в таблице 1. В графе 1 дана номенклатура продукции, подлежащая аттестации в первую очередь.

Технология изготовления сборных

железобетонных конструкций на всех предприятиях Главтоннельмостроя поточно-агрегатная, но с некоторыми различиями:

а — с немедленным распалубливанием и выдержкой блоков в камерах вызревания без пропаривания. Заполнители промываются и отсортировываются на фракции. Применяя цемент марки 500, получают бетон марки 600;

б — в многоместных кассетных формах с расположением блоков на ребро и пропариванием в неразобранных формах;

в — в сборно-разборной опалубке с пропариванием в неразобранной форме;

г — с немедленным распалубливанием и пропариванием на поддонах. Заполнители не промываются и не отсортировываются.

Таблица 1

Экономические показатели качества продукции, достигнутые на предприятиях Главтоннельмостроя

Наименование конструкции	Предприятие или трест	Вариант технологии изготовления	Трудозатраты на 1 м ³ блока, чел.-час.		Себестоимость, руб/м ³		Рентабельность, %	
			план	факт.	план	факт.	план	факт.
Цельносекционная обделка перегонных тоннелей открытого способа работ	Киевметрострой	в	12,8	12,1	118	115	15,0	17,6
	Харьковметрострой	в	17,3	18,1	109,41	107,13	26,4	27,1
	Мосметрострой	в	13,93	12	121,16	121,37	1,9	1,7
	Очаковский завод ЖБК							
Обделка перегонных тоннелей, сооружаемых закрытым способом при D _н = 5,5 м	Киевметрострой	в	4,2	4,2	57	58	23,5	23,8
	Харьковметрострой	б	12,44	12,03	66,15	64,83	19,2	20,7
	Ленметрострой	а	6,17	не разделено	98,37	не разделено	8,9	не разделено
	Мосметрострой	в	12,31	7,48	78,77	78,7	2,2	2,3
То же при D _н = 6 м	Киевметрострой	в	5	5	61	61	24	24
	Ленметрострой	а	5,43	не разделено	89,34	не разделено	14	не разделено
То же при D _{вн} = 5,14 м	Ленметрострой	а	5,99		96,26		11,6	
	Киевметрострой	в	12	12	76	76	12,3	12,3
Обделка коллекторных тоннелей D _н = 2,56 м D _н = 3,56 м	Киевметрострой	г	8	8	64	63	20	21,2
	Киевметрострой	в	9,4	9,4	114	113	15,8	16,4
Обделка железнодорожных тоннелей D _н = 8,72 м	Киевметрострой	в	8,5	8,1	81	80	21	22,1
Обделка станционных тоннелей D _н = 8,5 м из элементов ребристого сечения	Киевметрострой	в	8,5	8,1	81	80	21	22,1
	Харьковметрострой	в	14,7	15,1	85,6	83,1	20,7	21,5
	Ленметрострой	в	7,07	не разделено	98,2	не разделено	2,2	не разделено
	Очаковский завод ЖБК Мосметростроя	в	11	9,2	81,8	81,7	5,6	5,8
Сборные железобетонные конструкции для тоннелей метрополитена открытого способа работ	Черкизовский завод	в	от 3,3 до 8	не разделено	80,8	не разделено	— 4,2	не разделено

Таблица 2

Предельные отклонения от номинальных размеров унифицированной сборной железобетонной обделки перегонных тоннелей метрополитенов, сооружаемых закрытым способом (в документах и фактические)

Допуски геометрических размеров, мм	№№ рабочих чертежей, разработчик		ТУ 85-775-72	ВТУ Ленметростроя	ГОСТ 13015-75		Фактические данные		
	МП-2	ТС-84			Класс точности		ОТК завода ЖБК Ленметростроя	Отчеты ЦНИИС	
	199	32			5	7		1975 г.	1977 г.
	Ленметрострой-проект	Метрогипротранс							
По ширине	0, -1	±3	±5	±4	6	16	±3	±3	±2
По толщине	не указыв.	+5, -3	±5	0, +20	3	8	±14	±21	±11
По длине хорды дуги	0, -1	±2	±5	±6	8	20	+4, -2	±8	

Используемый вариант технологии при изготовлении конкретного вида продукции отражен в графе 3 таблицы и учтен при разработке количественных величин базовых показателей качества.

Территориальное расположение предприятия, а также принятая технология оказывают влияние на экономическую эффективность выпускаемой продукции.

При рассмотрении документации установлено, что требования к водонепроницаемости и морозостойкости обделки тоннелей не предъявляются ни в типовых проектах, ни в технических условиях на изготовление сборных железобетонных изделий, а допуски в проектах значительно превышают требования стандартов системы обеспечения геометрической точности в строительстве (табл. 2).

Из таблицы видим, что наиболее близки к фактическим допуски, предусмотренные ГОСТом и Временными техническими условиями на изготовление и приемку железобетонных тюбингов, выпускаемых заводом ЖБК и Д Ленметростроя. Известно, что работники ОТК предприятий предпочитают отмечать результаты измерений, укладываемые в нормативные документы.

Используемая технология изготовления конструкций и имеющаяся оснастка не позволяют достичь требуемой по проекту точности. Сведения о точности изготовления железобетонных тюбингов за рубежом с отклонениями ±0,8 и даже ±0,18 мм должны восприниматься осторожно. Измерения с такой точностью требуют создания специальных условий: поддержания постоянной температуры, влажности, обеспыливания, использо-

вания специальных инструментов, стендов и т. д.

Так, только влияние разности температур $\Delta T = 50^\circ\text{C}$ при измерении длины хорды дуги тюбинга на заводе при $+25^\circ\text{C}$, и на строительной площадке при -25°C , определенное по формуле

$$\Delta l = \alpha \Delta T l,$$

где α — коэффициент линейного расширения бетона

$$\alpha = 1,4 \cdot 10^{-5} \frac{1}{^\circ\text{C}};$$

l — номинальный размер тюбинга при измерении на заводе,

$$l = 2445 \text{ мм},$$

составит $\Delta l = \pm 1,73$ мм. Это значительно превышает упомянутые зарубежные сведения о достигнутой точности. Другие факторы, также имеющие место на строительной площадке и заводе, еще больше увеличат это различие.

Следовательно, проектные требования по допускам, вероятнее всего, необоснованны. В СНиП III-44-77 предусматривается допуск на эллиптичность тоннеля ± 50 мм, что составит по длине дуги ± 173 мм при внешнем диаметре тоннеля 5,5 м, а на один блок унифицированной обделки примерно ± 20 мм.

При назначении допусков в новых технических условиях и проектах необходимо учитывать типы конструкций, технологию изготовления, оснастку предприятия, ГОСТ 13015-75. Предельные отклонения от номинальных размеров должны быть научно обоснованы, а в необходимых случаях проведены специальные исследования (на моделях, стендах, в натуральных условиях). □

Обделка тоннелей и станций глубокого заложения московского метрополитена выполнена из монолитного бетона. И хотя с тех пор прошло более 40 лет, ни у кого не возникло сомнений в надежности данных линий. Это убедительно подтвердилось и при реконструкции станций «Дзержинская» и «Кировская». Бетон, из которого выполнены сооружения, обладает исключительной прочностью.

Отказ от применения монолитной обделки на последующих линиях метрополитенов обусловлен большой трудоемкостью работ по возведению ее в деревянной опалубке при ручной укладке бетонной смеси, сложностью устройства оклеечной гидроизоляции и железобетонной рубашки.

Применение обделки из чугунных тюбингов позволило снизить трудоемкость работ и обеспечить водонепроницаемость конструкции за счет зачеканки стыков и гидроизоляции болтовых отверстий. Дальнейшее развитие типов обделок в метростроении для тоннелей глубокого заложения шло в направлении применения различных конструкций железобетонных тюбингов и блоков. Использование обделки из сборного железобетона позволило снизить стоимость сооружений и расход металла.

И хотя сборный железобетон в качестве тоннельной обделки применяется более 30 лет, до сих пор не удалось решить проблему водонепроницаемости. Кроме того, конструкции из железобетонных тюбингов и блоков имеют ряд недостатков. Один из них — наличие строительного зазора — перебора породы по наружному контуру обделки и большое количество стыков и болтовых отверстий, подлежащих гидроизоляции.

Обжатие обделки в породу несколько снижает объем тампонажного заполнения, но полностью его исключить, особенно в крепких горных породах, не представляется возможным. Практика применения тюбинговых конструкций в метрополитенах мира, более чем за столетний период, не дает удовлетворительного решения технологии и механизации тампонажных и гидроизоляционных работ. Поэтому и трудоемкость возведения сборных обделок еще высока при недостаточной герметизации железобетонных конструкций.

В современной практике много примеров сооружения тоннелей различного назначения, в том числе метрополитенов (за рубежом) с обделка-

Монолитная бетонная обделка в тоннелях глубокого заложения

Х. АБРАМСОН, канд. техн. наук

ми из монолитного бетона. Достаточно указать на метод «Бернольда» (возведение тоннельной обделки из монолитного бетона с использованием штампованных облегченных металлических щитов опалубки). В возрастающем объеме применяется и обделка из набрызг-бетона, возводимая методом безопалубочного бетонирования, что позволяет получать тонкостенную высокопрочную крепь-оболочку.

Накоплен большой опыт отечественного шахтостроения: в 1954—1970 гг. широко применялись железобетонные тубинги для крепления вертикальных стволов. Их закреплено более 100 км, диаметром от 5,5 до 8 м.

Начиная с 1970 г., шахтостроители отказались от железобетонных тубингов и перешли к креплению стволов монолитным бетоном в подвижных металлических опалубках с подачей быстротвердеющих смесей по трубам с поверхности за опалубку. Принятая технология позволила осуществлять перемещение опалубки в раннем возрасте твердения бетона. Нормативы СНиП допускают ее снятие при наборе прочности бетона 8 кгс/см² при условии ведения взрывных работ и отставания свежееуложенного бетона от забоя на расстояние не более 1 м.

На рисунке приводятся данные технико-экономической эффективности монолитной крепи по сравнению со сборной железобетонной. Внедрение новой технологии явилось одним из главных факторов, обеспечивших технический прогресс в сооружении шахтных стволов, — в 4 раза повысилась производительность труда проходчиков и в 2 раза снизились капитальные затраты.

Если иметь в виду метростроение, то ценность опыта состоит в том, что эффективность перехода от сборных железобетонных конструкций к моно-

литному бетону доказана в масштабе целой отрасли.

Обделки из прессованного бетона, начало внедрения которых обещало успех, в дальнейшем показали, что тоннельные конструкции из монолитного бетона являются наиболее прогрессивным решением. Однако применение пресс-бетона связано с использованием сложного и дорогостоящего оборудования, что не всегда экономически оправдано, да и сама технология еще не доведена до нужного уровня.

В отечественной и зарубежной практике строительства гидротехнических и транспортных тоннелей в устойчивых породах назначаются, как правило, обделки из монолитного бетона. Здесь так же, как и при сооружении шахтных стволов, технология перемещения опалубки и подачи бетонной смеси достаточно хорошо механизирована.

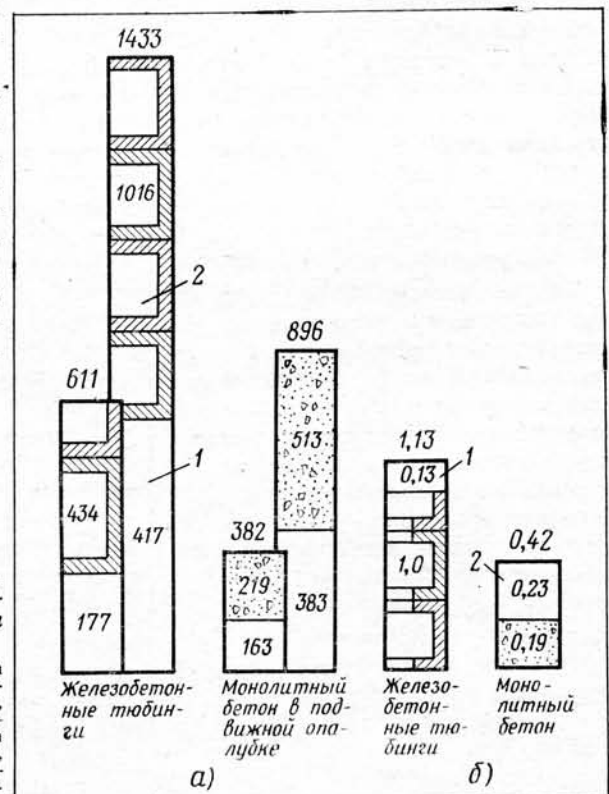
Монолитные бетонные конструкции в гидротехническом тоннелестроении, согласно требованиям СНиП, должны обеспечивать водонепроницаемость при гидростатических напорах от 6 до 9 атм, что намного больше гидростатического напора в тоннелях метрополитена.

Изменение стоимости и трудоемкости сооружения шахтного ствола в зависимости от типа крепи:

а — стоимость 1 пог. м ствола диаметром в свету 6,5 м в рублях (слева — прямые затраты, справа — с начислениями); б — удельные затраты труда на крепление 1 м³ ствола в свету, чел.-час. 1 — затраты на разработку породы, 2 — на возведение крепи.

Когда наблюдается приток воды в забой ствола более 8 м³/час, должны использоваться специальные способы по предварительному подавлению водопритоков из водоносных горизонтов. Выполнение этого требования СНиП обеспечивает получение крепи нужного качества из монолитного бетона. Таким образом, в гидротехническом тоннелестроении и в шахтном строительстве осуществляются необходимые технические мероприятия, обеспечивающие требуемое качество обделки.

В первую очередь следует возводить монолитную бетонную обделку при сооружении перегонных тоннелей, где создается большой фронт работ для поточной технологии. В данном случае применяются инвентарные переставные или передвижные



металлические опалубки с полной механизацией их монтажа, демонтажа и перемещения. Для подачи смеси за опалубку есть различные типы бетоноподающего оборудования, полностью механизующего эти процессы. В условиях метростроения опалубка устанавливается непосредственно в забое и бетонируется каждая заходка подвигания забоя. Такая технология разработана институтом КузНИИ-шахтострой и успешно применяется шахтостроителями Кузбасса. Используется также передвижная забойная опалубка оригинальной конструкции, позволяющая укладывать бетон непосредственно в каждом цикле подвигания забоя и вести взрывные работы сразу же после его укладки.

Опыт применения растворов бентонитовых глин для гидроизоляции подземных сооружений показывает, что водонепроницаемый экран между горными породами и обделкой обеспечивает необходимую защиту конструкции от отрицательного действия подземных вод. Могут быть и другие технические решения. Например, многослойные обделки из набрызг-бетона с гидроизоляционными покрытиями. В практике подземного строительства и горной промышленности широкое применение получила анкерная крепь в сочетании с набрызг-бетоном и различными армирующими конструкциями, металлической сеткой, швеллерными кольцами, механическим профилем и т. д.

Особенно эффективна монолитная обделка в сочетании с комбайновым способом разработки тоннельного забоя. В настоящее время имеются конструкции проходческих комбайнов со стреловидным рабочим органом, способным разрушать горные породы крепостью до $f=6$ по шкале проф. М. М. Протодяконова.

Комбайн типа 4ПП-2 и передвижная опалубка и оборудование для подачи бетонной смеси могут составить проходческий комплекс, обеспечивающий механизацию основных горностроительных работ при сооружении перегонных тоннелей. По сравнению с буровзрывным способом такой комбайн при проведении выработок на угольных шахтах дает экономический эффект около 100 тыс. руб. в год.

Думается, назрела необходимость вернуться к проверенному многолетней практикой креплению тоннелей монолитным бетоном, но на основе современной индустриальной технологии, что позволит получить большой экономический эффект. □

ОПТИМАЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Дисперсно-армированный бетон, уплотняемый прессованием

К. ТРОИЦКИЙ, канд. техн. наук; И. МАЧАВАРИАНИ, инженер

Сооружение тоннелей с обделкой из монолитно-прессованного бетона осуществляется специальными технологическими комплексами оборудования, предназначенными для конкретных инженерно-геологических условий. Поперечное сечение обделки строго регламентировано. Поэтому увеличение сечения или применение другого типа конструкции в процессе строительства представляет значительные трудности и, как правило, становится невозможным без полной реконструкции технологического оборудования. Следует также иметь в виду, что на трассе может встретиться участок с повышенным горным давлением, где несущая способность бетонной обделки окажется недостаточной.

В этой связи возникает необходимость повышения предела прочности бетона на растяжение. Известно, что первые трещины в монолитной обделке появляются в растянутой зоне под воздействием изгибающего момента. Отечественными и зарубежными исследователями установлено: предел прочности бетона на растяжение значительно возрастает, если в процессе затворения в смесь ввести сталеволокно. При этом повышается трещиностойкость и ударная вязкость бетона, появляется возможность создания более эффективных тонкостенных конструкций. Однако данная информация относится только к дисперсно-армированным бетонам, уплотненным вибрированием.

Лабораторной надежности и долговечности тоннельных сооружений метрополитенов ЦНИИСа совместно с тоннельным отрядом № 5 Тбилтоннельстроя проведены исследования влияния дисперсного армирования стальным волокном на прочностные

характеристики бетона, уплотненного прессованием.

Предел прочности на растяжение $R_{р11}$ оценивался по результатам испытания призм размером $10 \times 10 \times 40$ см на изгиб, а сопротивление осевому сжатию R — образцов-кубов $10 \times 10 \times 10$ см с учетом переводного коэффициента $\alpha=0,91$ к прочности стандартного образца $15 \times 15 \times 15$ см. Эталоном служили образцы без дисперсного армирования.

При изготовлении первой серии образцов бетонная смесь укладывалась в глухую форму прессующего стенда, уплотнялась в течение 15 минут давлением 15 кгс/см^2 и выдерживалась в форме до 3 часов. Затем образцы выталкивались из формы на поддон и до испытания хранились 28 суток в нормальных условиях. Однако в образцах, вытолкнутых из формы, произошли нарушения: отдельные стальные волокна, расположенные вблизи поверхности, распрямились, в результате чего некоторые его участки напоминали металлическую «щетку».

Стало очевидным, что при уплотнении смеси прессованием определенная часть стальных волокон, особенно расположенных по направлению прессования, изгибается и оказывается в напряженном состоянии. Это обстоятельство может оказать определенное влияние как на физико-механические свойства прессованного бетона, так и на технологию возведения тоннельной обделки.

Начальное водоцементное отношение при затворении бетонной смеси принималось 0,55—0,60, конечное — после прессования — составляло 0,41—0,46. Испытания образцов в возрасте 28 суток (табл. 1) показали, что при дисперсном армировании увеличивается предел прочности как на растяжение при изгибе, так и на сжа-

тие. Сокращение доли крупного заполнителя повышает предел прочности на растяжение дисперсно-армированных образцов.

При полном отсутствии крупного заполнителя временное сопротивление растяжению при изгибе достигает максимальной величины, а предел прочности на сжатие сокращается по сравнению с эталонным составом до 3%.

Таблица 1

Состав бетона Ц : П : Ш	% армирования по объему	Временное сопротивление в кгс/см ²	
		R _{ПН}	\bar{R}
1:2,4:1,4		19	268
1:2,4:1,4	2	21	318
1:1,93:0,64	2	27	312
1:2,57:0	2	30	259

Оптимальные данные получены при испытаниях образцов бетона состава 1 : 1, 93 : 0,64. Этот состав принят для дальнейших исследований.

По результатам испытаний образцов первой серии для дальнейшего исследования в методику внесли следующие коррективы:

с целью приближения лабораторных испытаний к производственным условиям принята за основу бетонная смесь уплотнялась прессованием в разборной форме;

спустя 24 часа после прессования осуществлялось распалубивание, и высвобожденный образец до испытания хранился в нормальных условиях.

Образцы испытывались на сжатие и растяжение при изгибе в возрасте 7, 14 и 28 суток, которые разделили на четыре партии:

«А» — бетон без дисперсного армирования, уплотненный вибрированием;

«Б» — уплотненный прессованием при давлениях 5, 15, 20, 25 и 50 кгс/см²;

«В» — с 2%-дисперсным армированием по объему, содержащий необожженное сталеволокно диаметром 0,35 мм, средней длиной 37 мм, уплотненный прессованием 5, 15, 20, 25 и 50 кгс/см²;

«Г» — с 2% - дисперсным армированием из обожженного сталеволокна диаметром 0,62—0,66 мм средней длиной 63 мм. Давление прессования — 5, 15, 20, 25 и 50 кгс/см²,

Продолжительность выдержки каждого образца составляла 15 мин. Всего испытано 192 куба и 156 призм. Результаты показали, что величина давления уплотнения от 5 до 50 кгс/см² не оказывает существенного влияния на физико-механические свойства прессованного бетона, в том числе и дисперсно-армированного. Коэффициент вариации для различных образцов колеблется от 2 до 26% (табл. 2). Армирование бетона сталеволокном не увеличивает коэффициента.

Таблица 2

Образцы партии	Предел прочности на сжатие, кгс/см ²		Предел прочности на растяжение, при изгибе, кгс/см ²	
	Среднее значение \bar{R} , кгс/см ²	Коэффициент вариации V, %	Среднее значение \bar{R} , кгс/см ²	Коэффициент вариации V, %
А*	187	6	37	3
Б*	340	26	58	7
В*	522	11	123	4
Г*	557	2	145	9

На рис. 1 и 2 приведены зависимости изменения прочности прессованного бетона во времени, построенные по средним результатам испытания образцов, уплотненных давлением от 5 до 50 кгс/см².

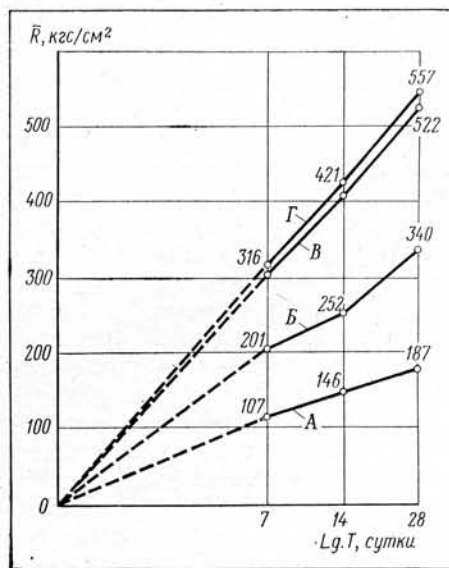


Рис. 1.

Исследования показали, что коррозионная стойкость конструкций, армированных металлическим волокном, весьма высокая*. Для обеспечения

* Г. Писанко и др. О коррозионной стойкости дисперсно-армированного бетона. «Транспортное строительство», № 6, 1977.

нормальной работы монолитной отделки из дисперсно-армированного металлическими волокнами бетона в условиях коррозионной среды можно рекомендовать покрытие из торкрет-или набрызг-бетона.

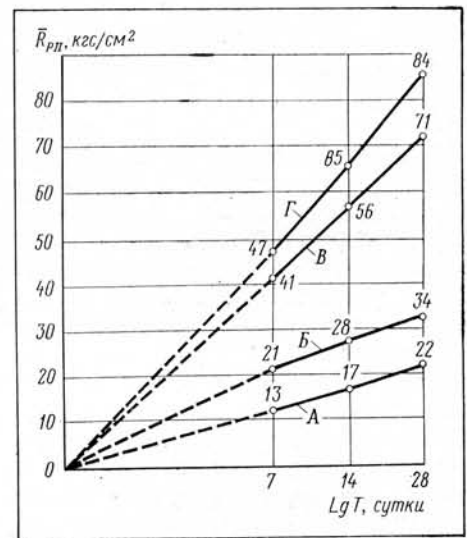


Рис. 2.

Выводы: дисперсное армирование из сталеволокна в количестве 2% по объему для уплотненного прессования бетона обеспечивает увеличение нормативного сопротивления на осевое сжатие по сравнению с обычным от 1,7 до 2, а на осевое растяжение от 4,5 до 5 раз;

подтверждена возможность существенного повышения несущей способности монолитно-прессованной отделки, что в значительной степени позволяет расширить ее применение (даже некоторое усложнение технологии в приготовлении бетонной смеси окажется экономичнее перехода на принципиально новые методы возведения отделки);

максимальная прочность достигается использованием обожженного сталеволокна как более эластичного материала с меньшим нарушением структуры бетона после снятия давления прессования;

величина давления прессования от 5 до 50 кгс/см² не оказывает существенного влияния на прочностные характеристики дисперсно-армированного бетона. □

Пути улучшения токосъема

Ш. АЛИЕВ, И. БЕЛЯЕВ, кандидаты техн. наук;
С. КАДЫШЕВ, инженер

Эксплуатационные наблюдения и специальные исследования, проведенные в московских электродепо «Сокол», «Ждановское» и «Северное», показали, что потери контакта между токоприемниками вагонов метрополитена и контактным рельсом особенно заметны при скорости движения свыше 70 км/ч. При проходе токоразделов из-за процессов, возникающих вследствие неудовлетворительного контакта, напряжение на двигателях иногда возрастает в несколько раз, а броски тока приводят к нарушению коммутации. Иногда переходные процессы сопровождаются перебросами с высокой стороны на низкую или лавинным перегоранием ламп освещения. На новых вагонах отмечены случаи, когда нарушения токосъема приводили к срывам работы тиристорных регуляторов и статических преобразователей. Износ контактной части токоприемника значителен.

Это свидетельствует о том, что обеспечение нормальной работы метрополитена, особенно в условиях увеличения скоростей движения и внедрения вагонов с тиристорно-импульсным регулированием скорости, требует улучшения качества токосъема, т. е. повышения стабильности контакта между токоприемником и рельсом.

Конструкции устройств, обеспечивающие питание движущегося электроподвижного состава, разработанные еще на 1-й очереди Московского метрополитена, практически не претерпели никаких изменений, хотя и имеют ряд серьезных недостатков. Так, рельсовый токоприемник ТР-ЗА имеет значительную приведенную массу. Вследствие этого из-за любой неровности контактного рельса (в местах с неравномерным износом его или на токоразделах) возникают большие инерционные силы, вызывающие отрывы токоприемника от рельса. Кроме того, статическая характеристика токоприемника неудовлетворительна, поскольку в рабочем диапазоне высоты рельса нажатие существенно изме-

няется — до 4,5 кгс (в эксплуатационных условиях). Поверхность (плоскость) башмака не «плавающая», поэтому не может постоянно располагаться параллельно рабочей плоскости рельса, т. е. площадь контакта не всегда одинакова.

Недостатком токоприемника ТР-ЗА является также неразъемность башмака. Это затрудняет замену изношенной контактной части и применение в ней материалов, отличных от материала остальной части башмака. Большие неудобства в эксплуатации вызывает отсутствие возможности дистанционного отключения и включения токоприемника: в каждом случае для отвода башмака от контактного рельса требуется предварительное снятие напряжения с последнего.

Контактный рельс тяжелый, поэтому поддерживающие его кронштейны приходится располагать довольно часто. Их крепление к шпалам затрудняет капитальный ремонт пути.

С целью определения наиболее слабых мест устройств токосъема ЦНИИ МПС совместно с Азербайджанским политехническим институтом провел анализ их работы на метрополитенах Москвы и Баку. Результаты показали, что в отдельных депо восстановительный ремонт ежегодно проходит до трети всех токоприемников, находящихся в эксплуатации. Основные причины ремонта — предельный износ контактной части башмака, выработка втулок в держателе и ослабление их посадки, трещины в башмаке и кронштейнах, их износ, выработка накладок бруса и ослабление пружин.

Исследование износа башмаков токоприемников проведено на Бакинском метрополитене. Основная цель, которая при этом ставилась, — определение влияния величины статического нажатия токоприемника на удельную потерю стали контактного элемента башмака. Выяснилось, что удельная потеря стали значительна (в среднем 0,05 кг на 1000 км пробега вагона) и зависит от среднего статического нажатия (рис. 1). При увели-

чении последнего с 16 до 20 кгс (допустимый диапазон нажатия для токоприемника ТР-ЗА) удельная потеря стали возрастает в 1,3 раза.

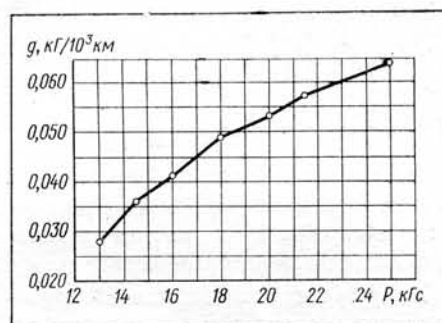


Рис. 1. Зависимость удельной потери стали контактного элемента башмака токоприемника типа ТР-ЗА от среднего статического нажатия (по замерам на Бакинском метрополитене)

Полученные данные позволяют заключить, что даже небольшое снижение нажатия может явиться эффективным средством уменьшения износа контактного элемента башмака. А это способствует не только экономии металла, но и снижению трудовых затрат на срезку изношенной контактной части башмака.

На многих типах зарубежных вагонов токоприемники могут управляться дистанционно из кабины машиниста. В некоторых новых конструкциях подвижная часть (башмак) выполнена из изоляционного материала, что позволяет обходиться без тяжелого деревянного бруса, соединяющего буксы соседних колесных пар. Есть токоприемники, в которых вместо пружин применены резиновые элементы (рис. 2), работающие на кручение. Этим достигаются хорошая статическая характеристика и некоторое демпфирование. Для удобства замены башмака его иногда делают разъемным.

Наряду с монометаллическими рельсами во многих случаях на зарубежных метрополитенах применяют

рельсы из двух металлов: контактная часть, с целью обеспечения малого износа, стальная (в виде тавра, двутавра или применен типовой ходовой

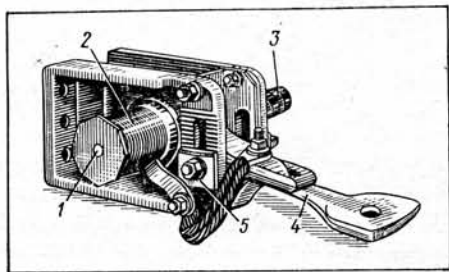


Рис. 2. Рельсовый токосъемник фирмы Огайо-Брасс (США):

1 — индикатор перегорания предохранителя; 2 — держатель предохранителя; 3 — вывод силового кабеля; 4 — разъемное соединение для снятия башмака в аварийных случаях; 5 — торсионный элемент и устройство регулирования высоты.

рельс), а неконтактная, предназначенная для улучшения проводимости, — алюминиевая (рис. 3). Опорные кронштейны при щебеночном основании крепятся шурупами к деревянным шпалам, а при бетонном — к балкам, залитым в бетоне. В последнее время на некоторых метрополитенах стали применять кронштейны из полимерных материалов, которые выполняют роль как несущих конструкций, так и изоляторов. Преимуществом таких кронштейнов, изготавливаемых в пресс-формах, является высокая точность соблюдения заданных размеров и простота узла соединения с контактным рельсом. Защитные кожухи на рельсах также выполняются из полимерных материалов.

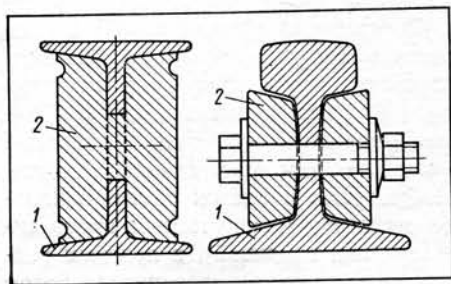


Рис. 3. Контактные рельсы, запатентованные США:

1 — стальная часть; 2 — алюминиевая часть.

При создании нового электроподвижного состава большое внимание уделяется взаимному расположению рельсовых токоприемников. На мет-

рополитене Сан-Паулу, например, каждая моторвагонная секция снабжена токоприемником, размещенным сбоку последней тележки. Наличие трех токоприемников на поезд обеспечивает непрерывность его электроснабжения при проходе стрелок и мест секционирования контактного рельса. На Мюнхенских моторвагонных секциях концевые токоприемники соединены между собой кабелем, что обеспечивает непрерывность токосъема при проходе разрывов контактного рельса длиной до 30 м.

Анализ состояния токосъема на метрополитенах Москвы и Баку и опыт эксплуатации зарубежных метрополитенов позволяют заключить, что основным путем повышения качества токосъема является совершенствование конструкции рельсового токоприемника и прежде всего уменьшение его приведенной массы. Этого можно добиться, введя упругую связь между башмаком и выполненным в виде отдельной детали контактным элементом. В качестве упругой связи целесообразно применить спиральные пружины, работающие на сжатие. При этом рабочая поверхность контактного элемента токоприемника, установленного на вагоны, должна свободно перемещаться относительно двух горизонтальных осей — параллельной и перпендикулярной пути. Контактный элемент в процессе движения вагона всегда будет соприкасаться с рельсом всей рабочей поверхностью. Крепится он на башмаке болтами (без применения сварки) для удобства замены.

Токоприемник должен иметь пологую статическую характеристику (что может быть обеспечено, в частности, применением мягких рабочих пружин с большим предварительным натягом) и малое трение в шарнирах с тем, чтобы диапазон нажатия изменялся не более чем на 2 кгс при наибольшем варьировании высоты башмака. Среднее значение статического нажатия должно быть оптимальным, обеспечивающим минимальный износ контактного элемента.

С целью повышения надежности электроснабжения поезда, т. е. быстрого отключения вагона, у которого произошло короткое замыкание в незащищенной части силовой схемы, токоприемник необходимо оборудовать пневматическим или электрическим дистанционным приводом.

Улучшению качества токосъема в моменты прохождения электроподвижным составом мест секционирова-

ния контактного рельса может способствовать наибольшее удаление одного токоприемника вагона от другого. Для этого токоприемники следует устанавливать не на изолирующих брусках, а непосредственно на буксах крайних колесных пар вагона. Это потребует выполнения башмака или кронштейнов из полимерных материалов, обладающих высокими изоляционными и механическими свойствами.

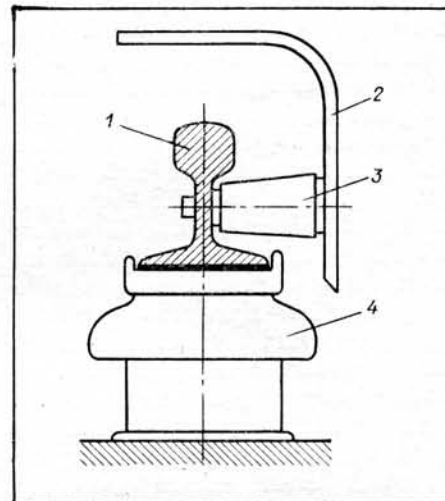


Рис. 4. Опорный узел контактного рельса Будапештского метрополитена:

1 — стальной контактный рельс; 2 — полимерный защитный кожух; 3 — изолятор кожуха; 4 — опорный изолятор

Стабильность контакта при жесткой шине (контактном рельсе) в значительной мере зависит от стрел ее провеса, а последние, в свою очередь — от момента сопротивления сечения шины, погонного веса и расстояния между точками крепления (кронштейнами). Поэтому важной задачей является также создание легкого и жесткого контактного рельса, обладающего хорошей проводимостью. Здесь рационально применение биметаллического (сталеалюминиевого) контактного рельса со значительной высотой поперечного сечения.

С решением вопроса обеспечения надежного и экономичного токосъема неразрывно связана разработка такого способа крепления контактного рельса, при котором создавались бы минимальные помехи для капитального ремонта пути. Целесообразно устранение механической связи между кронштейнами контактного рельса и шпалами путевой решетки. Легче всего это обеспечить при применении системы съема тока с верхней поверхности рельса (рис. 4).

Линейные двигатели постоянного тока

А. ФРЕНКЕЛЬ, канд. техн. наук

Линейные тяговые двигатели имеют ряд преимуществ по сравнению с обычными электродвигателями. При этом движение поездов осуществляется не за счет трения между ободами колесной пары и рельсами, а непосредственно в результате перемещения электромагнитными силами подвижного первичного или вторичного элемента. Отсюда — малый износ колес и направляющего пути, независимость тягового усилия от сил сцепления, а следовательно, способность подвижного состава с линейными двигателями преодолевать практически любые уклоны; коэффициент полезного действия электропривода с линейным двигателем равен коэффициенту полезного действия самого двигателя, благодаря отсутствию механических передач; исключение вращающегося ротора устраняет проблемы, связанные с возникновением центробежной силы и позволяет выполнить компактными быстроходные двигатели; высокое качество изоляции и уплотнения позволяет устанавливать статор двигателя в условиях повышенной влажности и загрязнения, облегчен тепловой режим линейных двигателей.

Вместе с тем линейные двигатели имеют и недостатки. Так, наличие разомкнутой магнитной системы и большого воздушного зазора приводит к снижению КПД, коэффициента мощности и увеличению удельной массы двигателя. Серьезной проблемой является поддержание постоянной величины воздушного зазора между первичным и вторичным элементами. Сложно обеспечивать движение подвижного

состава с линейными тяговыми двигателями на стрелках и криволинейных участках.

Учитывая указанные достоинства и недостатки линейных двигателей, проводятся дальнейшие исследования, связанные с их усовершенствованием и практическим использованием на транспорте.

Возрос интерес ученых и проектировщиков к линейным двигателям постоянного тока (ЛДПТ), которые применяют в тех случаях, когда необходимо производить перемещение с определенным законом изменения скорости, а также при относительно низких скоростях с высокой точностью остановки в заданном месте.

Основные достоинства ЛДПТ — простота конструкции и возможность с помощью доступных средств регулировать скорость движения. Подобно вращающимся ЛДПТ могут выполняться с независимым, последовательным, параллельным или смешанным возбуждением. В зависимости от этого меняются их свойства. ЛДПТ могут быть бесщеточными, с развернутым коллектором и скользящим контактом, с подвижными постоянными магнитами или электромагнитами.

Наиболее перспективны, с точки зрения применения на метрополитене, двигатели с бесконтактной связью первичной и вторичной частей и полупроводниковой коммутацией. Несколько модификаций такого двигателя разработано в МИИТе.

Силовая часть конструкции располагается на подвижном составе, а магнитопроводящие безобмоточные эле-

менты — на пути. Двигатель имеет одну двухфункциональную обмотку, являющуюся одновременно и якорной обмоткой, и обмоткой возбуждения. Развернутый ротор 2 (рис. 1) выполнен в виде фигурного безобмоточного ферромагнитного бруса с выступами и впадинами. Он расположен вдоль направления движения (между рельсами). В том же направлении на поезде находится развернутый статор 1 с распределенной обмоткой 3. Длина выступа ротора равна длине впадины (в направлении движения). В пазы статора уложены попарно-последовательно соединенные секции обмотки. Над выступом и над впадиной размещается одинаковое количество пазов и зубцов статора. Начала секций обмотки подключены к полупроводниковому коммутатору, а концы присоединены к общей шине 4. Обычно, источники возбуждения и питания якоря разные, но их минусы объединены в общую шину. Секции обмотки поочередно подключаются к цепи возбуждения и цепи питания якоря синхронизированно с положением обмотки относительно полюсов (выступов) ротора. Синхронизация переключения секций осуществляется при помощи синхронной связи — датчиков положения и системы управления — точно учитывающей взаимное расположение статора и ротора.

Схема управления машиной осуществляет переключение секций таким образом, чтобы полярность полюсов ротора всегда оставалась одной и той же. Например, при подаче напряжения «х» (см. рис. 1) от источника возбуждения в секции обмотки, находящиеся над межполюсным пространством (над впадиной), в полюсах развернутого ротора возникает поток возбуждения. Его направление определяется ориентацией тока в секции и положением ее относительно полюсов. В зависимости от этого при подаче напряжения «+» от источника питания якоря (не обязательно той же амплитуды, что и «х» возбуждения) в секции, находящиеся над полюсами, создается тяговое усилие. Оно приводит в движение статор с тележкой

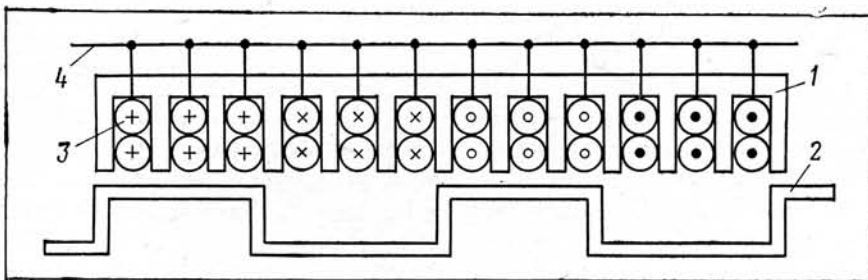


Рис. 1. Схематичный продольный разрез линейного двигателя постоянного тока с двухфункциональной обмоткой.

относительно неподвижных полюсов ротора. Дальнейшее движение будет определяться программой подачи напряжения в те или иные секции обмотки 3. При отработке заданных конечных перемещений или программы последовательных изменений скорости и направления движения будет меняться как порядок подачи напряжения в секции, так и его амплитуда, заданным, в большинстве случаев, неодинаковым образом для цепей возбуждения и якоря.

При управлении возможны обычно применяемые режимы: так, торможение может быть как динамическим при соединении с секциями отключаемых от источников тока сопротивлений, так и осуществляться противотоком — подача системы напряжений в секции, в которых создается обратное по отношению к имеющему место направление тягового усилия.

Система управления двигателем должна подавать в определенных фазовых состояниях пусковые сигналы для отпирания одних тиристоров и обеспечивать подачей обратного напряжения запирающие других, подлежащих в данный момент выключению.

Система синхронизации «определяет» в соответствии с сигналами датчиков, какие тиристоры должны быть включены в тот или иной момент.

Расстояние между границами, в которых происходит коммутация, назовем коммутационной зоной. Система синхронизации осуществляет переключения в соответствующих цепях в пределах границ этой зоны для обеспечения заданного значения коэффициента использования обмотки и величины тягового усилия. Ширина коммутационной зоны зависит от конструктивных параметров линейного двигателя. Из-за ограниченных частотных свойств силовых приборов-тиристоров она оказывает влияние на скорость движения.

Рассмотрение алгоритмов работы линейного двигателя показывает, что

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \varphi_1 \cong V_1 \\ \varphi_2 \cong V_2 \end{array} \right\} \times \{V_1 > V_2\} \rightarrow \{d\varphi_1 > d\varphi_2\};$$

иначе — приращение фазы $d\varphi$ всегда больше приращения времени ее изменения dt .

Отсюда видно, что необходимо наличие непрерывной информации о фазовом состоянии. Так как вероятность перехода из одной фазы в другую относительно временного интервала есть стохастическая функция, то работа системы синхронизации (в идеальном

случае) должна быть инвариантна относительно приращений времени для обеспечения

$$\frac{d\varphi}{dt} \Big|_{V_K > v > 0} = K_V = f(V).$$

Здесь V_K — конечная скорость, определяемая в зависимости от $F_{T \max}$, метеословий, уклона и т. д.

стоянным для каждой модификации линейного двигателя. (Для одного из разработанных вариантов $b_{ЛД} = 3,33$ град).

Минимально необходимое время коммутации определяется частотными свойствами тиристоров и временем, предоставляемым схемой для восстановления их запирающих свойств. В

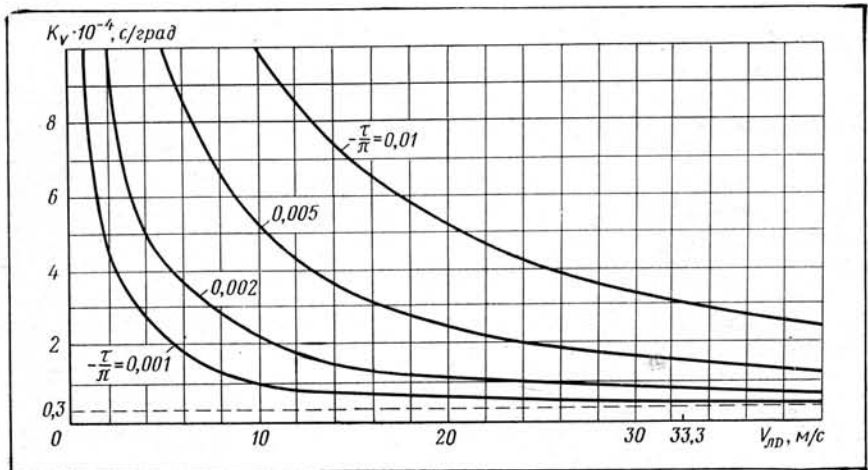


Рис. 2. Скоростные характеристики ЛДПТ для четырех конструктивных модификаций.

Для каждой V от $V > 0$ до $V \leq V_K$ можно определить значение K_V , который является масштабным коэффициентом $K_V = \frac{m_t}{m_\varphi} = \frac{\tau}{\pi V_{ЛД}}$. Его физический смысл в том, что он определяет время, за которое линейный двигатель проходит один электрический градус пути.

На рис. 2 показаны гиперболические зависимости $K_V = \frac{\tau}{\pi} \cdot \frac{1}{V_{ЛД}}$ для четырех значений $\frac{\tau}{\pi}$.

Методами математического моделирования и анализа можно показать, что ширина коммутационной зоны

$$t_K \cong \frac{4t_z}{N}$$

где t_z и N — конструктивные параметры:

$$\begin{array}{l} t_z \text{ — ширина зубца статора,} \\ N \text{ — число фаз.} \end{array}$$

Тогда время, за которое должна произойти коммутация, можно определить

$$t_K = \frac{4t_z}{NV_{ЛД}} = \frac{4t_z \pi}{N \tau} \cdot K_V.$$

Выражение $\frac{4t_z \pi}{N \tau} = b_{ЛД}$ является по-

первом приближении граничная частота работы тиристоров в силовых схемах $b_{тр} \leq 10$ кГц или $t_{K \min} \leq 100$ мкс. Тогда

$$K_{V \min} = \frac{t_{K \min}}{b_{ЛД}} = \frac{10^{-4}}{b_{ЛД}} \text{ с/град.}$$

(Для указанного варианта $K_{V \min} = \frac{10^{-4}}{3,33} = 3 \cdot 10^{-5}$ с/град, что соответствует, как видно из рис. 2, предельной скорости линейного двигателя $V_{ЛД \text{ пред.}} = 120$ км/ч).

Анализ выведенных формул, а также кривых рис. 2 показывает, что для повышения скорости линейного двигателя необходимо за счет изменения конструктивных параметров, входящих в значение коэффициента $b_{ЛД}$, уменьшать величину $K_{V \min}$. При этом следует учитывать и изменение крутизны кривых $K_V = b(V_{ЛД})$. Подтверждена целесообразность использования указанного линейного двигателя постоянного тока на метрополитене, так как этим достигается возможность реализации необходимых скоростей. □

Современный опыт продавливания тоннелей

П. ВАСЮКОВ, инженер;

Е. ДЕМЕШКО, Э. МАЛОЯН, кандидаты техн. наук

В связи с развитием метрополитенов и других городских подземных сооружений метод продавливания тоннелей приобретает все большее значение.

В отечественной практике строительства есть ряд сложных переходов, транспортных и коллекторных тоннелей, сооруженных методом продавливания.

При строительстве Серпуховского радиуса Московского метрополитена предполагается осуществить продавливание примерно 500 м тоннеля, длина отдельных участков составит до 100 м.

В последнее время объемы возведения подземных сооружений методом продавливания существенно возросли, что сопровождается совершенствованием технологии строительства и применяемого оборудования. Наиболее крупные объекты, сооруженные методом продавливания в СССР и за рубежом, приведены в таблицах. Их анализ показывает следующее.

Для увеличения длины продавливания необходимы:

снижение сопротивления от трения грунта по наружной поверхности обделки тоннеля, что достигается некоторым увеличением диаметра ножевой секции (на 20—30 мм) по отношению к диаметру обделки; нагнетанием тиксотропного раствора (преимущественно на основе бентонитовых глин) в строительный зазор и применением антифрикционных смазок и покрытий;

устранение лобового сопротивления продавливанию. Основное средство — использование ножевой секции, оснащенной гидродомкратами для автономного ее передвижения или проходческого щита обычного и механизированного;

применение промежуточных домкратных установок, которые вводятся по мере того, как усилие продавливания повышается до величины, равной примерно 90% грузоподъемности основной установки.

Для повышения точности продавливания, которая также играет роль ограничивающего фактора при проходке на большие расстояния, применяют:

ножевые секции с домкратами или проходческие щиты как наиболее эффективные средства управления;

бы поочередно продвигать обделку небольшими по длине участками;

применение проходческого щита в головной части продавливаемого тоннеля.

Для возведения тоннелей большого сечения в сложных инженерно-геологических условиях используется ме-

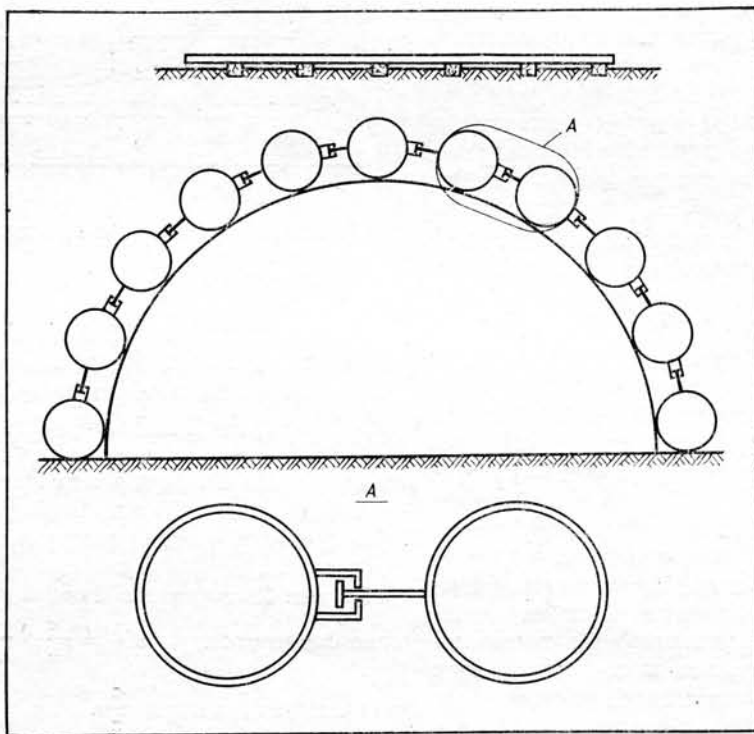


Рис. 1

корректирующие устройства в виде элеронов или отклоняющихся открылков;

лазерные геодезические приборы; прокладку пилот-тоннеля или штольни.

Для возможности продавливания на кривой основными мероприятиями явились:

устройство направляющих лотков в предварительно пройденных штольнях;

использование передвижных промежуточных домкратных установок, что-

тод экранирования, предусматривающий создание над тоннелем сводчатого или плоского экрана из системы продавленных стальных труб диаметром от 20 до 250 см, заполняемых бетоном. Они могут иметь замки (рис. 1) или же задавливаться независимо друг от друга, а затем, по мере разработки грунта в пределах сечения основного сооружения, их соединяют между собой сваркой или омоноличивают стыки.

Метод продавливания на большие расстояния с обеспечением высокой

Отечественный опыт сооружения тоннелей методом продавливания

Наименование объекта	Форма, размеры, отделки	Геологические условия	Длина продавливания, м, темп	Конструкция ножевого звена	Максимальные усилия внедрения, т, количество домкратов	Специальные мероприятия	Примечания, характерные особенности
Сооружение пешеходного перехода под ж. д. путями у ст. "Беговая" в Москве	Чугунные тубинговые кольца Д=4,4 ж.б. секции 4,1×2,6 м	Песчаные грунты	1,1-1,25 пог. м/сутки	Ножевое кольцо с 2 горизонтальными площадками и 2 вертикальными перегородками	1000		Для предотвращения осадок под ж. д. путями установлен экран из метал. листа с приваренными семью двутавровыми балками № 20
Проходка тоннеля под ж. д. путями в Москве	Чугунные тубинговые кольца Д=5,5 м	Суглинистые грунты с включениями гальки и щебня	36 3,45 м/сутки		800	Нагнетание смеси солидола с веретенным маслом	Экономия средств в три раза по сравнению с обычным щитовым методом
Строительство перегонных тоннелей от ст. "Ботанический сад"	Чугунные тубинговые кольца Д=6 м	Глинистые грунты	30	Нож кольцевого очертания с вертикальными и горизонтальными перегородками и корректирующим устройством	3000		
Тоннель сооружался путем задавливания отдельных пустотелых элементов отделки. Стены тоннеля представляют собой металлические пустотелые коробки из ст. 3 шириной 60 см, высотой 28 м, l секции=5 м. После задавливания элемента из его полости извлекали грунт и заполняли бетоном М-300. Общая длина перехода 110 м, ширина 6 м. Экономия — 190 тыс. руб.							
Пешеходный переход от ст. метро "Варшавская" к ж. д. ст. "Коломенская" в Москве			60 1,8 м/сутки	Корпус в виде прямоугольной сварной облоймы 3,6×3 м с самостоятельной гидравлич. системой	500		Стоимость проходки пог. м. продавливанием в 1,5 раза меньше, чем при открытом способе
Пешеходный тоннель под главными ж. д. путями в Ленинграде							
Трубопровод у с. Али-Байрамлы АзССР	Ж.б. кольцо $\varnothing_n=2,16$ м $\varnothing_{ан}=1,8$ м	Супеси, глины	32 6 м/смену		680 4×170 т		
Самотечный воловод у ст. "Сумгаит"	Сводчатый сечением 3,0×1,8 м ж.б. секции l=2 м	Глины	72 20		900 4 домк.		
Трубопроводы у ст. "Насосная" Закавказской ж. д.	Сводчатый сечением 3×1,8 м	Плотная глина, суглинок	37 20		900 4 домкр.		
Тоннель у ст. "Насосная"	Ж.б. секции двухочковое сечение 5,3×2,8 м	Суглинок	40		900 4 домкр.		
Напорная линия Бакинского водопровода	Сводчатый сечением 3×1,8 м	Глина	40				
Прокладка 2-го Бакинского водопровода под путями Закавказской ж. д.	Сводчатый сечением 4,05×3,8 м	Крепкий сухой суглинок	20				
Три ж.б. трубопровода Бакинского водопровода	Ж.б. кольцо $\varnothing=2,42$ м l=1 м	Известняки песчаники суглики	20 16 35	Нож жестко связан с первым звеном		При проходке в скальных породах производили врубный взрыв	
Ж.б. труба под насыпью Московско-Донбасской ж. д.	Ж.б. кольцо $\varnothing_n=2,56$ м l=1 м вес=4,5 т	Суглинок	20	Диаметр ножа увеличен устройством стальной накладки сверху и с боков	380		Продавливание велось без соблюдения технических условий. В результате труба ушла вниз на 64 см и в сторону на 20 см При скорости вдавливания 3,6 см/мин усилие 780 т (43% от установленного) Применение упругих торцовых прокладок
Двухочковый дюкер на Самур-Дивичинском канале	Ж.б. секции 5,3×2,8 м l=2 м; вес=27 т	Суглинок	20	Нож на торце первого звена выполнен из железобетона	1800 6 домкр.		
Тоннель-водоброс под плотиной на Черной реке в Крыму	Ж.б. секции оваловидное сечение 6,7×6,6 м вес 45 т	Маргелистые сланцевые глины	50	Ножевая секция состоит из стального клиновидного кольцевого ножа с гидр. домкрат. по 170 т, размещенными в ст. раме	4420 26 домкр. по 170 т	Создан зазор сверху и с боков движущейся отделки в 20 мм. Раздельный способ проходки	
Тоннель под ж. д. у ст. Яшма	Ж.б. секции сводчатое сечение 4,7×4 м	Известняк мергель	20				

точности освоен при строительстве коллекторных тоннелей в Чикаго (США). Сооружения диаметром от 152 до 228 см залегают, в основном, в твердых глинах, плотных песках или илистых грунтах на глубине от 9 до 15 м. Уровень грунтовых вод находился на 1,5—2 м от поверхности. Котлован для продавливающей установки отрывали на месте будущего смотрового колодца. Расстояние между колодцами колебалось от 108 до

224 м. Среднее плечо продавливания составляло 100 м.

Типовая схема организации производства работ показана на рис. 2. Основными элементами технологического комплекса для продавливания являются проходческий щит, тоннельная цельносекционная обделка, домкратная установка. Механизированный проходческий щит имеет роторный режущий орган (с реверсом). Щитовые домкраты упираются башмаками

непосредственно в торец тоннельной обделки. На боковой поверхности корпуса щита с обеих сторон закреплены поворотные плиты (в виде дверей) с гидроцилиндрами для улучшения управления его движением. Разработанный грунт подается транспортером с лентой шириной 600 мм в вагонетки вместимостью 1,5 м³. Откатка производится аккумуляторным электровозом. На заходку в 0,91 м достаточно подавать два вагона.

Зарубежный опыт сооружения тоннелей методом продавливания

Наименование объекта	Размеры ж. б. секции или кольца	Геологические условия	Длина продавливания, м, темп.	Глубина заложения, м	Конструкция ножевого звена	Максимальное усилие внедрения, т количество домкратов	Специальные мероприятия	Примечания
Коллекторы в Швейцарии	$D = 2-4$ м		до 200 29,76 м за 253 ч		Ножевые секции полукруглого или треугольного сечения	До 1800		Контроль направления проходки лазерными приборами
Коллектор в Базеле	$D_{н} = 4,1$ м $\delta = 0,3$ м	Илистые грунты	240 2,5 м/смену	5 под дном р. Рейн	Щит для регулирования направления проходки	1200	Нагнетание бентонитовой суспензии в строительный зазор. Через 100 м дополнительная домкратная группа	В 9 м от забоя перегорodka для пропуска людей и грунта. Срок продавливания 100 раб. дн.
Выработки большого сечения в Цюрихе	$10,8 \times 11$ м $l = 6,25$ м Вес — 650 т.				Головная секция имеет стальной нож и разделена на 9 рабочих ячеек	3300	Нагнетание бентонитовой суспензии под давлением 3,1-5,1 атм.	Блоки изготавливаются непосредственно в котловане
Коллектор под р. Дунай в Линии в Австрии	$D_{н} = 3,0$ м $\delta = 0,3$ м $l_{к} = 3$ м	Водонепроницаемый плотный мергель	373			2200	Нагнетание бентонитовой суспензии в строительный зазор. 2 промежуточные домкратные группы	Контроль направления проходки лазерными приборами
Автомобильный тоннель в Англии	$9,75 \times 7$ м $l = 18$ м				Щит с 12 рабочими ячейками	2800		
Пешеходный подземный переход под автомагистралью в Эссексе	$D_{вн} = 2,6$ м $\delta = 0,15$ м $l_{к} = 152$ м		34 2,43 м/сутки		Щит с двумя вертикальными и двумя горизонтальными перегородками		Покрытие наружной поверхности колеи бентонитовой смазкой	Стыки колеи герметизированы посредством резиновых прокладок
Автомобильный тоннель под четырьмя ж. д. путями в Лондоне	$8,3 \times 3,7$ м $l = 18,7$ м; 20,8	Илистые грунты с включениями известняка и песчаника	40,5 (время продавливания 70 час)	0,91	Щит длиной 2,13 м	1200	Нагнетание глинистого раствора	Герметизация стыков резиновыми прокладками
Пешеходный тоннель в Лондоне	$3,75 \times 4,35$ м $l_{с} = 1,2$ м вес 20 т		60, установка одной секции за 12 часов			800 (4 домкрата)		Уплотнение стыков полосовой резиной
Пешеходный тоннель под ж. д. путями в Нанитоне	$2,25 \times 2,3$ м $l = 1$ м; вес 5,25 т				Щит с рассекающей площадкой для перегрузки грунта при разработке забоя $l_{щ} = 1,22$ м	600 (4 домкр.)	Покрытие наружной поверхности бентонитовой смазкой	В стыках типа зуб. лез. исключена концентрация напряжений. Изоляция наружных кромок стыков мастикой „Tokstic“
Водосбросный тоннель в под каналом в Лондоне-Илинг	$D = 1,8$ м	Лондонские глины	35	3,5	Ножевая секция	240	Две промежуточные домкратные секции	Точность ± 30 мм
Пешеходный тоннель под насыпью в ФРГ	$7,3 \times 5,88$ м $l = 29$ м вес = 1212 т		Длина секции 29	0,40				
Тоннельный переход ФРГ	$19 \times 4,7$; $\delta = 1,25$ вес = 5000 т		Длина секции 24 Время продавливания 17 дней	0,68 от головн. рельс. 8,7 под дном канала	К верхней плите и стенам крепились режущие элементы	7250 (10 домкр.)	Нагнетание бентонитовой суспензии. Грунт в забое разрабатывался двумя экскаваторами	Продавливается вся секция под углом 74° к оси пути
Коллектор под каналом Норд-Ост	$D = 3,1$ м $l = 1$ м	Песчано-илистые грунты	310			800 (8 домкр.)		Проходка под сжатим воздухом
Тоннель городской, ж. д. в Гамбурге	10×7 м $l_{с} = 5,7$ м вес = 400 т	Напластования мергеля, песков, ила, торфа, грунтовые воды	170 За 12 мес. установили 30 секций		ж. б. щит. Торец оснащен металлическими ножами и разделен на 5 ячеек	3000 (12 домкр.)	Промежуточная домкратная группа — 3800 т	Тоннель расположен на кривой $R = 300$ м. Форма элементов в плане трапециевидная
Тоннель для дренажной системы в Кельне	$D = 4,9$ м $l = 4$ м вес = 36 т				Щит с телескопическими манипуляторами для бурильных молотков	2880 (4 домкр. по 720 т)	1. Промежуточная домкратная группа 40×70 т 2. Нагнетание маловязкого состава	
Подземный переход в районе Гамбург-Харбург, ФРГ	$8,10 \times 3,60$ $l_{с} = 14,75$ м вес = 430 т	Суглинок, песок, мергель	14,75 0,49 м/час продавливание велось 30 час		Торец секции оснащен металлическими ножами	510		Продавливание велось без перерыва движения поездов
Подземный переход на пересечении автомагистралей с ж. д. в Аренсбурге	$16 \times 4,60$ $l_{с} = 12,7$ м вес = 1150 т		12,7 0,19 м/час			1010— —1280	Наружные поверхности стен и перекрытия, изолированные эпоксинодегтевой мастикой	Путевая решетка ложится на балочные пакеты временного моста
Тоннель под насыпью в Эссене	$11,75 \times 4,75$							

Наименование объекта	Размеры ж. б. секции или кольца	Геологические условия	Длина продавливания, м темп.	Глубина заложения, м	Конструкция ножевого звена	Максимальное усилие внедрения, т, количество домкратов	Специальные мероприятия	Примечания
Четырехполосный тоннель "Halensee"	Длина 46 м. Обделка из 7 ж. б. прямоугольных элементов размером 4×2,4 м, вдавливаемых в грунт и объединенных 8 поперечными предварит. напряженными ригелями. Работы велись под защитой экрана из труб и балок, образующих сплошное ограждение							
Тоннель городской ж. д. во Франкфурте-на-Майне		Гравелистые пески, глины	$l = 25$				Сооружался под защитой экрана из стальных труб $\varnothing = 2,5$ м и $\delta_{ст} = 3$ см, вдавливаемых в грунт	После задавливания труб из них извлекали грунт, устанавливали армокаркасы и заполняли бетоном
Тоннель в Гамбурге	На новой линии метро "Сити" сооружен тоннель длиной 40 м под жилым домом под защитой экрана из 14 стальных труб $D = 1750$ мм. Длина секций труб 6 м, $\delta_{ст} = 11-14$ мм. Расстояние между трубами 20 см. При разработке грунта между ними приваривали стальные листы.							
Коммуникационный тоннель в Ньюпорте, США	$D_{вн} = 1,85$ м	Глинистые грунты	615 16 м/смену		Ножевое кольцо с горизонтальными и вертикальными перегородками		Нагнетание глинистого раствора	Контроль направления проходки лазерными приборами
Тоннель под автомагистралью в Лос-Анджелесе	$D_{вн} = 3$ м $D_{н} = 3,55$ м l кольца = 3,6 м	Слабые глинистые грунты	72 3,6 м/смену	4,8	Ножевое устройство с домкратами	1000 (4 домкрата)	Нагнетание глинистой суспензии	Контроль за направлением лазерными приборами. Стоимость строительства 206 тыс. долл.
Тоннель в штате Индиана	$D_{вн} = 3,05$ м $\delta_{ст} = 0,216$ м $l_k = 2,44$ м	Крупнозернист. песчаные грунты	41,4	~7,2	Щит	1200 (8 домкратов)	Покрытие внешней поверхности звеньев антифрикционной смазкой. Нагнетание спец. состава	Устройство спец. нажимной конструкции из V-образных рам, открытых сверху
Тоннель в Норфолке	эллиптического сечения 5,2×2,44 вес = 16 т $l = 2,44$		30			200 (2 домкрата)	Нагнетание раствора	Грунт выбирался вручением на 15-30 см
Тоннель под путями ж. д. в Лос-Анджелесе "Union Pacific"	$D = 2,4$ м $l = 3,7$ м		24			800 (4 домкрата)		Устройство направляющих бетонных лотков для обеспечения требуемого направления продавливания
Водопроточный тоннель под ж. д. линией М-4 в США	2,4×1,2 м	песок, гравий	57	6,4	Стальная ножевая секция с вертикальной перегородкой	600 (12 домкратов)	Нагнетание бентонитового раствора. Две промежуточные домкратные установки.	Скорость продавливания 0,3 м/час. точность 5 см
Водопроточный тоннель под автодорогой в Пала Альто в США	$D = 2,5$ м	Водонасыщенные грунты	69,5	6,0	Ножевая секция	800 (4 домкрата)	Водопонижение. Нагнетание глинистого раствора	Погрузка грунта малогабаритной машиной
Коллекторные тоннели городской канализации в Чикаго	D 1,52-2,28 м $l = 1,82$ м	Иловатые глины, песок, илы	6,9 км плечо до 390 м до 39 м/сутки	9-15	Механизированные щиты	2-4 домкрата	Нагнетание бентонитового раствора через скважины с поверхности	Точность ±50 мм
Тоннель под теплоцентралью в Будапеште	1,60×2,20 $\delta_{ст} = 0,2$ м		33 3,9 м/сутки		Режущая часть 2226×1650 мм по подолу имеет вид козырька и снабжена ребрами жесткости	3 домкрата	Нагнетание смазочного материала	
Строительство подземного перехода в Японии	2,5×2,2 м $l = 0,5$ м		19,7					
Пешеходный тоннель под станц. путями Катовицкого вокзала в Польше	8,3×3,81 м		55,75			2 домкрата	Для снижения трения между конструкцией и породой закладывали соломенные маты	
Водопроточная труба под главными ж. д. путями в Дурбане, ЮАР	8,0×4,5 м 3 секции: 51 м, 52 м, 57 м		160	60 см				Первые две секции задавлены в насыпь навстречу друг другу, третью соорудили в открытом котловане

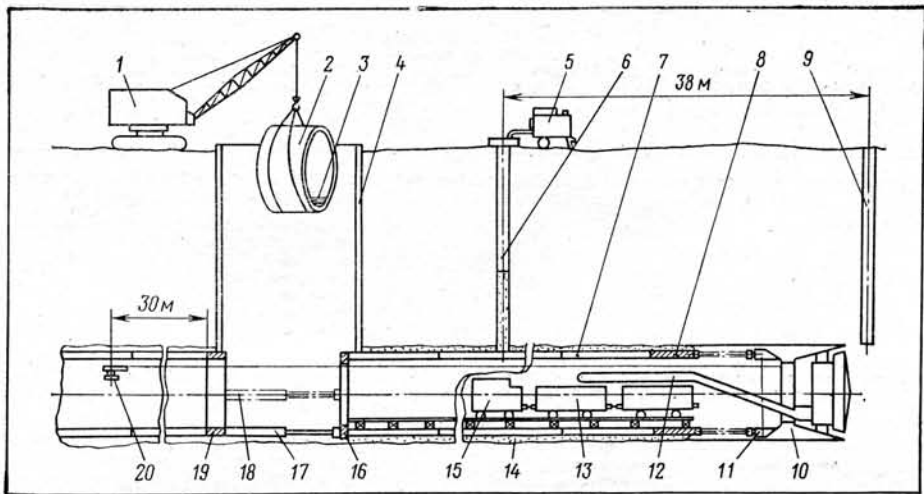


Рис. 2.

1 — автокран; 2 — кольцо обделки; 3 — секция рельсового пути; 4 — крепление шахты; 5 — растворомешалка; 6 — скважина с раствором; 7 — обделка; 8 — стальное кольцо; 9 — пробуренная скважина; 10 — механизированный щит; 11 — щитовой домкрат; 12 — транспортер; 13 — вагонетка; 14 — слой раствора; 15 — аккумуляторный электровоз; 16 — упорное кольцо; 17 — домкрат продавливающей установки; 18 — дополнительный домкрат; 19 — упор для домкратов; 20 — лазер.

Домкратная установка включает в себя распределительное кольцо и опорную раму. Количество домкратов зависит от расстояния до щита. На малой длине используют два домкрата, а затем переходят на 4. Грузоподъемность домкрата 150 т. Обделка

— из железобетонных колец длиной 1,82 м, кратной двум заходкам. В торцах колец обделки устанавливали герметизирующие уплотнительные прокладки. Кольца спускали в котлован автомобильным краном, им же выдавали на поверхность вагонетки с

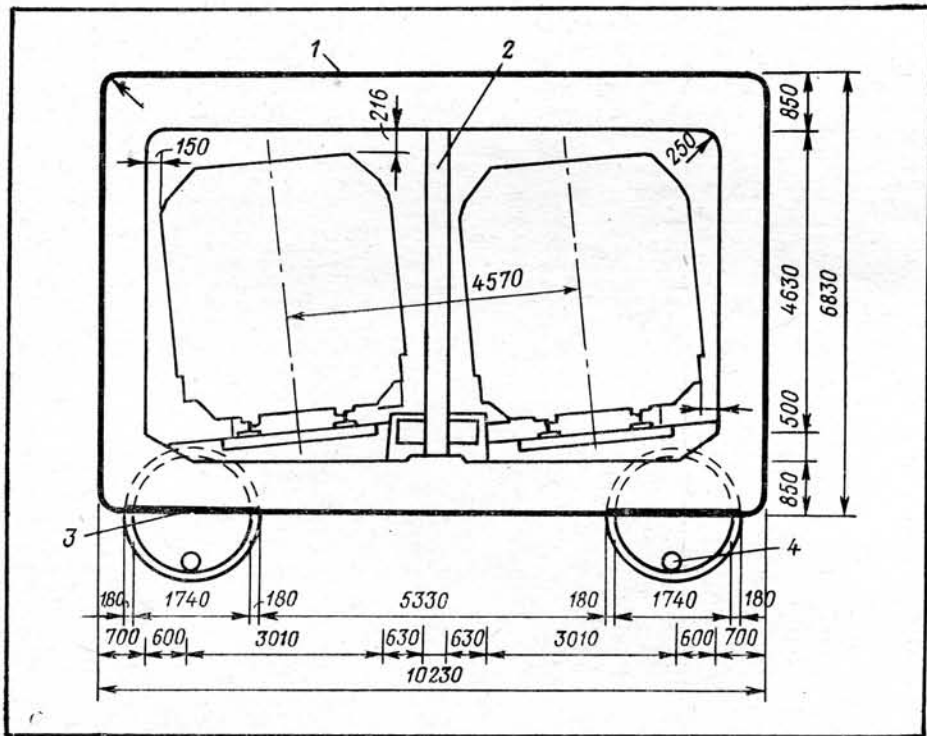


Рис. 3.

1 — наружная металлоизоляция $\delta = 6$ мм; 2 — железобетонные колонны; 3 — направляющая штольни со стальными листами; 4 — дренажная труба (на период строительства).

грунтом. Направление движения щита и обделки задавали лучом лазера, установленным на ранее пройденном участке. Для снижения сопротивления продавливанию принята следующая технология. Через отверстия, предусмотренные в лотковой части щита, вводился порошок сухой бентонитовой глины. Дополнительно с поверхности бурили (шаг 38 м) скважины с обсадными трубами диаметром 30,5 см. В них заливался раствор бентонитовой глины, который растекался по зазору между поверхностью выработки и обделкой.

Применение щита, снимавшего лобовые сопротивления продавливанию и постоянно корректировавшего направление движения обделки, а также комбинированной технологии введения антифрикционного материала за нее, обеспечило продавливание одной домкратной установкой участка в 390 м при наибольших отклонениях оси тоннеля от проектной ± 50 мм. За счет механизации разработки грунта достигнут высокий темп проходки. Наибольшая скорость составила 39 м в сутки.

Заслуживает внимания пример продавливания на кривой тоннеля крупного сечения значительной протяженности в Гамбурге при сооружении подземной железной дороги. Продавливание тоннеля с поперечным сечением 70 м^2 под пятью действующими железнодорожными путями и автомагистралью осуществляли на кривой радиусом 300 м. Длина участка составляла 170 м. Грунты представлены напластованиями торфяника, ила, песка и мергеля. Уровень грунтовых вод на 10—12 м выше верха тоннеля. Обделка изготовлена в виде 30 железобетонных прямоугольных секций длиной по 5,7 м и массой по 400 т (рис. 3). В их торцах предусмотрены канавки для установки резиновых уплотнительных прокладок. Чтобы устроить основание под тоннель, прошли две направляющие штольни из железобетонных труб диаметром 1,74 м и длиной 3 м. Секции задавливали под сжатым воздухом двумя домкратными установками. Затем нижнюю половину сечения штольни забетонировали, а на поверхности бетона заложили стальные листы.

Основная продавливающая установка включала 12 гидравлических домкратов, объединенных в две группы с ходом 1,1 м и общим усилием 3000 т. с.

Для возможности продавливания по криволинейной оси и уменьшения

усилий, приходящихся на основную домкратную установку, изготовили 12 передвижных промежуточных установок с гидродомкратами (рис. 4). Установки перемещались по рельсам и имели по семь откидных домкратов с ходом 0,3 м, что обеспечивало общее усилие 3800 т. с. Домкраты устанавливали в нишах торцов через каждые две-три секции.

В головной части тоннеля применен проходческий щит железобетонной конструкции прямоугольного сечения. В нем установлено 12 домкратов, объединенных в четыре группы. Продвижение щита велось заходками по 0,55 м. Ножевая часть его разделена перегородками на отдельные ячейки, в которых велась разработка грунта с креплением забоя шандорами.

Обделка тоннеля продавлена с большой точностью: отклонения в плане составили ± 40 мм, в профиле 49 мм. Средняя скорость 0,6 м в сутки. Движение поездов и автотранспорта не прерывалось.

Пример сооружения тоннеля под защитой экрана из труб — переход длиной 145 м, построенный в Эссене в насыпи железной дороги, без прерыва движения поездов. Работы осложнялись плохим состоянием основания, возведенного еще в прошлом веке.

По периметру будущего тоннеля (рис. 5) продавили 17 стальных труб

диаметром 1,6 м и толщиной стенки 16 мм. Работы велись из шахты, пройденной в средней части насыпи. Трубы (зазор между ними в кровле составлял 10 см, а в стенах — 30 см)

маций строящееся сооружение, после продавливания возводились опорные рамы шириной, соответствующей ширине будущего тоннеля, и длиной по 3 м. В последующем их включали

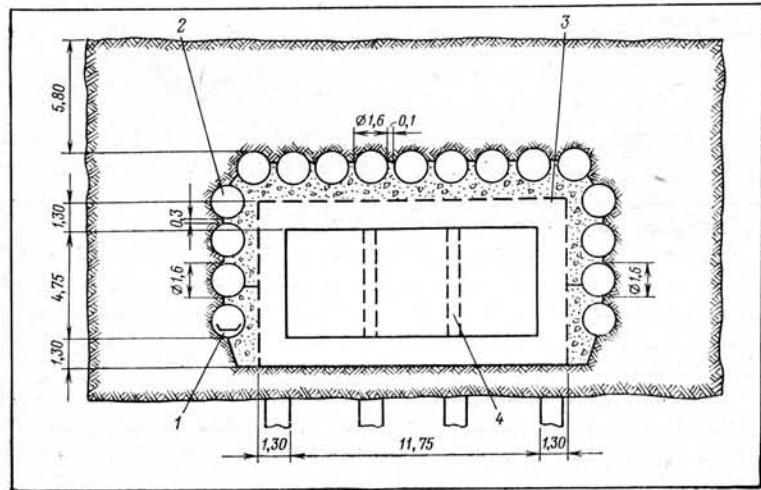


Рис. 5.

1 — труба для удаления грунта; 2 — труба для доставки материалов; 3 — гидроизоляция; 4 — временные стенки.

продавливали отдельными отрезками длиной по 5,6 м, которые сваривали в единую конструкцию. Грунт в процессе проходки из труб извлекали и выдавали из шахты краном. Так как несущая способность его в основании тоннеля не гарантировала от дефор-

в конструкции тоннеля. Для этого в двух боковых трубах вырезали отверстия, через которые раскрывали выработки для опорных рам. Грунт выдавали транспортерами по одной трубе, а по другой — подавали материалы. На опорных рамах устраивались временные стенки.

Рамы возводились на железобетонных плитах шириной 5 м, опирающихся на свайные ростверки. Через них нагрузка от труб в процессе строительства и в дальнейшем при эксплуатации тоннеля передавалась на коренные грунты. Расстояние между опорными рамами составило 15 м. После сооружения рам под защитой экрана разрабатывался грунт и возводился тоннель на промежуточных участках длиной по 12 м. Концы участков обделки опирались на железобетонную плиту ростверка. Зазоры между основной конструкцией и трубами заполнили бетоном. Одновременно с разработкой грунта в пределах сечения тоннеля трубы защитного экрана тоже заполняли бетоном.

Таким образом, разработан и применяется достаточно широкий комплекс новых технических средств, обеспечивающих строительство подземных сооружений под транспортными магистралями и различными коммуникациями методом продавливания. □

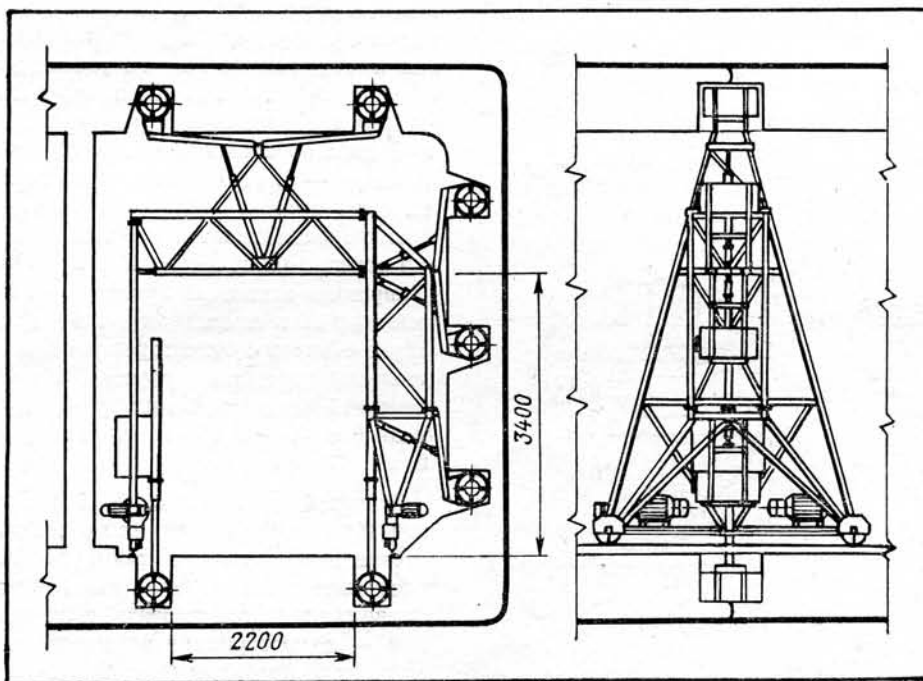


Рис. 4.

Автостоянки и гаражи тоннельного типа

Л. МАКОВСКИЙ, канд. техн. наук

Во многих крупных городах получают все большее распространение подземные и полуподземные автостоянки и гаражи, занимающие незначительную площадь. Строительство их позволяет ликвидировать наземные стоянки и улучшить санитарно-гигиеническое состояние воздушной среды. Материальные затраты по сравнению с наземными, примерно, в 1,5—2 раза выше, но компенсируются экономией городских территорий и созданием наибольших удобств владельцам машин.

Подземные стоянки и гаражи вместимостью от 50 до 1000 автомобилей строятся в городах Советского Союза и за рубежом. Как правило, они размещаются в многоярусных сооружениях мелкого заложения, возведение которых идет открытым способом. При этом неизбежны нарушения движения транспорта и пешеходов, трудоемкие работы по переустройству подземных коммуникаций и усилению фундаментов расположенных вблизи зданий.

В связи с этим зачастую оказывается целесообразным создание автостоянок и гаражей тоннельного типа, сооружаемых закрытым способом практически без нарушения поверхно-

сти. Такие подземные сооружения в виде отрезков тоннелей 150—200 м могут быть мелкого и глубокого заложения.

Автостоянки и гаражи тоннельного типа мелкого заложения имеет смысл располагать под улицами и проездами в плотно застроенной части города, где вскрытие поверхности сопряжено с многочисленными трудностями. Для связи подземных ярусов с поверхностью земли устраивают прямые или спиральные ramпы, лестницы, лифты или эскапаторы (для водителей и пассажиров). Автостоянки и гаражи тоннельного типа глубокого заложения ($h \geq 6-8$ м) могут быть устроены по трассе подземных магистралей значительной протяженности, в местах пересечения, примыкания или разветвления тоннелей. Возможно устройство подземных стоянок и гаражей в местах въездов и выездов из тоннелей на поверхность земли. В этом случае они обеспечивают транзитное движение машин, связывая наземные и подземные дороги. Подобные сооружения запроектированы в Лондоне и Париже.

В Лондоне, например, предусмотрено создание 9 многоярусных стоянок общей вместимостью 250 тыс. ав-

томобилей. Стоянки расположены в местах пересечения шести магистральных тоннелей длиной около 50 км каждый и представляют собой систему параллельных тоннелей, располагаемых по обе стороны от них (рис. 1, а). Стоянки имеют круговое поперечное сечение диаметром 18 м, что позволяет устроить 6 ярусов (рис. 1, б), причем на каждом 5-м участке помещается 24 автомобиле-места. Для переезда с яруса на ярус запроектированы спиральные ramпы, а для связи с магистральными тоннелями — прямые.

По трассе магистральных тоннелей Парижа длиной 130 км на глубине до 100 м запроектировано 40 стоянок общей вместимостью 58 тыс. машин. Автостоянки решены как система параллельных тоннелей эллиптического очертания, располагаемых на взаимном расстоянии 27 м и примыкающих под прямым углом к соединительному тоннелю. В каждом тоннеле предусмотрено 4 яруса с прямоугольной однорядной расстановкой автомобилей.

В тоннеле диаметром 10—11 м можно разместить не более двух ярусов высотой по 2,1 м с установкой автомобилей в один ряд перпендикулярно оси проезда, а в тоннеле диаметром 12—13 м три яруса с двухсторонней расстановкой (косоугольная и прямая вдоль оси проезда) машин на среднем и односторонней (перпендикулярно оси проезда) — на верхнем и нижнем ярусах. Чтобы обеспечить четырехъярусную стоянку, тоннель должен иметь диаметр 15—16 м. На двух средних ярусах возможна двухсторонняя косоугольная расстановка с проездом посередине, а на верхнем и нижнем — в одном из рядов должна быть прямая вдоль оси проезда. Так же размещаются машины и в тоннелях эллиптического очертания. Например, в тоннеле пролетом 11,5 и высотой 15 м можно устроить четыре яруса стоянок с односторонней прямоугольной (средние ярусы) и косоугольной (верхний и нижний) расстановкой и боковым проездом (рис. 2, а).

В выработке пролетом 14,5 и высотой 17 м на трех верхних ярусах возможна двухсторонняя прямоугольная расстановка автомобилей перпендикулярно и вдоль оси проезда, а на нижнем — односторонняя прямоугольная с боковым проездом (рис. 2, б).

Шестиярусную стоянку можно создать в тоннеле, поперечное сечение которого выполнено в форме «вось-

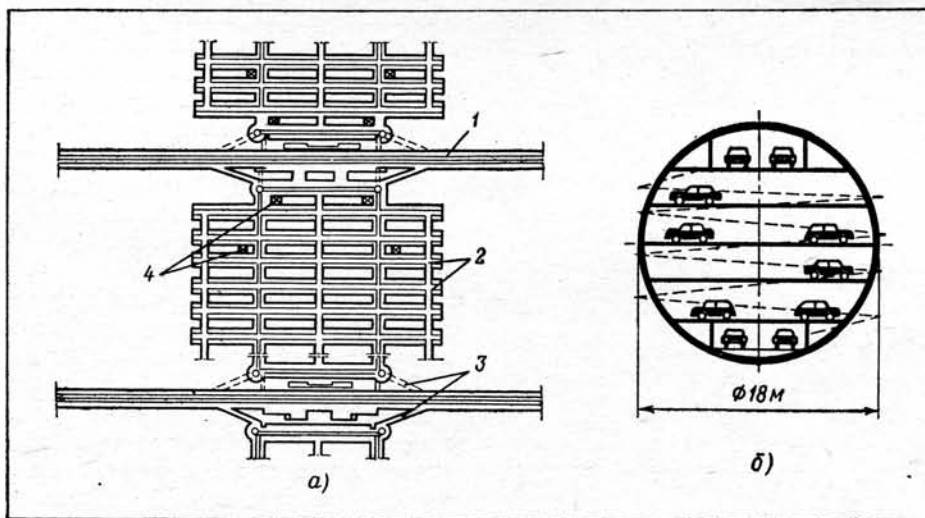


Рис. 1. Схема расположения (а) и поперечное сечение (б) автостоянок в Лондоне (проект):

1 — магистральные тоннели; 2 — автостоянки; 3 — съезды; 4 — лифты.

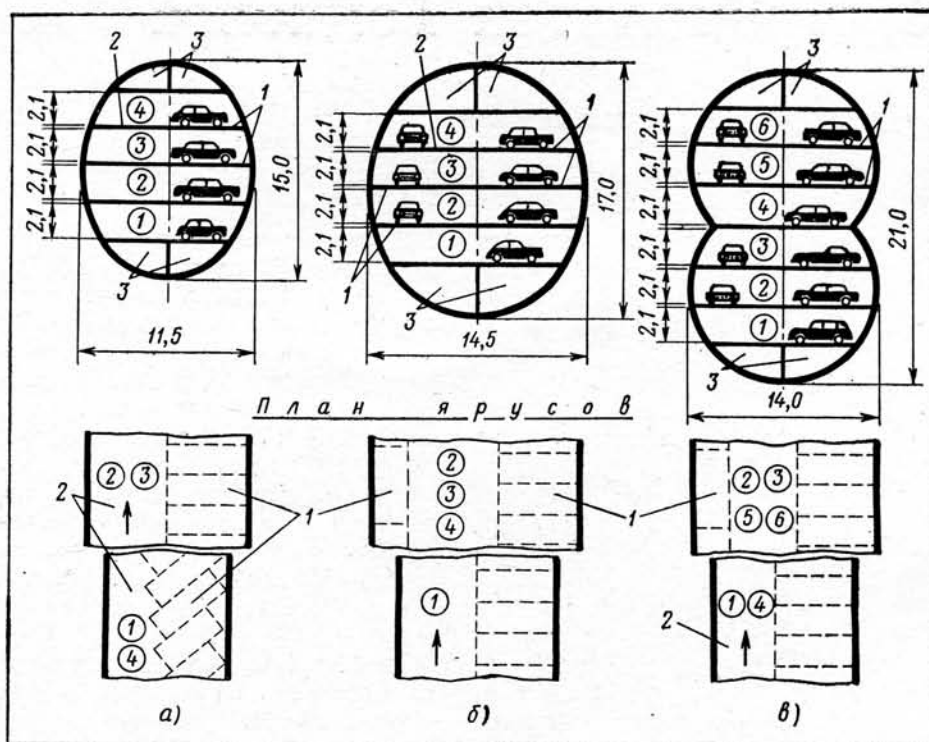


Рис. 2. Автостоянки эллиптического (а, б) и бинокулярного (в) поперечного сечения: 1 — стояночные места; 2 — проезды; 3 — вентиляционные каналы

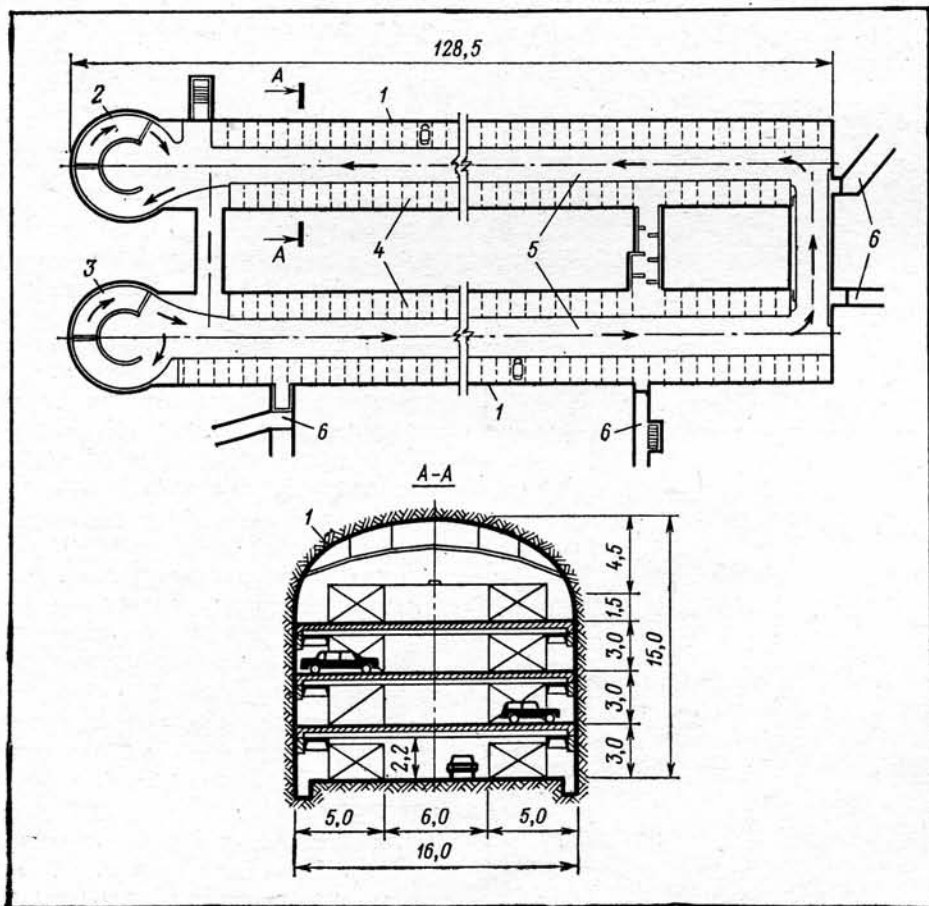


Рис. 3. Схема подземного гаража сводчатого поперечного сечения: 1 — тоннель-стоянка; 2 — въездная рампа; 3 — выездная рампа; 4 — стояночные места; 5 — проезды; 6 — вспомогательные выработки.

мерки» из двух пересекающихся окружностей общим пролетом 14 и высотой 21 м. На втором, третьем, пятом и шестом ярусах принимается двухсторонняя прямоугольная расстановка автомобилей перпендикулярно и вдоль оси проезда, а на первом и четвертом — односторонняя прямоугольная с боковым проездом (рис. 2, в).

Как правило, поперечные сечения стоянок и гаражей тоннельного типа характеризуются большими размерами, значительно превышающими поперечные сечения двухполосных автодорожных тоннелей. Не исключая создание выработок больших размеров, следует учитывать, что возведение их потребует разработки и изготовления новых типов тоннельных обделок, а также различного оборудования (щитовые агрегаты, тоннельные машины, блокоукладчики и др.), что, в свою очередь, приведет к значительному удорожанию строительства. Поэтому в ряде случаев может оказаться предпочтительнее строительство подземных стоянок и гаражей горным способом с раскрытием выработки сводчатого очертания.

В качестве примера можно привести гараж тоннельного типа, построенный в Зальцбурге (Австрия) на 1500 автомобилей. Два тоннеля длиной по 128,5 м расположены параллельно в крепких скальных породах и соединены между собой поперечными сбоями (рис. 3). Тоннели сводчатого очертания пролетом 16 и высотой 15 м рассчитаны на четыре яруса. На каждом из них высотой 2,2 м принята двухсторонняя прямоугольная расстановка перпендикулярно оси проезда; размеры стояночного места $5 \times 2,3$ м, ширина проезда 6 м. По торцам тоннелей устроены спиральные рампы диаметром 18 м для переезда автомобилей с яруса на ярус. Обделка из набрызг-бетона.

Опыт сооружения односводчатых подземных выработок больших пролетов (станции метрополитена, подземные машзалы ГЭС, автодорожные тоннели) свидетельствует о достаточной эффективности горного способа работ в устойчивых неводоносных и особенно в скальных грунтах.

Современные горные способы работ, основанные на применении высокопроизводительных машин и оборудования, использующие контурную крепь, позволяют сооружать выработки больших пролетов в разнообразных горно-геологических условиях с большими скоростями. □

Метрополитен Гонконга

Л. ДАНИЛОВА, Н. ЯГУПОВ, инженеры

Гонконг — город с населением свыше 4 млн. человек. К 1990 г. эта цифра увеличится до 6 млн. жителей. Перегрузка улиц наземным транспортом, а также ограниченная возможность строительства новых магистралей вызвали необходимость строительства метрополитена. Его проектирование велось с учетом географического положения, демографических особенностей, а также перспективы развития города.

Пуск 1-й очереди протяженностью 15,6 км планируется в 1980 г.

Основная часть трассы длиной 12,8 км сооружается закрытым способом, а участок в 2,8 км — эстакадный, на котором расположатся 3 из 15 строящихся станций.

Основное отличие метрополитена Гонконга — высокая провозная способность. Так, если метрополитены Европы и Северной Америки обслуживают около 30000 пассажиров в час, то проектная провозная способность для метро Гонконга составляет 60000 человек/час в одном направлении. В часы «пик» поезда будут следовать через каждые 90 сек, в остальное время через 2 мин. Планируемый режим работы — 10 час. в сутки.

Станции проектируются с учетом большой пассажироагрузки. Например, только одна из них — трехъярусная «Чэтер Роуд» будет пропускать 350000 человек в сутки. Нижний ярус, заложенный на глубине 25 м, предназначен для отстоя составов.

Проектные пассажироперевозки в сутки — 300000 человек в одном направлении. К 1980 г. ожидается увеличение до миллиона человек.

Подвижной состав также спроектирован с учетом больших пассажироперевозок. Длина вагона — 22,5, ширина — 3,2 м с пятью двойными дверями (1,9×1,4 м) на каждой стороне. Продольно расположенные сидения изготовлены из стекловолокна и рассчитаны на 6 пассажиров каждое. Окна — из двойного полированного стекла. Освещение — люминесцентное.

Свободный проход пассажиров из вагона в вагон по широким переходам значительно повысит общую вместимость поезда. Предельная наполняемость салона — 400 пассажиров (в том числе 48 мест для сидения).

В первое время будут курсировать четырех-шестивагонные составы с кабинами управления на обоих концах поезда.

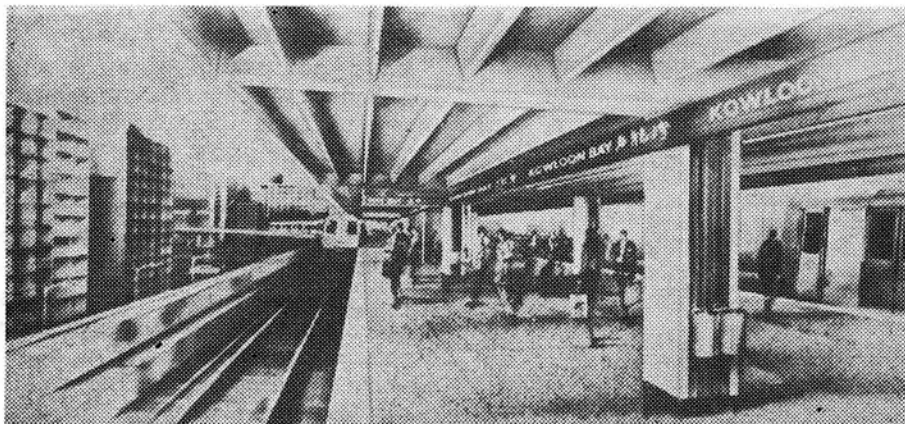
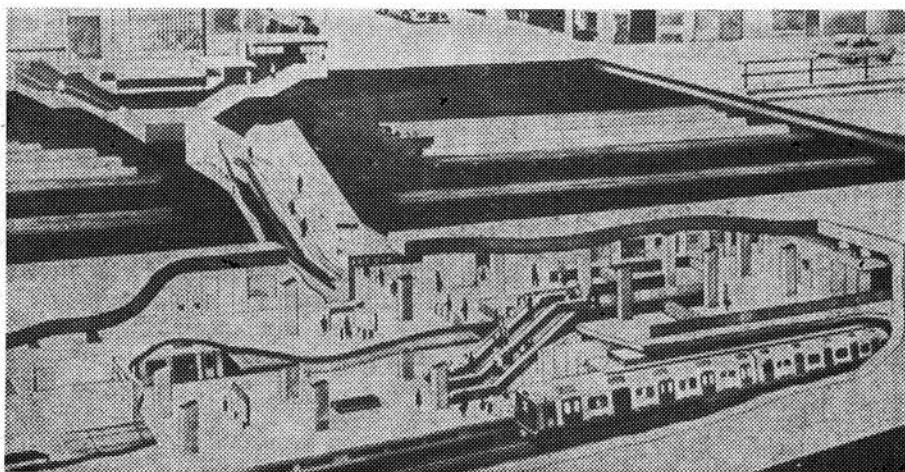
Кузовы вагона изготавливаются из нержавеющей стали, рассматривается возможность применения алюминиевых профилей.

Общая высота вагона составит 3,9 м (Внутренний диаметр тоннелей — 5 м). Вес порожнего вагона — 40 т, максимальная нагрузка на ось — 16 т. Он оборудуется двумя тележками Н-образной формы с двумя колесными парами, каждая ось обмоторена. Максимальная скорость — 80, среднетехническая — 32 км/час, включая остановки на станциях.

Оборудование СЦБ изготавливается фирмой «Вестингауз Брэйк энд Сигнал Компани». Система автоматического управления движением поездов включает в себя диспетчерскую централизацию и местный контроль на станциях в аварийных условиях.

Остановка состава на станциях будет производиться с точностью $\pm 0,5$ м. На каждое колесо предусмотрен один тормозной узел.

Рабочее торможение реостатное с электрическим управлением. Предлагается применение тиристорного регулирования с рекуперативным торможением.



Станции гонконгского метро (проекты).

hp

Система автоматического управления движением (АТО) будет включать в себя контроль скорости торможения и остановки поезда на перегонах после однократного ее включения оператором-машинистом. В дополнение к АТО предусматривается система автоматической защиты поезда (АТП). Она основана на непрерывно закодированных путевых цепях, которые разрешают отправку состава только в случае занятости пути. По системе АТП будут контролироваться параметры скорости с соблюдением ее ограничений и аварийные остановки при их необходимости. При выходе из строя АТО оператор-машинист переходит на ручное управление.

Система телесвязи фирмы «Сименс» позволит из центрального диспетчерского пункта (ЦДП) следить за прохождением всех поездов по маршрутам, а также за работой устройств централизации и блокировки.

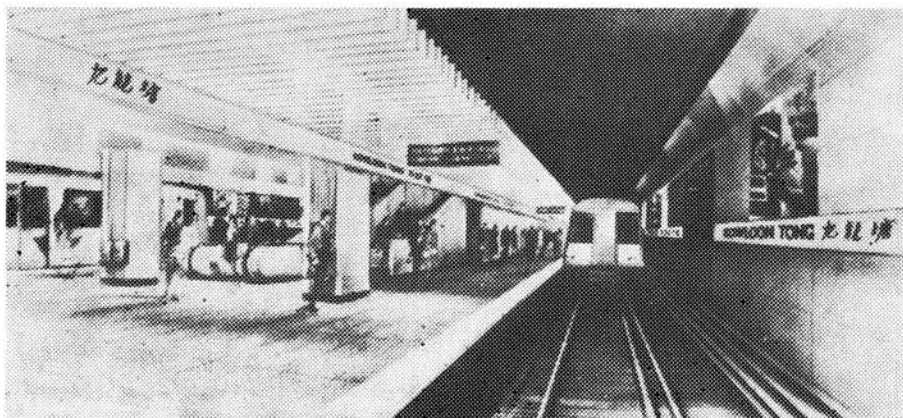
Диспетчеры будут иметь прямую радиосвязь со всеми операторами-машинистами, с персоналом на станции — по телефону. Средства замкнутой телевизионной системы позволят наблюдать за обстановкой на платформах и других пассажирских зонах. На каждой станции предусмотрены помещения для управления и кабины дежурных.

Для осуществления нормального режима сигнализации применяются мозаичные диаграммы и пульта управления типа «Вестингауз Стайл МЗ». Этим же оборудованием контролируются программы инерционного движения поездов.

Данные, касающиеся движения поездов на линии, предусматривается обрабатывать на ЭВМ. ЭВМ типа «ПДП 11/05» будут осуществлять контроль за работой тяговых подстанций. Телесвязь между ЦДП и местными пунктами и подстанциями поддерживается с помощью дублирующихся четырехжильных основных цепей с кнопочным принципом переключения.

Вагоны фирмы «Метро-Кэммэлл Лимитид» подразделяются на 3 типа: «А», «Б» и «Ц».

Вагоны типа «А» имеют кабину управления, а типа «Ц» — нет. Оборудование контроля и управления равномерно распределяется между ними. Вагоны типа «Б» аналогичны «А», но без кабины управления. При формировании в состав «Ц» соединяются полуавтоматической сцепкой с «А»



Станции гонконгского метро (проекты).

или «Б» и во всех случаях являются промежуточными.

Тележки фирмы «Дюваг» имеют буксовые рессоры пружинного типа. Для предотвращения вертикального, бокового и вращательного раскачивания применяются пневматические надувные «подушки» большого диаметра. Они устанавливаются под рамой. Пневматические пружины поддерживают необходимый уровень пола вагона при любой, даже предельной нагрузке.

Тяговые двигатели типа «2313 АЗ» самовентилируемые.

Напряжение контактной сети 1500 в постоянного тока при верхнем токосъеме с контактного рельса.

В связи с климатическими особенностями Гонконга — высокой влажностью и длительной жарой — решено применить кондиционирование воздуха на платформах и в поездах, исключая попадание охлажденного воздуха в тоннели. Таким образом создается небольшое, но ощутимое снижение температуры и влажности по мере прохождения пассажира с улицы в

вестибюль, распределительный зал станции и на платформу.

Чтобы охлажденный воздух не падал в тоннели, в конце каждой платформы создается воздушный заслон. Жиклеры, создавая вихревые потоки в заслонах, направляют подогретый воздух перед поездом на поверхность через выводные шахты.

Основным архитектурным решением станции является островная платформа с распределительным кассовым залом наверху. Такой принцип размещения станции предотвращает скопление здесь пассажиров и позволяет более экономно расположить оборудование для контроля и обслуживания пассажиров. Пассажиропотоки будут организованы таким образом, чтобы сократить до минимума контакт встречных потоков.

Контрольно-кассовые операции полностью автоматизированы. Плата за проезд дифференцированная. Билеты с магнитным закодированным слоем будут действительны для однократного и многократного пользования. □

МЕТРОСТРОЙ

253

ИНДЕНС 70572

ЦЕНА 30 коп.

Художественно-технический редактор **Е. К. Гарнухин**
Фото **А. Спиранова**

Л-86321 Сдано в набор 28/IV-78 г. Подписано к печати 12/VI-78 г.
Формат бумаги 60×90¹/₂. Бумага типографская № 1. Объем
4,0 п. л. Тираж 5100 экз. Заказ 1520 Цена 30 коп.

Адрес редакции: 103031, Москва, К-31, Кузнецкий мост, 20,
2-й этаж, телефоны 295-86-02, 223-77-72

Типография изд-ва «Московская правда», Потанинский пер., 3.