

МЕТРОСТРОИ



Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

МЕТРОСТРОЙ

7 1984

ИНФОРМАЦИОННЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СБОРНИК

ИЗДАНИЕ МОСКОВСКОГО МЕТРОСТРОЯ И
ИЗДАТЕЛЬСТВА «МОСКОВСКАЯ ПРАВДА»

ОСНОВАН В 1932 ГОДУ

Scan. Obolev 2011z

В НОМЕРЕ:

Г. Оганесов. Схема развития и размещения метрополитенов на период до 2000 года	1
Ю. Бабец, В. Бондаренко, В. Захаров, А. Лимарев, Н. Лобанов, Ю. Жеравин, В. Янсон, В. Штучкин. Электрохимическое закрепление пород	5
В. Ходош, И. Гергоков, М. Берендс. Внедрение механизированных комплексов ТЩБ-7	7
И. Нестеренко, В. Бельский, О. Воробийенко, Н. Субботина. Установка для возведения внутритоннельных конструкций	10
М. Гребнев. Устройство для обогрева монолитного бетона	12
А. Георгиев, В. Иванов, И. Иванова. Универсальный блокоукладчик	13
В. Цынков, Ш. Бабаев, М. Суханов, О. Антонов. Суперпластификатор «10-03»	15
Метрополитены мира	17
И. Якушкин. Выборочный оперативный метод обследования пассажиропотоков	20
С. Клинов. Безбалластный путь в тоннелях	24
В. Маковский, Л. Маковский. Современный опыт проектирования и строительства подводных тоннелей	27
Обзор зарубежных журналов	31

Редакционная коллегия:

С. А. ПОНОМАРЕНКО [отв. редактор], В. А. АЛИХАШКИН, Л. С. АФЕНДИКОВ, А. С. БАКУЛИН, С. Н. ВЛАСОВ, В. Я. ГАЦЬКО, В. Д. ГОЦИРИДЗЕ, П. С. ИСАЕВ, Ю. А. КОШЕЛЕВ, А. С. ЛУГОВЦОВ, В. Л. МАКОВСКИЙ, В. Г. ПРОТЧЕНКО, Н. А. ПРОСТОВ, Б. П. ПАЧУЛИЯ, А. И. СЕМЕНОВ, Г. А. ФЕДОРОВ, Н. Г. ФЕДОСОВ, И. М. ЯКОБСОН

СХЕМА РАЗВИТИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ МЕТРОПОЛИТЕНОВ НА ПЕРИОД ДО 2000 ГОДА

Г. ОГАНЕСОВ,
главный инженер проекта

● В рекомендованном к утверждению варианте предусматривается ввод к 2000 году метрополитенов в 20 крупнейших городах и начало строительства в 4. ● Как показала практика работы метрополитенов в Москве, Ленинграде и Киеве, эффективность их действия зависит в основном от протяженности сети. Следует считать оптимальной долю метрополитена в 25—30% от общего объема городских перевозок, а развитие сети в 25—35 км на 1 млн. жителей. ● С учетом дальнейшего роста числа крупных городов в стране целесообразно разработать методику оценки социально-экономической эффективности строительства метрополитенов.

ЗНАЧИТЕЛЬНЫМИ темпами развиваются промышленные и административно-культурные центры в нашей стране. Соответственно расширяется география метрополитенов. Основным проблемам дальнейшего развития важной отрасли транспортного строительства — метростроения посвящена Схема развития и размещения метрополитенов на период до 2000 года, разработанная Метрогипротрансом. В подготовке материалов Схемы приняли участие Ленметрогипротранс, Кавгипротранс, Армгипротранс, Уралгипротранс, филиалы Метрогипротранса — Киевметропроект, Бакметропроект, Харьковметропроект, Ташметропроект, Минскметропроект,

Горьковметропроект, филиал Ленметрогипротранса — Новосибирметропроект.

В крупных и крупнейших городах страны на основе утвержденных генеральных планов развития разрабатываются комплексные транспортные схемы. В них наряду с другими решаются задачи наиболее рациональной и соответствующей потребностям населения организации передвижений. Для этого намечается максимальное развитие наземных видов общественного транспорта с обеспечением массовых пассажирских перевозок, главным образом, из жилых районов к местам приложения труда и в центр города. При исчерпании пропускной способности наземных магистралей доказывается необходимость внедрения в систему городского транспорта метрополитена. Поэтому, естественно, исходными материалами для разработки Схемы явились в первую очередь генеральные планы городов с утвержденными комплексными схемами развития всех видов городского пассажирского транспорта, обосновывающими строительство метрополитена, и, кроме того, перечень городов, капиталовложения, намечаемые на 12-ю и последующие пятилетки, по отрасли «Метрополитены» (принятые по данным Главметрополитена МПС).

Схема развития и размещения метрополитенов на период до 2000 года состоит из двух частей: в первой определены задачи и основные показатели развития отрасли в стране, во второй содержатся обосновывающие мате-

риалы по строительству линий метро в Москве, Ленинграде, Киеве, Тбилиси, Ташкенте, Ереване, Новосибирске, Омске, Челябинске, Уфе, Перми, Одессе и Донецке. Кроме того, в состав Схемы вошли ранее утвержденные проекты и ТЭО по Баку, Харькову, Минску, Горькому, Риге, Алма-Ате, Ростову-на-Дону, Куйбышеву, Свердловску и Днепропетровску.

В процессе разработки Схемы в нее включены ориентировочные технико-экономические показатели по сооружению первой линии метро в Казани.

Кроме вышеназванных 24 городов, в которых необходимость строительства метрополитенов не вызывает сомнений, в стране имеются города, где в наступающем XXI веке количество жителей превысит 1 млн. человек и одной из важнейших станет проблема общественного транспорта. В Схеме к ним отнесены: Волгоград (сейчас 956 тыс. чел.), Саратов (881), Красноярск (833), Запорожье (824), Воронеж (820 тыс. чел.) и др.

За годы 10-й пятилетки существенно — с 13 до 23 возросло число городов с населением 1 млн. человек и более; общее количество их жителей увеличилось с 26 до 38 млн. человек, т. е. составляет теперь 22% от всего городского населения СССР. По прогнозам, к 1990 году в стране будет насчитываться 25 крупнейших городов. Будет возрастать и роль метрополитенов в транспортном обслуживании жителей этих городов, о чем свидетельствует анализ работы метро и других видов го-

РАЗМЕЩЕНИЕ МЕТРОПОЛИТЕНОВ на период до 2000 г.



родского пассажирского транспорта за 8—10-ю пятилетки (табл. 1).

Темпы роста пассажирооборота за последние 15 лет на метрополитене оказались выше, чем на других видах городского транспорта. Уже в 1980 г. он достиг 13,4% от общей цифры при протяженности сети, составляющей лишь 0,2% длины всех транспортных линий. При этом показатель средней дальности поездки на метрополитене был в 2—2,5 раза выше, чем у других видов городского транспорта.

В настоящее время метрополитены эксплуатируются в

девяти городах Советского Союза: Москве, Ленинграде, Киеве, Тбилиси, Баку, Харькове, Ташкенте и Ереване, а также в Минске, где пуск в эксплуатацию первого участка состоялся несколько месяцев назад.

Анализ показателей эксплуатационной деятельности метрополитенов свидетельствует о различной степени эффективности их работы в разных городах. Там, где сеть метро состоит из двух и более линий, она, как правило, выше. Об этом говорят такие показатели, как пассажиронапряженность, доля в общем объеме городских перевозок, чис-

ленность эксплуатационного персонала на 1 км линии, себестоимость перевозки одного пассажира и др. (табл. 2).

В текущей пятилетке продолжается строительство новых линий и продление действующих. Однако в Москве, Ленинграде и Киеве — крупнейших по величине и значению центрах страны, где метрополитен является основным видом общественного пассажирского транспорта, — в часы пик на отдельных направлениях провозная способность линий исчерпана. Поэтому для решения транспортной проблемы до 2000 года предлагается ускорить здесь развитие сети подземных трасс и ввести в Москве до 140 км, Ленинграде — до 90 км, в Киеве — до 40 км новых линий. В остальных городах с действующими метрополитенами предлагается ввести до 30 км.

На метрополитенах в Москве, Ленинграде, Киеве, Тбилиси и Баку возникла необходимость реконструкции и технического перевооружения ряда участков (там, где эксплуатация длится свыше 15 лет).

Таблица 1
Городской транспорт в 8—10-й пятилетках

Вид пассажирского транспорта	Протяженность линий на конец года, км			Средняя дальность поездки, км			Пассажирооборот, млн. пасс./км в год		
	1970 г.	1975 г.	1980 г.	1970 г.	1975 г.	1980 г.	1970 г.	1975 г.	1980 г.
Метрополитен	214,5	278,9	360,1	7,9	8,9	9,4	19080	27840	38230
Трамвай	7455	7891	8222	3,28	3,55	3,8	30715	35445	37800
Троллейбус	7688	10591	13204	3,28	3,65	3,8	23355	33875	40870
Автобус	87600	106300	130000	4,35	4,65	4,9	105990	150475	171720
Итого:							179140	247635	288620

Основные технико-экономические показатели действующих метрополитенов
(на начало 1983 года)

Показатели	Единица измерения	Москва	Ленинград	Киев	Тбилиси	Баку	Харьков	Гашкейт	Ереван
Численность населения . . .	млн. чел.	8,2	4,2	2,3	1,2	1,1	1,5	1,9	1
Год пуска в эксплуатацию		1935	1955	1960	1966	1967	1975	1977	1981
Количество линий		8	3	2	2	2	1	1	1
Строительная длина	км	189,9	78,1	34	18,7	18,5	18,5	16,3	7,6
Эксплуатационная длина	"	184	72,7	30,6	18	18,6	17,3	15,4	6,6
Количество станций		115	43	25	16	12	13	12	5
Наибольший пассажиропоток в час пик	тыс. чел.	72,5	55	45	11,5	18,4	29,1	13,6	4,9
Наибольшие размеры движения	пар поездов	45	38	40	24	36	28	20	12
Количество вагонов в составе	ваг.	6—7	6—7	5	3—4	4	5	4	3
Объем перевозок в год	млн. пасс.	2417	762,6	335,3	143,6	136,2	180,1	92,7	18,2
Пассажиронапряженность	млн. пасс. в год на 1 км	13,1	11,4	11,7	7,6	7,3	10,4	6	2,7
Удельный вес перевозок в общем объеме перевозок городского транспортом	%	44,1	25,5	22,8	31,7	21,4	21,3	12,9	6,2
Средняя дальность поездки	км	10,5	9,7	10,2	5,7	6,4	5,5	6	3,8
Себестоимость перевозки одного пассажира	коп.	4,71	5,57	4,78	6,88	6,72	5,85	10,95	25,4

Целевыми задачами этого процесса на период до 2000 года является увеличение пропускной и провозной способности и повышение технического уровня до современных требований.

В текущей пятилетке осуществляется ввод в эксплуатацию первых участков первых линий метро в Минске, Горьком и Новосибирске; начато строительство в Куйбышеве, Свердловске и Днепропетровске. До 2000 г. в этих городах намечено проложить до 30 км линий.

По выводам комплексных схем развития всех видов городского пассажирского транспорта еще в десяти городах — Риге, Алма-Ате, Ростове-на-Дону, Омске, Челябинске, Уфе, Перми, Одессе, Донецке и Казани — проблема перевозок пассажиров может быть решена только с вводом метрополитена. К 2000 г. предполагается в каждом из перечисленных городов пустить первые линии протяженностью до 15 км.

В Схеме определена концепция перспективного развития и размещения метрополитенов. Она содержит следующие направления решения проблемы обслуживания населения: дальнейшее развитие действующих метрополитенов, их реконструкция и строительство новых.

Капиталовложения по указанным направлениям — это соответственно ДМ, РМ, НМ. Сумма их, включая ΔК (затраты на приобретение подвижного состава и др.), составит капиталовложения на развитие отрасли (К):

$$K = ДМ + РМ + НМ + \Delta K.$$

Последовательность суммирования слагаемых в данном выражении отражает методологическую последовательность распределения капиталовложений по направлениям.

В 11-й пятилетке капиталовложения по ДМ составляют 63%, РМ — 4%, НМ — 20%, по ΔК — 13% от общего объема капиталовложений.

Необходимость развития сети действующих метрополите-

нов диктует увеличение капиталовложений направления ДМ в увязке с темпами ввода линий в эксплуатацию: обусловленные потребностями Москвы и Ленинграда на период до 2000 года они составят соответственно 10 и 6 км в год. Однако с учетом возможности наращивания мощностей строительных организаций оптимальные темпы ввода в год — примерно 7 км в Москве и 4 км в Ленинграде, что и определяет объемы капиталовложений.

В Схеме рекомендовано увеличить капиталовложения на строительство Киевского метрополитена и довести ввод его трасс до 2 км в год. В остальных городах темпы ввода приняты примерно одинаковыми, как правило, соответствующими достигнутому уровню.

Капиталовложения направления РМ должны обеспечивать как реконструкцию линий, так и их техническое перевооружение.

Требуемые капиталовложения на 12-ю пятилетку — в 7 раз больше, чем в предыдущей. Такое резкое их увели-

чение не соответствует мощностям строительных организаций и не подкреплено проектной и материально-технической подготовкой.

В Схеме предусмотрены необходимые объемы и сроки выполнения работ по реконструкции метрополитенов с учетом реальных возможностей строительных организаций.

Капиталовложения направления НМ распределяются по городам, где сооружение метрополитенов уже начато, и там, где оно планируется в очередной пятилетке.

Из шести строящихся метрополитенов три (в Минске, Горьком, Новосибирске) намечено пустить в текущей пятилетке, а остальные (в Куйбышеве, Свердловске и Днепропетровске) — в следующей.

Таким образом, в 12-й пятилетке должны действовать метрополитены в четырнадцать городах; в 13-й и 14-й — еще в десяти. Для этого уже в 12-й пятилетке нужно запланировать начало строительства метро как минимум еще в пяти городах.

Капиталовложения направлены ΔK приняты примерно в том же процентном соотношении к общим капиталовложениям K , как и в 11-й пятилетке.

На основании вошедших в состав Схемы материалов разработаны основные варианты (I, II, III) развития и размещения метрополитенов на период до 2000 года, отличающиеся объемами капиталовложений по пятилеткам.

Вариант I разработан на основе намечаемых на 12-ю пятилетку капиталовложений с учетом роста их в последующих пятилетках примерно на 10% по отношению к предыдущей.

В этом варианте: объемы капиталовложений в 12-й и последующих пятилетках соответствуют намечаемым, увеличиваются только темпы ввода линий метрополитенов в Москве и Ленинграде соответственно до 7 и 4 км в год.

Вариант II основывается на необходимости обеспечения дальнейшего (планового, согласованного по потребностям и ресурсам) развития и реконструкции сети действующих, а также строительства новых метрополитенов.

В варианте II: объемы капиталовложений в 12-й и последующих пятилетках превышают объемы в варианте I в 1,5—1,9 раза; увеличиваются темпы ввода линий в Москве, Ленинграде, Киеве соответственно до 7, 4 и 2 км в год; развитие метрополитенов в Тбилиси, Баку, Харькове, Ташкенте, Ереване, Минске, Горьком, Новосибирске сохраняется примерно на достигнутом уровне; выполняются необходимые намеченные объемы реконструкции; планомерно осуществляется ввод трех новых метрополитенов за пятилетку, обеспечивающий к 2000 году функционирование этого вида транспорта в 20 крупнейших городах страны.

Вариант III характеризует развитие отрасли на период до 2000 года по программе, примерно соответствующей намечаемой утвержденными комплексными транспортными

схемами, генеральными планами развития городов и необходимой протяженности линий. В результате этого и определились объемы капиталовложений по пятилеткам.

В варианте III: объемы капиталовложений в 12-й и последующих пятилетках превышают объемы капиталовложений по варианту I в 2,5—2,8 раза; объемы ввода линий возрастают во всех городах в среднем в 2,3 раза (по сравнению с вариантом I); в кратчайшие сроки выполняются все работы по реконструкции; вводятся в эксплуатацию — в 12-й пятилетке три, в 13-й пять, в 14-й пять новых метрополитенов.

Преимущества варианта III по сравнению с вариантом I по развитию и размещению метрополитенов очевидны, однако его реализация из-за необходимости резкого увеличения уже в 12-й пятилетке объема капиталовложений, материальных и людских ресурсов представляется практически невыполнимой.

При оценке разработанных вариантов развития и размещения метрополитенов учитывается трудность выявления экономической эффективности капиталовложений в метро-строение, так как в настоящее время не имеется методики, отражающей в полной мере многостороннее воздействие этой отрасли на улучшение социальных и экономических условий деятельности населения, пользующегося метрополитеном.

Исходя из принятой концепции в Схеме определены следующие критерии выбора оптимального варианта развития и размещения метрополитенов:

критерий 1 — минимально необходимая потребность ос-

воения капиталовложений в 12-й пятилетке по направлению ДМ для обеспечения намеченных темпов ввода новых линий в городах с действующими метрополитенами с приоритетным развитием их сети в Москве и Ленинграде;

критерий 2 — то же по направлению РМ для обеспечения необходимых объемов работ по реконструкции действующих метрополитенов;

критерий 3 — то же по направлению НМ для сохранения достигнутого уровня ввода в эксплуатацию не менее трех новых метрополитенов в каждой из последующих пятилеток;

критерий 4 — возможность освоения капиталовложений в 12-й пятилетке строительными организациями с учетом реального наращивания их производственной мощности на развитие и реконструкцию действующих метрополитенов, а также на строительство новых.

При рассмотрении вариантов по указанным критериям следует, что только вариант II удовлетворяет всем перечисленным критериям. Таким образом, по совокупности рассмотренных критериев он признан оптимальным.

Как показывает практика, наибольший дефицит при сооружении и вводе линий в эксплуатацию имеется в обеспечении их подвижным составом, эскалаторами, вентиляторами и чугунными тубингами.

Для удовлетворения потребностей в перечисленном оборудовании и материалах по оптимальному варианту необходимо уже в 12-й пятилетке выделить определенный объем капиталовложений в сопутствующие отрасли народного хозяйства. □

Ученые— произ- водству

♦ Локатор, «видящий» сквозь землю, разработали в Рижском институте инженеров гражданской авиации. Его волны способны проникать в осадочные породы. При реставрации замка в Кулдигском районе с его помощью под слоем земли удалось выявить остатки крепостного комплекса и забытые подвалы.

♦ По методу сотрудников института Луи Пастера в Страсбурге (Франция) не-

далеко от Лиона возведен дом, на строительство которого пошло 20 млн. использованных и бракованных бутылок из-под пива и вина. Измельченную бутылочную массу с различными добавками сначала направили в электрические формовочные печи для нагрева и после охлаждения получили «кирпичи» из стальной пены.

Используя скрепляющее устройство, из них можно создавать конструкции повышенной прочности.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ЗАКРЕПЛЕНИЕ ПОРОД

Ю. БАБЕЦ, В. БОНДАРЕНКО, кандидаты техн. наук;
В. ЗАХАРОВ, А. ЛИМАРЕВ, Н. ЛОБАНОВ, Ю. ЖЕРАВИН,
В. ЯНСОН, В. ШТУЧКИН, инженеры

СТРОИТЕЛЬСТВО Днепропетровского метрополитена ведется в сложных горногеологических условиях, представленных слабыми обводненными грунтами с пльвунными свойствами. При сооружении стволов предусматривается применение специальных способов закрепления пород, главным образом, замораживания. Исключение составил ствол № 16 станции «Октябрьская площадь». По прогнозам геологов института «ВостокургГИИНТиз», он должен пройти в относительно благоприятных геологических условиях. Это дало основание Харьковметропроектору запроектировать сооружение без применения специальных способов. Строителями СМП № 720 Харьковметростроя была заложена форшахта (без галереи для замораживающих скважин) и пачата проходка ствола с применением стрелового крапа. Первые метры выработки пройдены без осложнений. Ниже были встречены грунтовые воды. По мере углубления степень обводненности увеличивалась. При подработке грунта под очередной тубинг произошло обрушение вертикальной стенки и прорыв обводненного леса в ствол, что привело к деформации поверхности и устья ствола. Проходческие работы были приостановлены. В образовавшуюся за обделкой полость проведено повторное нагнетание цементного раствора. Применение традиционного способа замораживания затруднялось отсутствием достаточного количества электроэнергии на площадке и сложностью бурения скважин за контуром ствола.

Учитывая накопленный в Днепропетровском горном институте опыт электрохимического закрепления обводненных пород, обладающих пльвунными свойствами, на объектах горнодобывающей промышленности*, было принято решение применить этот способ непосредственно из забоя сооружаемого ствола.

В связи с необходимостью выполнить опытно-промышленное закрепление в короткие сроки не представилось возможным провести лабораторные исследования и моделирование процессов. Поэтому в проекте приняли успешно апробированные электролиты, катализаторы и добавки (на шахтах №№ 2 и 3—5 Марганецкого ГОКа и в коллекторном тоннеле Днепропетровска). Величина градиента напряжения признана оптимальной, основные электролиты — силикат натрия (Na_2SiO_3), удельный расход которого — около 100 л/м^3 , и хлористый кальций с удельным расходом 56 л/м^3 . В качестве катализаторов и добавок к основным электролитам рекомендованы хлорное железо, хлористый алюминий, кремнефтористоводородная кислота и др.

Схема расположения электродов-инжекторов трехрядная, шахматная по концентрическим окружностям радиусами $R_1=2,2 \text{ м}$; $R_2=2,6 \text{ м}$; $R_3=2,9 \text{ м}$ для создания гидроизоляционной завесы только по периметру ствола. Крайние электроды-инжекторы (ЭИ) предусматривалось установить под тубинговую крепь под углом $75-80^\circ$ к вертикали, однако в связи с наличием «плиты» из цементного камня в забое ствола (результат тампонажа закрепного пространства) от этого проектного решения отступили.

Всего установили 39 ЭИ, которые представляли собой трубы диаметром 42 мм , длиной $2,5 \text{ м}$ ($1,5 \text{ м}$ труб перфорированы отверстиями $2-2,5 \text{ мм}$).

Подача электролитов осуществлялась в течение 121 часа на аноды из емкостей, расположенных на поверхности, последовательно — вначале раствора Na_2SiO_3 , а затем хлоридов с катализаторами и добавками. Одновременно через грунт пропускали постоянный электрический ток. Для обеспечения питания процесса ЭХЗ использовали тиристорный источник постоянного тока АТВ-500/230-1. Величины, характеризующие электрическое поле, составили: напряжение — 200 В , ток 480 А .

При взаимодействии с водой высокодисперсных минеральных частиц, содержащихся в лессе, образуется строение, характерное для коллоидных мицелл. Ионы, входящие в состав мицелл, участвуют в обменных реакциях с ионами водных растворов. Среди обменных грунтовых ионов резко преобладают катионы: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ и др.

Лессы также характерны наличием пор между частицами (до 30% от объема породы) размером $0,002-0,5 \text{ мм}$, неправильной формы; по ним продвигается свободная и капиллярная вода. Под действием поля постоянного электрического тока она направленно перемещается. На ее место поступает первый закрепляющий раствор — Na_2SiO_3 . Он участвует в обменных реакциях с катионами Ca^{2+} и Mg^{2+} , что способствует коагуляции частиц и образованию микроагрегатов.

Однако обменных катионов в породе значительно меньше, чем подаваемого через электроды-инжекторы раствора силиката натрия. Поэтому для реализации закрепляющих свойств последнего в качестве второго электролита подавали раствор хлористого кальция с добавками хлорного железа, хрома и др., который распространялся по порам и вступал в химическую реакцию с первым электролитом, образуя гель и труднорастворимые соли, связывающие отдельные частицы породы. Приток воды в ствол уменьшился в $3,5$ раза. На этом был завершён первый этап электрохимического закрепления.

* «Горный журнал» № 2, 1982; «Шахтное строительство» № 5, 1983.

Электрообработка с вакуумированием в замкнутом шпунтом контуре продолжалась непрерывно в течение 46 час.

Обследование пород методами визуальных наблюдений и пенетрации показало завершенность процесса упрочнения, после чего прошли выработку в упрочненной зоне на расстоянии 1,5 м. Проведение ствола с опережающим забоем малого сечения ($d=3$ м) было вызвано тем, что для ЭХЗ пород (после выполнения работ на первом этапе) за контурами полного сечения ствола необходимо расположить ЭИ по строго рассчитанной схеме под соответствующими углами. Кроме того, из забоя опережающей выработки вертикально вниз были установлены 17 электродов для удаления гравитационной и частично связанной воды в контуре полного сечения ствола и за его пределами.

Все электроды были подключены к источнику постоянного тока АТВ-500/230-1 непосредственно или через блок контакторов установки для электрохимического закрепления.

В течение 95 час. производили электрохимическое упрочнение. Это позволило упрочнить породу как в сечении, так и за контурами ствола на 1,35 м ниже отметки основного забоя. В результате проходку возобновили.

Далее операции по проведению ствола с использованием электрохимического упрочнения с вакуумированием вели в аналогичной последовательности.

Проходка по упрочненным породам была успешно осуществлена за 78 часов. Ниже породы имели достаточную естественную прочность и не требовали закрепления.

В процессе выемки породы установлено, что ее физико-механические свойства существенно улучшились, приобретя твердое и твердо-пластическое состояние, с прочностью на одноосное сжатие до 0,2 МПа, а также гидроизоляционные качества.

Полученный опыт позволяет реализовать на последующих объектах потенциальные возможности ЭХЗ. Рекомендуется вести его в активном режиме с использованием вакуумирования на катодах; поддерживать вакуум не менее 0,05 МПа; усовершенствовать конструкцию электродов-инъекторов.

В результате производственного эксперимента при проходке вертикального ствола станции «Октябрьская площадь» отработана технология его проведения по электрохимически закрепленным породам с использованием опережающей выработки меньшего сечения; выявлены рациональные параметры ЭХЗ — напряженности электрического поля; плотности тока; схемы расположения и подключения ЭИ к источнику тока и вакуум-наосу. Экономический эффект составил 15,3 тыс. руб. □

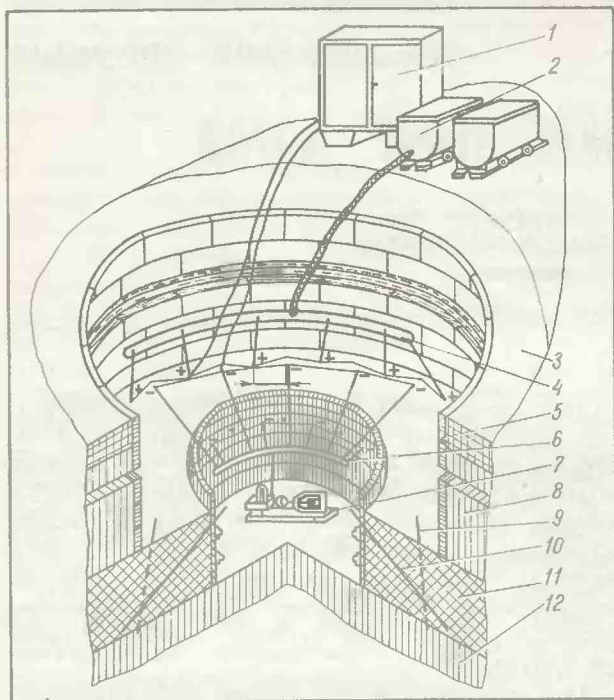


Схема проведения вертикального ствола с использованием электрохимического закрепления обводненных пород:

1 — тиристорный преобразователь АТВ-500/230-1; 2 — емкости для электролитов; 3 — устье ствола; 4 — распределительный коллектор; 5 — тубинговая крепь; 6 — коллектор для вакуумирования; 7 — вакуум-насос; 8, 12 — обводненная порода; 9, 10 — электроды-инъекторы; 11 — закрепленная порода.

На втором этапе выполняли электрообработку горного массива с одновременным вакуумированием воды, электроосмотически выделяющейся на катодах. Удаление ее способствовало осушению породы и образованию геля (и с помощью геля — гидросиликатов, гидратов, алюмосиликатов, карбонатов, нерастворимых солей кальция, железа, алюминия и др.), что необратимо изменило фазовое состояние обводненных лессов.

Работы на этом этапе осуществлялись в такой последовательности (см. рисунок): в центре ствола установили кондуктор $\varnothing 3$ м (диаметр ствола — 6 м) и посадили шпунт, внутри которого разместили электроды-инъекторы и подключили их к источнику постоянного тока, вакуум-наосу, так, чтобы вакуумирование выполнялось только на катодах, а аноды оставались свободными. В этом режиме источник тока, вакуум-наос и электроды работали в течение 11,5 часа, после чего его изменили.

Ученые — производству

◆ Над созданием виброгасящих бесшумных ступов работают ученые Института металлургии имени А. А. Байкова Академии наук СССР. Фундаментальные исследования и последующие эксперименты установили, что в процессе возбуждения вибрации в материале могут происходить обратимые структурные изменения, на которые расходуется энергия упругих колебаний.

В этом случае колебания гасятся, и материал перестает вибрировать, становится как бы «глухим». Полученные бесшумные сплавы на основе магния, марганца, железа, титана и некоторых других металлов, содержащих легирующие добавки, позволяют не только резко снизить шум, но и увеличить сроки эксплуатации техники. Из виброгасящих композиций изготовлены первые опытные партии зубчатых колес, пружин, корпусных деталей электрических машин, буровое оборудование.

◆ Новый синтетический тампонажный материал для гидроизоляции подземных сооружений создали специалисты ВНИИгеолурии.

Материал, состоящий из органических акриловых соединений, обладает большой текучестью и пластичностью. При добавлении в него так называемых инициаторов отвердения он полимеризуется, превращаясь в жесткое, прочное и водонепроницаемое вещество, которое выдерживает давление в артезианских водах.

Опыты показали, что этот тампонажный состав вытесняет воду в скважинах, шахтах, станциях «Удельная», Ленинградского метрополитана, где через несколько дней после зачеканки тампонажного материала приток воды сократился в пять раз.

Гидроизоляция выработок новым методом продолжается.

ВНЕДРЕНИЕ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ ТЩБ-7

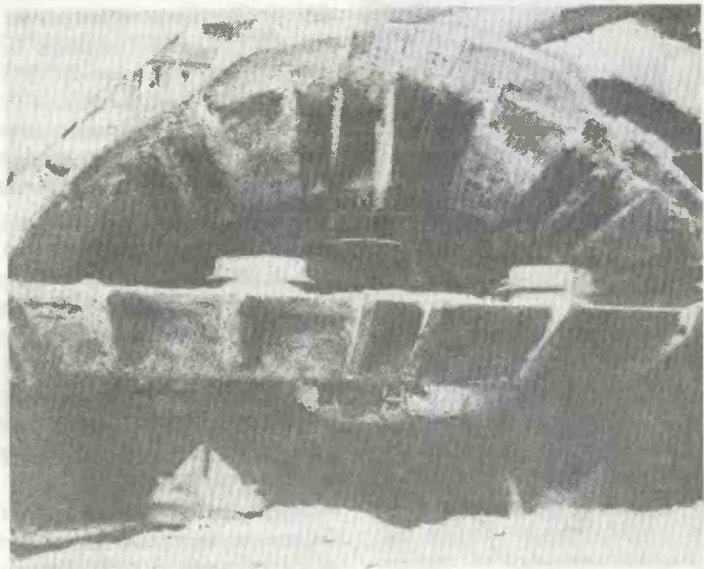
В. ХОДОШ, канд. техн. наук;
И. ГЕРГОВ, М. БЕРЕНДС, инженеры

ШИРОКОЕ применение щитовых комплексов для тоннелей с монолитно-прессованной бетонной обделкой на стройках Главтоннельметростроя началось с конца шестидесятых годов после проведения ряда исследовательских и конструкторских работ. Были созданы и испытаны комплексы 105-Т, ТЩБ-5,9, ТЩБ-2, ТЩБ-3 и др., используемые при сооружении тоннелей различного назначения в разнообразных горногеологических условиях — от устойчивых пород средней крепости до малоустойчивых. В первых, например, пройдены перегонные тоннели Тбилисского метро (комплексом 105-Т) и Алгетский тоннель (ТЩБ-3); в последних сооружены Большой Ставропольский канал (ТЩБ-2) и участок Краснопресненского радиуса.

Советский механизированный комплекс ТЩБ-3 со щитом ММЩ-1 применен для проходки геологически сложных участков линий Пражского метрополитена.

Опыт Главмосинжстроя в эксплуатации первых комплексов ТЩБ-1 на сооружении коллектора реки Неглинной и теплофикационного коллектора «Зарядье» общей протяженностью около 1,1 км подтвердил основное преимущество сооружения тоннелей в малоустойчивых грунтах щитовым способом с монолитно-прессованной обделкой по сравнению со сборной в районах плотной городской застройки, где исключалась осадка поверхности земли.

Конструктивными особенностями рассматриваемых комплексов являются прессование бетоиной смеси жестким кольцевым штампом (пресскольцом) в направлении оси тоннеля и применение переставных секционных олалубок.



Момент выхода комплекса ТЩБ-7 в котлован станции «Севастопольская», оборудованного дополнительными подковами для укрепления торцевой стенки.

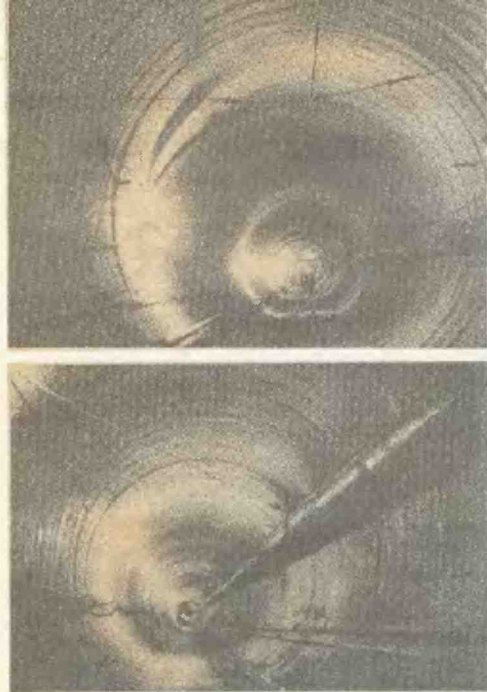
Первая группа комплексов предназначена для сооружения тоннелей в устойчивых грунтах средней крепости, разрабатываемых роторным исполнительным органом, с прессованием бетонной смеси усилием гидроцилиндров, принадлежащих разжимаемому по контуру выработки устройству — распорному кольцу.

Особенность второй группы — сочетание вдавливания в забой ножевой части корпуса щита и прессования (в задней части оболочки — секторном кольце) бетонной смеси реактивным усилием щитовых гидроцилиндров.

Соблюдение технологии возведения монолитно-прессованной конструкции обеспечивает контакт ее наружного контура с породным массивом, что резко снижает нарастание горного давления на обделку, улучшает условия ее работы и исключает осадку дневной поверхности при строительстве тоннелей мелкого заложения.

С 1978 г. Ясиноватский машиностроительный завод начал выпуск проходческих механизированных щитовых комплексов ТЩБ-7, а затем ТЩБ-7М, предназначенных для сооружения тоннелей в неводоносных нескальных грунтах с пределом прочности на одноосное сжатие $\sigma_{сж} \leq 20$ кгс/см² и гравелистых с включениями до 200 мм.

Принцип работы комплекса ТЩБ-7, относящегося ко второй группе, основан на сочетании вдавливания в забой ножевой части корпуса щита, оборудованной двумя горизонтальными площадками с четырьмя челюстными машинами, и одновременного прессования в хвостовой части оболочки бетонной смеси реактивными усилиями двадцати пяти щитовых гидроцилиндров ($\Sigma P = 2800$ тс или 28000 кН) при рабочем давлении $P = 250$ кгс/см² (25 МПа). На штоке каждого гидроцилиндра имеется компенсирующее устройство в виде подпружиненного стержня с ша-



Готовые тоннели с монолитно-прессованной бетонной обделкой.

ровыми поверхностями на концах, посредством которого первый упирается в прессующее кольцо, передающее давление на бетонную смесь. При перекосе прессующего кольца в допустимых пределах (до 170 мм) компенсирующие устройства предохраняют штоки щитовых гидроцилиндров от изгиба. В этом кольце имеется канал для подачи бетонной смеси в заопалубочное пространство. Для погружки разработанной породы на конвейер транспортного моста в лотковой части щита под углом 30° установлена погрузочная машина с челюстными захватами производительностью 60 м³/час. В комплексе ТЦБ-7М погрузочная машина выдвигается гидроцилиндрами за ножевую кромку щита. С ее помощью можно разрабатывать плотные породы перед агрегатом в нижней части забоя.

Защитовой проходческий комплекс включает 14 секций опалубки (шириной 0,6 м), самоходный механизм для ее перестановки, устройство для отрыва от бетона откидных звеньев нижней части опалубки, бетоновода, пневмоподатчиков и передвижной платформы с транспортером-перегрузателем.

ТЦБ-7 отличается от своего прототипа ТЦБ-5,9 следующими конструктивными изменениями:

число щитовых гидроцилиндров увеличено с 21 до 25 и их общее усилие — на 400 тс (4000 кН);

на прессующем кольце установлено 8 гидроцилиндров, служащих для удержания последней секции опалубки при его отрыве. Это создает нормальные условия для равномерного движения назад прессующего кольца, фиксации в этот момент секции опалубки и препятствует возникновению трещин в свежесформированном бетоне;

щитовые гидроцилиндры оборудованы сценными устройствами для возврата прессующего кольца взамен ранее существовавших дополнительных цилиндров, закрепляющихся на нем;

убрана вертикальная перегородка, что расширило зону действия челюстных машин и улучшило их обслуживание;

усиление подшипникового узла челюстей погрузочной машины сделало ее значительно долговечнее;

увеличена жесткость секций опалубки, которые имеют теперь плоский лоток и элементы взаимной фиксации (что исключает смещение опалубки);

управление гидроцилиндрами стало осуществляться электрогидравлическими золотниками.

Наиболее широкое применение комплексы ТЦБ-7 нашли на строительстве пускового участка первой линии Горьковского метрополитена от Московского вокзала до Автозавода. По трассе применялось искусственное водопонижение. Из двенадцати перегонных тоннелей восемь соорудились четырьмя комплексами ТЦБ-7 (6801 м).

После окончания работ на перегоне «Заречная» — «Двигатель Революции» (длиной 729 м) один из комплексов был демонтирован на укрупненные узлы и краном ККТС-20 перемещен к забою у противоположного торца станционного котлована. Ремонт занял около месяца. Далее комплекс продолжил сооружение перегонного тоннеля «Двигатель Революции» — «Пролетарская» (протяженностью 908 м). Левый перегон «Пролетарская» — «Северная» (770 м) был вторым (после участка «Заречная» — «Ленинская» в 1106 м) из трех сооруженных другим комплексом ТЦБ-7. В целях сокращения трудозатрат и сроков монтажно-демонтажных ра-

бот по завершении проходки левого тоннеля он был развернут в котловане станции «Северная» для строительства правого перегона (538 м). При этом от механизированного агрегата отсоединили защитовой комплекс. При помощи двух пятитонных монтажных лебедок и полиспастов первый без разборки был перекантован на подготовленное основание для разворота на 180° между осями обоих тоннелей. Затем корпус на металлической плите был перемещен в подготовленный лоток правого тоннеля. Защитовой комплекс (при помощи лебедок и 75-т крана) перемонтировали в исходное положение для проходки.

Для ввода ТЦБ-7 в забой (без технологических платформ) в котловане обычно устанавливался упор в виде П-образной рамы, усиленной подкосами из труб. По мере продвижения щита между пресскольцом и упором, используя механизм переноса опалубки, монтировали тубинговые кольца. Обычно по этой схеме работа выполнялась до полной врезки в забой корпуса щита. Далее велась сборка секций опалубки с возведением монолитно-прессованной бетонной обделки под малым давлением во избежание ее поломки в хвостовой части упора. Таким образом обычно соорудилось около 10 первых метров тоннеля.

Бетонная смесь готовилась на автоматизированных установках непрерывного действия СВ-75 производительностью 30 м³/час, обеспечивающих потребность двух комплексов. Размещение СВ-75 на строительной площадке позволяет оперативно получить требуемое количество смеси необходимого состава. Схема доставки последней в пневмоподатчиках и пристыковки каждого к бетоноводу поочередно оказалась более производительной. В связи с перебоями в получении гранитного щебня был подобран состав гравийно-песчаной смеси для бетона, отличающейся хорошей транспортабельностью по бетоноводу и незначительными потерями через зазоры между пресскольцом, оболочкой и секционной опалубкой. Контроль за качеством приготовления смеси вела строительная лаборатория, которая проводила экспресс-анализ, позволявший через два часа после затворения бето-

ной смеси прогнозировать марку бетона на 28-й день.

Проходческие работы выполняли комплексные бригады по 7—8 человек в 3 смены по скользящему графику. Средняя трудоемкость на сооружение 1 пог. м перегонного тоннеля комплексов ТЩБ-7 в ТО № 20 и СМУ № 1, по данным нормативных наблюдений СКТБ ГТМ, в июле 1980 г. составила 44,51 чел.-час.

На строительстве Минского метрополитена два комплекса ТЩБ-7 сооружали перегонные тоннели между станциями «Парк Челюскинцев» и «Академия наук». Монтаж и ввод их в забой осуществлялся по схеме, принятой в Горьком. Проходка правого перегона (710 м) велась в плотных грунтах с включением отдельных валунов размером до 0,9 м.

Каждый щит обслуживала комплексная бригада из 8—9 человек в 4 смены.

Если при проходке щитами ТЩБ-7 в Горьком устойчивость забоя достигалась расположением грунта на горизонтальных площадках под углом естественного откоса, а при передвижке удерживалась челюстными машинами, то в Минске цикл начинался последовательно с разработки ими забоя по ярусам.

Грунт по контуру выработки дорабатывался с площадок ручным пневматическим инструментом. Порода нижнего яруса после разработки отбойными молотками перебрасывалась вручную в зону действия погрузочной машины.

При проходке двух криволинейных участков на первом перегоне с $R=500$ м и $R=400$ м с внешней стороны кривой между секциями опалубки устанавливались инвентарные прокладки.

Ввиду того, что комплексы работали в центральной части города, на строительной площадке не смогли организовать собственный бетонный узел, что снизило темпы проходки, а в ряде мест и качество обделки. Расход бетонной смеси составлял $5,5 \text{ м}^3$ на заходку.

Вывод каждого из щитовых комплексов в котлован станции «Академия наук» осуществлялся следующим образом. Разработка породы в портальной части котлована производилась только в верх-

ней половине забоя. В лотковой части оставляли породный целик для создания сопротивления при прессовании смеси.

Тоннели от станции «Якуба Коласа» в направлении к «Площади Победы» сооружались комплексами ТЩБ-7 в раздельнозернистых (сыпучих) грунтах с коэффициентом крепости по шкале проф. М. М. Протодяконова от 0,6 до 1 с водопонижением.

Трудоемкость на проходку 1 пог. м первого перегонного тоннеля, по данным нормативных наблюдений Московской НИС, в ноябре 1978 г. составила 35 чел.-час. Всего за период с 1978 по 1981 гг. комплексами ТЩБ-7 сооружено в Минске 2479 м тоннелей.

В Москве на строительстве участка Серпуховской линии между станциями «Севастопольская» и «Нахимовский проспект» комплексом ТЩБ-7М в сложных горногеологических условиях пройдено 820 пог. м левого перегонного тоннеля.

Ввод механизированного щита в забой начался с отпором от П-образного забетонированного в лотке металлического упора и монтируемых за агрегатом тубингов чугунной обделки. Дальнейшее его продвижение с разработкой забоя по временной схеме и сборкой последующих чугунных колец сопровождалось установкой секций опалубки согласно заводской маркировке. Затем был произведен окончательный монтаж технологического оборудования по Горьковской схеме, с параллельной сборкой металлоконструкций и оборудования надшахтного комплекса и бетонного узла (конструкции Метрогипротранса) для приготовления смеси непосредственно на стройплощадке. Узел включал металлоконструкцию рамного типа, три бункера для хранения инертных материалов и цемента, разгрузочное устройство с приемной ворожкой; три весовых дозатора и бетоносмесительную установку С-773 полезной емкостью 375 л и производительностью $15 \text{ м}^3/\text{час}$.

По трассе почти полное сечение занимали плотные пластичные грунты с включениями сыпучих пород выше уровня грунтовых вод.

При установке четных секций опалубки (шаг 1,2 м) на цилиндрическую рабочую поверхность их

крепили конструкции закладных деталей, что значительно снижало трудоемкость и упрощало монтаж кронштейнов для коммуникаций. Тоннель сооружался вверх по уклону от $+3\%$ до $+25\%$ с поворотом влево $R=400$ м на второй половине перегона, с последующим выходом на горизонтальный участок и уклон -3% . При проходке щит показал неплохую маневренность, несмотря на $K=1,2$.

Для вывода щита в котлован «Севастопольской» у торцевой стенки была забетонирована кольцевая обойма, а в лотке на половину диаметра щита отсыпана порода. От ножевой его части в зоне верхнего яруса соорудили итольню. Передвижка агрегата производилась одновременно со всем защитным комплексом. Это увеличило вес последнего и создало дополнительное сопротивление движению. При каждой передвижке тщательно контролировалось усилие, создаваемое щитовыми гидроцилиндрами, время на возведение монолитно-прессованной бетонной обделки и визуально состояние элементов конструкции котлована. Лабораторные анализы образцов и проверка качества участков тоннеля молотком Кашкарова показали хорошее качество обделки и прочность выше проектной.

В настоящее время в Куйбышеве комплексом ТЩБ-7 сооружается в плотных налипавших грунтах перегонный тоннель между станциями «Безымянка» и «Победа» протяженностью около 700 м. А на одной из строительных площадок Новосибирскметростроя начинается монтаж нового комплекса ТЩФ-1, изготовленного Ясиноватским машиностроительным заводом, с новой технологией возведения монолитно-прессованной бетонной обделки. Предусмотрено доведение проходческих скоростей до $180—200 \text{ м/мес.}$, получение крепи с повышенной водонепроницаемостью, исключение таких трудоемких операций, как разборка и перестановка секций опалубки, составляющих 25% общих трудозатрат. Величина заходки в комплексе ТЩФ-1 увеличена до 750 мм. Применение его должно стать качественно новым этапом в сооружении тоннелей с монолитно-прессованной бетонной обделкой. □

УСТАНОВКА ДЛЯ ВОЗВЕДЕНИЯ ВНУТРИТОННЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

И. НЕСТЕРЕНКО, В. БЕЛЬСКИЙ, О. ВОРОБИЕНКО, Н. СУББОТИНА,
инженеры

Габариты, м:	
длина	6,1
ширина	7,12
высота	5,22
Масса, кг	4200

Стен в качестве грузонесущей конструкции способствовало наличие их на месте производства работ, сравнительно несложные приспособления и дооборудование в условиях ремонтно-механических мастерских и участков строительства, возможность дальнейшего применения при архитектурном оформлении и отделочных работах, простота технического обслуживания в шахтных условиях, а также объемно-планировочные решения станций и конструктивное исполнение внутритоннельных сооружений.

Пространственная конструкция станции «Исторический музей» (рис. 1, а) — из трех чугунных обделок, объединенных в единую систему продольными перемычками и колоннами. Верхние и нижние своды обделок (боковых — наружным диаметром 8,5, среднего — 9,5 м) опираются на стальные колонны через клинчатые продольные перемычки из чугуна. Перекрытия сборные из железобетонных плит. Наибольшая масса сборочного элемента (при общей длине 102 м) — 2900 кг.

Трехтоннельная тубинговая конструкция из сборного железобетона станции «Пушкинская» (рис. 1, б) имеет опоры верхних и нижних сводов на монолитные железобетонные пилоны посредством металлобетонных и монолитных железобетонных перемычек. Наибольшая масса сборочного элемента не превышает 3000 кг.

Сооружение станций пилонного типа все еще связано с применением большого количества ручного труда, с высокой трудоемкостью и стоимостью. В качестве основных грузоподъемных средств при этом используются мачтовые электрические лебедки и наземные стреловые краны на рельсовом ходу.

Применение лебедок требует дополнительных расходов на их многократную установку и демонтаж, а также устройство средств подмащивания при монтажных работах. Трудоемкость подготовительных и заключительных операций в десятки раз выше основных. При этом (особенно при блокировании элементов) в тяговых органах или в их креплениях возникают неконтролируемые усилия, являющиеся причиной возникновения повышенной опасности. Выполнение других видов работ в этот период действующими нормативными документами не допускается. Использование же кранов (количество необходимых экземпляров ограничено и исчисляется единицами) возможно при монтаже и грузоподъ-

емных операциях с массой элементов, не превышающих 1000 кг.

Коэффициент применения по объему монтируемых конструкций на станциях невысокий и колеблется в пределах 0,6—0,8. Они требуют при монтаже устройства средств подмащивания.

Харьковским отделом СКТБ Главтоннельметростроя совместно с Управлением Харьковметростроя были проработаны технологические схемы возведения внутритоннельных сооружений станций «Исторический музей» и «Пушкинская» грузоподъемной установкой на базе передвижных подмостей, эксплуатируемых ранее при производстве гидроизоляционных работ. Один из комплектов подмостей, изготовленных в КЭПРО Харьковметростроя, использовался при монтаже перемычек на станции «Пушкинская».

Решению использовать подмо-

Техническая характеристика:

Грузоподъемность, кН	100
Колея, м	4,79
База, м	4

* «Метрострой» № 5, 1981.

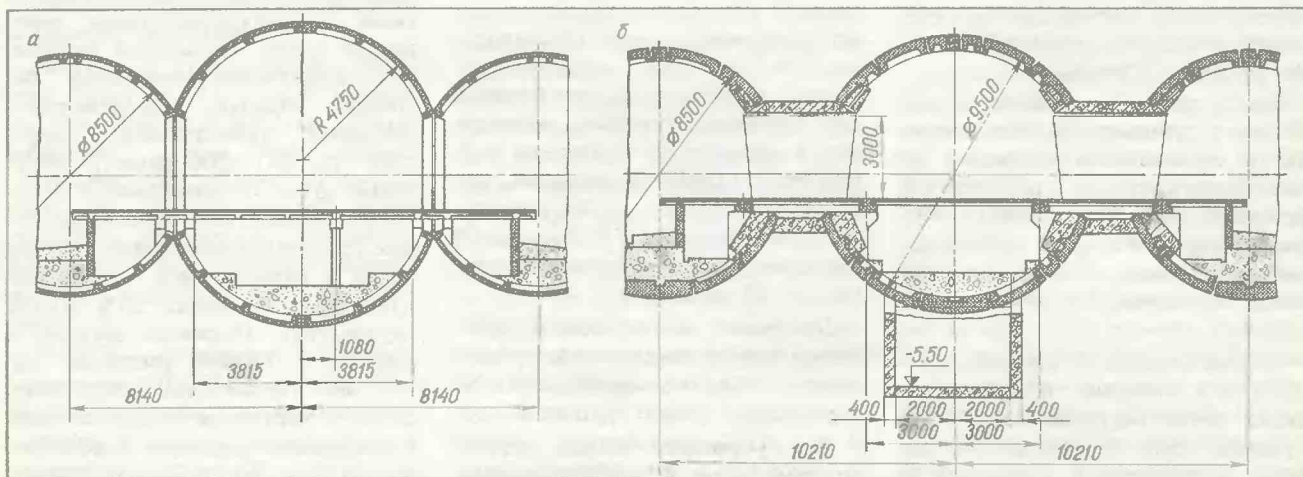


Рис. 1.

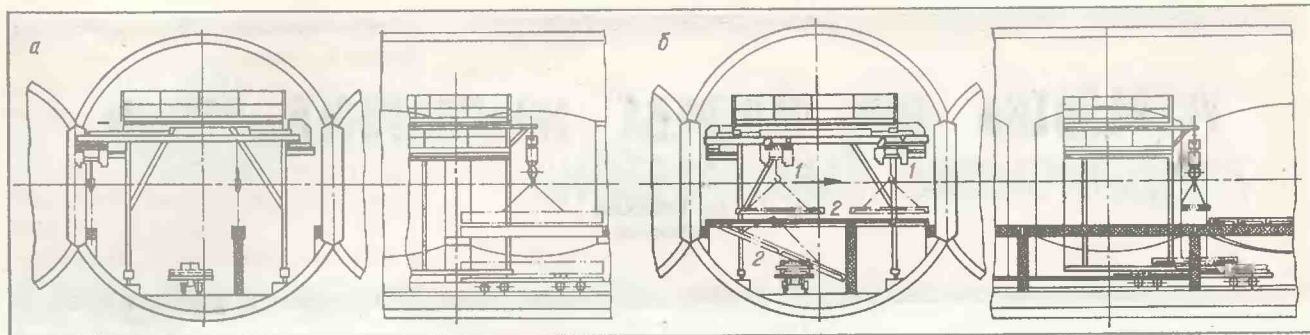


Рис. 2:

а — перпендикулярно, б — вдоль продольной оси подмостей.

Зумпфы на обеих станциях — из монолитного железобетона.

Внутреннее пространство станций, очерченное криволинейными поверхностями обделок и ступенчатым профилем лотковой части тоннелей, определило последовательность и способы установки конструктивных элементов. Наиболее сложным процессом в этих условиях оказался монтаж боковых балок. Расположение их непосредственно у колонн, в местах, где практически невозможны навеска грузовых блоков или маневрирование стрелой, заставило отказаться от традиционных методов и изыскать другое техническое решение.

В целях механизации монтажа и повышения производительности труда при возведении внутритоннельных сооружений была предложена установка, состоящая из передвижных подмостей, оборудованных электрической талью грузоподъемностью 32 кН, подвешенной на монорельсе, закрепленном на подмостях в двух вариантах:

перпендикулярно продольной оси подмостей на консолях, длина которых выбрана из условия разворота боковых балок при подъеме с доставочных средств и установке в проектное положение, а также возможности сборки плит перекрытия. Крепление монорельса позволяет выдвигание его в проемы при монтаже балок и плит проходов и установку в транспортное

положение при перемещении на новую заходку;

вдоль продольной оси подмостей. Крепление осуществляется жестко к ригелям рам.

Применение установок предполагалось во всех станционных тоннелях, однако из-за организационных причин эксплуатация их осуществлялась:

при монтаже конструкций среднего зала станции «Исторический музей» — с поперечным расположением монорельса;

при демонтаже сборных блоков основания для эректора, производившего монтаж тубингов обделки среднего тоннеля, и сооружений зумпфов станции «Пушкинская» — с продольным расположением монорельса.

Оснащение установок необходимым оборудованием и конструктивные изменения выполнялись непосредственно на строительных участках.

Для ввода в действие установки на станции «Исторический музей» потребовалось изменить колею подмостей с удлинением ригелей несущих рам на 0,6 м и демонтировать боковые обслуживающие площадки (в связи с совмещением рельсовых путей и складных деталей для перегоронок). Прочность отдельных элементов и общая устойчивость обеспечивались без дополнительных мероприятий. Стойки рамы со стороны крепления монорельса были заменены новыми, так как после демонтажа боковых площадок имели недостаточную жесткость.

При вводе в эксплуатацию ус-

тановки станции «Пушкинская» конструктивные изменения не вносились.

Монтаж конструкций осуществлялся по технологическим схемам в такой последовательности (рис. 2): боковые балки, колонны (с замонотчиванием их в стаканах лотка) и средние балки, плиты перекрытия.

Доставка конструкций к месту сборки осуществлялась специальной тележкой по постоянным путям со станции «Дзержинская» в боковой тоннель с перегрузкой их тельфером в средний зал на тележки с колеей колесных пар 0,6 м.

Демонтаж блоков и сооружение зумпфов производились с применением установки при погрузке — разгрузке и транспортировке материалов, конструкций и извлекаемой породы к местам работ и перегрузочным пунктам.

За время эксплуатации обеих установок уложено 90 м³ железобетона, демонтировано около 70 пог. м блоков и возведено 2 зумпфа. Несущая способность конструкций была обеспечена, нарушений целостности элементов не наблюдалось.

По основным параметрам установка соответствует технологическим требованиям грузоподъемных и монтажных работ при возведении внутритоннельных конструкций станций, сооружаемых закрытым способом. Оснащение ее индивидуальным приводом передвижения повысит маневренность и ликвидирует дополнительные операции по перемещению. □

Ученые — производству

◆ Новые отделочные материалы из керамических масс, отличающиеся высокими архитектурно-декоративными свойствами, разработаны Научно-исследовательским институтом строитель-

ных материалов и изделий Минстройматериалов УССР. Изделия светлокремового цвета имеют высокие прочностные показатели, различные формы и типоразмеры, позволяющие разнообра-

зить наружную и внутреннюю отделку зданий и сооружений. Сырье для их производства — белоглинистая глина с добавками и без них.

Выпуск изделий освоен в цехе № 1 Славянского заводоуправления строительных материалов и на Артемовском керамико-трубном ком-

бинате Донецкой области. Организация широкого производства и применения лицевых керамических изделий позволит сократить трудозатраты (отпадает необходимость облицовки), обеспечить постоянную отделочную номенклатуру из керамики при решении градостроительных задач.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБОГРЕВА МОНОЛИТНОГО БЕТОНА

М. ГРЕБНЕВ,
инженер

ЩИТОВУЮ крупноразмерную металлическую греющую опалубку разработали и успешно внедрили специалисты Управления механизации Мосметростроя. Она изготовлена в СМУ № 2 и применена при бетонировании монолитных железобетонных стен на строительстве станции «Кантемировская» пускового участка продлеваемой Замоскворецкой линии. В качестве нагревателей использовались гибкие ленты типа ЭНГЛ-180, укладываемые петлеобразными

для формовки и прогрева бетона и защитой утеплителя от увлажнения конденсатом, выделяющимся из бетона. Ребра жесткости опалубки выполняют роль каркаса щита, а также фиксируют на нем ленту в определенном плоском положении.

В качестве утеплителя 2 можно использовать любой теплоизоляционный материал (минерало-стекловату, плиты, стружки и опилки). Для эффективного отражения температуры на бетон рекомендуется применять экранированный слой алюминиевой фольги.

В местах перегиба лент следует устанавливать латунные трубки 5 (\varnothing 22 мм, длиной 0,6—0,3 м) и вокруг них обматывать ленту, исключая тем самым ее излом и прогорание.

Унифицированы и щиты опалубки

спиралями на металлический лист 3 опалубки с определенным шагом между лентами 1 (см. рисунок).

В комплект инвентарной опалубки входят: металлическая палуба, ребра жесткости и крепежные детали (шпильки с муфтами, шпindelели с муфтами и шпильками, подсобные пластины, внутренние и наружные углы). Комплект электрооборудования включает: трансформатор КТП-630Б, блок-приставку автоматического регулирования температуры бетонной массы, щит управления с разводящей коммутационной электросетью (на рисунке: 4 — токоведущий гибкий изолированный провод; 6 — электроразъем).

Комплекты укладываются в специально разработанные закрывающиеся контейнеры для хранения и транспортировки опалубки.

Палуба щита служит одновременно как гладкая поверхность

имеют следующие размеры, в мм: 1000÷300—500; 1200÷300—600; 1500÷300—500; 1600÷300—500; 1800÷300—600, что позволяет получать практически любые монолитные конструкции. Каждый щит состоит из цельнометаллического гнутого стального листа толщиной 2 мм и ребер жесткости (каркас), выполненных из уголкового стали.

Щиты легко монтируются парными шпindelельными соединениями и втулками (чекой). Длина последних зависит от толщины бетонизируемых конструкций. Соединительные отверстия расположены симметрично, поэтому бетонные блоки можно монтировать в разных положениях.

Собранная опалубка обладает достаточной жесткостью и устойчивостью.

Монтаж щитов можно производить как отдельными (2×1×

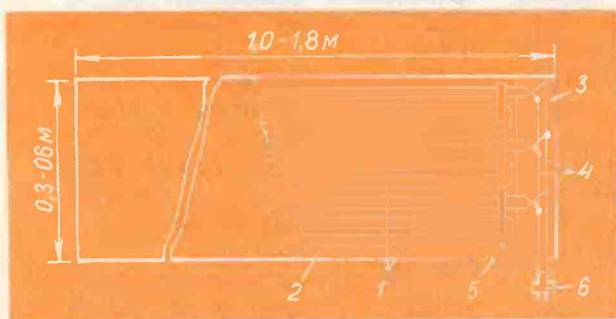
×0,07 м, масса 44 кг, ручную — 2 человека), так и укрупненными панелями.

После окончания бетонирования греющая опалубка подключается к электрической сети через блок-приставку и КТП-630Б задается температурный режим для дальнейшей тепловой обработки монолитного бетона. Продолжительность его прогрева зависит от многих факторов (толщины бетона, эффективности утеплителя, температуры наружного воздуха, силы и направления ветра, требований к прочности изделий после распалубки и др.). Как правило, она составляет практически 10—16 час. При этом бетон набирает прочность 70% (от проектной марки).

При надлежащем уходе за многооборотной греющей опалубкой в процессе эксплуатации и соответствующем хранении в контейнерах она служит 4—5 лет. Преимуществом ее по сравнению с традиционным электродным методом является доступность и простота изготовления в условиях строительной площадки.

Применение предлагаемой опалубки значительно сократило время на ее устройство, обеспечило высокое качество поверхности бетона и экономию пиломатериалов (0,19 м³ на каждый кубометр), топливно-энергетических ресурсов и металла. По данным Стройтреста № 16 Главленинградстроя, при выполнении монолитных железобетонных конструкций в объеме 800 кубических метров годовой экономический эффект составил 50 тыс. руб.

Подобные устройства можно также использовать для подогрева двигателей при запуске в зимнее время, воздухопроводов, оттаивания грунта, сыпучих материалов, удаления снега и наледи в полевых условиях. □



УНИВЕРСАЛЬНЫЙ БЛОКОУКЛАДЧИК

А. ГЕОРГИЕВ, В. ИВАНОВ, И. ИВАНОВА,
инженеры

НА ОСНОВЕ опыта эксплуатации тубингоукладчиков УТМ и ТУ-5 на Ленметрострое, а также сборки обделок в выработках сооружаемых метрополитенов страны СКТБ ГТМ разработано блокоукладчик тоннельный универсальный (БТУ).

Область применения механизма — укладка прорезных колец, обделок различной конструкции, в том числе переменного сечения в выработках малой протяженности без применения буровзрывного способа разработки породы. На Ленинградском метрострое монтаж прорезных колец выполняется только укладчиками без применения лебедок. В процессе продвижения забоя его металлоконструкция выполняет роль рабочих подмостей.

БТУ отличается компактностью и легкостью монтажа, выполняемого в штольне и не требующего специальной камеры. Он легко перевозится из одного забоя в другой при незначительных расстояниях.

Основное исполнение блокоукладчика включает платформу (раму) 1 (см. рис. 1) с четырьмя выдвигными опорами 2, механизм вращения рычага укладки блоков 3, гидрооборудование 4, электрооборудование 5, механизм перемещения блокоукладчика 6, рычаг укладки элементов обделки с противовесом 7, подмости 8.

В соответствии с наружным диаметром собираемой обделки в тоннеле на блокоукладчике устанавливаются площадки, выдвигные балки и откидные упоры.

Платформа представляет собой раму, собранную из отдельных элементов (балок), соединенных болтами. На ней установлены механизм вращения рыча-

чага, гидро- и электрооборудование. Ширина платформы позволяет перемещать механизм через узкие (2100 мм) проемы и при необходимости по туннелям.

Четыре выдвигные опоры (ноги), соединенные с платформой и опирающиеся на механизмы передвижения укладчика, образуют металлоконструкцию

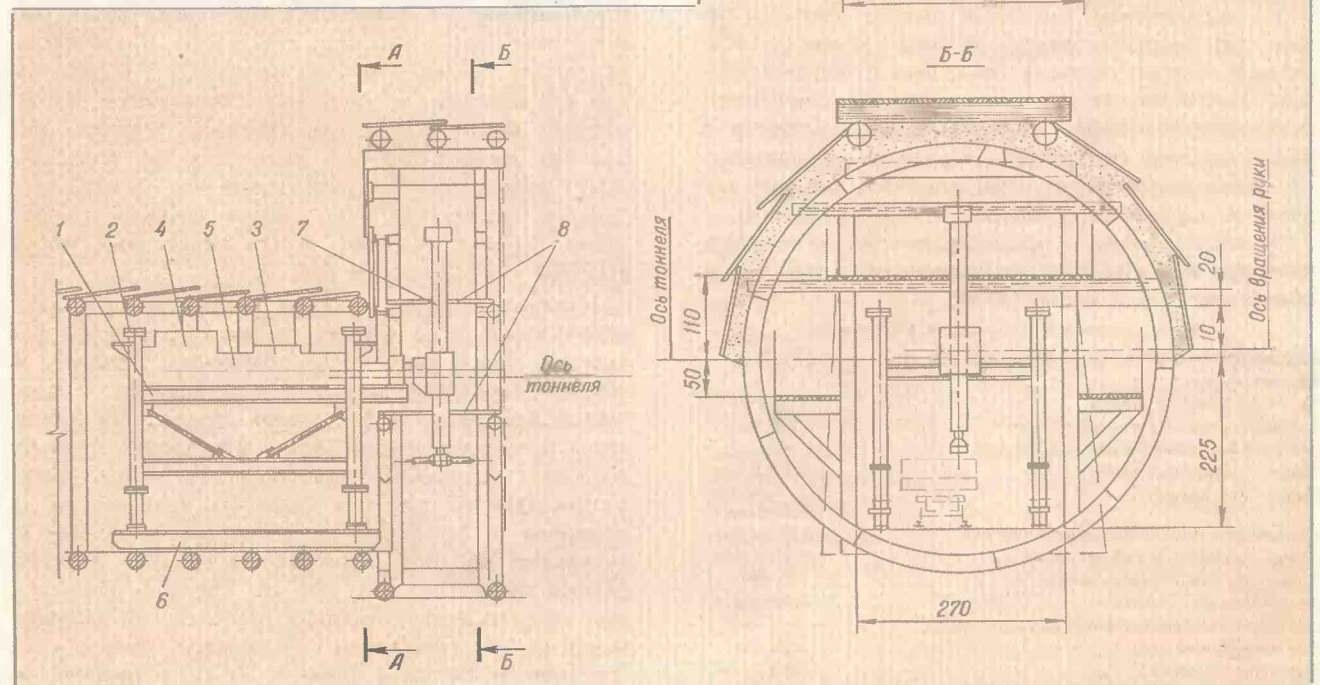


Рис. 1. Общий вид блокоукладчика.

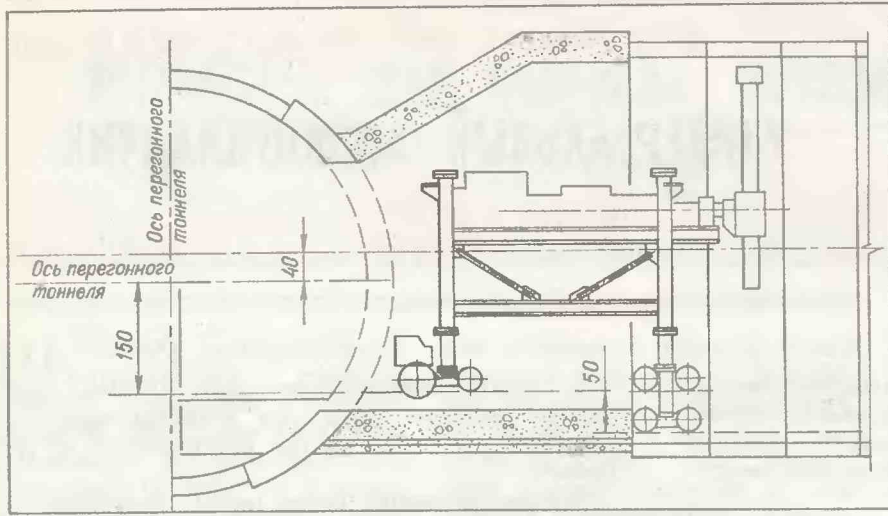


Рис. 2. Схема организации работ.

портального типа. Гидроцилиндры с ходом 1560 мм, установленные внутри опор, поднимают платформу на необходимую высоту для пропуска породопогрузочной машины, а при монтаже обделки — в другое фиксированное положение.

Механизм вращения рычага укладки блоков состоит из электродвигателя, колодочного гормоза с электрогидравлическим толкателем, двух цилиндрических редукторов, вала с зубчатой муфтой, установленного на подшипниках скольжения и соединенного с двумя гидроцилиндрами осевой доводки вдоль оси тоннеля. На конце вала напрессован фланец для крепления рычага. Вал выполнен в двух вариантах (второй предусматривает гидромуфту, обеспечивающую подвод масла к гидроцилиндрам).

Тип механизма перемещения блокоукладчика назначается проектом производства работ и может быть колесным или шагающим.

На выдвигаемой рычажной штанге крепится захват, тип которого зависит от вида элементов собираемой обделки. Штанга соединена с гидроцилиндром. Масса противовеса регулируется количеством установленных шайб (грузов). Рычаг разработан в двух вариантах (второй выполнен с перемещающимся противовесом). Этот рычаг способен собирать обделки с наружным диаметром от 4,32 до 9,8 м.

Откидные упоры устанавливаются на блокоукладчике при монтаже обделок диаметром свыше 6 м и обеспечивают его устойчивость.

Техническая характеристика укладчика

Наружный диаметр собираемой обделки	5,5-7,9 м
Ширина кольца	1 м
Грузоподъемность рычага	1200 кг
Ход выдвижения штанги последнего	1600 мм
Ход доводки рычага вдоль оси тоннеля	160
Скорость вращения рычага	1,875 об/мин
Привод его вращения	электромеханический
Производительность насосной установки	0,58 дм ³ /с
Рабочее давление в гидросистеме	6,3 и 10 МПа
Суммарная потребляемая мощность	16 кВт
Ход механизма шагания	1000 мм
Скорость откатки колесным механизмом	0,18 м/с
Ход выдвижения опор	1560 мм
База блокоукладчика	2900
Размер его по осям опор	2100
Усилие запрессовки	3000 кгс
Масса блокоукладчика	20 т

Гидросистема предназначена для привода механизмов подъема блокоукладчика на опорах, переноса его на механизме шагания и перемещения к забою, выдвижения штанги рычага и противовеса, доводки рычага вдоль оси тоннеля, распора в обделку, выдвижения площадок и балок. Система состоит из насосной станции (имеющей резервный насос), гидробака, гидравлических фильтров, регулирующей, распределительной и измерительной аппаратуры, силовых гидроцилиндров, приборов безопасности.

Гидроблоки обеспечивают разгрузку насосов при холостой работе и включение определенного давления. Приборы безо-

пасности — предохранительные клапаны, гидрозамки, дроссели.

Электрооборудование укладчика включает: шкаф с аппаратурой защиты и управления приводами, переносные пульты управления, электродвигатели, электромагниты гидрораспределителей, осветительную арматуру, светозвуковую сигнализацию, ручные светильники с разъемами, осветительные коробки, кабели. Питание — от трехфазной сети переменного тока с изолированной нейтралью напряжением 380 В, 50 Гц.

БТУ может быть применен при сооружении рудного двора из расчески ствола; венттоннеля и подхода к перегонному; узлов выхода — на перегон, монтажные камеры и камеры на пересечении; санузлов, вентсбоек и основной водоотливной установки.

Монтаж и выпуск укладчика осуществляются в штольнообразных выработках или непосредственно в бетонной части расчески ствола (что практически исключает бросовые работы по проходке выработок для его монтажа) и полностью обеспечивают сборку обделки механизированным способом. Наличие механизма выдвижения ног укладчика (на колесном ходу) позволяет легко перемещать его из ходка бетонного примыкания в переменном сечении, преодолевая перепад подошвы рельса откаточных путей (ПРОП), показанных на рис. 2.

Наличие съемных рабочих площадок позволяет использовать их в качестве подмостей с первой же заходки после сооружения прорезного кольца и сборки укладчиком первых блоков обделки. С площадок производится разработка грунта, крепление забоя и гидроизоляция. Портал металлоконструкции позволяет использовать для погрузки породы пневматическую машину или подвесить транспортер и монорельс с тельфером при переходе на сечение с перепадом ПРОПов. Возможность сборки обделок разных диаметров — от 4,32 до 7,9 м — обеспечивает непрерывность проходки тоннелей при наличии камер на их пересечении со сдвижкой центров конструкции до 80 см в плане и 50 см в профиле, а также сооружение участков для монтажа щитовых комплексов. □

ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ОБДЕЛКИ

СУПЕРПЛАСТИФИКАТОР «10-03»

В. ЦЫНКОВ, Ш. БАБАЕВ, М. СУХАНОВ, О. АНТОНОВ
кандидаты техн. наук

мерным продуктом и от обычных пластификаторов отличается постоянством свойств. Преимущества применения в производственных условиях суперпластификаторов указанного типа:

в повышении подвижности бетонных смесей из исходного 2—4 см (по осадке стандартного конуса) до 20—24 см при обеспечении заданной прочности бетона в любые сроки и условий твердения; сокращении расхода цемента на 20—25% с сохранением заданной

удобоукладываемости смеси и прочности бетона в любые сроки твердения;

снижении расхода воды затворения до 30% при наличии заданной удобоукладываемости смеси для получения плотного и высокопрочного бетона и др.

Наличие суперпластификатора «10-03» в оптимальном количестве в бетонной смеси практически не отражается на деформативных свойствах бетона, а сокращение расхода воды приводит к снижению деформаций усадки и ползучести. При этом существенно повышается водонепроницаемость и морозостойкость материала**

В КОМПЛЕКСЕ требований к конструкции, технологии изготовления элементов, возведения и гидроизоляции сборной железобетонной обделки тоннеля для обводненных грунтов требование водонепроницаемости блоков является одним из основных. При этом имеется в виду гарантированная водонепроницаемость блока при изготовлении его в производственных условиях и трещиностойкость в рамках принятой конструкции.

Приготовление в производственных условиях бетонной смеси с маркой в образцах по водонепроницаемости В-8 и выше несложно. Однако блоки тоннельной обделки из такой смеси обычно водопроницаемы при напорах 0,05—0,1 МПа, что связано с криволинейной их формой, особенностями армирования и заводской технологией производства.

Большинство принятых технологических схем предусматривает формование блоков выпуклой стороной вверх. При этом может быть обеспечена высокая точность основных геометрических размеров изделия, но отдельные его части находятся в процессе укладки и уплотнения бетонной смеси в неравноценных условиях.

На Очаковском заводе ЖБК Мосметростроя и других предприятиях блоки обделки перегонных тоннелей изготавливались в полуразборных формах с гравитационным пригрузом, образующим выпуклую поверхность изделий. В момент снятия пригруза получается разуплотнение бетона с образованием течей в зоне стержней сварного арматурного каркаса при незначительном гидростатическом давлении*. Отказ от пригружения при виброуплотнении и переход к формам с крышками (см. рисунок) снижают вероятность течей вдоль стержней каркаса, дают возможность повысить точность изготовления блоков по толщине, однако это приводит к увеличению времени формования и применению бетонной смеси с повышенным расходом цемента. Даже при этом водонепроницаемость блоков в производственных условиях полностью не гарантируется.

В целях создания более экономичной заводской технологии изготовления блоков обделки повышенной водонепроницаемости и прочности ЦНИИСом совместно с ВНИИЖелезобетоном при содействии Очаковского завода ЖБК Мосметростроя проведены испытания обделки перегонного тоннеля из бетонной смеси с добавкой суперпластификатора «10-03». Последний является синтетическим олиго-

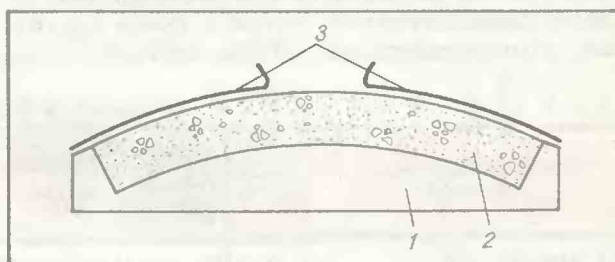


Схема формы с крышками для изготовления блоков обделки перегонных тоннелей (выпуклой стороной вверх):

1 — поддон; 2 — блок обделки; 3 — крышка.

В лабораторных условиях проведен подбор состава бетона с суперпластификатором «10-03» для производства высокопрочных железобетонных тубингов. Используются цемент Эдлбуновского цементного завода М 600 (НГЦТ-27%), гранитный щебень фракции 5—20 мм и песок с M_{np} 2,3. Состав и характеристика бетонной смеси и бетона приведены в табл. 1.

Удобоукладываемость бетонной смеси принята в интервале 15—30 сек. с учетом требований действующей технологии изготовления блоков обделки (минимальная длительность формования, незначительное оплывание смеси выпуклой поверхности после снятия крышек). За основу для производственных испытаний принят состав № 4.

Из смеси производственного состава, а также с добавкой суперпластификатора «10-03» в идентичных условиях изготовлены две партии блоков уни-

** А. Комар, Ш. Бабаев. Комплексные добавки для высокопрочного бетона. «Бетон и железобетон» № 9, 1981.

* В. Цынков. Плотность бетона блоков. «Метрострой» № 8, 1981.

Таблица 1

№№ составов	Расход материалов на 1 м ³ бетонной смеси, кг				В/Ц	Жесткость бетонной смеси, сек.	Предел прочности бетона, МПа	
	цемент	песок	щебень	суперпластификатор «10-03»			I сут.	28 сут.
1	450	580	1343	3,37	0,286	25...30	73,5	80,2
2	450	611	1289	3,37	0,29	20...25	64,5	78,9
3	450	641	1235	3,37	0,3	15...20	64	74,4
4	450	671	1183	3,37	0,301	20...25	66,7	77
5	450	699	1132	3,37	0,3	25...30	66,3	66,6

фицированной обделки \varnothing 5,5 м; блоки отформованы в одноблочных формах с крышками, обеспечивающих повышенную точность геометрических размеров.

Три блока ребристого сечения из бетона с суперпластификатором проверены на водонепроницаемость в стенде ЦНИИСа для одиночных испытаний на Очаковском заводе. Все изделия выдержали напор 0,1 МПа (два из них — 0,2 МПа).

На кольцевом стенде проведены сравнительные испытания на прочность и трещиностойкость обделок из блоков сплошного сечения, изготовленных из бетона производственного состава и бетона с добавкой суперпластификатора «10-03» (табл. 2).

Таблица 2

Состав бетонной смеси на 1 м ³ , кг	Марка бетона	Нагрузка в начале трещинообразования, тс/м ²	Разрушающая нагрузка, тс/м ²
Ц — 420; Щ — 1160 П — 723; В — 138 Д — 3,37	700	120	свыше 156
Ц — 420; Щ — 1300 П — 550; В — 167	400	72	144—156

Как следует из таблицы, трещиностойкость обделки из бетона с суперпластификатором возросла на 73%, т. е. пропорционально увеличению прочности бетона (75%). Довести до разрушения обделку с суперпластификатором не удалось, поскольку силовая установка стенда не позволяет создать нагрузку более 156 тс/м². Деформации конструкции и характер трещинообразования при испытаниях практически не отличаются от соответствующих показателей обделки из обычного бетона.

Для испытаний обделок на водонепроницаемость проведены исследования трех колец, в которые включены блоки двух составов бетона: 3 блока — с суперпластификатором «10-03» и 6 — из смеси производственного состава. При этом один из трех элементов с суперпластификатором был взят после прочностных испытаний, где нагрузка доведена до 156 тс/м².

Из шести блоков производственного состава водонепроницаемым при 0,15 МПа оказался только один, выдержавший напор до 0,4 МПа. Все три блока с суперпластификатором оказались водонепроницаемыми при этом напоре (в том числе блок, испытанный ранее на прочность, что указывает на отсутствие в нем микротрещин).

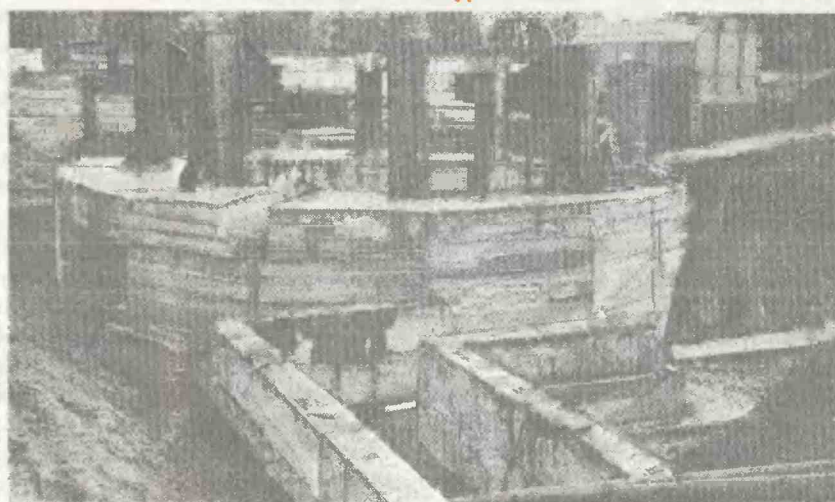
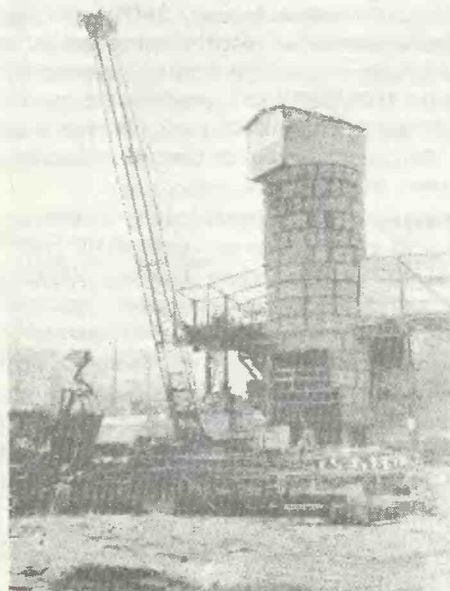
Выводы:

Использование суперпластификатора «10-03» в бетонной смеси позволило изготовить блоки тоннельной обделки повышенной прочности (до М 700) и водонепроницаемости (до 0,4 МПа) без увеличения расхода цемента и практически без изменения технологии;

несущая способность обделки перегонного тоннеля метрополитена из блоков с суперпластификатором при стендовых испытаниях превысила 156 тс/м²;

применение суперпластификаторов позволяет перейти на изготовление сжатых и сжато-вогнутых элементов тоннельных конструкций уменьшенного сечения с некоторым сокращением расхода арматуры. □

СТРОИТСЯ ТИМИРЯЗЕВСКИЙ РАДИУС МОСКОВСКОГО МЕТРО



«Петровско-Разумовская». Сооружение ствола методом продавливания крепи в тиксотропной рубашке.

◀ «Дмитровская». Шахтный копер и замораживающая установка.

МЕТРОПОЛИТЕНЫ МИРА

Страна, город, территория	Население	Год пуска в эксплуатацию	Количество линий	Протяженность линий, км	Число станций	Среднее расстояние между станциями, м	Инвентарный парк подвижного состава	Напряженные контактной сети, В	Стоимость одной поездки в национальной валюте	Результаты работы за год				Минимальный интервал между поездами, мин., сек.	Средняя эксплуатационная скорость, км/ч	Минимальное количество вагонов в составе	Количество эксплуатационного персонала, чел.
										перевозка пассажиров, млн. чел.	средняя дальность поездки пассажира, км	вагоно-километров, млн.	потребление электроэнергии, млн. кВт·ч				
Западный Берлин	2	1902	8	100,9	111	777	1016	750	2 марки ФРГ	352,6	6,3	74,8	170,8	2-30	31,7	8	3772
ФРГ — Гамбург	2,4	1912	3	89,5	80	1052	849	750	2,3* марки ФРГ	191,2	5,3	51,5	92,3	2-00	31,6	9	1985
Мюнхен	2,2	1971	4	38	44	846	329	750	1,5* " "	158	3,8	23,5	114	2-30	34	6	860
Нюрнберг	0,8	1972	1	15	22	685	108	750	" "	35	—	—	—	4-00	33	4	—
ГДР — Берлин	1,6	1902	2	15,8	23	772	340	750	0,2 марки ГДР	75	—	—	—	2-30	25/33	8	1600
Австрия — Вена	1,5	1976	3	30,4	39	843	272	750	15 шил.	169,8	5,5	10,7	77,6	3-00	34,4	6	986
Бельгия — Брюссель	1,1	1976	1	20,5	33	700	160	750	30 бельг. франков	44	—	5,7	—	3-00	30,2	4	1100**
Испания — Мадрид	3,5	1919	11	99,1	141	550	786	600	25 песет	357	5	82,5	—	2-40	21/29,3	6	3050
Барселона	3,1	1924	4	54,2	77	716	437	1200/1500	25 песет	214,2	4,8	32,3	97,3	3-24	25/27,6	5	2584
Финляндия — Хельсинки	0,8	1982	1	11,2	7	1400	90	750	—	—	—	—	—	5-00	43	6	—
Франция — Париж (город)	7,2	1900	15	192	360	571	3548	750	6 фр. франков	1129,8	4,8	191,3	483,3	1-35	23,9	6	10338
Париж (экспресс)	—	1938	2	102,7	63	1278/2067	620	1500	4,8* " "	246,4	11,1	56,7	222,2	2-30	41,7/48	9	2843
Марсель	1	1977	1	9	12	800	63	750	5 " "	29,8	3,8	12	3,9	2-40	33	3	321
Лион	1,1	1978	3	14,2	22	690	100	750	5 " "	60,4	2,5	6,5	22	2-17	29	3	344
Великобритания — Лондон	7	1863	9	387,9	247	1300	4083	600	0,8* фунта стерлингов	498	7,4	325	564	1-45	32,8	8	23113
Глазго	2,5	1896	1	10,5	15	700	33	600	0,3 " "	11,9	4	—	11	4-00	29	3	299
Ньюкаст	1,2	1980	1	43,6	35	1300	146	1500	0,25* " "	39,4	5,1	7,1	52,3	3-20	37	4	514
Греция — Афины	3	1925	1	25,7	21	1285	159	600	20 драхм	87,3	—	12,5	—	4-30	30	5	1722
Венгрия — Будапешт	2,4	1896	3	26,4	36	400/1000	258	550/825	1 флоринт	362	5,1	26,8	68,4	1-50	19/33	5	3142
Италия — Рим	3,6	1955	2	24,7	33	670/1100	208	1500	300 лир	145	—	16	—	3-00	37,3/33	6	1275
Милан	3,2	1964	2	47,1	57	724/1395	382	750/1500	500 лир	217,6	5	24,7	86,6	2-00	27/33/40	6	2276
Норвегия — Осло	0,5	1966	1	37,8	45	815	162	750	8 норв. крон	32,8	6,5	9,6	42	2-30	32	6	590**
Нидерланды — Амстердам	0,7	1977	1	18,4	20	900	87	750	1,5* флорин	33,8	9	3,4	25	3-45	32/35	8	310
Роттердам	0,8	1968	1	17,1	12	1545	198	750	1,3* " "	39,1	5,9	6,3	22,6	3-00	42	8	299
Португалия — Лиссабон	1,8	1959	1	12	20	630	80	750	20 эскудо	132	3,3	6,6	31,3	2-50	28	4	1383
Румыния — Бухарест	1,7	1979	1	17,4	12	1580	24	750	1 лей	15	—	—	—	4-00	36	4	—
Швеция — Стокгольм	1,5	1950	3	103,6	94	1000	888	700	5* шв. крон	197	6,8	63,2	202	2-00	33/40	8	2350
Чехословакия — Прага	1,2	1974	2	19,3	23	920	293	750	1 крона	259,7	—	—	—	2-30	34	5	—
Аргентина — Буэнос-Айрес	11	1913	5	34	57	600	396	550/1100/1500	—	219,8	—	—	—	2-00	18/26	6	4300**
Бразилия — Сан-Пауло	12,6	1974	2	26	27	1000	318	750	65 крузейро	347,3	7	33,3	123,9	2-05	29/34	6	2791
Рио-де-Жанейро	9,5	1979	2	14,5	18	850/1470	117	750	40 " "	98,2	7,4	8,3	82,9	3-45	33/36,5	6	1877
Канада — Торонто	2,1	1954	2	56,9	61	769	632	600	0,85 квн. долл.	150,5	6,9	69,5	325	2-10	29/37	8	1065**

Страна, город, территория	Население	Год пуска в эксплуатацию	Количество линий	Протяженность линий, км	Число станций	Среднее расстояние между станциями, м	Инвентарный парк подвижного состава	Напряжение контактной сети, В	Стоимость одной поездки в национальной валюте	Результаты работы за год				Средняя эксплуатационная скорость, км/ч	Максимальное количество вагонов в составе	Количество эксплуатационного персонала, чел.	
										перевозка пассажиров, млн. чел.	средняя дальность поездки пассажира, км	вагоно-километров, млн.	потребление электроэнергии, млн. кВт·ч				Минимальный интервал между поездами, мин., сек.
Монреаль	2,7	1966	3	46,7	51	900	759	750	0,8 кан. долл.	191,3	6,6	62,7	180,3	2—15	38,7	9	880
Мексика — Мехико	15,7	1969	5	78,3	80	882	1350	750	1,2 мекс. долл.	1037,5	7,6	134,4	325,1	1—55	34,6	9	3743
Чили — Сантьяго	4,3	1975	2	25,3	35	720	245	750	13 чил. долл.	122,2	5,8	19,3	62,2	2—30	32	5	1196
США — Нью-Йорк (НИКТА)	9,1	1868	—	369,8	461	850	6295	600	0,75 амер. долл.	991	14,5	434	168,4	2—00	35/30	10	27564
Нью-Йорк (ПАТХ)	—	1908	1	22,4	13	2115	290	650	0,5	53	7,2	14,9	71,2	1—30	34,4	7	837
Чикаго	6,7	1892	6	150,2	142	1000	1212	600	0,9	147,2	11,7	73,8	255,1	2—50	38,45	8	3550
Бостон	2,7	1897	3	55,1	51	1100	354	600	0,6	—	—	—	—	3—00	27/39	4	—
Филадельфия (СЕНТА)	3,7	1907	2	39,2	54	800	372	600	0,75	65	9,6	20	121,9	3—00	29/32/40	6	737**
Филадельфия (ПАТКО)	—	1969	1	23,3	14	1790	121	600	0,7*	11	6,9	—	—	2—00	60	6	345**
Кливленд	1,8	1955	1	30,5	18	1790	108	600	1	11	—	—	—	3—30	48	6	380**
Сан-Франциско	3,2	1972	1	115	34	3700	436	1000	0,6*	53,7	21,5	46,9	168,5	3—50	53	10	2283**
Вашингтон	2,8	1976	4	68,3	47	1500	298	750	0,75*	80,8	—	—	—	3—00	56	8	1500
Атланта	1,8	1979	2	25,7	20	1400	120	750	0,6	21	—	6,3	—	10—00	32	8	220
Китай — Пекин	9,2	1971	1	23,6	17	1475	64	750	0,1 юаня	45	—	—	—	3—00	38	4	—
Тяньцзинь	7,8	1980	1	5	6	830	—	750	—	—	—	—	—	—	—	3	—
Южная Корея — Сеул	8	1974	2	24,8	20	—	132	1500	—	—	—	—	—	3—00	35	6	—
Гонконг (Сянган)	5,2	1979	2	26,1	25	900	467	1500	1,5 гонк. долл.	351	7	31,3	130,2	2—00	32	6	3078
Япония — Токио (упр. пасс. тр-та)	25,8	1927	7	142,1	132	1100	1924	600/1500	100* иен	1694	7,4	167	412	1—50	25/44,9	10	9901
Токио (трансп. бюро)	—	1960	3	54,9	60	963	440	1500	120*	398	6,1	46,6	139,3	2—30	31,9	6	3126
Осака	7,6	1933	6	90,9	88	1000	798	750/1500	100	794,2	—	—	—	2—00	29/34	8	6525**
Нагоя	7,3	1957	4	54,6	56	1000	443	600/1500	—	—	—	—	—	2—00	33/35	6	2800**
Саппоро	1,5	1971	2	31,6	33	1000	328	750/1500	—	—	—	—	—	3—30	34,6	8	960**
Иокогама	2,8	1972	1	11,5	12	1000	70	750	—	—	—	—	—	5—00	—	5	—
Кобе	1,4	1977	1	10	8	1400	55	1500	100 иен	20	—	—	—	7—30	44,1	4	—
Киото	1,5	1981	1	6,9	8	1000	36	1500	—	—	—	—	—	5—00	33	4	—
Фукуока	1	1981	1	9,8	11	980	48	1500	—	—	—	—	—	—	—	6	—
СССР — Москва	8	1935	8	184	115	1700	2917	825	0,05 руб.	2417,2	10,52	407,78	1031,4	1—20	40,9	7	19083
Ленинград	4,6	1955	3	72,7	43	1820	1080	825	—	762,6	9,67	140,5	361,4	1—35	40,4	7	6754
Киев	2,1	1960	2	30,6	25	1220	358	825	—	335,3	10,2	41,99	120,3	1—30	40,5	5	2824
Тбилиси	1	1966	2	18	16	1180	125	825	—	143,6	5,7	15,13	60,2	2—30	39,1	4	1921
Баку	1,5	1967	2	18,6	12	1800	127	825	—	136,2	6,4	15,1	51,9	2—10	39,8	4	1918
Харьков	1,8	1975	1	17,3	13	1400	171	825	—	180,07	5,5	19,1	66	2—10	40,3	5	1888
Ташкент	1,7	1977	1	15,4	12	1410	106	825	—	92,6	6	10,5	42,1	3—00	40,2	4	1969
Ереван	1	1981	1	6,6	5	1650	32	825	—	18,2	3,8	2,8	13,9	5—00	40,9	3	897

Страна, город, территория	Население	Год пуска в эксплуатацию	Количество линий	Протяженность линий, км	Число станций	Среднее расстояние между станциями, м	Инвентарный парк подвижного состава	Напряженные контактной сети, В	Стоимость одной поездки в национальной валюте
---------------------------	-----------	--------------------------	------------------	-------------------------	---------------	---------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------	---

Метрополитены, введенные в эксплуатацию в 1988 и 1984 гг.

Франция — Лилль	1	1983	1	9,5	13	800	76	750	5 фр. франков
Венесуэла — Каракас	3,5	1983	1	11,7	14	900	140	750	2 боливара
СССР — Минск	—	1984	1	8,6	8	1075	—	825	0,05 руб.
США — Балтимор	1,8	—	1	12,9	9	1600	72	700	
Майами	1,6	—	1	33	20	1700	136	700	

По сведениям Международного Союза Общественного транспорта, метрополитены эксплуатируются в 71 городе 30 стран мира. В ближайшие годы они появятся еще в 13 городах.

Небезынтересны соотношения некоторых основных показателей Московского метрополитена с показателями наиболее крупных зарубежных метрополитенов.

Строящиеся и проектируемые метрополитены

Болгария — София	1,2	—	1	7,5	7	1250	—	825	
Индия — Калькутта	9	—	1	16,4	17	1025	144	750	
Италия — Неаполь	2,1	—	1	11,4	16	725	110	1500	
Испания — Севилья	0,9	—	1	10,5	16	700	—	1500	
Южная Корея — Пусан	3,5	—	1	26	28	950	181	1500	
Япония — Сендай	0,7	—	1	14,4	16	960	—	1500	
СССР — Горький	1,3	—	1	9,6	8	1370	—	825	
Новосибирск	1,3	—	1	13	10	1300	—	825	
Свердловск	—	—	1	18	6	3000	—	825	
Куйбышев	1,2	—	1	7,9	6	1300	—	825	
Днепропетровск	—	—	1	11,2	9	1240	—	825	

По годовым пассажироперевозкам Московский метрополитен продолжает занимать первое место — 2417,2 млн. человек (Токио — 2092; Париж — 1376,2; Нью-Йорк — 1044 млн. человек). По максимальной пропускной способности — также первое место — 45 пар поездов в час (в то время как Нью-Йоркский метрополитен достиг 40 пар поездов в час). По протяженности сети пятое место — 184 км (после Нью-Йорка — 392,2 км, Лондона — 387,9, Парнжа — 294,7, Токио — 197 км).

Наблюдается значительный рост стоимости проезда на метрополитенах (Сан-Пауло, Рио-де-Жанейро, Афин — в 2 раза; Рим, Милана — на 50%; Брюсселя, Парижа, Лондона, Стокгольма, Сантьяго, Нью-Йорка и других от 20 до 30%).

* — при дифференцированной системе оплаты проезда указана стоимость одной поездки примерно на расстоянии 6—7 км;

** — приведено общее количество работающих.

Примечание: Кроме перечисленных, метрополитены эксплуатируются в Бонне, Франкфурте, Ганновере, Штутгарте, Кельне (ФРГ), Пхеньяне (КНДР). Не указаны также метрополитены, по которым нет сведений.

Таблица составлена отделом научно-технической информации и пропаганды Управления Московского метрополитена по материалам Международного Союза Общественного транспорта „Метрополитены мира“ за 1982 год.

ВЫБОРОЧНЫЙ ОПЕРАТИВНЫЙ МЕТОД ОБСЛЕДОВАНИЯ ПАССАЖИРОПОТОКОВ

И. ЯКУШКИН,
канд. техн. наук

АНАЛИЗ применяемых в условиях метрополитена методов обследования пассажиропотоков — талонного, почасового, визуального* — показывает, что все они трудоемки и не дают возможности оперативно получать необходимые сведения для решения задач, связанных с движением поездов и организацией работы станций по обеспечению пассажирских перевозок на должном уровне комфорта. Ни у одного из перечисленных методов нет фотографической точности наполнения всех вагонов поездов на протяжении исследуемой линии в любой момент времени. А показатель исполнения — это и уровень комфорта, и оценка нашей организованности.

Спрос на услуги метро — пассажирские потоки пока еще мало изучен. Проектировщики и эксплуатационники метрополитенов постоянно встречаются с вопросом, перешенность которого практически остро ощущается. Необходим новый метод обследования пассажирских потоков, который отвечал бы следующим требованиям: быстрое получение данных о повагонном заполнении поездов; достаточная для практики точность полученных результатов; простота методики обследования, не требующая специального обучения учетчиков; привлечение минимального их числа; легкость и быстрота обработки первичных материалов; возможность применения метода как для отдельных станций, так и для всей линии в любой отрезок времени.

Всем перечисленным условиям удовлетворяет метод выборочного повагонного натурального обследования пассажирских потоков. По простоте проведения, легкости и скорости получения результатов он назван оперативным. В теоретической основе метода — положения математической статистики и теории вероятности.

Специальные подсчеты и анализ показали, что величина высадки или посадки пассажиров определенного вагона в составе на любой станции колеблется в течение часа в незначительных пределах. Так, при подсчете сплошным способом 3-го вагона по II пути с 8 до 9 ч. на станцию «Парк культуры» Кольцевой линии высадка составляла 2469 и посадка 1140 пассажиров. Среднечасовая высадка равна $2469:30=82$, посадка $1140:30=38$ пасс./ваг., где 30 — количество прошедших поездов за данный период. При подсчетах выборочным способом (у каждого пятого поезда при пятивагонном составе) результаты всех возможных пяти вариантов обследования дали среднее относительное отклонение по высадке 0,34% и по посадке — 2,2% (т. е. могут иметь место отклонения от каждых ста пассажиров в среднем не более чем на 2 человека или среднечасовая абсолютная ошибка находится в пределах практической допустимости).

Подобные результаты получены и по многим другим станциям. Так, на «Белорусской»-кольцевой среднечасовое относительное отклонение выборочных подсчетов от сплошных составило по высадке в сторону уменьшения 0,9% и по посадке в сторону увеличения — 3%. По «Комсомольской» — соответственно 1,4% и 4,5%.

Стабильность результатов дала возможность применить способ выборочной статистики. Одновременно на всех станциях линии в течение часа по каждому вагону производят несколько подсчетов пассажирообмена и достаточно точно определяют нагрузку перегонов и

фактически заполненные вагоны на протяжении всего пути следования поезда за этот час. Репрезентативность выборки установлена в 15—20%, т. е. подсчетами достаточно охватить 15—20% пассажиров.

Выборочный оперативный метод, как и другие, состоит из пяти стадий: тщательная подготовка, проведение обследования, обработка материалов первичной информации, анализ результатов, обязательная разработка организационно-технических мероприятий и рекомендаций, подлежащих внедрению в ближайшее время.

В стадию подготовки входит следующее: обоснование обследования, его цели и круга задач; разработка, согласование и утверждение программы; распоряжение или приказ об обследовании с назначением ответственных лиц по метрополитену, каждой линии или станции, по сбору и обработке материалов; заготовка в достаточном количестве памяток учетчиков и бланков формы I (см. таблицу); инструктаж участников и практическая тренировка.

Таблица

Форма I*

Обследование пассажирских потоков Кольцевой линии

Фамилия учетчика — Кочетков
Станция — «Комсомольская»
Номер пути — 1

Дата обследования — 19 ноября
1983 г.
День недели — суббота
Время — 7—8 ч.

Высадка и посадка по двери № 1

Время, ч., мин.	Высадка по двери № 1 из вагона № :					Посадка по двери № 1 в вагон № :				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
8.00	1	3	5	19	11	9	7	4	10	12
8.09	1	7	4	23	11	9	7	12	9	11
8.18	1	4	8	21	12	6	10	5	20	19
8.27	0	5	10	36	9	10	9	12	14	11
8.36	1	6	12	34	9	15	12	6	14	22
8.45	0	2	5	32	14	7	10	15	15	20
8.52	3	5	9	26	10	9	10	11	12	14
Сумма подсчета за 1 ч.										
8.00—9.00	7	32	53	191	76	65	65	65	94	109
Средняя за час по каждому вагону										
	1	4,6	7,6	27,3	10,9	9,3	9,3	9,3	13,4	15,6

* Заполнение условное.

Вторая стадия — проведение обследования — основана на «фотографии» пассажирообмена (подсчет высадки и посадки) вагонов во время стоянки поездов.

Обследование проводится одновременно на всех станциях, благодаря чему получают полную картину по всей линии. Данным способом можно определить высадку и посадку и их характер распределения по вагонам и путям на любой отдельно взятой станции.

По каждому пути подсчеты ведут, как правило, 4 учетчика (один на определенную дверь вагона). Двери нумеруются в вагоне по ходу поезда.

Во время стоянки поезда (15—45 сек.) учетчики, стоя каждый рядом со своей дверью, сбоку от нее, подсчитывают количество вышедших и вошедших пассажиров. Результаты (с точностью до одного пассажира) заносятся в бланк. Сначала производится подсчет у первого вагона прибывшего поезда. Затем у следующего и т. д. — до хвостового вагона. Далее эта группа переходит опять к головному вагону и повторяет подсчеты. Названный цикл обследования непрерывен — он повторяется в течение всего запрограммированного

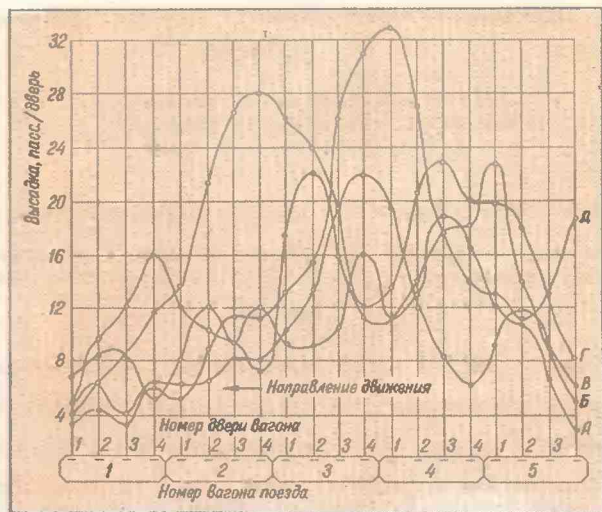


Рис. 1. Неравномерность распределения пассажиров по дверям вагонов в поездах на станциях Кольцевой линии в Москве:

А — «Проспект Мира», Б — «Новослободская», В — «Белорусская», Г — «Курская», Д — «Комсомольская».

времени независимо от того, где может оказаться группа в начале следующего часа (у первого или любого другого вагона).

В графе примечаний записываются причины возможных отклонений в высадке или посадке (например, группа школьников, экскурсия, состав следует в отстой, в депо или из него и др.).

Как показали обследования в Харькове (1983 г.) и Москве (1984 г. — Серпуховская линия), при малых потоках (до 20 пасс./ваг.), особенно не в часы пик, можно обойтись одним-двумя учетчиками вместо четырех, что значительно облегчает задачу.

Пассажиропотоки как бы «прочесываются» подсчетами через равные промежутки времени. Интервал обследования каждого вагона i в пределах 1 ч. равен:

$$i = (60 \times n) : N \text{ мин.}$$

где N — количество прошедших поездов, n — то же, вагонов в составе поезда.

Например, при частоте движения семивагонных поездов (45 в час) каждый вагон в составе будет обследован через каждые 9,3 мин. или 6,5 раза:

$$i = (60 \times 7) : 45 = 9,3 \text{ мин.}$$

Сбор, обработка и оформление результатов производятся специальной группой (руководителем, инженером и вспомогательным персоналом для оформления отчета). Бланки формы 1 по каждому часу и внутрисоставовому периоду обрабатываются следующим образом:

определяются средние за час величины высадки $b_{дв}$, посадки $a_{дв}$ и пассажирообмена $p_{дв}$ по каждой двери вагонов поезда; они равны среднеарифметическим от соответствующих полученных при обследовании нескольких данных (см. таблицу);

коэффициенты неравномерности пользования разными дверями одного и того же вагона при высадке $K_{выс}$, посадке $K_{пос}$ и по пассажирообмену $K_{обм}$ (высадке + посадке) — отношения соответствующих максимальных величин по дверям расчетного вагона к их

средним: $K_{выс} = b_{дв}^{max} : b_{дв}^{cp}$ и далее аналогично;

средняя за час фактическая высадка b_v , посадка a_v и пассажирообмен p_v по каждому вагону поезда равна сумме соответствующих величин всех четырех дверей вагона:

$$b_v = b_{дв(1)} + b_{дв(2)} + b_{дв(3)} + b_{дв(4)}$$

далее аналогично;

суммы соответствующих величин b_v , a_v и p_v по всем вагонам дают средние за час высадку b_n , посадку a_n

и пассажирообмен p_n поезда в целом; например,

$$a_n = a_{в(1)} + a_{в(2)} + \dots + a_{в(n)}$$

далее подобным образом,

где n — число вагонов в поезде;

коэффициенты неравномерности распределения пассажиров по вагонам одного и того же поезда по $K_{выс}$, $K_{пос}$ и $K_{обм}$ определяются делением соответствующих максимальных из всех вагонов величин к средним по составу, например:

$$K_{обм} = p^{max} : p^{cp}$$

далее аналогично;

почасовая высадка B_n , посадка A_n и пассажирообмен P_n каждого направления — пути станции — произведение соответствующей величины по поезду в целом на количество проследовавших в расчетный период времени $N_{дв}$: $B_n = b_n \times N_{дв}$;

среднее за час фактическое наполнение вагона в поезде на каждом перегоне m_ϕ составит:

$$m_\phi(x) = a_{в(1)} - b_{в(2)} + a_{в(2)} + \dots + (-b_{в(x)}),$$

где x — количество станций;

коэффициент неравномерности наполнения вагонов поезда K_ϕ — отношение максимального наполнения

m_ϕ^{max} к среднему m_ϕ^{cp} по поезду или $K_\phi = m_\phi^{max} : m_\phi^{cp}$;

коэффициенты внутрисоставовых (по 15-минутным периодам) колебаний пассажиропотоков: по высадке $K_{выс}$, посадке $K_{пос}$ и пассажирообмену $K_{обм}$ на станциях находятся также делением соответствующих максимальных величин к средним по четырем 15-ти минутам каждого часа; например, $K_{выс(15)} = b_{15}^{max} : b_{15}^{cp}$;

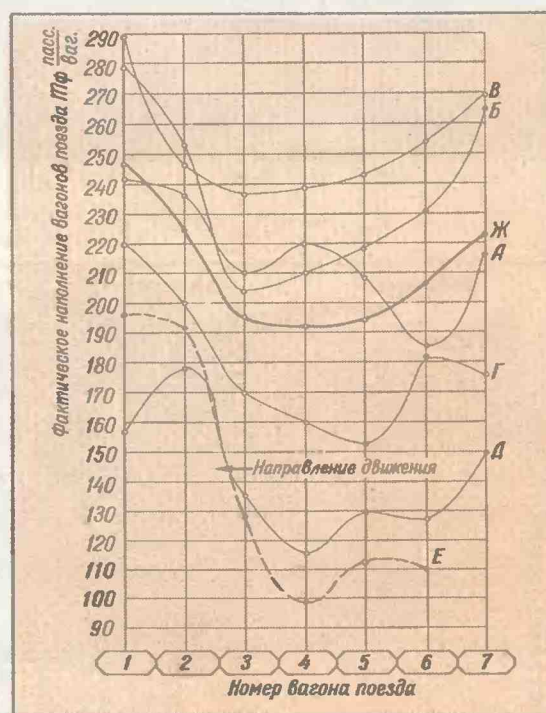


Рис. 2. Характер неравномерности и внутрисоставовых изменений наполнения вагонов в составах на лимитирующем перегоне «Пролетарская» — «Таганская» Ждановско-Краснопресненской линии Московского метрополитена:

А — 8 ч. 00 мин. ÷ 8 ч. 15 мин.; Б — 8.15 ÷ 8.30; В — 8.30 ÷ 8.45; Г — 8.45 ÷ 9.00; Д — 9.00 ÷ 9.15; Е — Серпуховская линия, перегон «Чертановская» — «Севастопольская», 7—8 ч. 4 апреля 1984 г.; Ж — средняя для А, Б, В, Г и Д.

$$K_{II} = P_{II}^{max} : P_{II}^{cp},$$

коэффициент неравномерности распределения потоков пассажиров по направлениям движения

$$K_{II} = P_{II}^{max} : P_{II}^{cp},$$

где P_{II}^{max} и P_{II}^{cp} — нагрузки перегонов — максимальная и средняя (по двум направлениям), усредненные по всем перегонам каждого направления, или

$$K_{II} = m_{II}^{max} : m_{II}^{cp},$$

Здесь m_{II}^{max} и m_{II}^{cp} — максимальное и среднее (по двум направлениям) наполнение вагонов в поездах по линии в целом; l_{II}^{cp} — средняя дальность поездки пассажиров как в пределах данной линии, так и по мет-

рополитену в целом; l_{II}^{cp} определяется делением соответствующей перевозочной работы (пассажирокилометров линии Π_{II} или метрополитена Π_{M}) на количество перевезенных пассажиров — суммарная посадка в поезда по всем станциям линии (метрополитена) A_{II} или A_M :

$$l_{II}^{cp} = \Pi_{II} : \sum_{n=1}^n A_{II,n} \text{ и } l_M^{cp} = \Pi_M : \sum_{n=1}^n A_{M,n},$$

где n — количество станций. Для определения средней дальности поездок по метрополитену в целом необходимо оперативное обследование одновременно на всех линиях.

КПД линии η вычисляются по формуле:

$$\eta = 100 : K_B < K_{15} \%$$

По полученным данным строятся картограммы и диаграммы суточных, часовых и внутричасовых пассажиропотоков для отдельных станций, перегонов и линий, эпюры распределения высадки и посадки по направлениям движения, а также пассажирообмена и наполнения вагонов на станциях и в поездах (рис. 1—4).

Таким образом, получаем достаточно полную картину пассажирских потоков, формирующихся в пределах всех линий. Результаты могут быть использованы

в эксплуатационной деятельности и проектировании метрополитенов. В течение нескольких дней можно разработать и реализовать мероприятия по повышению уровня комфорта и культуры обслуживания пассажиров, совершенствованию организации перевозок и повышению эффективности использования технических средств — прежде всего подвижного состава, например, определить рациональный его выпуск на линии для освоения перевозок при задаваемых (желаемых) максимальных наполнениях вагонов. В данном случае особую ценность приобретает показатель K_B .

Анализ результатов заключается в установлении и описании характерных и типичных особенностей «по-

Рис. 4. Изменения повагонных наполнений в связи с разным положением поезда во время его стоянки на станциях Кольцевой линии Московского метрополитена (2-й — внешний путь):

— — — — — до; — — — — — после изменения положения поезда по отношению к входом-выходам и переходам.

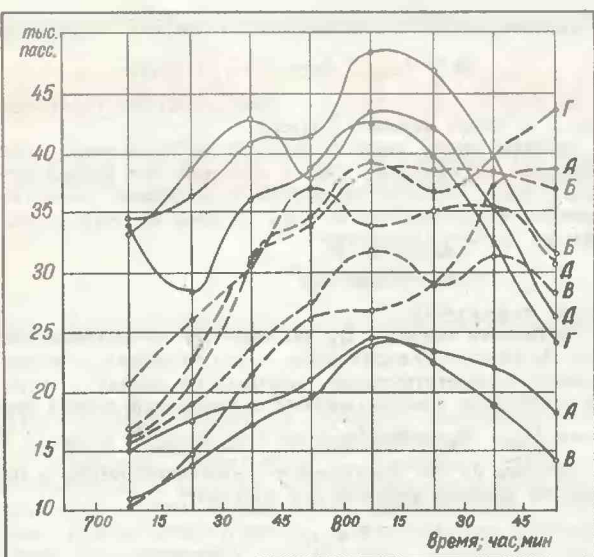


Рис. 3. Внутричасовые распределения перевозок по диаметральным линиям Московского метрополитена (рабочий день, 1981 г.):

А — Кировско-Фрунзенская, Б — Горьковско-Замоскворецкая, В — Арбатско-Покровская, Г — Калужско-Рижская, Д — Ждановско-Краснопресненская; — — — — — по входу, — — — — — по выходу

наполнение поезда M — сумма наполнений всех n его вагонов:

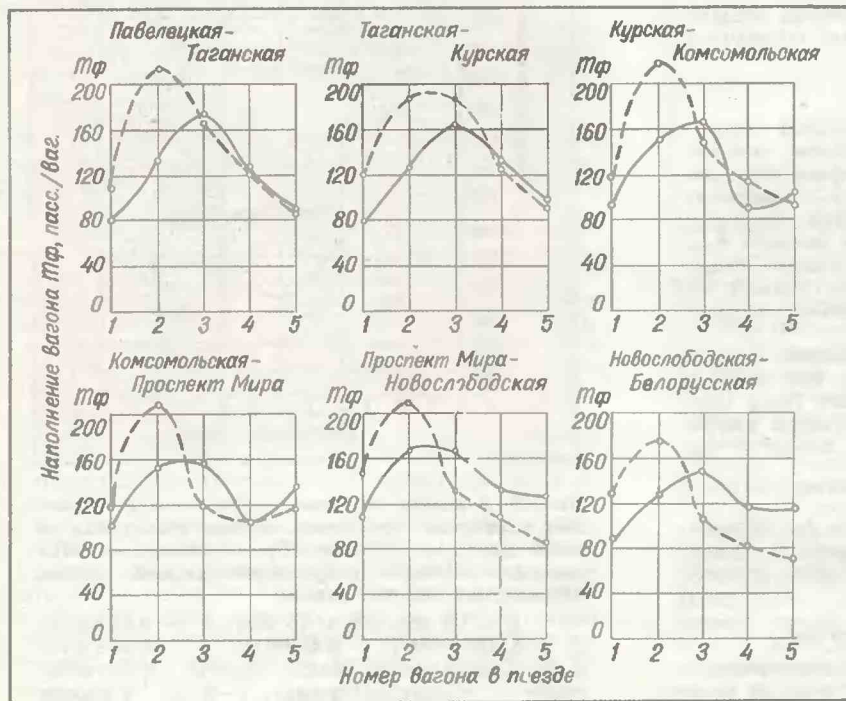
$$M_n = m_1 + m_2 + \dots + m_n;$$

часовая поперегонная пассажирская нагрузка P для каждого последующего перегона равна нагрузке предыдущего за вычетом часовой высадки и прибавлением посадки станций, расположенной между двумя перегонами; часовая нагрузка перегона равна также произведению наполнения поезда на количество обследованных поездов или:

$$P_{n(x)} = P_1 - B_{n(2)} + A_{n(2)} + \dots + (-B_{n(x)})$$

и

$$P_{n(x)} = M_{n(x)} \times N_{IV};$$



ведения», формирования и распределения пассажирских потоков линий и станций в динамике показателей, выявлении факторов и тенденций их развития с выведением математических соотношений и зависимостей. Особое внимание здесь необходимо уделять анализу влияния расположения входов, выходов и переходов на станциях.

Разработка предложений и рекомендаций. Каждое обследование завершается составлением отчета, который включает в себя все стадии и содержит практические и научно-методические выводы по улучшению работы линии. Отчет должен обсуждаться на Техническом совете Службы движения, утверждаться руководством метрополитена (один экземпляр на заключение передается в Главное управление метрополитенов МПС).

Настоящий метод опробован на Московском метрополитене и внедрен в производство. Обследования проводились также в Киеве и Харькове. Реализация отдельных предложений дала экономический эффект 2,3 млн. руб. (условно) по Кольцевой линии в Москве**.

Однако и в оперативном методе есть свои минусы: нельзя получить данных о межстанционных связях, отображаемых в виде так называемых косых таблиц; требуется значительное число учетчиков от 6 до 24 на каждую станцию с 6—7-часовой работой каждого из них, что примерно равно трудовым затратам одного почасового учета пассажиров, проходящих по входам и выходам станций (проводятся до 6 раз в год). Но этот недостаток окупается обширными характеристиками пассажиропотоков.

На повестке дня — целесообразность скорейшей механизации и автоматизации оперативных обследований, особенно на стадиях их проведения и обработки. Известны патенты на изобретения, реализация которых позволит специальными датчиками регистрировать подвернутой пассажирообмен в вагонах. Испытываются устройства для автоматической регистрации высадки и посадки в автобусах (2-й автобусный парк Москвы). Для условий метрополитена нужны специфические проработки. Необходимо также иметь специальные подразделения, которые бы систематически обследовали и изучали пассажиропотоки в соответствии с едиными методическими указаниями***. □

** «Городское хозяйство Москвы» № 6, 1966.

*** Пример расчета необходимых размеров (частоты) движения поездов. По лимитирующему перегону надо перевести 20 000 пассажиров за час. Заданный уровень комфорта — не превышать норматив вместимости наполнения вагона при максимально допустимой плотности стоящих пассажиров 4,5 пасс./м² (СНИП II-40-80). На линии эксплуатируется вагон типа Д — его норматив вместимости 150 пассажиров. Обследованиями установлено, что коэффициент неравномерности наполнения вагонов в поездах на расчетном перегоне равен 1,42. Следовательно, среднее по поезду наполнение составит: $150 : 1,42 = 106$ пасс./ваг. Отсюда необходимую частоту движения получаем из соотношения: $20\,000 : (106 \times 7) = 26$ поезд/ч, где 7 — число вагонов в поезде. С учетом неравномерности перевозок на перегоне по 15-минутным периодам внутри часа с коэффициентом 1,15 (по данным обследований) искомая частота движения — $26 \times 1,15 = 29,9$ поезд/час. Если же не учитывать коэффициенты неравномерности 1,42 и 1,15, как это делается сейчас, то частота получается заниженной в 1,6 раза — $20\,000 : (150 \times 7) = 19$ поезд/час. Но при этих размерах движения максимальное наполнение вагона будет 245 пасс./ваг: $150 \times 1,42 \times 1,15 = 245$, а не 150, что недопустимо.

При определении размеров движения поездов необходимо учитывать все пространственные и временные факторы пассажиропотоков.

Ученые — производству

♦ Технология невзрывчатого разрушающего средства для добычи блоков природного камня НРС-1 разработана во ВНИИСтроме им. П. П. Будникова. Процесс взаимодействия НРС с водой, заливаемой в пробуренные в объекте шпурсы, сопровождается расширением

смеси в объеме, ростом кристаллизации и развитием напряжений до 300 кгс/см², что ведет к развитию трещин и как следствие — отделению монолита от массива. Результаты ультразвукового и петрографического контроля качества готовых облицовочных плит показыва-

ли отсутствие техногенных поврежденных околешпуровой зоны в блоках.

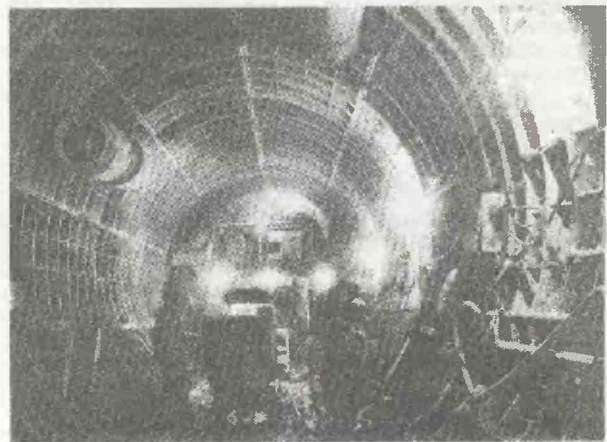
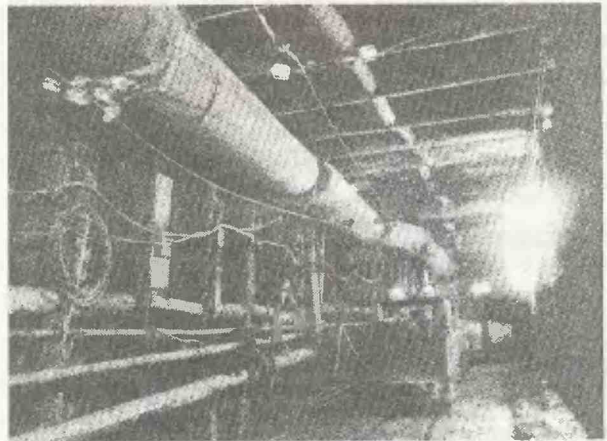
Опытно-промышленные испытания нового способа добычи природного камня проведены на Шальском гранитном карьере ПО Карелстройматериалы и Газанском мраморном карьере.

♦ Специалисты Научно-проектного центра промышленного строительства в Варшаве предложили заме-

ну гвоздям. Для соединения деревянных деталей можно использовать кольца с зубьями, вдавливаемые в дерево переносным гидравлическим прессом. Он портативен и может применяться на строительных площадках.

Кольца внутренним диаметром от 75 до 120 мм штампуются из листовой стали. В зависимости от размера каждое такое кольцо заменяет 50—70 гвоздей.

СТРОИТСЯ ТИМИРЯЗЕВСКИЙ РАДИУС МОСКОВСКОГО МЕТРО



Подходные выработки к станции «Савеловская» и перегонный тоннель.



Комсомольско-молодежная бригада В. Куксенко, работающая по методу участкового подряда.

БЕЗБАЛЛАСТНЫЙ ПУТЬ В ТОННЕЛЯХ

С. КЛИНОВ,
канд. техн. наук

С УВЕЛИЧЕНИЕМ объемов железнодорожного строительства, особенно скоростных магистралей, в последнее десятилетие во всем мире наблюдается неуклонный рост сооружения тоннелей. При этом преобладающей становится тенденция строительства тоннелей большой протяженности, что обусловлено стремлением к спрямлению трасс, повышению скоростей и исключению сезонных перебоев движения поездов.

Длина крупных действующих тоннелей находится в пределах 10—22 км, а сооружаемых и проектируемых 40—60 км. В 1986 г. планируется сдача в эксплуатацию подводного тоннеля Сейкан протяженностью почти 54 км под проливом между островами Хонсю и Хоккайдо в Японии.

Опыт показывает, что стоимость сооружения таких тоннелей возрастает быстрее, чем в прямой пропорции от их длины. Наряду с этим возникают дополнительные проблемы, главные из которых следующие:

традиционная конструкция пути на балласте оказывается неприемлемой из-за невозможности проведения ремонтов пути механизированным способом и его текущего содержания на должном уровне, обеспечивающем безотказную эксплуатацию;

усложняются восстановительные работы (число поездов, одновременно находящихся в тоннеле, увеличивается, а возможность оказания помощи при отказе подвижного состава, устройств пути или контактной сети имеется только от порталов);

повышается взрыво- и пожароопасность;

необходимость в устройствах для искусственного охлаждения воздуха (температура может достигать +60°C), которые могут выйти из строя одновременно с локомотивом, а также для снижения акустических эффектов у порталов и при встрече поездов в двухпутных тоннелях (раструбные порталы, припортальные крытые галереи, автоматические герметичные порталные ворота и даже сооружение специальных стволов — в двухпутных тоннелях).

Одна из наиболее важных и сложных задач — создание оптимальной конструкции безбалластного пути для железнодорожных тоннелей, который отличается повышенной стабильностью, незначительными расходами на текущее содержание, безотказной работой и длительными сроками службы, а также меньшей строительной высотой (на 200—250 мм).

Вместе с тем безбалластный путь требует более высокой точности изготовления и монтажа элементов верхнего строения, снижает темпы укладки и вызывает необходимость в длительных перерывах движения поездов, а также имеет более высокую начальную стоимость. Существующие конструкции верхнего строения пути безбалластного типа в тоннелях разнообразны и специфичны. Их целесообразно классифицировать по конструкции подрельсовых элементов (блочные, лежневые — в том числе шпальные, плитные и рамные); технологии изготовления (монолитные и сборные); способу опирания подрельсовых элементов (непосредственно на неподатливое основание и через упругий слой); ви-

ду применения материалов (деревянные, бетонные и железобетонные).

Рассмотрим блочные конструкции безбалластного пути, которые использовались в разное время и в разных объемах в Японии, ФРГ, Италии и других странах.

Впервые такой путь был уложен в тоннеле в Японии. Деревянные блоки (600×250×150 мм) под каждой рельсовой нитью омоноличивались бетонной основой. На них укладывались металлические подкладки и рельсы пришивались костылями. Впоследствии перешли к более долговечным бетонным блокам, в которых заделывались деревянные дюбели для крепления подкладок шурупами. Опыт эксплуатации этих конструкций выявил их недостатки, связанные с постепенным отслоением элементов от бетонного основания, их вибрацией и перемещением под поездной нагрузкой. В связи с этим осуществлено специальное крепление каждого блока к бетонному основанию в тоннеле (рис. 1):

деревянных — с помощью вертикальных закладных анкерных болтов;

бетонных — с помощью омоноличенных стержней.

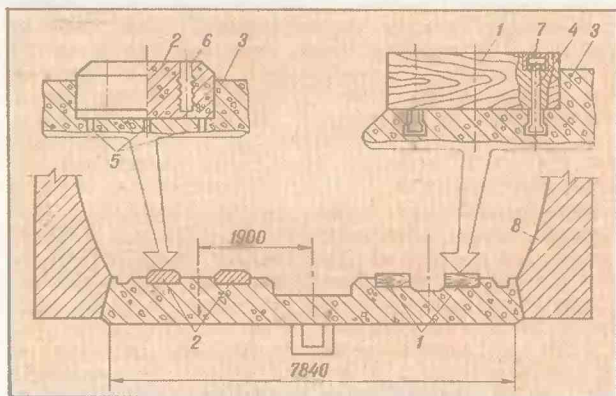


Рис. 1:

1 — деревянный блок; 2 — бетонный блок; 3 — монолитное бетонное основание; 4 — анкерный болт; 5 — металлические стержни; 6 — дюбель; 7 — асфальтовое заполнение; 8 — обделка тоннеля.

Одновременно перешли к более совершенным пружинным скреплениям с пластичными клеммами и резиновыми прокладками. После укладки такой конструкции пути в тоннеле Хокурику (около 14 км) в 1960—62 гг. начала ее широкое внедрение в тоннелях японских железных дорог (общим протяжением около 100 км).

Аналогичную конструкцию применили в тоннеле длиной 232 м в ФРГ на магистрали Хаген — Брюге. На трехслойном основании из уплотненного щебня (толщиной 20+20 см) и асфальта (5 см) изготовлялись армированные бетонные монолитные плиты (толщиной 14 см) с гнездами для бетонных блоков с дюбелями. Через каждые 5 м укладывались монтажные шпалы, фиксировавшие ширину колеи. После укладки блоков в гнезда путь с рельсами устанавливался в проектное положение, а зазоры в них заливались цементно-песчаным раствором. На перегоне Дахау — Карлсфельд был заложен опытный участок длиной 1700 м с несколькими вариантами безбалластного пути. Один из них (250 м) также представлял собой блоки, уложенные в гнезда в монолитной железобетонной плите и соединенные с ней цементно-песчаным раствором (рис. 2).

В последнее время в ФРГ предложена новая технология сооружения безбалластного пути, при которой готовые подрельсовые блоки (размером 800×250×120 мм) с помощью вибраторов погружаются в свежее уложенный бетон основания. Для этой цели создана специальная машина, укладывающая под геодезическим контролем по 5 блоков под каждый рельс одновременно.

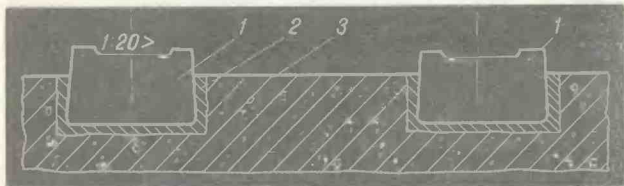


Рис. 2:

1 — подрельсовый бетонный блок; 2 — раствор; 3 — бетонное основание.

Недостатки рассмотренных конструкций с омоноличенными блочными опорами — в технологических затруднениях по обеспечению необходимой точности изготовления пути при несвязанных друг с другом рельсовых нитях; низких темпах строительных работ (порядка 40 м в день); недостаточной стабильности в эксплуатации из-за отслоений блоков от основания; неремонтопригодности конструкции, так как замена подрельсовых блоков невозможна без разрушения основания, а для омоноличивания вновь монтируемых после ремонта блоков необходим «мокрый процесс», требующий длительных перерывов в движении поездов.

В Италии сооружен участок безбалластного пути длиной 1000 м в тоннеле. На слой тощего бетона (до 100 мм) укладывалась монолитная плита (300 мм) с гнездами для подрельсовых железобетонных блоков. В отличие от рассмотренных выше конструкций блоки не омоноличивались раствором, а имели резиновые оболочки (рис. 3).

Упругие оболочки вокруг подрельсовых элементов обеспечивают возможность их демонтажа при ремонте и одновременно являются гасителями вибраций и шума. Однако отсутствие непосредственных связей между двумя рельсовыми нитями — основной недостаток этой конструкции, которая не гарантирует неизменность ширины рельсовой колеи (важнейшее требование обеспечения безопасности движения поездов).

В этом отношении можно рассматривать как шаг вперед конструкции безбалластного пути федеральных железных дорог Швейцарии и Франции, в которых вместо блоков применены составные шпалы типа RS — двухблочные, с металлической трубчатой поперечиной между подрельсовыми бетонными полшпалами. Последние расположены в углублениях — гнездах в бетонном основании и уложены на неопреновые подушки — в тоннеле Бозерг длиной 215 м или одеты в резиновые обоймы — в двухпутном тоннеле Гейтерсберг длиной 9500 м (рис. 4). В Парижском метрополитене и на городской железной дороге эксплуатируется такая же конструкция пути (60 км).

Следует отметить, что когда в результате схода грузового вагона в одном из тоннелей Швейцарии произошло разрушение пути, повреждения были нанесены только шпалам составной конструкции. Восстановление заключалось в их замене и выправке пути с помощью прокладок, устанавливаемых в гнезда в бетонном основании. Так как все элементы пути имеют допуски в размерах, то после ре-

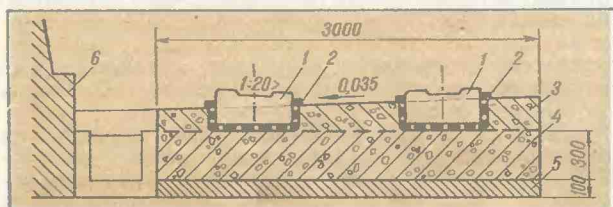


Рис. 3:

1 — железобетонный блок; 2 — резиновые оболочки; 3 — верхний слой бетона; 4 — железобетонная плита; 5 — тощий бетон; 6 — обделка тоннеля.

монта в гнездах неизбежно появление зазоров между шпалами и бетонным основанием.

Аналогичная конструкция испытывается в Японии. Основная особенность верхнего строения (типа Дантёку-А, В) — применение цельнобрусковых железобетонных шпал с широкой нижней постелью (400 мм) прямоугольного сечения, покрытых снизу и по боковым поверхностям до половины упругой оболочкой из синтетического материала толщиной 20—25 мм. При этом толщина боковых частей упругих оболочек увеличивается к верхним кромкам для облегчения извлечения шпал в случае необходимости. Бетонное основание заливается до уровня верхних кромок упругих оболочек, а остальная часть шпальных ящиков заполняется балластом. Главное назначение данной конструкции — снижение уровня шума. Однако она имеет высокую стоимость, сложную и многодельную технологию изготовления укладки пути, а также, как и рассмотренные выше, не позволяет после извлечения шпалы из гнезда в бетонном основании точно уложить на ее место другую и требует заполнения образовавшихся под шпалой и вокруг нее зазоров синтетической смолой.

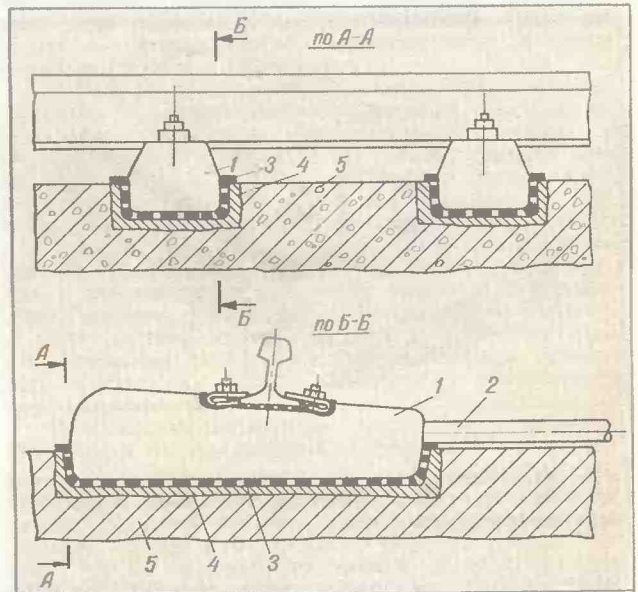


Рис. 4:

1 — подрельсовый блок; 2 — трубчатая поперечина; 3 — резиновая оболочка; 4 — цементно-песчаный раствор; 5 — бетонное основание.

В связи с постройкой высокоскоростных линий Синкансен в Японии были форсированы работы по созданию более совершенных типов безбалластного пути для тоннелей. В качестве подрельсового элемента выбрана железобетонная плита, что обеспечило индустриальность изготовления подрельсовых оснований и высокие темпы их укладки (до 200 м в день) при фиксированной и стабильной ширине колеи.

Испытаны два вида плит с различным опиранием на основание:

типа «М» (длиной 2,3; шириной 2,4 м), опирающаяся на резиновые прокладки в 4 точках (рис. 5). Выправка пути в вертикальной и горизонтальной плоскостях выполняется с помощью регулировочных резиновых прокладок, которые одновременно служат средством борьбы с вибрацией и шумом;

типа «А» (длиной 4,95; шириной 2,34 м), опирающаяся на основание всей поверхностью (рис. 6).

Обе конструкции оказались работоспособными. После создания материала выравнивающего слоя под плитами на основе холодной асфальто-цемент-

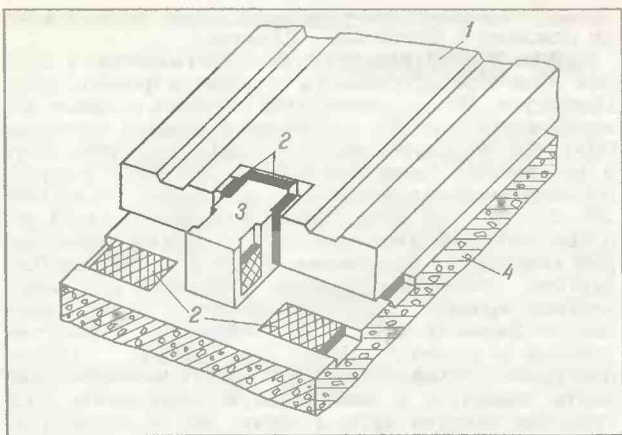


Рис. 5:

1 — железобетонная плита; 2 — регулировочные упругие вкладыши; 3 — призматический бетонный упор; 4 — монолитное бетонное основание.

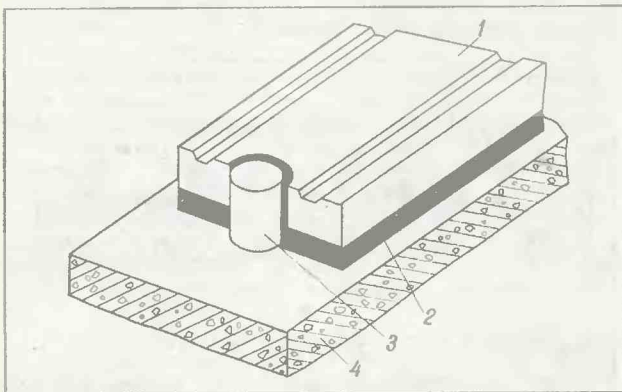


Рис. 6:

1 — железобетонная плита; 2 — асфальто-цементная мастика; 3 — цилиндрический бетонный упор; 4 — монолитное бетонное основание.

ной мастики (прочность на сжатие 0,4—1 МПа) конструкция безбалластного пути с плитами типа «А» (толщиной 200 мм) принята в качестве стандартной для укладки на искусственных сооружениях скоростных линий Синкансен (более 700 км). В зависимости от типа рельсовых креплений применяются две модификации плит: А-SI и А-SS с продольными желобами в подрельсовых сечениях или с плоской верхней поверхностью. При этом А-SI позволяют регулировать положение рельсов в плане на ± 3 мм и в профиле на +10 мм, а А-SS соответственно на ± 10 мм и +25 мм.

Технологическая последовательность операций по сооружению безбалластного пути с плитами «А» следующая:

сначала укладывают бетонное основание, затем плиты, рельсы и ставят крепления. Путь устанавливается в проектное положение и фиксируется с помощью клиньев, а под плиты самотеком заливается асфальто-цементная мастика, образующая выравнивающий слой (от 40 до 100 мм толщиной). После ее твердения клинья удаляются.

К достоинствам такого пути относятся его высокая стабильность и экономическая эффективность. Благодаря резкому снижению расходов на текущее содержание срок окупаемости дополнительных капитальных вложений не превышает 4 лет при более высокой (в 2 раза) строительной стоимости. Однако применяемые асфальто-цементные мастики оказываются трещиностойкими при совместных воздействиях низких отрицательных температур и динамиче-

ских нагрузок. Сокращение длительности времени твердения таких мастик достигается с помощью синтетических добавок высокой стоимости. Другой конструктивный недостаток: для предотвращения смещения плит в продольном и поперечном направлениях в процессе эксплуатации пути требуется устройство с высокой точностью специальных бетонных анкеров в основании в виде цилиндров (\varnothing 400 мм), входящих в соответствующие вырезы в плитах (см. 3 на рис. 6).

При плитном безбалластном пути заметно (на 3—5 дБ) возрастает уровень шума, создаваемого поездами. В связи с этим разработан антивибрационный вариант, в конструкции которого между подошвой плит и асфальто-цементным выравнивающим слоем дополнительно укладываются резиновые маты (толщиной 20 мм). Хотя безбалластный путь с плитным подрельсовым основанием применяется в тоннелях линий Синкансен практически повсеместно, поиски оптимальной конструкции продолжаются.

Широкое распространение на зарубежных железных дорогах получили конструкции безбалластного пути из монолитного железобетона. За последние годы в Великобритании сооружено около 20 км такого пути в тоннелях и 3 км на открытых участках. Это так называемый путь типа РАСТ, представляющий собой сварные рельсовые плиты с бесподкладочным креплением «Пэндрол», уложенные на непрерывную железобетонную плиту (рис. 7). В подрельсовых зонах размещены непрерывные эластичные ленты (толщиной 10 мм), снижающие жесткость пути. Поверхность плиты сprofilирована для обеспечения водоотвода. Ее размеры (ширина 2,2—2,5 м, толщина 0,15—0,25 м) и процент армирования (от 0,5 до 1%) назначаются в зависимости от осевых нагрузок (20—30 тонн/ось), скоростей движения (100—200 км/ч), а также от прочности подплитного основания, плана пути и климатических условий.

Процесс переустройства пути в тоннеле на конструкцию типа РАСТ начинается с удаления рельсоопальной решетки и балласта. Затем производится очистка основания с промывной лотка водой под давлением. Монолитная плита сооружается специальным укладочным комплексом, обеспечивающим заданное ее положение в профиле с помощью следящей системы и копира вдоль пути с обеих сторон в виде натянутого троса. Бетоноукладчик со скользящей опалубкой перемещается по объемлющему монтажному пути из сварных рельсов. Осуществляется предварительное натяжение арматуры, которую закрепляют к анкерам, установленным в монолитном основании. Бетоноукладочная машина движется со скоростью 20—40 м/ч. Вслед за ней выдавливают в сыром бетоне (на каждой седьмой опоре), а затем сверлят в затвердевающем остальных отверстия для анкеров промежуточных креплений.

Монтажные рельсы свариваются в более длинные плиты, образующие в последующем путевые рельсы в тоннеле. Закрепление их производится через 7 суток после набора бетоном необходимой прочности.

Для ускорения производства работ применяется способ омоноличивания на месте жесткого карнаса из железобетонных шпал или рам. Первые изготовлялись меньшей длины и с выпусками арматуры на концах (по 70 мм). Армирование ведется стержнями, проходящими под шпалами, сбоку и между ними, соединенными с выпусками арматуры. Темп устройства такого основания составляет 100—160 м за 30-часовое «окно».

Хотя строительная стоимость РАСТ выше, чем обычной конструкции бесстыкового пути, на 40—50%, срок окупаемости капитальных вложений составляет около 4,5 лет. Данная конструкция нашла применение также на железных дорогах Новой Зеландии (9 км), Австралии (5 км), Испании (4 км) и других стран. Несмотря на довольно широкое ее распространение, следует иметь в виду, что выправка положения рельсов в плане и профиле после

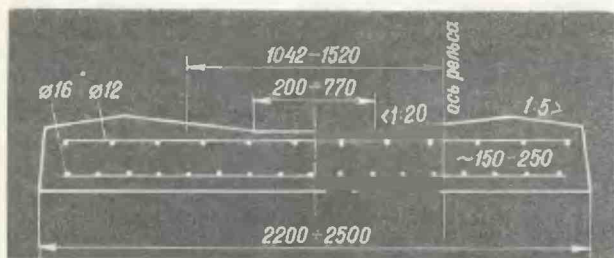


Рис. 7.

укладки практически невозможна. Даже при высокой точности изготовления (± 1 мм на 10 м) возникла необходимость в обточке бетона в подрельсовых зонах для равномерного опирания рельсов (до 15% протяжения). В процессе эксплуатации в монолитных плитах, не имеющих деформационных швов, зафиксированы поперечные трещины, возникающие при изменениях температуры и от ударно-динамических воздействий колес подвижного состава, а также при неравномерной осадке подплитного основания. До сих пор эти трещины не раскрылись до больших размеров благодаря предварительно-напряженному армированию. Однако нельзя не считать с опасностью усиления коррозионных повреждений арматуры в местах, подверженных трещинообразованию. Кроме того, трещины могут появиться в местах заделки анкеров в бетонную плиту, особенно в крутых кривых. Ремонт же монолитной плиты — весьма сложное дело.

В эксплуатируемых тоннелях ФРГ уложены два варианта конструкции безбалластного пути с монолитным подрельсовым основанием, которые получили наименования Оелде и Реда (конструктивные недостатки аналогичны РАСТ).

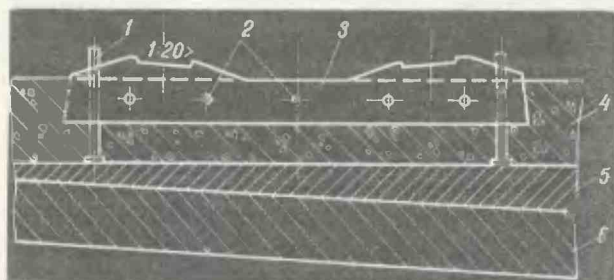


Рис. 8.

1 — регулировочные винты; 2 — продольная стержневая арматура; 3 — железобетонная шпала; 4 — монолитная железобетонная плита; 5 — выравнивающий слой бетона; 6 — обратный свод тоннеля.

Верхнее строение пути типа Оелде представляет собой монолитную железобетонную плиту плоской формы (шириной 2,5 м, толщиной 0,2 м), уложенную на выравнивающий слой бетона (толщиной 80 мм) сверху обратного свода тоннеля. Для предотвращения трещинообразования в несущей железобетонной плите каждые 5 м устроены деформационные швы. В этих местах применена гладкая арматура, покрытая битумом для предотвращения сцепления с бетоном и возможности взаимных перемещений. После твердения бетона производилось сверление отверстий для дюбелей, которые вклеивались с помощью эпоксидной смолы.

Реда — рельсошпальная решетка с предварительно-напряженными железобетонными шпалами, уложенная на выравнивающий слой толщиной 140 мм бетона и затем омоноличенная. Для выправки пути перед бетонированием по концам шпал устанавливались вертикальные регулировочные винты. Через специальные горизонтальные отверстия пропускались продольные стержни (рис. 8), которые затем омоноличивались вместе со шпалами. □

СОВРЕМЕННЫЙ ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ПОДВОДНЫХ ТОННЕЛЕЙ

В. МАКОВСКИЙ, д-р техн. наук;
Л. МАКОВСКИЙ, канд. техн. наук

НЕПРЕРЫВНОЕ расширение сети автомобильных и железных дорог обуславливает необходимость новых транспортных пересечений различных водных преград. В настоящее время в мировой практике прослеживается тенденция строительства ряда крупных подводных тоннелей, среди которых — уникальные по протяженности, а также тоннели-мосты и «плавающие».

Наряду с традиционной технологией щитовой проходки при строительстве подводных тоннелей используют современные механизированные щиты с бетонитовым и грунтовым пригрузом, щиты и тоннелепроходческие машины с рабочими органами избирательного действия и др. Все большее распространение получает индустриальный способ опускных секций, с применением которого построено более 60 транспортных тоннелей. Только за последние 5 лет сооружено 14 таких тоннелей в Голландии, Гонконге, США, ФРГ, Югославии и Японии. В ряде случаев подводные тоннели строят горным или открытым способом с использованием различных технических средств осушения и закрепления неустойчивых грунтов.

Наибольшее количество подводных тоннелей приходится на европейский континент.

В Голландии на трассе автомагистрали E-36 под каналом Gouwe, связывающим Амстердам с Роттердамом, проложен восьмиполосный автотранспортный тоннель длиной 690, шириной 39,3 м. Трасса проходит на 5,7 м ниже дна канала в неустойчивых песчано-глинистых грунтах (причем уровень воды в канале на 0,5 м ниже уровня моря). Строительство тоннеля вели открытым способом на 8 участках под защитой шпунтового ограждения. На время производства подводных работ одну половину канала перекрывали, пропуская суда по другой. После забивки шпунта производили подводное землерезание, вскрывая котлован на глубину до 15,3 м ниже уровня воды в канале. Затем откачивали воду и бетонировали конструкцию тоннеля. Готовые участки засыпали грунтом и покрывали 12,5-см слоем бетона и асфальтом во избежание повреждения конструкции якорями судов.

Шестиполосный автотранспортный тоннель Ботлек длиной 1120 м сооружен под рекой Маас в Роттердаме. На 540-м подводном участке опущено 5 тоннельных секций длиной 105 и 87 м. Большое внимание уделено обеспечению водонепроницаемости железобетонных конструкций секций. С этой целью осуществляли строгий контроль качества бетонной смеси и технологии ее укладки. Для исключения трещинообразования применили, в частности, систему охлаждения нижней части стен тоннеля (на высоту 3,3 м) путем подачи холодной воды по горизонтальным трубам. Температура уложенной бетонной смеси при этом не превышала 20°C. Секции бетонировали участками по 17,6 м с устройством вертикальных рабочих швов, огражденных листами вулканизированной резины, что обеспечивало компенсацию температурно-усадочных деформаций. Штыки между секциями герметизировали профили-

рованными уплотнителями «Джина» и плоскими прокладками «Омега».

Два подводных тоннеля в Голландии предназначены для замены разводных железнодорожных мостов. Трехпутный тоннель Хэм длиной 1550 м сооружен в Амстердаме. Он состоит из 7 железобетонных секций, 3 из которых длиной по 134 м имеют криволинейное очертание в плане, а 4 — по 268 м, массой по 50 тыс. т. — прямолинейное. В Роттердаме запроектирован четырехпутный подводный тоннель протяженностью 3 км из опускных секций прямоугольного поперечного сечения шириной 25,5, высотой 9 м. В состав его входит подземная станция, пересадочная на метрополитен.

В ФРГ недавно сдан в эксплуатацию автодорожный тоннель, проложенный под Среднегерманским каналом в г. Миден. Подводная его часть выполнена в виде опускной секции длиной 56 м, шириной 26, высотой 7,4 м, массой около 10 тыс. т. Секция преднапряженной железобетонной конструкции с толщиной лотка, стен и перекрытия около 1 м изготовлена в сухом доке и опущена на дно канала путем заполнения водой 22 балластных камер. Установленную в проектное положение секцию во избежание всплытия закрепили грунтовыми инъекционными анкерами.

Перегонный тоннель метрополитена строится под рекой Майн во Франкфурте-на-Майне и под Рейном в Кобленце (ФРГ). Первый возводят из опускных секций длиной 61,5 и 62 м, массой 6500 т. Под дном реки экскаватором, установленным на понтоне, предварительно вскрывают траншею глубиной до 18 м. Сооружение второго тоннеля длиной 370 м осуществляется новым австрийским способом.

В Западном Берлине по трассе строящейся линии № 7 метрополитена под рекой Хафель ведут подводный тоннель длиной 257,6 м. На подруловом участке (ширина реки 70, глубина 4 м) на дно опускают 8 секций, изготавливаемых в сухом доке и доставляемых на плаву в створ тоннеля. Наличие в основании последнего слабых и неустойчивых песков, торфяных и илстых грунтов, а также эрозионных зон потребовало устройства кессонных фундаментов под три секции. Стыковку опущенных секций в таких зонах производили под защитой ограждающих диафрагм, возведенных способом «стена в грунте».

Первый в Югославии подводный тоннель-мост для транспортирования угля из порта Подбок на комбинат построен в г. Бакар под морским заливом. Тоннель длиной 393 м, внутренним диаметром 3,5 м состоит из 11 опускных секций по 35 и 40 м. Работы вели в условиях интенсивного судоходства. Поскольку дно залива сложено неустойчивыми глинистыми и илстыми грунтами, для опирания тоннельных секций возвели 12 подводных фундаментов из спаренных буровых свай \varnothing 1200 мм, перекрытых балочными ростверками и заглубленных на 45 м ниже уровня воды (при глубине воды до 24 м). Секции опускали плавучими кранами со специальных барж грузоподъемностью 4500 т и устанавливали на опоры с точностью ± 5 мм, используя для контроля фотограмметрические способы.

Подводный автотранспортный тоннель намечено соорудить на Адриатическом побережье, при входе в бухту Бока Которска. По сравнению с вариантом мостового перехода это решение более экономично, так как позволяет сократить длину автодороги на 13 км и избежать ее прокладки в оползневой зоне. Подводный тоннель обеспечит беспрепятственный пропуск в бухту морских судов и не нарушит условий окружающей среды. Рассматривается возможность строительства тоннеля-моста из утяжеленных железобетонных секций на подводных опорах или «плавающего» тоннеля из облегченных секций, анкеренных в дно пролива тросовыми оттяжками.

В г. Бастья, на острове Корсика (Франция), под акваторией старого порта сооружается подводный автотранспортный тоннель длиной 1,2 км; здесь будут опущены 4 секции длиной 62,33 м, шириной 14,1, высотой 8,28 м.

Два подводных тоннеля запроектированы под Сенной в Париже: один — у набережной Инвалидов — из 4 опускных железобетонных секций длиной по 31,7 м, другой — двухпутный железнодорожный тоннель Neuilly — из 7 секций прямоугольного поперечного сечения длиной по 34,3 м, шириной 8,6 и высотой 7,16 м. Их опустят на дно подводной траншеи, предварительно выполнив стабилизацию неустойчивых грунтов ее основания.

Строительство подводных автотранспортных тоннелей из опускных секций намечено в Великобритании, первый тоннель, в частности, — на трассе четырехполосной автомагистрали А-55 в Северном Уэльсе при пересечении реки Конви. На подводном его участке длиной 720 м установят 6 железобетонных секций. Хотя строительство мостового перехода в этом месте потребовало бы меньших затрат, предпочтение было отдано тоннелю, в большей степени отвечающему требованиям охраны окружающей среды. Другой тоннель намечено построить в западной Англии под озером Лотхинг. Предполагается также строительство восьмилопастного тоннеля из опускных секций в районе Вулвича, а также Тауэрского моста в Лондоне. В Ирландии в районе порта Корк запланировано сооружение двухполосного автодорожного тоннеля под рекой Ли. Подруловая часть будет возведена из опускных секций длиной 92 м, размером поперечного сечения 12,9 × 9,6 м, массой 11500 т. Их изготовят в сухом доке, на плаву доставят в створ тоннеля и установят на дно подводной траншеи. Ввод тоннеля в эксплуатацию планируется в конце 80-х годов, когда интенсивность движения на автодороге достигнет (по прогнозам) 17300 автомобилей в сутки.

Вновь рассматривается вопрос о строительстве транспортного пересечения пролива Ла-Манш. Изучаются и анализируются варианты мостовых, тоннельных и комбинированных тоннельно-мостовых переходов. Наиболее целесообразным и экономичным считается вариант железнодорожного тоннеля длиной 52 км, сооружаемого щитовым способом. За основу взят проект 1974 г. Тоннель кругового поперечного сечения диаметром 7 м предлагается пройти в меловых отложениях в три стадии. На первой будут построены транспортный и вспомогательный тоннели. Транспортный предназначен только для движения железнодорожных составов с переменным следованием в течение 90 мин. в одном направлении и такого же количества времени в противоположном. Проезд по тоннелю займет 35 мин. Вторая стадия работ включает сооружение двух станций с приемо-отправочными путями в Великобритании и Франции для возможности перевозки по тоннелю легковых, грузовых автомобилей, автобусов и контейнеров на железнодорожных платформах. На третьей стадии предполагается строительство второго транспортного тоннеля и расширение станций, когда первый исчерпает свою пропускную способность. С вводом в эксплуатацию тоннеля путь из Лондона в Париж займет около 5 часов.

Рассматривается также вариант комбинированного тоннельно-мостового перехода длиной 36 км, включающего три параллельных тоннеля: один двухпутный железнодорожный и два автодорожных по 17,5 км, которые будут заложены в средней части пролива и связаны с берегами двумя автодорожными мостами длиной 11,2 и 6,4 км. В местах сопряжения мостов и тоннелей предусмотрены два искусственных острова и еще три — в средней части пролива для устройства вентиляционных шахтных стволов. Подводные тоннели намечено строить способом опускных секций.

Разработано несколько проектов строительства подводного тоннеля под Мессинским проливом между островом Сицилия и Аппенинским полуостровом в Италии. По одному из них тоннель для железнодорожного и автомобильного сообщения длиной ~3 км будет сооружен из опускных секций, уложенных на дамбу на глубине до 120 м от поверхности воды. Секции предполагается выполнить

либо в виде двух отдельных двухъярусных конструкций для одностороннего движения, либо объединенной для встречного. После отсыпки дамбы по верху ее предусмотрена укладка стальных рам с железобетонными поддонами корытообразного поперечного сечения, на которые будут опираться железобетонные тоннельные секции. Монтаж их запроектирован путем надвигки по поддонам, для чего в днище каждой предусмотрены съемные колесные пары.

По другому варианту опускаемые секции тоннеля-моста укладываются на опоры, расположенные через 50—100 м на глубине от 20 до 30 м от поверхности воды в проливе, что даст возможность пропуска над тоннелем крупных океанских судов. Секции эллиптического поперечного сечения длиной 50 м, шириной 40, высотой 25 м приняты из предварительно напряженного железобетона с наружными стенами толщиной 2 м. Система вертикальных и горизонтальных перегородок разделит тоннель на 8 отсеков для пропуска двухпутного железнодорожного и четырехполосного автомобильного движения, устройства вентиляционных каналов и балластных емкостей, заполняемых водой для предотвращения всплытия тоннеля. Отдельные секции будут монтироваться на берегу и выдвигаться в пролив тягачами. Подводные опоры намечено сооружать по технологии возведения морских платформ для бурения нефтяных скважин в море.

В соответствии с вышеупомянутыми проектами тоннель располагается в наиболее узкой части пролива, где наблюдаются постоянно меняющиеся сильные течения, а грунты морского дна мало пригодны для устройства фундаментов. Кроме того, подводные участки тоннеля проходят в сложных топографических условиях по плотно застроенным городским территориям Мессины и Реджо-ди-Калабрия.

Новый проект предусматривает расположение тоннеля в более широкой части Мессинского пролива, что значительно упрощает трассирование. Плавающий тоннель эллиптического поперечного сечения из стальных опускаемых секций будет удерживаться на глубине 30 м от поверхности воды плавающими опорами — островами диаметром 100 м, расположенными друг от друга на расстоянии 1200 м (рис. 1). Такое решение исключает необходимость заанкеривания опор в слабые неустойчивые грунты и обеспечивает сейсмостойкость конструкции.

Строительство тоннеля под Мессинским проливом сопряжено со значительными трудностями, связанными с большой глубиной воды, сильными течениями, приливами, отливами и пр.

В Италии намечается строительство подъездного четырехполосного автомобильного тоннеля в порту Равенна. По одному из вариантов тоннель протяженностью 1060 м, шириной 20 и высотой 7,8 м будет сооружен из железобетонных секций длиной по 60 м, опущенных в подводную траншею глубиной 10—12 м.

Для сухопутной связи между Европейским и Африканским континентами предполагается строительство тоннеля под Гибралтарским проливом (глубина воды до 350 м) по трассе железнодорожной линии, которая соединит город Палома в Испании и Малаба в Марокко. Ориентировочная длина тоннеля 32 км, максимальный продольный уклон — 24‰. Предложены три варианта пересечения: один однопутный тоннель, два однопутных и один двухпутный. Проходку предстоит вести в сложных инженерно-геологических условиях, характеризующихся наличием многочисленных сбросов, сдвигов и других тектонических нарушений, проявлением сейсмической активности района. Разработку крепких скальных пород, гранитов и базальтов, намечено вести буровзрывным способом. Сложные проблемы

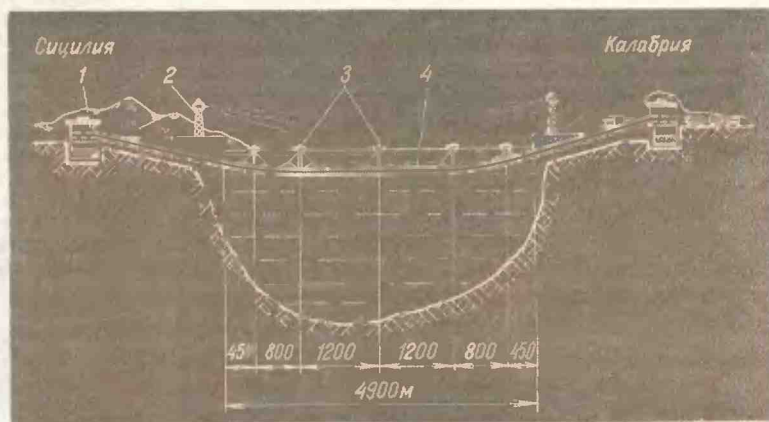


Рис. 1. Схема подводного тоннеля под Мессинским проливом: 1 — портал; 2 — маяк; 3 — плавучие опоры; 4 — тоннель.

возникнут при эксплуатации тоннеля. В частности, для его проветривания потребуется устройство промежуточных шахтных стволов. Кроме того, необходимо решить вопросы организации движения поездов в условиях различной ширины железнодорожной колеи в Испании и Марокко.

Несколько подводных тоннелей построено и намечено соорудить в Скандинавских странах. На севере Норвегии между островом Вардо и матерком под дном Баренцева моря пройден двухполосный автомобильный тоннель длиной 2,8 км, который заменит ныне действующую паромную переправу и обеспечит круглогодичную транспортную связь через пролив. Тоннель подковообразного поперечного сечения площадью 53 м² состоит из подрусового участка длиной 1,7 км, береговых — по 0,9 км и двух закрытых припортальных участков по 100 м и заложен на глубине до 87 м ниже уровня воды в проливе. Проходку вели сначала со стороны острова, а затем с материка. Порода разрабатывали буровзрывным способом, заходками по 4,2 м. Контуры выработки закрепляли анкерами и набрызгбетоном, потом устанавливали водозащитный зонт из алюминиевых панелей. На длине 2,2 км тоннельная выработка оставлена без обделки.

Изучается возможность строительства подводных «плавающих» тоннелей под глубоководными фиордами Норвегии (до 500—600 м). Создание тоннелей из опускаемых секций здесь практически невозможно. По проекту «плавающего» тоннеля длиной 1240 м под фиордом Эйде (глубина — около 500 м) его конструкция будет состоять из двух береговых секций длиной по 450 м и средней 340 м, которые опустят на глубину, необходимую для пропуска крупнотоннажных судов (рис. 2, а). В местах стыков секций предусматриваются мощные железобетонные понтоны, закрепленные тросовыми оттяжками к массивным якорям.

В Норвегии планируют три крупных тоннеля общей протяженностью 12 км под фиордами — до 200 м ниже морского дна. Их пройдут в крепких скальных породах горным способом и оставят без обделки. Один из тоннелей — двухполосный автомобильный длиной около 6 км, шириной 10,2 м заложен под фиордом Осло на глубине 200 м (рис. 2, б). Трасса проходит на 70 м под дном фиорда и под двумя островами, которые намечено использовать для создания вентиляционных шахт.

Рассматривается вопрос о строительстве железнодорожного двухпутного тоннеля (длиной 22 км) под Ботническим залвом между Швецией и Финляндией. По тоннелю предполагают перевозить автомобили на железнодорожных платформах. Изучается возможность сооружения подводного тоннеля между Швецией и Данией. Тоннель из опускаемых секций для смешанного авто- и железнодорожного движения пересечет пролив шириной 5 км и глубиной 40 м.

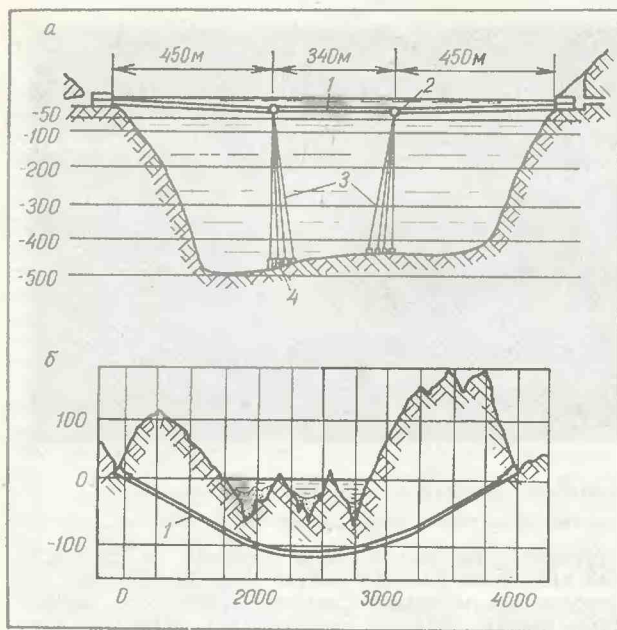


Рис. 2. Продольный профиль подводного тоннеля под фиордом Эйд (а) и под фиордом Осло (б):

1 — тоннель; 2 — понтоны; 3 — тросовые оттяжки; 4 — якоря.

Сооружаются и проектируются подводные транспортные тоннели и в ряде азиатских стран. В Японии завершается строительство протяженного (53,85 км) двухпутного железнодорожного тоннеля Сейкан под проливом Цугару. Подводная часть его длиной 23,3 км заложена на глубине до 100 м от дна и до 240 м от поверхности воды в проливе, в нарушенных скальных породах. Основной тоннель сводчатого поперечного сечения условным диаметром 11 м сооружают горным способом с химическим закреплением неустойчивых пород из предварительно пройденного пилот-тоннеля. Параллельно с основным, на расстоянии 30 м от него, проложен служебный тоннель шириной 4—5 м, соединенный с основным тоннелем поперечными сбойками через каждые 600 м.

В процессе строительства произошло 4 крупных прорыва подземных вод в выработку. Во время одного из них водоприток составил 85 м³/мин, затопило более 1,4 км готового тоннеля. Последствия аварии удалось ликвидировать после проходки обходного тоннеля-байпаса и нагнетания закрепляющих составов в трещиноватые породы, что заняло около 6 месяцев. После этого сооружение основного тоннеля вели с установкой через каждые 20 м стальных перемычек, а из пилот-тоннеля производили опережающее бурение горизонтальных разведочных скважин длиной до 800 м. При обнаружении опасных зон производили тампонаж трещиноватых пород через пробуренные из пилот-тоннеля веерные скважины.

Четыре года строился подводный транспортный тоннель Дайнико (1782 м) в Токйском порту. Его подводная часть составила 741 м, глубина над тоннелем — 12 м. На дно опущены 6 железобетонных секций прямоугольного поперечного сечения, длиной 124 м, шириной 28, высотой 9 м. Особенности строительства — одновременное изготовление в доке всех секций, применение нового гидравлического устройства для стыкования их с высокой точностью без возведения жесткого основания, а также нагнетание бентонитовой суспензии под днище элементов.

На железнодорожной линии Кейо ведется проходка тоннеля Даiba протяженностью 5,6 км. Разнообразные топографические и инженерно-геологи-

ческие условия по трассе вызвали необходимость применения различных способов производства работ. Отдельные участки сооружают из опускных секций, с применением механизированного щита с бентонитовым пригрузом, кессонированного щита и опускных тоннелей-кессонов.

Подводный тоннель (659,5 м) строится под рекой Накагава. Подрусловый участок длиной 250 м залегает на глубине до 8 м под дном реки. Наличие обводненных глинистых грунтов predeterminedило необходимость применения механизированного щита с пригрузочной камерой и тремя шнековыми конвейерами. До начала строительства были проведены экспериментальные исследования на моделях, позволившие выявить технические возможности и необходимые параметры щитового агрегата.

Проект тоннельно-мостового перехода протяженностью 15 км через Токийский залив по трассе кольцевой автомагистрали предусматривает строительство двух мостов длиной 3,92 и 4,56 км, двух искусственных островов по 0,5 км и подводного тоннеля — 4,74 км из опускных секций прямоугольного поперечного сечения, шириной 44,3, высотой 12,9 м. Он будет заложен в средней части пролива, где осуществляется морское и океанское судоходство. По переходу намечен пропуск шестиполосного автодвижения с интенсивностью 40—50 тыс. транспортных единиц в сутки. Строительство тоннельно-мостового перехода рассчитано на 10—12 лет.

В Гонконге по трассе линии метрополитена в месте пересечения морского пролива построен подводный тоннель (1400 м) из 14 опускных сталежелезобетонных секций билокулярного поперечного сечения длиной по 100, шириной по 13 м. Их изготавливали в сухом доке, расположенном в 9 км от трассы строящегося тоннеля. Одновременно в доке возводили 4 секции, которые по каналу доставляли в пролив и опускали на дно подводной траншеи. Работы осложнялись сильными ветрами, приливами, отливами и тайфунами.

В Индии разработано семь вариантов мостовых и тоннельных транспортных пересечений общей протяженностью 15 км бухты в Бомбее. Запроектированы вантовый и висячий мосты с судоходными пролетами соответственно 500 и 1000 м, а также три варианта подводных тоннелей, залегающих в крепких базальтах и мягких неустойчивых грунтах. В первом случае проходка тоннеля будет осуществляться горным способом, во втором — щитом под сжатым воздухом или методом опускных секций.

Первый подводный тоннель для связи Азиатского и Африканского континентов построен под Суэцким каналом в АРЕ. Тоннель Ахмед Хамид (4 км) состоит из подводной части длиной 1,64 км и рамповых участков с уклонами 38‰ и заложены на глубине 11,7 м под дном канала. Проходку тоннеля вели в плотных глинистых грунтах с прослойками аргиллитов механизированным щитом диаметром 11,8 м и массой 400 т с трехковшовым экскаваторным рабочим органом. Впервые в практике тоннелестроения одновременно с проходкой выработки возводили конструкцию проезжей части из крупных железобетонных элементов трех типов массой до 12,5 т. Монтаж элементов производили специальным краном, на расстоянии 50—75 м от забоя. Создание в строящемся тоннеле постоянной проезжей части позволило сократить сроки строительства тоннеля и вести откатку грунта и доставку блоков обделки автомобильным транспортом. Обделку тоннеля диаметром 10,7 м возводили из железобетонных блоков шириной 1,2 м зректором, расположенным на корпусе щита. Проходку вели со средней скоростью 31,7 м в неделю. В дальнейшем намечается построить еще два подводных тоннеля под Суэцким каналом.

Под морским проливом в Балтиморе (США) строится восьмиполосный автодорожный тоннель Форт-Мак-Генри (рис. 3) протяженностью 2,64 км. Подводная часть его (1,68 км) состоит из 32 спаренных опускных секций длиной по 105 м, шириной 24,75, высотой 12,6 м и массой около 35 тыс. т.

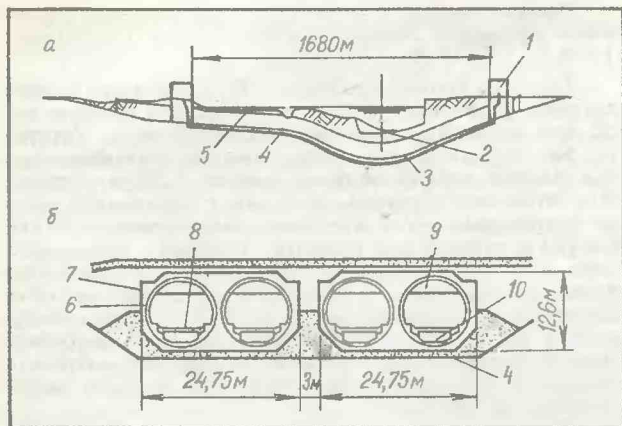


Рис. 3. Продольный профиль (а) и поперечное сечение (б) подводного тоннеля Форт-Мак-Генри.

1 — вентиляционное здание; 2 — дно будущего канала; 3 — отметка 32 м; 4 — дно подводной траншеи; 5 — тоннель; 6 — стальная оболочка; 7 — листы опалубки; 8 — проезжая часть; 9 — вытяжной вентиляционный канал; 10 — приточный вентиляционный канал.

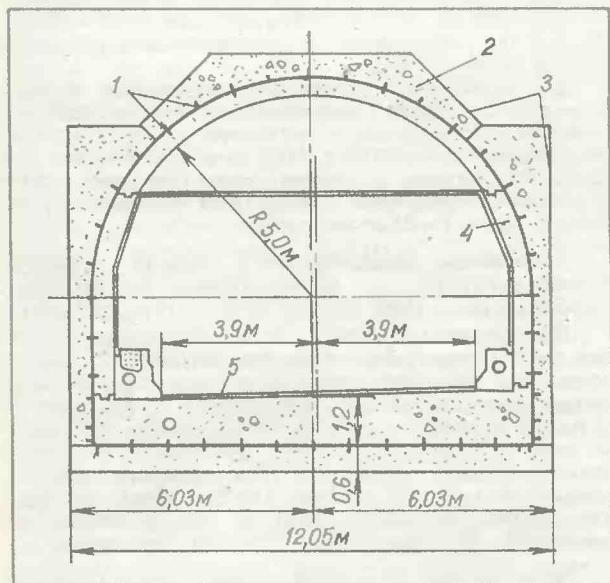


Рис. 4. Поперечное сечение опускной секции тоннеля под рекой Элизабет.

1 — ребра жесткости; 2 — бетонная обойма; 3 — листы опалубки; 4 — обделка; 5 — проезжая часть.

Секции бинокулярного поперечного сечения выполнены из стальных оболочек с ребрами жесткости, внутренних железобетонных обделок и наружных бетонных обойм. Стальные каркасы изготовлены на стапелях и по воде доставлены к месту строительства. После бетонирования наружной обоймы секции опускают в подводную траншею шириной по дну 54 м, вскрытую на глубину до 34,5 м от поверхности воды по трассе тоннеля. Опускание ведут с барж-катамаранов, состоящих из понтонов длиной 111 и шириной 11,4 м, перекрытых двумя парами стальных ферм.

Начато строительство второго подводного тоннеля протяженностью 1,16 км под южным рукавом реки Элизабет вблизи Портсмута. Средняя часть двухполосного тоннеля (0,76 км) сооружается из 8 опускных секций длиной 85 и 100 м. Впервые в практике подводного тоннелестроения они имеют арочное поперечное сечение с плоским лотком и вертикальными стенами (рис. 4). Конструкции их запроектированы из монолитного железобетона со стальной изоляцией. Секции установят не только

на подруском, но и частично на береговых участках, чтобы сократить объемы открытого способа работ в слабых аллювиальных отложениях.

Приведенные данные могут быть в определенной степени использованы при проектировании и строительстве подводных тоннелей в нашей стране.

В частности, при выборе варианта трассы наряду с технико-экономическими соображениями следует принимать во внимание требования охраны окружающей среды. До начала строительства в сложных инженерно-геологических и гидрологических условиях целесообразно проведение экспериментальных исследований на моделях и в натуральных условиях. С целью сокращения сроков сооружения автодорожных подводных тоннелей щитовым способом целесообразно возведение постоянной проезжей части одновременно с проходкой выработки.

При проектировании тоннелей из опускных секций в зависимости от конкретных условий необходимо учитывать возможность и целесообразность применения конструкций железобетонных секций арочного поперечного сечения с плоским лотком и вертикальными стенами;

использования системы охлаждения свежеложенной бетонной смеси при бетонировании секций с целью повышения трещиностойкости и водонепроницаемости конструкций;

установки опускных секций не только на подруском, но и на береговых участках тоннеля; продольной надвижки секций по заранее устроенному основанию;

нагнетания бентонитовой суспензии под днище установленных в проектное положение секций;

удержания секций от всплытия (на стадии эксплуатации тоннеля) грунтовыми анкерами. □

ОБЗОР ЗАРУБЕЖНЫХ ЖУРНАЛОВ

Строительство гидротехнического тоннеля в Китае. «Tunnels and Tunnelling», 1984, т. 16, № 1, с. 8 (англ.).

Гидротехнический тоннель длиной 11 км, входящий в систему водоснабжения протяженностью 233 км Тяньнина, в слабых обводненных породах прошли буровзрывным способом, 32 забоями, открытыми из 15 наклонных стволов и двух порталов. Средняя скорость проходки 3 м/сутки позволила сократить сроки строительства с 15 лет (при двух забоях) до 11 месяцев. Тоннель сооружали с опережающей крепью из горизонтально установленных в своде выработки анкеров и с систематическим анкерным и набрызгбетонным креплением. На объекте было занято 600 единиц строительного оборудования, однако подавляющий объем работ выполнялся вручную.

Буровзрывная проходка гидротехнических тоннелей. «Tunnels and Tunnelling», 1984, т. 16, № 1, с. 18—22 (англ.).

Для ГЭС Котмале (Шри Ланка) прошли буровзрывным способом в гнейсах около 15 км выработок; из них крупнейшая — напорный тоннель длиной 7 км, площадью сечения 32 м². 4,1 км тоннеля сооружали с обуриванием забоя вручную 11 пневмоперфораторами фирмы «Атлас Копко» (Швеция) с трехуровневой платформы. Транспортировку породы осуществляли погрузчиком непрерывного действия с опрокидным ковшем фирмы «Гудмэн» (США) в вагонетки фирмы «Мюльхойзер» (ФРГ). Средняя скорость проходки этим забоем составила 33 м/сут.; максимальная — 78 м/сут.; 2,9 км тоннеля прошли трехствеловой буровой кареткой, изготовленной в Швеции фирмой «Сканска» на базе готовых узлов, выпускаемых в этой стране. Средняя скорость проходки составила 29 м/сут., максимальная — 52 м/сут.

ОБЗОР ЗАРУБЕЖНЫХ ЖУРНАЛОВ

Комбайновая проходка тоннеля Синтёкубэцу (Япония). «Тоннэру то тика», 1983, т. 14, № 8, с. 44—50 (япон.).

Однопутный железнодорожный тоннель длиной 300 м прошли новоавстрийским способом с разработкой грунта коротким уступом с помощью комбайна избирательного действия. Для подъема его в калотту и опускания в уступ применили передвижную технологическую платформу с подъемной площадкой на гидравлическом механизме типа ножниц. На платформе установили оборудование для анкерного и набрызгбетонного крепления, на площадке — вентилятор и систему перегружателей.

Щитовая проходка в пучинистых грунтах. «Tunnels and Tunnelling», 1983, т. 15, № 6, с. 56—58 (англ.).

Гидротехнический тоннель Санта-Клара (США) длиной 1,6 км в мягких сланцах прошли щитом диаметром 4 м фирмы «Калвелд» с роторным исполнительным органом, оснащенным шарошками Ø 35 см фирмы «Роббинс», и 10 щитовыми домкратами суммарным усилием 1200 тс. Проходка велась с арокной крепью с шагом 0,6—1,5 м, в которую упирались щитовые домкраты. Ввиду сильного пучения грунта применили копир-резец, позволивший свободно перемещать щит. Две нарушенные зоны укрепили опережающими инъекциями. Средний темп проходки составил 21 м/сут., максимальный — 42 м/сут.

Сооружение автодорожного тоннеля способом телескопического продавливания в Кельне (ФРГ). «Tiefbau-Berufsgenossenschaft», 1983, т. 95, № 7, с. 470—481 (нем.).

Автодорожный тоннель длиной 102 м и размерами сечения в свету 12×4,9 м под железнодорожными путями станционного развития построили из четырех железобетонных секций способом продавливания в так называемом телескопическом варианте, разработанном для тоннелей большой длины. Две секции изготавливают с увеличенным сечением в свету, превышающим проектные наружные размеры тоннеля, две следующие проталкиваются через продавленные в проектное положение большие секции и продвигаются далее, причем нагрузка домкратной станции передается на них с помощью секционных решетчатых балок. Таким образом, дальность продавливания уменьшается вдвое, к тому же большие секции служат направляющими для малых, что способствует повышению точности прокладки тоннеля. Средняя скорость продавливания секций — 30 см/ч, проталкивания малых в большие — 110 см/ч.

Сооружение автодорожного тоннеля способом встречного продавливания. «Добоку сэко», 1983, т. 24, № 9, с. 11—20 (япон.).

Автодорожно-пешеходный тоннель длиной 24,5 м и площадью поперечного сечения 201,3 м² под железнодорожными путями соорудили методом продавливания двух секций длиной 9,5 и 6,5 м с помощью домкратов. Их установили на изготовленной с противоположной стороны от путей третьей секции, зафиксированной на месте пропущенными сквозь тело насыпи тяговыми тросами. Продавливание производили по направляющим штольням под защитой экрана из труб Ø 457 мм с применением глубокого водопонижения и химического закрепления грунтов.

Продавливание коллектора под железнодорожными путями в Англии. «Tunnels and Tunnelling», 1983, т. 15, № 5, с. 10 (англ.).

Тоннель протяженностью 30 м прямоугольного сечения размерами 4×2 м соорудили в глине и меле под железнодорожными путями близ г. Уорринга без перерыва движения поездов способом продавливания секций обделки длиной 1,25 м, стянутых штангами в группы по 5 шт. с установкой между последними промежуточных домкратных станций. Опорную стенку для главной станции устроили в виде двух рядов буронабивных свай с железобетонными ростверками и стальной лицевой плитой. Стальная ножевая секция массой 30 т была оборудована забойными домкратами и перегородками. Для предотвращения осадок путей при сбойке в приемном котловане предварительно возвели железобетонный портал.

Трубопроводный транспорт грунта при продавливании тоннелей. «Tunnels and Tunnelling», 1983, т. 15, № 5, с. 34 (англ.).

Установка для транспортировки разработанного грунта на базе поршневого насоса создана фирмой «Путцмайстер» (ФРГ). Насос позволяет перекачивать материалы с содержанием твердой фракции 70—80% на расстояние 500—600 м при производительности до 50 м³/ч, тогда как для систем гидро-транспорта допускается содержание твердой фракции не более 10%.

Для повышения удобоперекачиваемости к сухому сыпучему грунту подмешивают в небольших количествах бентонитовую суспензию, камни отбирают грохотом или дробят. При производственных испытаниях системы скорость продавливания трубы Ø 1,8 м по сравнению с рельсовой откаткой возросла с 4—5 до 8—9 м за смену.

Сооружение коллекторного тоннеля способом «стена в грунте» в сборно-моноклитном варианте. «Добоку сэко», 1983, т. 24, № 6, с. 11—16 (япон.).

Коллекторный тоннель мелкого заложения длиной 346 м, высотой в свету 3 и шириной 2×4,35 м соорудили способом «стена в грунте», применив на уровне стей постоянной конструкции ограждение из сборных панелей толщиной 40 см. Ниже панелей и за ними стены выполнены из затвердевшей цементно-бентонитовой суспензии. Для омоноличивания с плитой перекрытия панели имели сверху арматурные выпуски, с плитой настила — ребристые поверхности, обеспечивающие жесткое соединение.

Оборудование для сооружения ограждений из буронабивных свай. «Tunnels and Tunnelling», 1983, т. 15, № 5, с. 45 (англ.).

Для бурения сваян Ø 670—1180 мм с обсадкой под буронабивные сваи в Англии создан станок «Либор-1200». Бурение производится путем реверсивных полуоборотов обсадной трубы (имеющей ножевую кромку с твердосплавными зубцами) с ее одновременной подачей на забой гидроцилиндром. Грунт внутри трубы разрабатывают грейферной желонкой, при необходимости — с предварительным дроблением гидроударником. Станок может применяться для возведения сплошных ограждений. В этом случае вначале устраняют сваи из бетона (через одну) прочностью 25 Н/мм², а затем, в промежутках между ними, — из обычного железобетона с частичным разбуриванием бетона имеющихся свай.

Совершенствование подшипников стреловых комбайнов. «Tunnels and Tunnelling», 1983, т. 15, № 6, с. 101 (англ.).

С шариковых подшипников на конические роликовые перешла английская фирма «Доско», выпускающая стреловые комбайны массой от 23 до 130 т с продольным вращением фрезы. Тем самым достигается жесткая посадка последней на вал, увеличение диаметра, а значит и жесткости вала; повышается износостойкость конструкций.

Доставка бетонной смеси в тоннель. «Tunnels and Tunnelling», 1983, т. 15, № 5, с. 54 (англ.).

При возведении обделки тоннелей гидроэлектростанции Махес в Перу бетонную смесь доставляли в вагонах с дозированным транспортом «Шаттлкар» вместимостью 12 м³, ранее использовавшихся для откатки разрабатываемого грунта. Из вагонов смесь перегружали в бетононасос или бетономешалку, регулируя ее выдачу скоростью ленты транспортера.

Установка для исследования тектонических напряжений в грунте. «Tunnels and Tunnelling», 1983, т. 15, № 7, с. 50 (англ.).

Смонтированная на трейлере установка, разработанная в Австралии, предназначена для создания на ограниченном участке, изолированном извлекаемыми надувными пакерами, высокого гидростатического давления нагнетаемой в скважину воды для образования в грунте трещин. По величине гидростатического давления в момент появления трещин определяют величину тектонических напряжений в массиве скального грунта. Затем в скважине надуют специальный пакер, показывающий направление трещин, по которому можно выявить направление тектонических напряжений.

Строительство кольцевой железной дороги в Риме (Италия). «Tunnels and Tunnelling», 1984, т. 16, № 1, с. 7 (англ.).

В Риме закончено сооружение двухпутного железнодорожного тоннеля длиной 1,2 км и площадью сечения 89 м² с помощью щита фирмы «Баде» (ФРГ) диаметром 10,64 м, модифицированного для различных геологических условий. В глинах он работает без пригрузки, с открытой планировкой и системой транспортировки грунта без увлажнения; в обводненном мелкозернистом песке — с бетонощитовой пригрузкой забоя и передвижным оборудованием для регенерации нулевой за щитом. Кольцо сборной железобетонной обделки состоит из восьми элементов толщиной 0,5 м, шириной 1,25 м и замкового блока. После того, как щит пройдет еще один прилегающий тоннель длиной 500 м, его предполагается демонтировать и установить гидросистему и отдельные рабочие узлы в новой щитовой оболочке для проходки тоннеля обратного направления.

Проходка гидротехнических тоннелей комбайновым и буровзрывным способами. «Tunnels and Tunnelling», 1984, т. 16, № 1, с. 29—32 (англ.).

При сооружении ГЭС Тюдан (Норвегия) проложено около 20 км гидротехнических тоннелей в крепких гранитах и гранитных гнейсах прочностью на сжатие до 250 МПа. Два из них (5,1+1,25 км) пройдены роторными комбайнами МК-12 фирмы «Атлас Копко-Ярва» (Швеция), остальные — буровзрывным способом. Многочисленные неисправности в машинах — поломка главного подшипника и системы смазки, слабое крепление к комбайну технологической тележки — привели к тому, что несмотря на довольно высокие скорости (в среднем 70—90 м/неделю), запланированные сроки работ не были соблюдены. В остальных тоннелях применены трехстреловые рамы Промек фирмы «Атлас Копко» и погрузчики Cat 980-B. При скоростях проходки, превышающих проектные (60—70 м/неделю), строительство тоннелей предполагают закончить на 10 месяцев раньше срока. В этих условиях, практически не требующих устройства временной крепи, стоимость 1 пог. м тоннеля оказалась дешевле для буровзрывного способа.

Управление стреловыми комбайнами с помощью микропроцессора. «Tunnels and Tunnelling», 1984, т. 16, № 1, с. 41—42 (англ.).

Прошла испытание разработанная фирмой «Зед Инструментс» (Англия) автоматизированная система управления на базе микропроцессора, позволяющая разрабатывать выработку согласно точно заданному контуру и проводить ведение комбайна путем обработки данных, полученных с установленных в выработке лазера и инклинометров. Электронная система соединена с гидросистемой комбайна посредством электрогидравлического интерфейса. Цифровое и графическое изображение разра-

ботанного сечения выведено на дисплей. Система может быть смонтирована как в кабине оператора, так и выношена выносной для дистанционного управления.

Погрузчик Хэгландер для строительстве гидротехнических тоннелей для ГЭС Роки Маунтин (США). «Tunnels and Tunnelling», 1984, т. 16, № 1, с. 53 (англ.).

В процессе одного 12-часового цикла проходки погрузчик непрерывного действия с нагребающими лапами модели 10-11R на шнекоходу фирмы «Атлас Копко» (Швеция) погрузает за три часа 500 м³ породы в 4 автосамосвала фирмы «Вагнер» (США) вместимостью 30 т (продолжительность загрузки 5 мин). Он способен подрабатывать грунт на 460 мм ниже уровня основания выработки.

Буровые каретки серийного ряда S. «Tunnels and Tunnelling», 1984, т. 16, № 1, с. 59 (англ.).

Фирма «Тамрок» (Финляндия) начала производство нового серийного ряда буровых кареток, включающих унифицированные узлы на основе серийного ряда 500: буровой молоток HL-538 с повышенной частотой ударов, манипулятор ZRS-1000 с автоматической системой бурения параллельных шпуров, гидрофицированный пульт управления TIC-500 с силовым блоком HP-515. Каретки предназначены для обустройства выработок сечением 10—125 м² шпурами диаметром 30—37 мм.

Особенности строительства метрополитена в Бельгии. «Tunnels and Tunnelling», 1984, т. 16, № 1, с. 35—39 (англ.).

При сооружении тоннелей метрополитена в Брюсселе и Антверпене (Бельгия) в сложных ситуациях применены следующие технологические решения:

при проходке двухъярусного тоннеля под аркой се фундамент был укреплен установкой и последующим омоноличиванием 500 арматурных стержней диаметром 32 мм. Стены и перекрытия возводили в строго определенной последовательности, тщательно регулируя с помощью домкратов передачу на них нагрузки от фундамента арки, чтобы поддерживать возможные осадки в пределах нескольких миллиметров;

при сооружении станционного тоннеля в слабых грунтах ниже уровня грунтовых вод с применением водопонижения во избежание прорывов окружающих зданий производили нагнетание в грунт воды с избыточным давлением 0,3 кг/м² в скважины небольшого диаметра. Проблема обеспечения устойчивости заглубленной конструкции, фундаментом которой находится под давлением воды, была решена анкеровкой его в подстилающие плотные грунты с помощью набивных свай с уширенным основанием;

строительство тоннелей в обводненных песках вели с помощью щита с бетонощитовой пригрузкой диаметром 6,56 м фирмы «Баде». Усилие подачи 2240 тс. Установленная мощность 1000 кВт (из них на роторе — 360 кВт). Максимальные осадки грунта составили 23 мм.

На 1-й стр. обложки: станция «Площадь Льва Толстого» Киевского метрополитена (фото А. Спиранова). На 4-й стр.: станция «Черная речка» Ленинградского метрополитена (фото П. Супруновка).

Художественно-технический редактор **Е. Н. Гарнухин**
Фото **А. Д. Спиранова**

Сдано в набор 14.09.84. Подписано в печать 17.10.84. Л—86717. Формат 60×84%. Бумага офсетная № 2. Гарнитура новоготическая и литературная. Печать офсетная. 4,0 печ. л. 5,34 уч.-изд. л. Тираж 4340 экз. Заказ 8132. Цена 40 коп.

Адрес редакции: 103031 Москва К-031, Кузнецкий мост, 20, 2-й этаж, телефоны: 925-86-02, 923-77-73.

Орден «Знак Почета» типография издательства «Московская правда», 123845, ГСП, Москва, Д-22, ул. 1905 г., д. 7.

