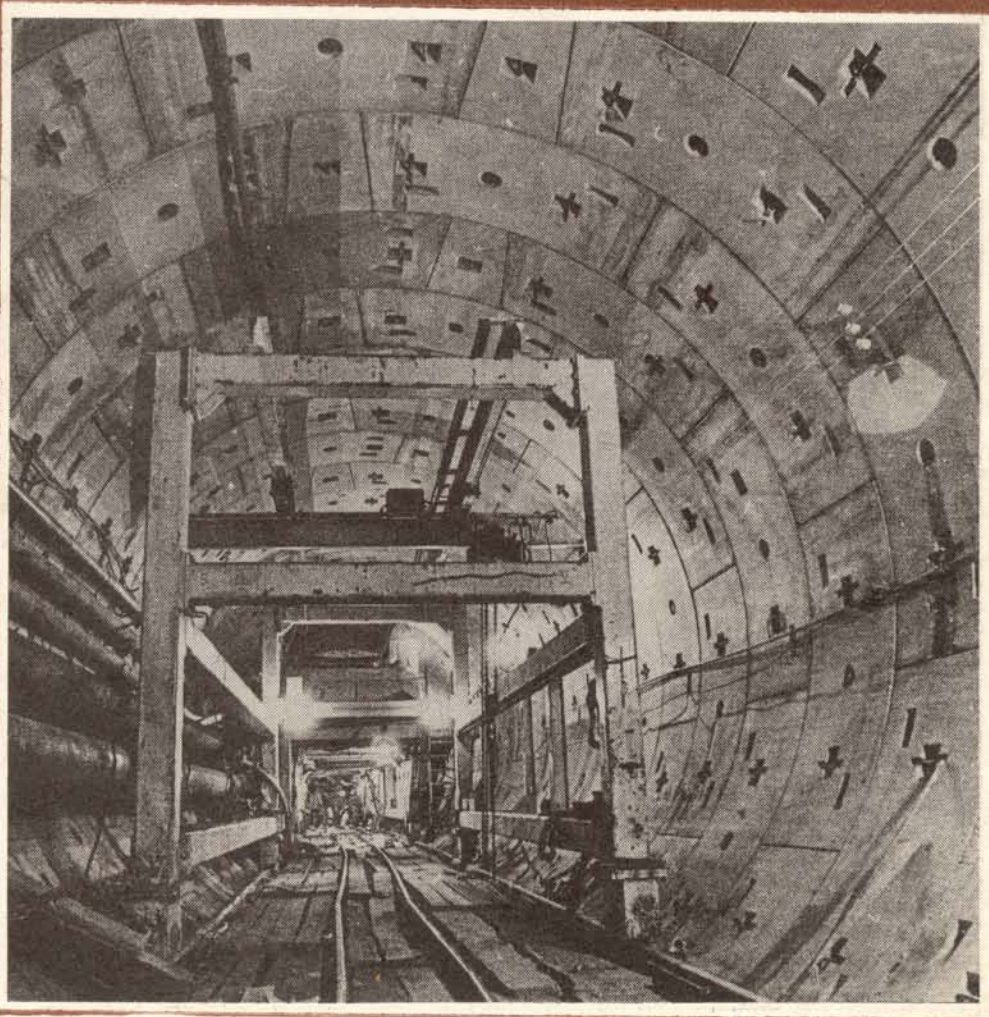


Тех. С-Уа

ISSN 0869-4265

МАТРО



2
1994

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ,
ПОПУЛЯРНЫЙ ЖУРНАЛ
ВЫХОДИТ ШЕСТЬ РАЗ В ГОД

Учредители:
Московский метрострой,
Московский метрополитен,
Тоннельная Ассоциация,
малое предприятие «ТИМР»

В организационно-творческое
сотрудничество с «Метро» на
договорных началах в 1994 г.
вступили:
Ассоциация «Ассодстройметро»,
институт «Метрогипротранс»,
Санкт-Петербургский
метрополитен.

2 • 1994

Главный редактор С. Н. ВЛАСОВ

Редакционная коллегия:

В. А. АЛЕКСАНДРОВ,
В. А. БЕССОЛОВ,
Г. П. БОКУЧАВА,
В. Я. ГАЦЬКО,
Д. М. ГОЛИЦЫНСКИЙ,
Е. А. ДЕМЕШКО,
Е. Г. ДУБЧЕНКО,
В. Н. ЖДАНОВ,
В. Н. КИСЕЛЕВ,
В. З. КОГАН,
В. В. КОТОВ,
Ю. А. КОШЕЛЕВ,
Ю. Е. КРУК,
Н. И. КУЛАГИН,
О. Н. МАКАРОВ,
В. В. МАЛЕЕВ,
В. Е. МЕРКИН,
В. И. ПЕТРЕНКО,
В. П. САМОЙЛОВ,
Г. М. САНДУЛ
(зам. главного редактора),
А. И. СЕМЕНОВ,
С. И. СЕСЛАВИНСКИЙ,
Н. Н. СМЕРНОВ,
Б. И. ФЕДУНЕЦ,
Ш. К. ЭФЕНДИЕВ.

Художественно-технический
редактор Е. К. ГАРНУХИН
Фото Е. П. ПОЛИТОВА

Адрес редакции: 103031, Москва, К-031,
Кузнецкий мост, 20, 2-й этаж,
телефоны: 925-86-02, 923-77-72

Компьютерная верстка и набор
М. Давыдова, Н. Гашникова,
М. Польнская, МП «ТИМР»

© Журнал "Метро", 1994.



В Н О М Е Р Е

<i>Г.Оганесов. Действующие метрополитены в городах России</i>	1
<i>И.Дорман, Г.Штерн, А.Закиров. Чугунная круговая обделка с литым плоским лотковым элементом</i>	5
<i>А.Горохов. Участок Солнцевской линии от станции «Парк Победы» в район Солнцева</i>	8
<i>В.Сарабеев. Новая редакция ВСН 104-93 «Нормы по проектированию и устройству гидроизоляции тоннелей метрополитенов, сооружаемых открытым способом»</i>	13
<i>Итоги и программа деятельности</i>	15
<i>Ш.Эфендиев. Главная цель — единство усилий и координация действий</i>	20
<i>Х.Абрамсон. О применении скипового подъема в стволах в метростроении</i>	23
<i>Р.Погребной. Несколько слов о станции «Цветной бульвар»</i>	25
<i>Л.Вирич. Алгоритм расчета подземных конструкций по трещиностойкости и деформациям и его реализация</i>	26
<i>Ю.Фролов. Системный анализ конструкции колонной станции полузакрытого способа работ</i>	30
<i>Ю.Кондюрин. Определение усилий внедрения головной части щитового агрегата</i>	35
<i>В.Пикуль. Железная дорога под Волгой</i>	37
<i>И.Выпов. Сурамский тоннель</i>	41
<i>Л.Маковский. Крупнейший тоннельно-мостовой переход</i>	45
<i>Б.Келлерман. Туннель</i>	47

На 1-й стр. обложки: перегонный тоннель, пройденный щитом «Вайсс унд Фрайтаг», на Люблинской линии в Москве.

Действующие метрополитены в городах России

Г.ОГАНЕСОВ,
канд.техн.наук

Публикацию материалов Комплексной программы развития и размещения метрополитенов в городах России (см. «Метро», № 1, 1994 г.) продолжает статья, представляющая анализ работы действующих российских метрополитенов. В подготовке этого раздела программы наряду с институтом «Метрогипротранс» принял участие ВНИИЖТ.

Российская Федерация занимает третье место среди стран мира по количеству городов с действующими метрополитенами и четвертое по общей протяженности сети. В настоящее время метрополитены эксплуатируются в шести городах — Москве, Санкт-Петербурге, Нижнем Новгороде, Новосибирске, Самаре и Екатеринбурге. Общая эксплуатационная длина линий в двухпутном исчислении в 1991 г. составила 358,5 км, а число станций — 227. За этот год перевезено более 3,4 млрд. пассажиров или в среднем за сутки около 10 млн. человек.

Удельный вес в перевозках городскими видами транспорта достиг в Москве 42,8 %, Санкт-Петербурге — 23 %, в то время как в Самаре и Екатеринбурге едва превышал соответственно 2,2 % и 0,5 %.

Количество пассажиров, проходящих в год на одну станцию, составило 15 млн. человек. Наибольшая средняя нагрузка приходилась на метрополитены Москвы — 17 и Санкт-Петербурга — 14,4, наименьшая — Самара — 2,4 и Екатеринбурга — 0,9 млн. человек.

Средняя дальность поездки на первых двух метрополитенах в 2,5-4,5 раза больше, чем на других.

Пассажиронапряженность сети колеблется в широком диапазоне — от 10,5 млн. в год на 1 км линии в Москве до 1 млн. человек в Екатеринбурге.

В среднем за сутки по линиям пропусклось от 342 в Екатеринбурге до 7602 поездов метро в Москве.

Наибольшее количество вагонов в составах было в Москве и Санкт-Петербурге (соответственно 8 и 7). На остальных метрополитенах составы комплектовались из 4 вагонов.

Максимальные размеры движения наблюдались также в Москве и Санкт-Петербурге — соответственно

42 и 38 пар поездов в час, в Новосибирске — 20, на остальных — от 13 до 10 пар поездов.

Общий контингент эксплуатационного персонала российских метрополитенов составил 29394 человек. Наибольшая численность работников, приходящихся на 1 км эксплуатационной длины, достигла в Екатеринбурге — 262, наименьшая — Санкт-Петербурге — 77 человек.

На одного работника, занятого эксплуатационной деятельностью, приходится: в Москве — 134, Санкт-Петербурге — 110, Нижнем Новгороде — 54, Новосибирске — 59, Самаре — 37 и Екатеринбурге — 11 тыс. перевезенных пассажиров в год.

Анализ показателей эксплуатационной деятельности метрополитенов свидетельствует о различной степени эффективности их работы. Там, где сеть состоит хотя бы из двух линий, она, как правило, выше. Это подтверждают показатели пассажиронапряженности и доли в общем объеме перевозок городским транспортом в Нижнем Новгороде и Новосибирске, не говоря уже о Москве и Санкт-Петербурге.

Очевидно, что в городах с одной линией метро создание сети из двух-трех линий качественно улучшает обслуживание населения удобным скоростным внеуличным транспортом и в то же время повышает эффективность эксплуатационной работы метрополитенов.

Основные показатели работы метрополитенов России в 1991 г. приведены в таблице.

Безотказность и долговечность работы эксплуатационных устройств и подвижного состава обеспечивают ремонтные базы метрополитена.

По виду деятельности и организационной структуре эти базы делятся на электродепо, заводы по ремонту подвижного состава и мастерские по ремонту технологического оборудования.

Естественно, безопасность и надежность работы метрополитенов в первую очередь зависят от качества ремонта подвижного состава. На отечественных метрополитенах принята строгая система его технического обслуживания, несколько видов которого выполняется в электродепо. Средние и капитальные ремонты осуществляются на заводах, но порой из-за отсутствия достаточной производственной мощности также проводятся в депо.

В настоящее время в России только в Москве и Санкт-Петербурге имеются заводы по ремонту подвижного состава метрополитена. В Москве производится в год 272 средних и 44 капитальных ремонта, в Санкт-Петербурге соответственно 146 и 22. На остальных российских метрополитенах данный процесс осуществляется в электродепо. Сложившаяся тенденция роста объема движе-

Таблица

Наименование показателей	Единица измерения	Города					
		Москва	Санкт-Петербург	Нижний Новгород	Новосибирск	Самара	Екатеринбург
Год открытия первой линии	год	1935	1955	1985	1985	1987	1991
Количество линий	линия	9	4	1	2	1	1
Эксплуатационная длина	км	239	91,8	11,4	9,9	3,7	2,7
Количество станций	шт.	148	54	10	8	4	3
Среднее расстояние между станциями	км	1,71	1,84	1,14	1,64	1,23	0,9
Инвентарный парк вагонов	ед.	3821	1315	66	72	34	54
Перевезено пассажиров в год	млн. чел.	2521,4	777	55,9	62,4	9,5	2,9
Средняя дальность поездки	км	11,7	10,2	4,7	4,8	2,6	2,7
Максимальный размер движения	пар поездов в час	42	38	12	20	13	10
Средняя эксплуатационная скорость	км/ч	40,7	40,8	38,8	41,1	32,9	30,8
Количество эксл. персонала	чел.	18859	7056	1027	1050	692	710
Удельный вес в общем объеме городских пассажирских перевозок	%	42,8	23	7,2	9,6	2,2	0,5
Пробег вагонов	млн. ваг./км	553,2	175,8	7,1	5,8	2,1	0,9
Расход электроэнергии	млн. кВт. час	1432,3	448,9	32,3	25,9	10	6,9
Расходы по эксплуатации	млн. руб.	4448,6	158,4	16,54	20,56	10,77	10,37
Пассажиронапряженность	млн. пас./км	10,5	8,46	4,9	6,33	2,58	1,05

ния на всех метрополитенах ставит неотложную задачу создания дополнительных производственных мощностей по ремонту составов.

Технологическое оборудование составляет оборудование служб движения, сигнализации и связи, эскалаторной, электроподстанций и сетей, пути, тоннельных сооружений, электромеханической. В Москве и Санкт-Петербурге его ремонт производится в объединенных мастерских, специализированных по соответствующим службам, в других городах страны — в мастерских дистанций служб, которые, как правило, располагаются на территории электродепо. За последние годы в связи с реконструкцией и техническим перевооружением линий непрерывно возрастает объем ремонтно-монтажных работ и действующие мастерские не обеспечивают потребности метрополитенов.

Их техническая оснащенность определяется качеством технических средств, уровнем автоматизации, совершенством постоянных устройств, состоянием основных служб.

Надо сказать, что технические средства (подвижной состав, эскалаторы и др.) как основные элементы единого транспортного механизма на ряде линий работают на пределе своих возможностей, физически и морально устарели, не отвечают возросшим эксплуатационным требованиям и имеют низкую надежность.

При высокой интенсивности движения и значительных потоках пассажиров, а это в первую очередь относит-

ся к метрополитенам Москвы и Санкт-Петербурга, в случае даже кратковременного отказа в работе технических средств происходят сбои в перевозочном процессе, остановка поездов в тоннелях и переполнение станций. Это создает неудобство для пассажиров.

Подвижной состав отечественных метрополитенов включает вагоны четырех поколений: серии Д (1956-1963 гг. выпуска), серии Е (1963-1977 гг.), серии Е с модификациями (контактно-реостатным регулированием и двигателями мощностью 90 кВт) и вагоны 81-717 (714), выпускаемые с 1978 г. по настоящее время.

Нормативный срок службы метровагонов составляет порядка 35 лет. Поэтому часть инвентарного парка выработала свой ресурс.

Вагоны серии 81-717 (714), созданные объединением «Метровагонмаш» на основе базовой модели Е, имеют уже тяговые двигатели мощностью 110 кВт с тиристорно-импульсным регулированием тока возбуждения при торможении, тележки оборудованы цельнометаллическими колесными парами с высокой износостойкостью, оснащены системами автоматического регулирования скорости.

Но все же эти вагоны не отвечают современным требованиям эксплуатации и техническому уровню. В их конструкции велика доля горючих материалов, выделяющих при горении токсические газы, электрооборудование не имеет надежной защиты, отсутствует бортовая диагностика, получающая все большее распространение

за рубежом. Интенсивность отказов вагонов 81-717 (714) по сравнению с серией Д увеличилась в 6,6 раза.

В ряде промышленно развитых стран уже многие годы выпускается подвижной состав нового поколения с тиристорно-импульсными регуляторами напряжения тяговых двигателей и налажен выпуск опытных партий метровагонов с асинхронными тяговыми двигателями. Так, в Японии еще с 1972 г. все метрополитены оборудуются системой рекуперативного торможения, что сократило расход электроэнергии на 20-25 %. В схемах управления тиристорных регуляторов используются микропроцессоры (Япония, Италия, ФРГ и др.). Это, помимо улучшения тягово-энергетических показателей, позволяет внедрить встроенную систему технической диагностики. А на отечественных серийных метровагонах до сих пор применяется электроаппаратура устаревших схем 30-50 гг.

Возросшие современные эксплуатационные требования вызывают необходимость создания нового поколения вагонов метрополитена, технический уровень которого должен быть не ниже мирового.

Следует отметить такой положительный факт, что в борьбу за отечественный рынок метровагонов вступило объединение «Ленвагонмаш». Его новая модификация серийно выпускаемых моделей 81-717.5 (714.5) представляет большой интерес.

Вагоны оборудованы прогрессивной системой телемеханического управления поездом, реализован новый дизайн салона и кабины управления, внедрена система независимого возбуждения тяговых двигателей, предусмотрено реостатно-рекуперативное торможение.

Мытищинским объединением «Метровагонмаш» в последние годы сделан новый шаг в совершенствовании конструкции вагона и создании новой модификации 81-720 (721, 722).

Кузов сделан из нержавеющей стали, тележка — повышенной прочности, установлены асинхронные тяговые двигатели с частотным регулированием скольжения и рекуперативным торможением. Имеются система принудительной вентиляции и комплекс электронной диагностики (см. «Метро», № 3, 1993 г.).

В целом вагон по дизайну, техническим решениям и своим тягово-энергетическим характеристикам стоит в ряду лучших метровагонов фирм развитых стран.

На метрополитенах страны эксплуатируются свыше 700 эскалаторов 29 различных типов и модификаций. Наиболее сложные задачи в обеспечении надежности их работы сосредоточены в Москве. Здесь около 140 эскалаторов функционируют уже более 30 лет.

В настоящее время на российских метрополитенах находятся эскалаторы четырех поколений: металлоемкие Н (выпуска 1935-1950 гг.), их усовершенствованная модификация ЭМ (1952-1966 гг.), с улучшенными показателями надежности типа ЛТ (выпуска 1960-1975 гг.) и облегченные типа ЭТ (производства завода им. Котлякова, Санкт-Петербург) с улучшенными приводом и схемой управления.

В 1985 г. одна из модификаций последнего — ЭТ-5М была аттестована по высшей категории качества. Затем в 1988 г. этой оценке удостоены еще две модели — ЭТ-2М и ЭТ-3М с высотой подъема от 30 до 60 м, не имеющие прямых аналогов за рубежом.

В целом отечественные эскалаторы уступают зарубежным в надежности, качестве и удобстве работы. Поэтому основными задачами по совершенствованию их конструкции являются: повышение надежности за счет использования автоматических, диагностических и контрольных устройств, требуемого запаса усталостной прочности и износостойкости металлоконструкций, узлов и деталей,

повышения комфортности для пассажиров, автоматизации управления (без дежурного персонала) с передачей диспетчеру или ЭВМ контрольной информации, снижения габаритов эскалатора, а также повышение надежности эскалатора по механическому и электрическому оборудованию за счет оснащения его современными приборами безопасности, максимального сокращения внезапных отказов и вынужденных ремонтов.

Обеспечение необходимого перевозочного процесса в условиях высоких пассажиропотоков невозможно без автоматизации.

Все более широкое распространение на метрополитенах России получают автоматические системы управления движением поездов, внедрение которых позволило начать обслуживание составов в одно лицо (Москва и Санкт-Петербург). Серийные отечественные системы по функциональным параметрам находятся на уровне аналогичных зарубежных образцов.

В настоящее время 80 % линий оборудованы устройствами автоматического регулирования скорости и на 38 % применяются системы автоматического управления поездами с использованием ЭВМ.

Вместе с тем существующие системы автоматического управления поездами по техническим характеристикам сдерживают дальнейшее повышение пропускной и провозной способности. Технические средства построены на устаревшей элементной базе.

Значительно отстают российские метрополитены от зарубежных в системах комплексной автоматизации перевозочного процесса (в принятом у нас наименовании АСУ-Метро); нигде она еще полностью не внедрена, в то время как на зарубежных метрополитенах (Канада — г. Ванкувер, Франция — г. Лиль) подобные системы уже давно широко распространены.

Поэтому актуальной остается задача создания единой системы управления перевозочным процессом, обеспечивающей оптимальное автоматическое регулирование движением поездов, работой эскалаторов, устройств энергоснабжения и инженерно-технических установок на базе микропроцессорной техники и современных средств диагностики.

Широко применяется на отечественных метрополитенах путь с деревянными шпалами, замоналиченными в бетон, с лотком посередине колеи и рельсами Р50 и Р65 в сочетании с бесстыковым путем и сварными плетьюми длиной до 300 м.

Многолетняя эксплуатация такой конструкции выявила существенные недостатки: повышенный уровень шума и вибрации на участках мелкого заложения; выход шурупов, прикрепляющих металлические подкладки к рельсам, увеличение трудозатрат при ремонте пути с заменой деревянных шпал.

В зарубежной практике используется бесстыковой путь с железобетонным подрельсовым основанием.

Поэтому остро стоит проблема разработки новой конструкции пути на железобетонном основании с пониженным уровнем шума и вибрации.

Требуют дальнейшего совершенствования оборудование и материалы устройств электроснабжения метрополитена, основной и местной тоннельной вентиляции, отопления, водоснабжения, водоотвода, канализации.

Конечной целью создания всех указанных технических средств является обеспечение работы метрополитена как единого непрерывного транспортного конвейера, оснащенного новейшими научно-техническими достижениями, а также абсолютной безопасности движения и комфортных условий поездки.

Наряду с этим большое внимание должно уделяться

реконструкции метрополитенов и в первую очередь старейших — Московского и Санкт-Петербургского. С целью снижения напряженности в их работе необходимо на 13 линиях провести реконструкцию устройств сигнализации и связи, эскалаторного хозяйства, верхнего строения пути, электромеханических устройств; соорудить дополнительные электродепо, построить вторые вестибюли и входы, возвести несколько новых пересадочных станций на действующих линиях.

Важным моментом повышения эффективности работы метрополитенов является улучшение их эксплуатационной деятельности. Сегодня они испытывают острую нехватку производственных мощностей.

Для своевременного и качественного обслуживания технических средств и оборудования необходимо построить завод по ремонту подвижного состава и базы по ремонту эскалаторов и оборудования, провести реконструкцию существующих заводов.

Возрастающий объем ремонтных работ, проводимых, как правило, в ночные часы, требует перехода на новую интенсивную технологию с использованием высокопроизводительных машин и малогабаритного оборудования. Это даст возможность поднять уровень механизации труда до 80 %.

Следует также отметить, что в последние годы метрополитены постоянно испытывают острый дефицит в

запасных частях. Решению этой проблемы также следует уделить должное внимание.

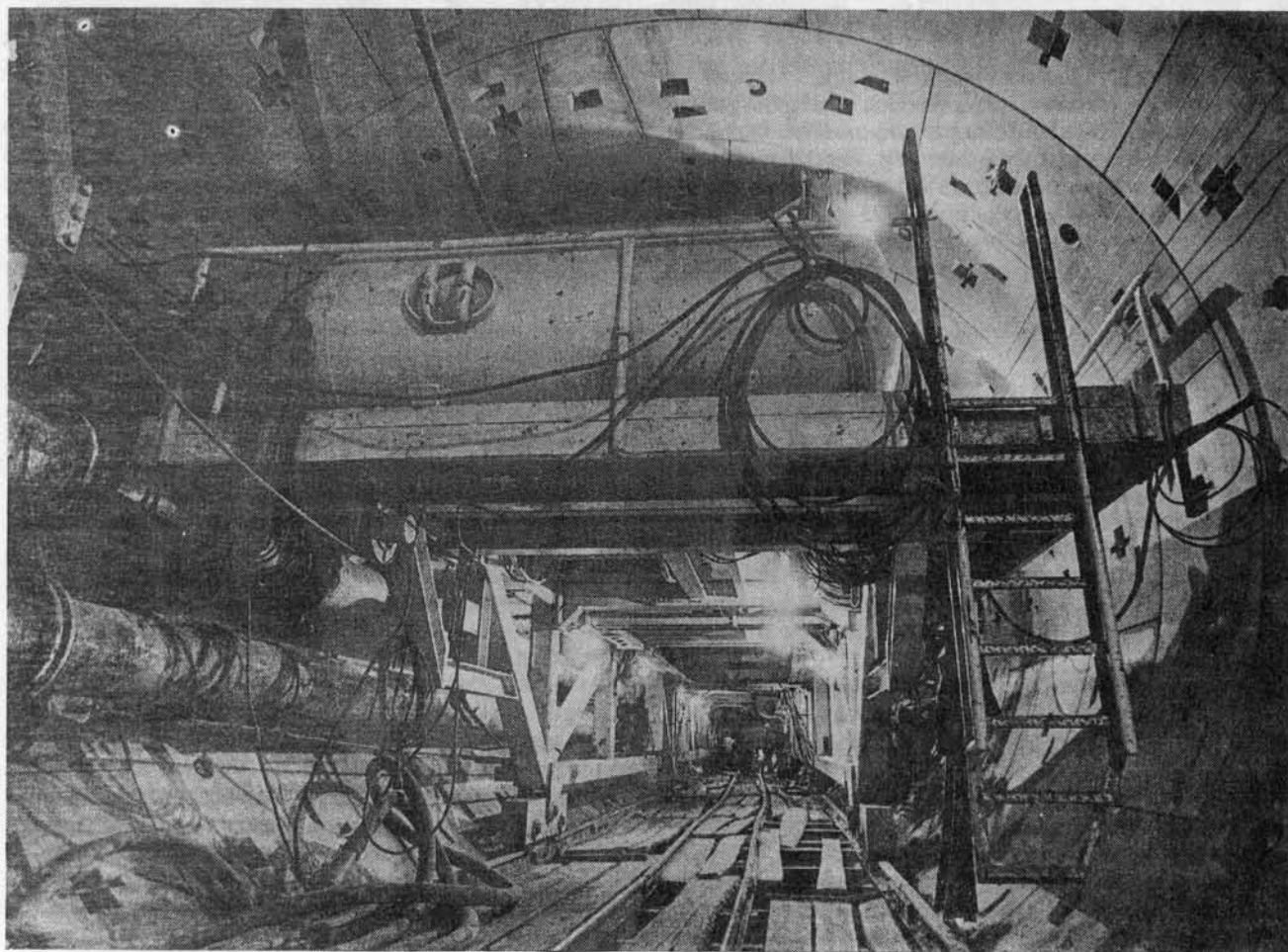
К большому сожалению, начиная с 1992 г., после ликвидации Главметрополитена МПС нет органа, координирующего и направляющего развитие отрасли, нет информации об их хозяйственной деятельности. Метрополитены практически предоставлены сами себе.

Уже более двух лет каждый из шести российских метрополитенов в одиночку решает многотрудные задачи по проектированию, строительству и эксплуатации.

Организованная в середине 1992 г. Ассоциация Российских метрополитенов не является государственным органом, а ее деятельность носит лишь рекомендательный характер.

И как закономерный итог этого — заметно ухудшилась работа метрополитенов, не решаются многогранные вопросы финансирования отрасли, нарушены хозяйственные связи, срываются поставки оборудования, материалов и запасных частей, отсутствует контроль за обеспечением безопасности движения и выполнением инструкций и нормативных требований. Все это может рано или поздно привести к непредсказуемым последствиям.

По аналогии со многими странами мира такая технически сложная отрасль, как метрополитен, имеющая громадную социальную значимость, нуждается в регулировании, поддержке и внимании государства. □



Щит "Вайсс унд Фрайтаг".

ЧУГУННАЯ КРУГОВАЯ ОБДЕЛКА С ЛИТЫМ ПЛОСКИМ ЛОТКОВЫМ ЭЛЕМЕНТОМ

И. ДОРМАН, д-р техн. наук, проф., член-корреспондент Российской академии естественных наук, технический директор Ассоциации «Ассодстройметр»;

Г. ШТЕРН, начальник Управления строительства «Ташметрострой»;

А. ЗАКИРОВ, директор Ташметростройпроекта.

При проходке как перегонных, так и станционных тоннелей щитовым или эректором способом в водонасыщенных грунтах, применяются чугунные обделки кругового очертания — наиболее рациональные для восприятия горного или гидростатического давления.

Однако такие обделки требуют значительных после сборки материальных и трудовых затрат для устройства плоского внутреннего лоткового основания для транспортных работ при дальнейшей проходке тоннеля и укладке постоянного пути метрополитена.

Поэтому в практике отечественного метростроения, начиная с 50-х гг., осуществлялись неоднократные попытки использования чугунных обделок с тем или иным конструктивным выполнением лотковой части, при котором плоская внутренняя поверхность обделки образовывалась бы непосредственно в процессе сборки (монтажа) кольца с обеспечением непрерывности по контуру чугунной поверхности.

Однако завершенных конструктивных решений так и не было получено. С переходом на строительство линий мелкого заложения с небольшим гидростатическим давлением, а нередко и с полным его отсутствием возникла необходимость в решении проблемы плоского лотка уже применительно к обделке из железобетонных блоков. Были разработаны типовые обделки в блочном и ребристом вариантах, получившие название унифицированных, которые используются практически при строительстве всех метрополитенов в государствах бывшего Союза.

В середине 60-х гг. в связи с про-

кладкой в Москве Рижского радиуса глубокого заложения вновь стала актуальной проблема плоского лотка в обделке из чугунных тубингов.

В результате институтом «Метрогипротранс» были выпущены рабочие чертежи конструкций с плоским лотком в кольцах из чугунных тубингов, изготавливаемых на заводах «Лентрублин» и «ДЗМО»¹.

Кольцо из тубингов «Лентрублинта» (внутренним диаметром 5,1 м) состоит из лоткового блока с плоской поверхностью, 6 нормальных,

2 смежных и замковой клиновидной прокладки (рис. 1).

Лотковый блок представляет собой железобетонный элемент, покрытый в процессе изготовления двумя чугунными ребристыми плитами, заанкеренными в арматурный каркас железобетонного блока. Сопряженные между собой, а также с лотковыми блоками смежных колец и нормальными тубингами своего кольца, чугунные плиты образуют чеканочные канавки для гидроизоляции швов.

Лотковый блок соединяется с примыкающими к нему нормальными тубингами болтами или шпильками (см. узлы А, А₁ на рис. 1).

¹ «Метрострой», № 2, 1968.

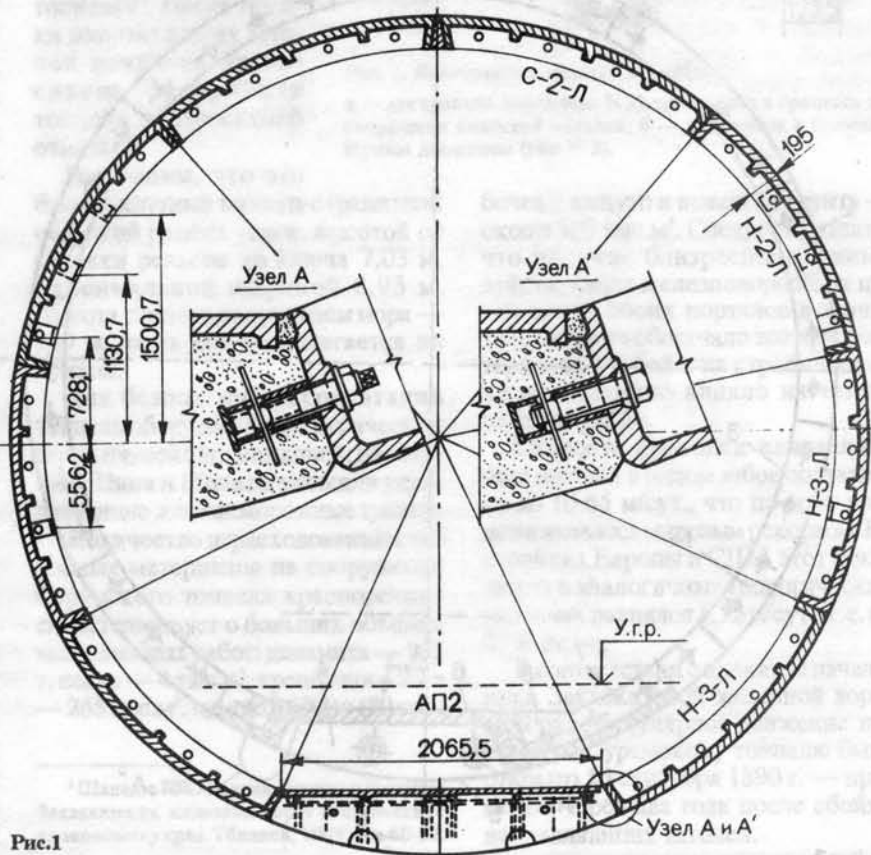


Рис. 1

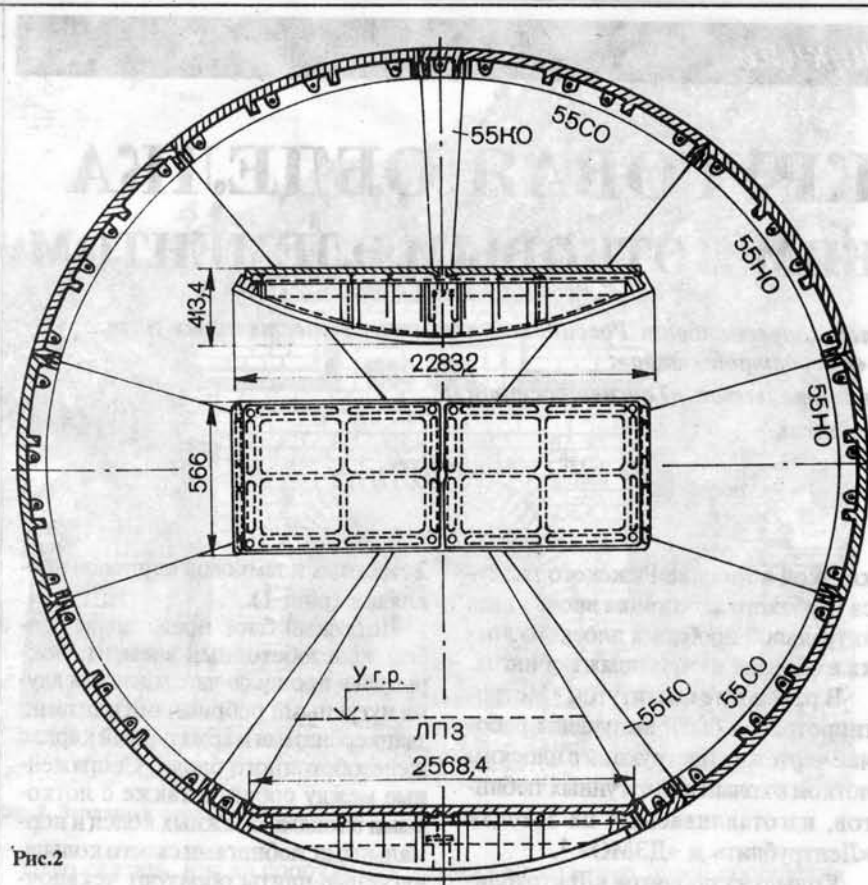


Рис.2

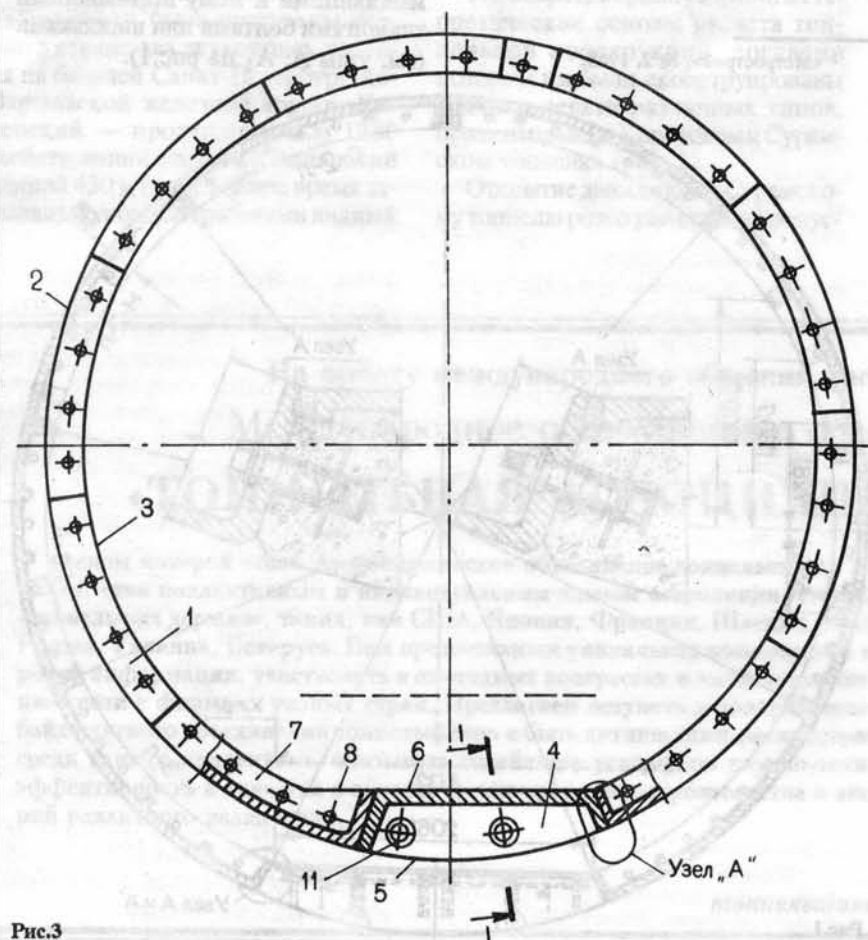


Рис.3

Кольцо обделки с плоским основанием из тубингов «ДЗМО» (внутренним диаметром 5,2 м) состоит из лоткового блока, аналогичного вышеописанному в обделке «Лентрублита», 4 нормальных, 4 смежных и 3 замковых (рис. 2).

Не останавливаясь на технологических особенностях и сложности изготовления комбинированных лотковых элементов, отметим, что обе конструкции, с точки зрения работы тоннельной обделки как кольцевой трубы, имеют два существенных недостатка: первый — смежные кольца в лотковой зоне не соединяются друг с другом; второй — отсутствует перевязка тубингов смежных колец, что безусловно снижает жесткость тоннеля и ставит под сомнение целесообразность применения такой обделки, особенно в слабых водонасыщенных пльвуунных грунтах.

Другим конструктивным решением, внедренным при строительстве метрополитена в Москве и Нижнем Новгороде, является лотковый блок с плоским бетонным верхом. Он представляет собой два обычных нормальных тубинга, сболченных по торцу и обетонированных под отметку верха жесткого основания. Перед обетонированием закрываемый продольный шов сбалчивается, чеканится, устанавливаются трубки с пробками в отверстия для нагнетания. Здесь, как и в предыдущих конструкциях, исключаются болтовые связи по кольцевым бортам на длине плоского лотка (а это 6-8 болтовых отверстий), а также перевязка швов.

Однако практика показала, что использование всех перечисленных конструкций в неустойчивых обводненных грунтах осложняет статическую работу обделки из-за отсутствия связи между кольцами в лотковой зоне.

Так, например, в 1989 г. на метрополитене Нижнего Новгорода, где применили плоский лоток, образованный путем соединения двух нормальных тубингов, заполненных бетоном, просадка неустойчивого грунта в основании тоннеля вызвала разрушение лоткового соединения с отрывом бортов тубингов и образованием трещины шириной до 50 мм на протяжении 9 колец.

Проведенный в ЦНИИСе анализ показал, что основными причинами разрушения обделки явились: сниже-

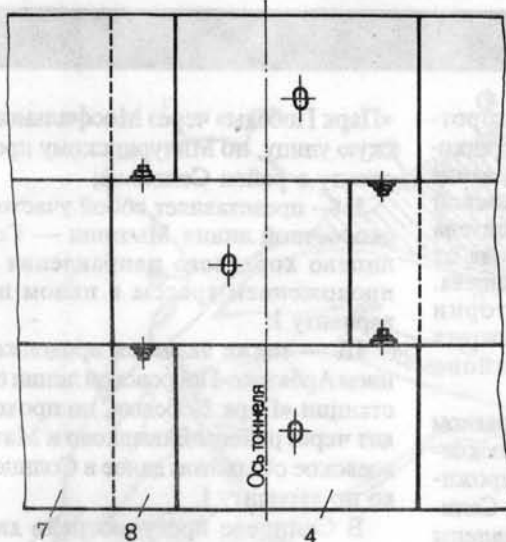


Рис.4

ние прочности кольца вследствие ликвидации перевязки швов и отсутствия продольных связей в лотковой его части.

Начался поиск новых конструктивных решений. Одно из них, разработанное в последнее время, намечено к внедрению в сейсмических районах. При этом ставилась задача: наряду с получением обделки с плоским лотковым основанием иметь возможность осуществлять перевязку швов в смежных кольцах, а также обязательно соединять их между собой по всему периметру кольца.

Предлагаемая вниманию читателя обделка представлена на рис. 3 (общий вид кольца), на рис. 4 — вид в плане на размещение с перевязкой швов лотковых и примыкающих к ним элементов обделки, рис. 5 — узел соединения лоткового и примыкающего к нему криволинейного нормального элемента, рис. 6 — разрез плоского лоткового элемента и на рис. 7 — узел соединения колец обделки между собой вдоль тоннеля (сечение 1-1, рис. 3).

Итак, сборная чугунная обделка кругового очертания включает кольца из отдельных ребристых чугунных тубингов 1 с наружной криволинейной поверхностью ребер 3. Лотковый элемент 4 выполнен асимметричным относительно вертикальной плоскости осевого сечения тоннеля и ус-

тановлен с ориентацией криволинейных кромок ребер 5 к поверхности грунта, при этом прямолинейная плоскость спинки 6 лоткового блока обращена внутрь тоннеля.

Криволинейные ребра элемента 7, примыкающего с одной стороны к лотковому, выполнены на части длины с прямолинейной внутренней поверхностью 8. Они являются продолжением поверхности спинки лоткового блока, в которой устроена ниша 9 для возможности пропуска в них крепежных болтов 10.

Для соединения колец между собой в лотковой зоне в ребрах элемента 4 имеются отверстия 11, через которые пропускают тяжи 12 на муфтах 13.

При монтаже обделки по длине тоннеля лотковые блоки в каждом последующем кольце устанавливают с поворотом на 180 град. относительно смежного с ним. Элементы 7 с прямолинейными участками ребер располагают соответственно с разных сторон лоткового тубинга (см. рис. 4). Нижние блоки соединяют

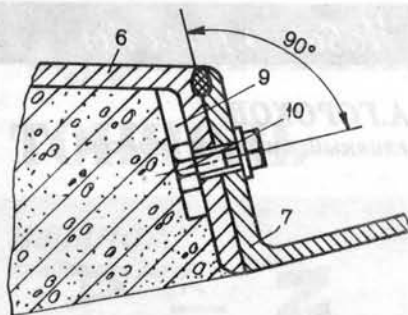


Рис.5

между собой в кольце болтами и между кольцами — тяжем.

Таким образом, все стыки в кольце смещаются на 1/4 — 1/6 части длины элементов по отношению к предыдущему кольцу (на 1-2 болтовых отверстия, в зависимости от того, 4 или 6 болтовых отверстий имеется в кольцевых ребрах тубингов).

В результате обеспечиваются, во-первых, перевязка швов между смежными кольцами и, во-вторых, надежная связь колец друг с другом в лотковой зоне.

На данную конструкцию по заявке на изобретение² получено положительное решение патентной экспертизы и в настоящее время оформляется патент на изобретение.

Рабочие чертежи обделки разра-

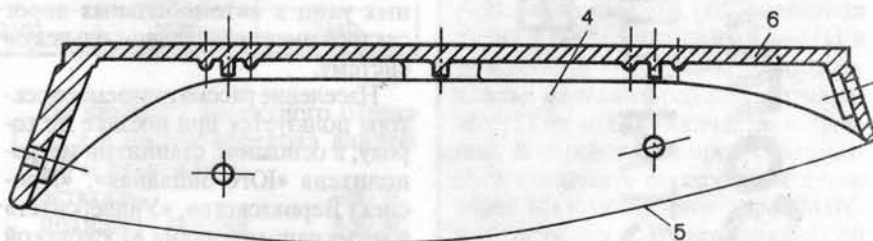


Рис.6

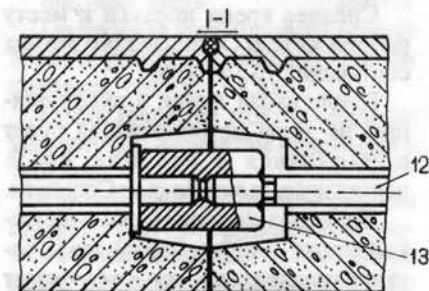


Рис.7

ботаны Управлением строительства «Ташметрострой».

В настоящее время отлиты опытные тубинги на Ташкентском тракторном заводе, а в забое Ташметростроя смонтированы первые два кольца. □

² Заявка на изобретение № 4936010/33 от 14.05.91 «Сборная обделка тоннеля». Авторы: Дорман И.Я., Штерн Г.Я., Жданов В.Н., Хованович Б.Ю., Кузнецов В.Г., Закиров А.З., Гандиль Г.Л., Антонов О.Ю.

А.ГОРОХОВ,
главный инженер проекта

Участок Солнцевской линии от станции «ПАРК ПОБЕДЫ» в РАЙОН СОЛНЦЕВА

Институтом «Метрогипротранс» разработано технико-экономическое обоснование строительства участка Солнцевской линии Московского метрополитена в юго-западном секторе города от площади Победы в район Солнцева. Она пройдет по территории Западного административного округа Москвы и Ленинского района Московской области.

В настоящее время в юго-западном секторе города в пределах Московской кольцевой автодороги проживает около 400 тыс. человек. Селитебные территории представлены жилыми районами: Мосфильмовской улицы, Мичуринского проспекта, Раменок, Олимпийской деревни, Очакова, Аминьева, Матвеевского, Давыдкова и др.

На данной территории сформировался и ряд общественно-культурных центров:

комплекс МГУ им. М.В.Ломоносова;

культурный и торговый центр с киноконцертным залом, центром моды «Люкс», спорткомплексом в районе Олимпийской деревни на Мичуринском проспекте;

общественно-культурный центр «Парка Победы» и др.

Существующая сеть магистральных улиц и автомобильных дорог сектора имеет радиально-кольцевую систему.

Население рассматриваемого сектора пользуется при поездке по городу, в основном, станциями метрополитена «Юго-Западная», «Прспект Вернадского», «Университет» и двумя направлениями Московской железной дороги — Смоленским и Киевским.

Среднее время поездки к месту работы жителя Солнцевского района составляет 73 минуты.

После ввода линии в эксплуатацию на долю метрополитена будет приходиться в час пик 84 % пассажиров, вывозимых из Солнцева.

Конечная станция Сокольнической линии — «Юго-Западная» работает в условиях перегрузки (дефицит пропускной способности составляет 1,5 тыс. человек в час), а вся линия — на пределе своей провозной способности.

В соответствии с заданием в составе ТЭО были рассмотрены три принципиальных варианта трассы:

I — продление Арбатско-Покровской линии от строящейся станции

«Парк Победы» через Мосфильмовскую улицу, по Мичуринскому проспекту в район Солнцева;

II — представляет собой участок скоростной линии Мытищи — Солнцево хордового направления с проложением трассы в целом по варианту I;

III — также является продолжением Арбатско-Покровской линии от станции «Парк Победы», но проходит через районы Давыдково и Матвеевское с выходом далее в Солнцево по варианту I.

В Солнцева предусмотрено два варианта проложения трассы — по Солнцевскому проспекту и улице Авиаторов с выходом в обоих случаях на Боровское шоссе в районе Новосолнцева.

ВАРИАНТ I.

Приняты следующие условные наименования станций: «Мосфильмовская», «Ломоносовский проспект», «Раменки», «Мичуринский проспект», «Олимпийская деревня», «Солнцевский проспект», «Боровское шоссе», «Новосолнцево», «Улица Авиаторов».

Все они запланированы с платформами островного типа, длиной, рассчитанной на прием восьмивагонных составов; мелкого заложения, с двумя подземными вестибюлями, за исключением станции «Олимпийская деревня», где северный вестибюль предложен в двух вариантах — подземном и наземном исполнении. Входы в подземные вестибюли совмещены с подулочными пешеходными переходами.

«Мосфильмовская» размещена под сквером вдоль Университетского проспекта, у пересечения его с Мосфильмовской улицей. Ее южный вестибюль — с обратным заходом для более удобной связи с подземным пространством, которое можно организовать над станцией.

Станция «Ломоносовский проспект» расположена вдоль Мичуринского проспекта в технической зоне метрополитена, у пересечения Мичуринского проспекта с Ломоносовским.

По Ломоносовскому проспекту, как магистрали с наиболее интенсивным транспортным потоком, намечается строительство в перспективе транспортного тоннеля, уровнем

проезжей части которого определено положение в профиле станции.

Северный вестибюль размещен южнее транспортного тоннеля и совмещен с системой пешеходных переходов под проспектами лестничными сходами, а с платформой станции связан тремя эскалаторами.

Южный вестибюль — с обратным заходом, что позволит уменьшить высоту лестниц на выход, а также лучше организовать вход в подземное пространство над станцией.

При строительстве станции предусматриваются соответствующие мероприятия, позволяющие в будущем осуществить прокладку транспортного тоннеля по Ломоносовскому проспекту без перерыва движения поездов метрополитена.

Станция «Раменки» расположена вдоль Мичуринского проспекта, на пересечении его с Винницкой улицей.

На станции ожидается посадка 8,6 и высадка 1,7 тыс. человек в час пик.

Станция «Мичуринский проспект» размещена вдоль улицы Пельше, на пересечении ее с улицей Лобачевского и Аминьевским шоссе.

Вдоль последнего по Генеральной схеме развития линий метрополитена в перспективе пройдет участок трассы Второй кольцевой линии. Поэтому станция «Мичуринский проспект» планируется пересадочной. На ней ожидается посадка 3,6 и высадка 0,6 тыс. человек в час пик.

Станция «Олимпийская деревня» размещена вдоль улицы Пельше; у пересечения ее с Никулинской улицей, где в настоящее время расположены отстойно-разворотная площадка общественного транспорта и АЗС, а к северо-западу, за Озерной улицей, значительную территорию занимает промзона Очаково и комплекс научно-исследовательских институтов. Напротив Олимпийской деревни, по другую сторону улицы Пельше, — зеленая зона с существующим водоемом и водоохранной зоной реки Очаковки. Олимпийская деревня представляет собой сложившийся жилой массив с 16-этажными жилыми домами и общественно-культурной зоной.

На станции ожидается посадка 4,7 и высадка 8 тыс. человек в час пик.

Участок размещения станции «Олимпийская деревня» отличается пересеченным рельефом местности и сложной системой инженерных коммуникаций.

За станцией «Олимпийская деревня» предусмотрено путевое развитие в виде перекрестного съезда и туши-

ков для оборота и отстоя поездов (до предыдущей станции с путевым развитием, станции «Мосфильмовская», около 7 км).

Кроме того, от трассы основного направления отходит двухпутная соединительная ветка длиной около 0,5 км в электродепо Востряково.

Далее трасса до Солнцевского проспекта проходит по территории Ленинского района Московской области, пересекая водоохранную зону речки Сетуньки, пахотные земли совхоза «Московский», частично — территорию, занятую посадками деревьев и садовыми участками.

В этом районе, на землях совхоза «Московский», институтом Генплана предложена вторая площадка под электродепо, южнее деревни Говорово.

Длина соединительной ветки — около 0,5 км. Необходимо отметить, что площадка под электродепо Говорово неудачно расположена относительно трассы линии (тоннели главных путей пересекают площадку по диагонали и делят ее на две части), что осложняет выход соединительной ветки на территорию электродепо, удлиняет ее искусственно, и часть территории депо (около 3 га) отторгается на соединительную ветку и перегонные тоннели.

Отсутствие подъездных путей потребует строительства дороги от Боровского шоссе.

Положение тоннелей в профиле на рассматриваемом участке определено рельефом местности, гидрогеологическими условиями, наличием охранных зон и т.д. Пересечение речки Сетуньки выполнено в двух вариантах: под открытым руслом в обводненных грунтах;

заклочение речки в месте пересечения в коллектор, пропуск над ним тоннелей метрополитена, с последующей обсыпкой в виде дамбы или устройство железобетонного открытого русла.

Со строительной точки зрения второй вариант предпочтительнее.

Станция «Солнцевский проспект» размещена вдоль одноименного проспекта в районе старого Солнцева на пересечении с улицами Щорса и Главмосстроя. Здесь к 2000 г. будет проживать 78 тыс. человек.

Учитывая большую протяженность Солнцевской линии, в целях скорейшего обеспечения района скоростным транспортом — метрополитеном намечено второй пусковой участок ввести до станции «Солнцевский проспект». С этой целью за ней предусмотрен одиночный

съезд и двухпутные тупики для оборота и отстоя составов.

Станция «Боровское шоссе» расположена в квартале вдоль Боровского шоссе, у пересечения с Попутной улицей.

На станции ожидается посадка 1,5 и высадка 1,3 тыс. человек в час пик.

С запада от станции проложен путепровод, по которому проходит железнодорожная ветка. Тоннели метрополитена мелкого заложения на этом участке расположены между опорой путепровода и его устоем.

Чтобы исключить проходку тоннелей под путепроводом в сложных гидрогеологических условиях, разработан вариант размещения станции «Боровское шоссе» непосредственно под шоссе между жилым кварталом с многоэтажной застройкой и Попутной улицей.

Станция «Новосолнцево» находится на Боровском шоссе у пересечения его с улицей Шолохова.

Учитывая, что продолжительное время она будет конечной, около станции планируется устройство отстойно-разворотной площадки и конечной остановки рейсовых автобусов из аэропорта Внуково и области.

На станции ожидается посадка 19,2 и высадка 8,6 тыс. человек в час пик.

В районе старого Солнцева (в подварианте II) на пересечении улиц Авиаторов и Щорса предусмотрена станция «Улица Авиаторов».

ВАРИАНТ II.

Солнцевская линия рассматривается как участок хордовой линии Мытищи — Солнцево от станции «Парк Победы». По этому варианту предусмотрено обращение на линии десятивагонных составов, а технические характеристики линии приняты по аналогии с решениями, предусмотренными в ТЭО Митинско-Бутовской линии. На «Парке Победы» предусмотрено сооружение третьей станции.

С целью увеличения скоростных характеристик трассы на линии по сравнению с вариантом I уменьшено количество станций (исключены «Раменки» и «Боровское шоссе»).

Все они, как и в варианте I, приняты с платформами островного типа, но большей длины.

Две станции — «Парк Победы» и «Мосфильмовская» — глубокого заложения с одним подземным вестибюлем, а пять станций: «Ломоносовский проспект», «Мичуринский проспект», «Олимпийская деревня»,

«Солнцевский проспект» (или «Улица Авиаторов») и «Новосолнцево» — мелкого заложения с двумя подземными вестибулями (кроме «Олимпийской деревни», северный вестибюль которой наземный), совмещенными с подуличными пешеходными переходами.

Станция «Парк Победы», третья в пересадочном узле, размещена под углом 90 град. к одноименным станциям Митинско-Бутовской и Арбатско-Покровской линий у площади Победы и музея-панорамы «Бородинская битва».

Для реализации больших пересадочных пассажиропотоков на проектируемой станции предусмотрена система пересадочных устройств. Из южного торца — по лестнице и четырем эскалаторам с Солнцевской линии будут следовать на Арбатско-Покровскую линию 30 тыс. пассажиров в час пик, на Митинско-Бутовскую — 3 тыс. человек. Указанные пассажиропотоки приведены на период пуска.

Вторая пересадка планируется из середины станции Солнцевской линии по лестницам и четырем эскалаторам на Митинско-Бутовскую.

По расчетам института Генплана на период пуска и даже на расчетный срок пассажирские потоки на вход и выход по станции «Парк Победы» невелики (3,9 тыс. на выход и 5,9 тыс. человек на вход). Поэтому четыре эскалатора, предусмотренные на выход из северного торца станции, достаточны для реализации этих потоков.

Однако в перспективе предусмотрена, в случае необходимости, возможность устройства второго выхода в сторону Поклонной улицы. По мнению института Генплана, второй вестибюль должен располагаться на пересечении Поклонной улицы с улицей Генерала Ермолова. В этом случае от вестибюля метрополитена до станции необходим подходной коридор длиной около 400 м, а до намечаемой железнодорожной платформы — еще 160 м (предполагается перенос существующей платформы Москва-Сортировочная Киевского направления).

Учитывая такие большие длины подходных коридоров, которые необходимо сооружать в сложных гидрогеологических и градостроительных условиях, что потребует больших капиталовложений, институт «Метротранс» считает, что положение второго вестибюля подлежит уточнению, а путь в 500 м к будущей железнодорожной платфор-

ме пассажиры могут преодолевать по поверхности, тем более, что улицы Поклонная и Генерала Ермолова не отличаются интенсивным движением транспорта.

У станции «Парк Победы» предусмотрена однопутная соединительная ветка с Арбатско-Покровской линией протяженностью около 930 м.

Станция «Мосфильмовская» размещена на пересечении Мосфильмовской улицы и 2-го Мосфильмовского переулка.

В связи с тем, что в данном варианте не предусматривается строительство станции «Боровское шоссе», представилась возможность на перегоне «Солнцевский проспект» — «Новосолнцево» несколько изменить трассу. Это облегчит проходку в сложных гидрогеологических условиях на участке пересечения железнодорожных подъездных путей к плодоовощной базе, исключит пересечение путепровода и переустройство ряда крупных подземных коммуникаций.

Как и в варианте I, ввод Солнцевской линии в эксплуатацию предусмотрен тремя пусковыми участками.

ВАРИАНТ III.

Солнцевская линия рассматривается как продолжение Арбатско-Покровской линии от тупиков за станцией «Парк Победы».

Все станции также приняты с платформами островного типа, рассчитанными на прием восьмивагонных составов.

«Минская» — глубокого заложения с одним подземным вестибюлем, остальные — «Давыдково», «Матвеевская», «Раменки», «Мичуринский проспект», «Олимпийская деревня», «Солнцевский проспект» (или «Улица Авиаторов»), «Боровское шоссе» и «Новосолнцево» — мелкого заложения с двумя подземными вестибулями (кроме «Олимпийской деревни»).

«Минская» размещена на пересечении одноименной улицы с улицами Василисы Кожинной и Герасима Курина; «Давыдково» — вдоль Давыдовской улицы, у пересечения ее со Славянским бульваром. Первоначально рассматривался вариант глубокого заложения этой станции. Однако инженерно-геологические условия данного района проложения линии предопределили чрезвычайную сложность ее сооружения.

«Матвеевская» размещена на Веерной улице, в центре одноименного жилого района.

«Раменки» расположена вдоль Мичуринского проспекта между улицами Удальцова и Винницкой. По сравнению с вариантом I эта станция смещена на 200 м от Винницкой улицы.

От станции «Мичуринский проспект» до «Новосолнцево» трасса линии целиком совпадает с вариантом I.

В геологическом плане район прокладки трассы представляет собой отложения четвертичной, меловой, юрской и каменноугольной систем. Он располагается в юго-западной части города в пределах пологохолмистой ледниково-флювиогляциальной равнины, расчлененной долиной реки Сетунь и ее правых притоков — речек Раменки и Сетушки.

На участках глубокого заложения перегонные и станционные тоннели проходят в нижних (ратмировская-суворовская) толщах верхнего отдела каменноугольной системы, не имеющих гидравлической связи с горизонтом грунтовых вод, что исключает возможность активизации карстово-суффозионных процессов в связи с водоотливом при строительстве.

Исходя из гидрогеологических условий, объемно-планировочных решений и с учетом принятых способов производства работ в ТЭО приняты прогрессивные типовые, применяемые ранее и индивидуальные конструкции из чугунных тубингов, сборного и монолитного железобетона.

Железобетонные конструкции обделок заводского изготовления предусмотрены из тяжелого бетона классов по прочности В30 и В25, внутренние — В25, В15, монолитные — из тяжелого бетона В25, В15. Для армирования сборных и монолитных конструкций применяется сталь классов АIII, АII, AI.

стыки между элементами чугунных обделок станций, ТПП, пересадочных узлов, эскалаторных тоннелей, вентиляционных стволов и перегонных тоннелей в условиях эксплуатации со знакопеременными температурами чеканятся свинцовой проволокой с последующим заполнением оставшейся части канавки БУСом.

На станциях, в пристанционных сооружениях, пересадочных и эскалаторных тоннелях, сооружаемых закрытым способом, предусмотрены водоотводящие зонты: на станциях — из полимерных материалов, в ТПП и БТП — стальные, в эскалаторных тоннелях — алюминиевые.

Таблица

Защита от коррозии тюбинговых обделок станций и пристанционных сооружений обеспечивается покрытием противокоррозионными составами. Внутренние поверхности тюбингов в перегонных тоннелях покрываются водостойким составом, а металлические конструкции — антикоррозионными лаками, красками или слоем штукатурки.

Для тоннелей, расположенных на расстоянии менее 2 м от подстилающих водоносных песчаных или слабых глинистых грунтов, приняты сборные обделки со связями растяжения.

Для открытого способа работ обделки перегонных тоннелей представлены двумя типами: цельносекционные (ЦСО) прогрессивной унифицированной конструкции и из отдельных укрупненных элементов по действующим типовым проектам.

В качестве искусственного основания под тоннели при пересечении трассой оврагов и речек запланирована монолитная железобетонная плита ростверка по свайному основанию.

Для подачи оборудования и материалов с поверхности в вестибюли станций предусматриваются грузовые лифты грузоподъемностью до 3 т.

На участках линии, сооружаемых открытым способом или закрытым на малой глубине и расположенных ближе 40 м от жилой застройки, запроектированы специальные мероприятия по защите от шума и вибрации, возникающих при движении поездов.

На перегонах, расстояние между которыми превышает 3 км, имеются аварийные выходы на поверхность.

Станции «Мосфильмовская», «Ломоносовский проспект» и «Боровское шоссе» по первому варианту приняты колонного типа с шириной платформы 10 м и шагом колонн 4 м усиленной конструкции из сборных железобетонных элементов.

Вестибюли — из сборно-монолитных железобетонных конструкций с тремя эскалаторами.

«Мичуринский проспект» — колонная, пересадочная, с платформой 12 м и шагом колонн 6 м.

На половине длины станции, где основание представлено слабыми водоносными песками, предусмотрена усиленная конструкция лотка.

Под вестибюлем № 2 в месте перспективного пересечения трассы тоннелями Второй кольцевой линии запланирован экран из монолитной железобетонной плиты по сваям.

«Олимпийская деревня» — колонного типа с шагом колонн 6 м

Наименование показателя	Единица измерения	Показатели					
		Вариант I		Вариант II		Вариант III	
		I.1	I.2	II.1	II.2	III.1	III.2
Строительная длина линии в двухпутном исчислении	км	20,18	20,22	20,79	20,74	20,15	20,19
в том числе:							
собственно линия	"-	19,17	19,21	18,78	18,73	19,14	19,18
соединительная ветка	"-	—	—	0,93	0,93	—	—
ветка в электродепо Востряково	"-	0,47	0,47	0,54	0,54	0,47	0,47
ветка в электродепо Говорово	"-	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54
Строительная длина участков собственно линии:							
глубокого заложения	"-	2,68	2,68	4,30	4,30	2,08	2,08
мелкого	"-	16,49	16,53	14,48	14,43	17,06	17,10
наземных	"-	—	—	—	—	—	—
Эксплуатационная длина	"-	19,68	19,72	17,57	17,51	19,69	19,67
Количество станций на линии (из них пересадочных),	станция	8(1)	7(1)	7(2)	7(2)	9(1)	8(1)
в том числе:							
глубокого заложения	"-	—	—	2	2	1	1
мелкого	"-	8	7	5	5	8	7
наземных	"-	—	—	—	—	—	—
Длина станционных платформ	м	162	162	200	200	162	162
Среднее расстояние между станциями	км	2,19	2,82	2,93	2,92	2,19	2,46
Наибольший уклон	‰	43	43	38	38	43	43
Наименьший радиус кривой в плане	м	300	400	600	600	300	400
Процент участков трассы на кривых	%	25,5	30,2	36,1	33,7	28,3	33,8
Посадка пассажиров на линии:							
на период пуска участка линии в сутки	тыс. чел.	320,0	320,0	300,0	300,0	330,0	330,0
в год	млн. чел.	116,8	116,8	109,5	109,5	120,5	120,5
на перспективу в сутки	тыс. чел.	340,0	340,0	355,0	355,0	360,0	360,0
в год	млн. чел.	124,1	124,1	129,6	129,6	131,4	131,4
Количество пассажиров на 1 км линии в год:							
на период пуска участка линии	млн. чел.	6,0	6,0	6,9	6,9	6,4	6,4
на перспективу	"-	6,3	6,3	7,4	7,4	6,6	6,6
Максимальные размеры движения на период пуска участка линии на перспективу	пар поездов час	36	36	20	20	38	38
	"-	40	40	40	40	40	40

Продолжение таблицы

Наименование показателя	Единица измерения	Показатели					
		Вариант I		Вариант II		Вариант III	
		I.1	I.2	II.1	II.2	III.1	III.2
Провозная способность линии на период пуска участка линии на перспективу	тыс. чел	48,7	48,7	33,9	33,9	51,4	51,4
	"-	54,1	54,1	67,8	67,8	54,1	54,1
Скорость сообщения	км/ч	46,9	46,9	48,3	48,3	46,9	46,9
Продолжительность строительства	лет	7	7	8	8	8	8

представлена в двух вариантах: с одним наземным и одним подземным вестибюлями; с двумя подземными.

В первом случае наземный вестибюль поднят на стилобат из сборно-монолитных подпорных стен. Лестница схода к жилому массиву за-

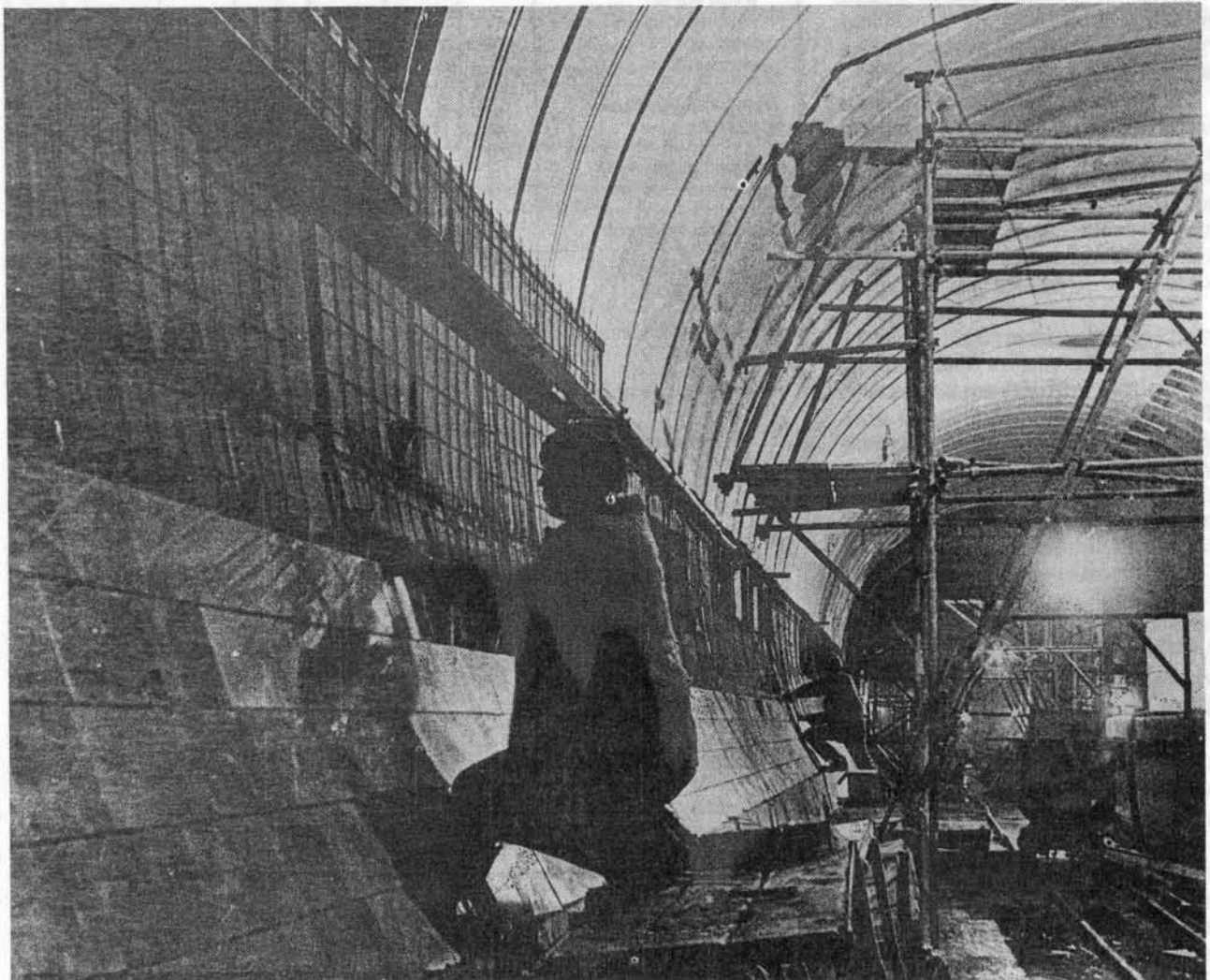
проектирована в виде открытой железобетонной рамы.

«Раменки», «Солнцевский проспект», «Новосолнцево» предусмотрены односводчатыми из монолитного железобетона. Конструкции сооружаются при помощи передвижной опалубки.

Архитектура каждой станции и вестибюля решается индивидуально в современных формах с применением как традиционных материалов — естественного камня, цветных металлов, так и новых — штампованный металл, анодированный или покрытый цветными эмалями, профилированный металл, керамика, стекло в увязке с тематикой района города, где располагаются станции.

Все они проектируются с элементами декоративно-художественного тематического оформления. На станциях глубокого заложения в сводовых частях центрального и боковых залов устанавливаются декоративные водоотводящие зонты из стеклотекстолита, окрашенные краской ПВХ, в эскалаторных тоннелях — из анодированных панелей.

Для освещения станций и вестибюлей используются современные экономичные лампы (люминесцентные, ртутные, натриевые). □



Отделочные работы на станции "Римская".

НОВАЯ РЕДАКЦИЯ ВСН 104-93 «Нормы по проектированию и устройству гидроизоляции тоннелей метрополитенов, сооружаемых открытым способом»

В.САРАБЕЕВ,
канд.техн.наук

ЦНИИСом при участии Метроргипротранса, СКТБ и ряда управлений производственной специализированной фирмы «Тоннельметрострой», ВНИИавтогенмашина разработаны ВСН 104-93 взамен ВСН 104-79. Они согласованы с Ассоциацией «Ассостройметро», утверждены АО Корпорация «Трансстрой» и введены в действие с 1 октября 1993 г.

В основу документа легли результаты научных исследований и опытно-промышленного внедрения созданных за последние 10-12 лет гидроизоляционных материалов и технологий.

Новые разделы, вошедшие в ВСН 104-93, — это «Гидроизоляция элементов цельносекционной обделки в заводских условиях или на полигоне» и «Устройство гидроизоляции сопряжений тоннельных обделок». В последний включены элементы сопряжений, относящиеся к закрытому способу работ. Шесть разделов документа капитально переработаны.

ВСН 104-93 имеет 12 разделов: общие положения; материалы и требования к ним; оборудование; конструкция гидроизоляции; производство работ по гидроизоляции тоннелей в стадии их возведения;

гидроизоляция элементов цельносекционной обделки в заводских условиях или на полигоне;

устройство гидроизоляции сопряжений тоннельных обделок;

устройство гидроизоляции деформационных швов;

устройство сопряжения гидроизоляции с трубопроводами;

контроль качества и приемка работ;

защита гидроизоляции;

охрана труда и техника безопасности.

К основному тексту дано 5 приложений.

Настоящие Нормы устанавливают общие требования к проектированию, производству и приемке работ по гидроизоляции обделок тоннелей метрополитенов, сооружаемых открытым способом из сборного и монолитного железобетона.

В первом разделе представлены общие положения: цель гидроизоляции; основные факторы, которые следует учитывать при назначении (выборе) типа и конструкции гидроизоляции; температурные условия проведения работ и требования к поверхности железобетонных элементов и персоналу, выполняющему гидроизоляцию. При нанесении изоляции на элементы сборной обделки и ЦСО в заводских условиях или на полигоне необходимо предусматривать надежные способы соединения гидроизоляции; она должна быть надежно защищена от повреждения в процессе транспортировки, складирования, монтажа, обратной засыпки котлована и в период эксплуатации. Указано, что при заделке стыков ЦСО быстротсхватывающимися или безусадочными смесями чеканкой или торкретированием следует выполнять требования ВСН 130-92, а при нанесении выравнивающего и защитного слоев набрызгом — ВСН 126-90.

На участках строительства в сложных инженерно-геологических условиях, агрессивной среде (в зонах расположения свалок, отстойников, территорий с нарушенной экологией подземной среды) и в зонах пересечения тоннелей трубопроводами теплоснабжения (горячей воды и пара) гидроизоляции необходимо предусматривать по специальному проекту.

В разделе «Материалы и требования к ним» и «Оборудование» в форме таблиц приведен перечень

материалов и оборудования, которые могут быть использованы для гидроизоляции обделок тоннелей, с указанием шифров действующих государственных стандартов (ГОСТов) и технических условий (ТУ). В таблице 1, например, даны составы мастик: гидроизомаст, эпоксидно-каменноугольной, битумно-каолиновой, применяемых для устройства гидроизоляции сопряжений, примыканий и покрытий.

В таблицах 1 и 2 материал и оборудование сгруппированы (классифицированы) по назначению. Это облегчает пользование данным документом.

Следующий раздел — «Конструкция гидроизоляции». Известно, что гидроизоляция по конструкции отличается числом слоев; разновидностью используемого материала — гидростеклоизол, гидроизол; технологией устройства — оплавляемая, оклеечная; разновидностью объекта сооружения — станционный, перегонный тоннель; степенью устойчивости грунта в основании тоннеля — устойчивый, неустойчивый; ожидаемым напором грунтовых вод — до 5 м и до 15 м. Последний в новой редакции увеличен с 10 до 15 м с тем, чтобы это соответствовало разработанным строительным нормам на проектирование метрополитенов, изданным в 1992 г. в виде «Пособия по проектированию метрополитенов» и введенным в действие с 1.07.92 г.

Данный раздел отредактирован и значительно сокращен, изъяты трудно воспроизводимые фотографии. В то же время в изданных экземплярах Норм по вине типографии в подристочных надписях имеются грубые ошибки: в некоторых случаях они не соответствуют рисункам.

Раздел «Производство работ по гидроизоляции тоннелей в стадии

возведения» предусматривает три этапа соответственно конструкции тоннеля: гидроизоляция лотка, стен и перекрытия. Каждый этап состоит из трех процессов: подготовка поверхности, ее изоляция, устройство защитного слоя или ограждения. При этом высота защитной стенки для сборной обделки с 1 м снижена до 0,5 м в новой редакции; для монолитной — как и ранее, ее следует возводить на всю высоту тоннеля, а после изолирования использовать в качестве наружной опалубки стен. Подраздел «Подготовительные работы» включает перечень этих процессов и требования к последовательности, условиям и качеству их выполнения.

Подраздел «Организация рабочего места» содержит мероприятия, предшествующие нанесению гидроизоляции, в том числе в зимнее и летнее время.

В подразделе «Устройство оплавленной гидроизоляции» сказано, что для этих целей следует использовать утяжеленные битумные рулонные материалы, послойно наклеиваемые без мастик путем оплавления поверхности кровельного слоя пламенем газовоздушных пропановых горелок и прижатия к изолируемой конструкции. Кроме того, даны требования к оборудованию, приемам и способам выполнения работ, обеспечивающим высокое качество гидроизоляции.

В следующем подразделе рассматривается технология гидроизоляции элементов цельносекционной обделки в заводских условиях или на полигоне с применением разработанных СКТБ железобетонных секций со срезанными верхними углами для обеспечения сопряжения гидроизоляции стен и перекрытия. На рисун-

ках в качестве примера показана конструкция чеканочных канавок. Приведены также требования по подготовке изолируемой поверхности, порядку нанесения гидроизоляции и защитного слоя, транспортировке секций, монтажу обделки, гидроизоляции стыков, устройству защитного слоя на перекрытии тоннеля. Гидроизоляция стыков стен, лотка и перекрытия должна быть герметичной.

Раздел «Устройство гидроизоляции сопряжений тоннельных обделок» включен во вторую редакцию документа по предложениям Главметрополитена, Ленметрогипротранса, Мосметростроя. В нем представлены сопряжения различных конструкций тоннельных обделок и притоннельных сооружений, камер различного назначения, коллекторов, проемов и т.п. и технологические особенности их реализации на строительной площадке. Более подробно рассмотрены схемы сопряжения наружной или внутренней гидроизоляции монолитной конструкции с обделкой из чугунных тубингов и со сборной из железобетонных элементов, а также сопряжений сборной обделки из чугунных тубингов со сборной из железобетонных блоков, оформление проема в тубинговой обделке тоннеля при наличии перемычки швов в ней.

В разделе «Устройство гидроизоляции деформационных швов» представлены их конструктивные решения и последовательность работ, выполняемых в лотковой части тоннеля, на стенах и перекрытии.

В разделе «Устройство сопряжения гидроизоляции с трубопроводами» даны конструкции сопряжений и порядок их выполнения в стальных

и чугунных трубопроводах.

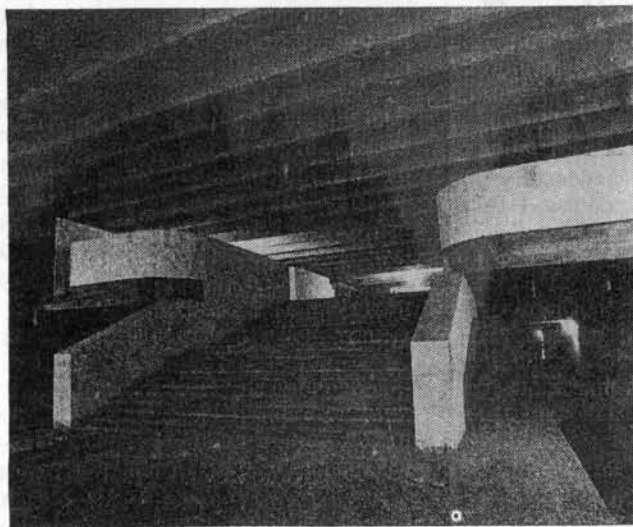
Новый раздел — «Контроль качества и приемка работ» посвящен вопросам обеспечения необходимого качества, для достижения которого работы по гидроизоляции должны вестись при постоянном контроле — входном, операционном, инспекционном и приемочном.

При строгом соблюдении настоящих Норм как в процессе проектирования, так и производства работ и их приемки, можно получить гидроизоляцию надлежащего качества. Раздел «Защита гидроизоляции» содержит конструктивные решения защиты, указания о последовательности и порядке их выполнения в лотке, на стенах и перекрытии, обеспечении зажатия гидроизоляции.

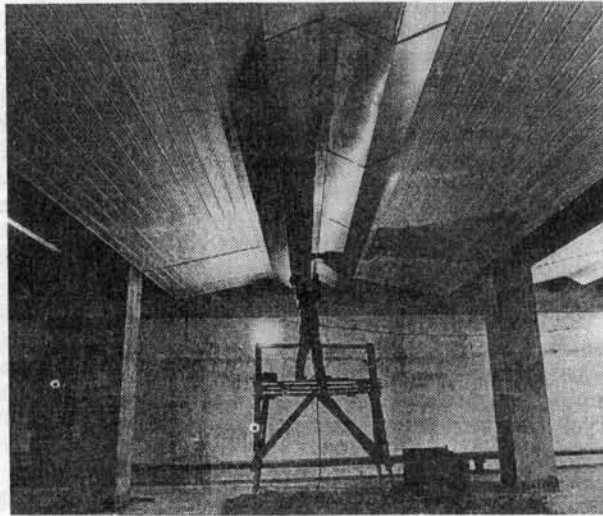
Раздел «Охрана труда и техника безопасности», по существу, является новым, так как в действующих ВСН он содержал всего 2 пункта, а в настоящей редакции — 25.

Рассчитать технико-экономический эффект от введения в действие нормативного документа в настоящее время трудно из-за галопирующей инфляции. Но приведем один пример: скорость сооружения перегонного тоннеля между станциями метро «Сельмашская» — «Чкаловская» в Ташкенте с использованием секций повышенной заводской готовности (т.е. в соответствии с разделом «шесть» настоящих Норм) и проходческого комплекса КМО 2х5 увеличилась более чем в 2 раза и достигла 54 м/мес. вместо 25 по плану. Экономия трудозатрат составила более 8 тыс. чел./ч. на 1 км трассы.

Нормы выпущены тиражом всего 500 экземпляров и заказать их можно в Акционерном обществе Корпорация «Транстрой». □



Лестничный сход на станции "Волжская" Люблинской линии.



На станции "Печатники".

ИТОГИ И ПРОГРАММА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В конце февраля с.г. состоялось расширенное заседание Правления Тоннельной ассоциации, на котором, кроме членов Правления, присутствовали руководители и представители организаций — коллективных членов, руководители хозрасчетных предприятий и активистов ТА.

С приветствием к собравшимся обратился председатель Президиума Правления Тоннельной ассоциации **Олег Николаевич Макаров**.

Об итогах работы ассоциации в 1993 г. и программе деятельности на текущий год доложил участникам заседания руководитель исполнительной дирекции **Сергей Николаевич Власов**. Он, в частности, сказал:

— Прошел год после заседания Правления Тоннельной ассоциации, состоявшегося в феврале 1993 г. За истекший период Президиум Правления в своей работе руководствовался решениями II Учредительной Конференции Тоннельной ассоциации, состоявшейся в январе 1992 г., Постановлением прошлого заседания и планом основных мероприятий на 1993 г.

В соответствии с этим деятельность Президиума и его исполнительной дирекции была направлена на проведение организационно-массовой работы, научно-технических совещаний, симпозиумов, повышение квалификации специалистов, информационно-издательскую и финансово-хозяйственную деятельность и пополнение средств ассоциации.

В своей работе мы старались исходить из главной задачи: содействие разными формами и методами ускорению научно-технического прогресса в области проектирования, строительства и эксплуатации тоннельных сооружений различного назначения.

Старались также сохранить контакты с организациями и членами ассоциации в странах СНГ — на Украине, в Беларуси, Узбекистане, Азербайджане, Армении и Грузии.

В настоящее время ассоциация обладает достаточным научно-техническим потенциалом в лице ведущих

ученых и специалистов России и стран СНГ в области исследований, проектирования, строительства и эксплуатации различных тоннельных сооружений и работающих в организациях — коллективных членах ассоциации.

С целью обеспечения правовой и юридической основы для выполнения работ временными творческими коллективами Тоннельная ассоциация получила Государственную лицензию Федерального лицензионного центра при Госстрое России на организацию работ и инжиниринговые услуги по тоннельным сооружениям различного назначения (составление технических заданий, проведение предпроектных разработок, подготовка технической документации, проведение экспертиз, заключений, обследований сооружений, организация обучения, инвестирование научно-производственной деятельности, и пр.). Эта лицензия дает право осуществлять данные работы на территории России, стран СНГ и за рубежом. Исполнительная дирекция Тоннельной ассоциации является специализированным экспертным базовым центром, которому разрешено проводить экспертизы о возможности организаций и предприятий, работающих в области прокладки коммунальных тоннелей, заниматься такими видами деятельности, как инженерные изыскания, проектирование и строительство коммунальных тоннелей, проходимых щитами, горным способом или продавливанием, а также городских подземных сооружений в любых инженерно-геологических условиях, включая применение специальных способов.

Тоннельной ассоциации предоставлено также право подготовки заключения для головных экспертных центров по организациям, берущим лицензию на транспортное строительство.

Таким образом, в настоящее время Тоннельная ассоциация представляет собой научно-технический центр, который на основе имеющихся юридических документов по заказам организаций имеет право проводить и осуществлять через ВТК научно-технические и проектные раз-

работки в области различных подземных дел. Следует отметить, что практика привлечения специалистов, а не организаций для решения тех или иных вопросов широко практикуется за рубежом.

За прошедший год специалистами, привлекаемыми во временные творческие коллективы, были выполнены работы по 115 договорам на общую сумму около 130 млн. рублей. Это значительно больше, чем предусматривалось планом мероприятий, включая индексацию в связи с инфляционными процессами.

К числу наиболее значимых работ следует отнести:

технико-экономический доклад с предложениями по обеспечению прямой железнодорожной связью дальневосточного региона с о. Сахалин через тоннельный переход под Татарским проливом;

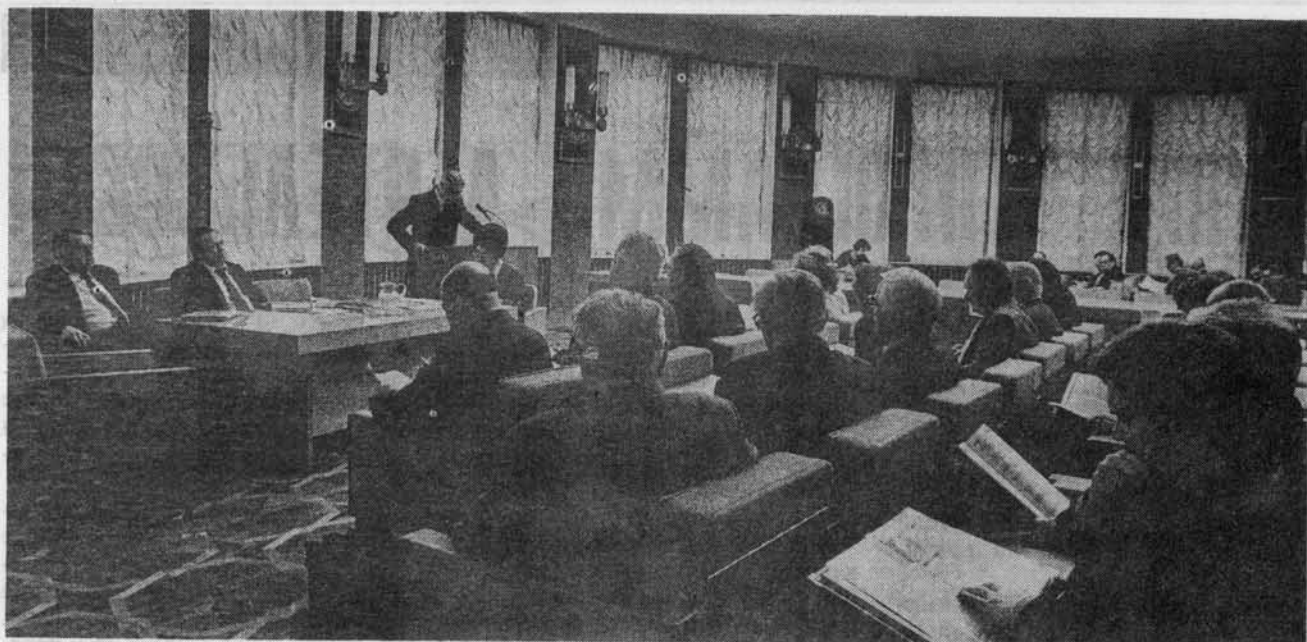
выполнение исследований и разработка мероприятий по обеспечению экологически безопасных условий строительства и эксплуатации участка метро в районе станции «Марьино»;

разработка рекомендаций по прокладке тоннельного участка канализационного коллектора в Ростове-на-Дону;

развитие методики по определению уровней вибрации от движения подвижного состава метрополитена; контроль за стабильностью основания тоннеля УНК на участке развития карстово-диффузионных процессов.

По заданию правительства Москвы было дано заключение об эффективности технических мероприятий по шумовиброзащите, реализованных на перегонных тоннелях перед станцией «Люблино». Выполнен ряд других работ, связанных с подготовкой документации на объекты метростроения, созданием нового оборудования для подземного строительства; проведены экспертизы проектов, а также научно-технические разработки по заказам института ВНИИпротехнологии, Оргэнергостроя, Института физических исследований для ускорительно-накопительного комплекса в Протвино.

С целью содействия в решении



одной из важнейших экологических проблем — снижение шума и вибрации при строительстве и эксплуатации метрополитенов и городских транспортных тоннелей и разработки мер по созданию благоприятных акустических условий в среде обитания при дирекции Правления ТА создана Виброакустическая лаборатория, в которой трудятся высококвалифицированные специалисты. По нашему мнению, это будет способствовать расширению сферы деятельности по производству работ на договорной основе.

Одним из важнейших мероприятий следует считать проведение Межрегионального научно-технического симпозиума по проблемам проектирования крупных подземных объектов, прошедшего под девизом «От качественного проекта — к совершенному подземному сооружению». Этот симпозиум собрал ведущих специалистов, занимающихся проектированием крупных подземных сооружений, из Москвы, Санкт-Петербурга, ряда регионов России



На заседании Правления Тоннельной ассоциации.

и стран СНГ — Украины, Беларуси, Армении, Грузии, Азербайджана, Узбекистана.

В принятой симпозиумом резолюции было подчеркнуто, что проектировщиками накоплен большой инженерно-технический и научный потенциал, позволяющий создавать крупные подземные комплексы на высоком современном уровне, который, к сожалению, полностью не используется в настоящее время. В то же время для усиления роли проектно-исследовательских работ и их совершенствования требуется строгое соблюдение этапности процессов проектирования, безусловное восстановление стадии «проект», улучшение нормативной базы и приближение ее к мировому уровню, активное внедрение и использование электронно-вычислительных средств в процессе проектирования.

С этой целью было направлено обращение в Госстрой России о необходимости увеличения размера ассигнований на проектно-исследовательские процессы и НИОКР для подземного строительства до 6-8% от стоимости строительно-монтажных работ, что позволит создавать более научно обоснованные и экологически целесообразные проекты.

Другим значительным мероприятием было проведение в октябре 1993 г. научно-технического совещания в Алматы, осуществленное совместно с администрацией этого города, ПСО «Алматыметрострой», фирмой «Тоннельметрострой», ассоциацией «Асостройметрострой». Оно было посвящено проблемам строительства метрополитенов в сложных инженерно-геологических, сейсмических и градостроительных условиях применительно к условиям прокладки метрополитена в Алматы.

Продолжалась работа по привлечению новых коллективных членов. В 1993 г. было принято в Тоннельную ассоциацию 10 организаций, среди них: «Костроматоннельстрой», «Костромагражданпроект», НИП Центр «Магистраль». Таким образом, к 1 января 1994 г. коллективными членами Тоннельной ассоциации являются 102 организации.

Следует отметить, что пока недостаточно ведется работа по привлечению индивидуальных членов и созданию в коллективах ячеек Тоннельной ассоциации.

В этом направлении более эффективной оказалась схема привлечения специалистов и организаций через создание территориальных отделений ассоциации, что видно на примере Санкт-Петербурга. Здесь пос-



Новый образец свидетельства коллективного члена ТА.

тоянно растет число индивидуальных членов и составляет сейчас 120 человек. Отделение активно осуществляет работу по организации научно-технических совещаний, встреч специалистов, оказанию помощи в проведении занятий для них по различной тематике в контакте с Санкт-Петербургскими научно-техническими общественными организациями. Так, совместно с Домом ученых была подготовлена конференция на тему — «Применение набрызгбетона в тоннельном строительстве».

Создано Тульское отделение Тоннельной ассоциации, которое, как мы полагаем, также расширит свою деятельность.

Президиум планирует пересмотреть Положение о территориальных отделениях, предоставив им больше самостоятельности в финансово-хозяйственной деятельности (открытие счета отделения в банке, ведение хозяйственных операций и т.д.).

Организуя и проводя тематические симпозиумы, Президиум ставил прежде всего цель — добиться создания благоприятных условий для наиболее полного удовлетворения разнообразных творческих профессиональных интересов, обусловленных самой спецификой инженерной деятельности. С другой стороны, мы стремились к тому, чтобы эти сове-

щения могли иметь практическую сторону дела: добиться выделения средств для финансирования работ, заключение контрактов, организация временных творческих коллективов.

В этом направлении действенную помощь могут оказывать секции ассоциации. Именно через них можно более широко привлекать инженерно-техническую общественность к решению различных проблем. Здесь, прежде всего, следует отметить работу секций «Коммунальные тоннели» и «Каталогизация и информация», опыт которых можно использовать и в других подразделениях ТА.

Секцией «Информация и каталогизация» совместно с информационно-рекламным центром «ТИМР» ведется большая работа по информационному обеспечению членов ассоциации.

Финансирование изданий осуществляется по-разному. Часть выпускается и рассылается членам-организациям бесплатно за счет средств ассоциации. Это — «Бюллетень новых технических разработок» — 1 раз в квартал; сведения о тоннельных объектах в России и странах СНГ — 1 раз в год; рабочие материалы ассоциации (протоколы и решения заседаний президиума, правления, совещаний и конференций) — 1 раз в полугодие; краткая информация о

деятельности Международной Тоннельной ассоциации — 1 раз в год. Делать это, к сожалению, приходится все труднее и труднее из-за дороговизны издания и рассылки.

Такое издание, как журнал «Метро», выпускается за счет средств учредителей. Большую финансовую поддержку журналу оказывают Мосметрострой, Мосметрополитен и Тоннельная ассоциация. Тематика его статей значительно расширилась, стараемся, чтобы в нем были представлены все направления деятельности: исследования, проектирование, строительство и эксплуатация метрополитенов и тоннелей. Мы рады, что в это трудное время нам удалось сохранить журнал, выходящий с 1932 г. На его издание в 1994 г. потребуется около 12 млн. руб. Для финансирования хотя бы в небольших объемах мы предлагаем договорную систему с указанием на титульном листе организаций, оказавших помощь журналу.

Говоря о научно-технических связях, необходимо отметить, что в современном обществе роль международных научных, инженерных, технических организаций чрезвычайно велика и многогранна. Пожалуй, сейчас нет ни одной области науки и техники, которая не являлась бы сферой деятельности какой-нибудь международной организации.

В этом плане следует отметить роль ИТА — Международной Тоннельной ассоциации, которая была создана в 1974 г. с целью способствовать дальнейшему развитию сооружения тоннелей и освоению подземного строительства, установлению международно признанных стандартов в тоннелестроении, широкому обмену опытом между представителями различных стран, фирм, организаций и специалистов.

В настоящее время членами ИТА являются представители 40 стран. Среди них крупнейшие государства Европы, Азии и Америки. На заседании XVIII Генеральной ассамблеи ИТА, проходившей в 1992 г. в Акапулько (Мексика), Россия стала членом ИТА и представлена Международным общественным объединением «Тоннельная ассоциация» (Россия), являющимся правопреемником бывшей ВАТ.

В заседаниях XIX Генеральной Ассамблеи ИТА и Международного тоннельного конгресса, которые проводились в апреле 1993 г. в Амстердаме (Нидерланды), принимала участие и делегация Тоннельной ассоциации в составе 10 человек из представителей «Мосметростроя»,

«Гидроспецстроя», АО Корпорации «Транстрой» и Дирекции ТА.

Свою работу Президиум осуществлял в соответствии с условиями перехода к рыночной экономике.

С этой целью в Санкт-Петербурге и Екатеринбурге совместно с Управлением лицензирования Госстроя были проведены семинары по лицензированию строительной деятельности организаций и предприятий — членов ТА. Эти семинары позволили активизировать работу по получению лицензий. В частности, с помощью Санкт-Петербургского отделения ТА и корпорации «Транстрой» АО «Ленметрострой» одно из первых тоннелестроительных организаций получило лицензию от Федерального лицензионного центра при Госстрое, дающую право проведения работ на территории России, в странах СНГ и за рубежом.

Президиум Правления и исполнительная дирекция осуществляли руководство по выполнению намеченных на 1993 г. мероприятий. К сожалению, в силу организационных и финансовых причин не все они оказались выполненными.

План основных мероприятий на 1994 г.

Как уже отмечалось, новый статус ассоциации требует известной перестройки нашей работы таким образом, чтобы между субъектами ТА и коллективными членами с одной стороны и исполнительной дирекцией с другой обеспечивалась бы прямая и обратная связь по информации о проводимых мероприятиях и их результатах на местах, о деятельности членов ассоциации, различных услугах, которые она может предложить, и, конечно, самое главное, проявлялась взаимная заинтересованность. Пока такая работа проводится недостаточно активно по разным причинам — организационным, финансовым, техническим.

С целью более широкого и активного привлечения ученых и специалистов-производственников к обсуждению наиболее важных технических проблем подземного строительства, рассмотрению проектов сооружения крупных объектов (метрополитенов, транспортных и гидротехнических тоннелей) и городских коммуналь-

МИНИСТЕРСТВО
АРХИТЕКТУРЫ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ОТДЕЛ ЛИЦЕНЗИРОВАНИЯ

АТТЕСТАТ

АККРЕДИТАЦИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО
ЭКСПЕРТНОГО БАЗОВОГО ЦЕНТРА

№ 538

г. Москва

24 декабря 1992 г.

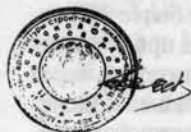
В соответствии с «Положением о государственном лицензировании строительной деятельности на территории РСФСР» и решением Центральной конкурсной комиссии Министрой России предоставляется образованному в составе Тоннельной ассоциации г. Москва

специализированному экспертному базовому центру право на проведение экспертизы о возможности организаций и предприятий заниматься следующими видами строительной деятельности — инженерные изыскания, проектирование и строительство коммунальных тоннелей, сооружаемых щитами, горным способом или продавливанием, а также городских подземных сооружений в любых инженерно-геологических условиях, включая применение специальных способов: закрепления грунтов, понижение уровня грунтовых вод, устройство противофильтрационных завес.

Зона деятельности специализированного экспертного базового центра:
Территория Российской Федерации.

Срок действия аттестата установлен до 01 января 1998 г.

Начальник отдела лицензирования
Министрой России



А.С. Бальбердин



Государственная лицензия.

ных комплексов предлагается совместно с Ассоциацией ученых и инженеров транспортного строительства «Ассодстройметро», Гидроспецстроем и Мосинжстроем организовать при Тоннельной ассоциации общественный научно-технический экспертный совет. В его состав в количестве 25-30 человек должны войти ведущие ученые и специалисты в области подземного строительства и эксплуатации тоннельных сооружений. Работа должна вестись по договорам или заявкам от организаций, которые желают обсудить тот или иной вопрос.

Предусматривается более широкое распространение буклетов о деятельности Тоннельной ассоциации, рассылка их организациям — коллективным членам и индивидуальным членам.

Продолжится работа по организации территориальных отделений Тоннельной ассоциации на основе откорректированного Положения об их деятельности, а также по привлечению новых членов — организаций. Необходимо провести их перерегистрацию, чтобы определить ее с теми организациями, которые не участвуют в работе ТА и не уплачивают членские взносы.

В текущем году планируется проведение следующих совещаний и семинаров. Так, в апреле совместно с Метротоннельгеодезией и Госгортехнадзором проводится совещание «Геодезийско-маркшейдерское

обеспечение тоннельного строительства в условиях перехода к рыночным отношениям»; в сентябре — научно-техническое совещание «Проблемы проектирования, строительства и эксплуатации канализационных тоннелей и вопросы охраны окружающей среды». На этом совещании предполагаются 2 пленарных заседания и работа двух секций по проектированию и эксплуатации и по строительству. В организации этого совещания участвуют секции «Коммунальные тоннели» (П.П.Бессолов), «Машины и оборудование для подземного строительства» (В.П.Самойлов), «Строительство подземных сооружений» (В.Е.Меркин).

Ряд мероприятий намечается осуществить в Санкт-Петербурге отделением Тоннельной ассоциации, в частности, круглый стол на тему — «Применение фибробетона и фибробрызгбетона в транспортном строительстве»; научно-техническую конференцию — «Проблемы инженерной геологии в горном деле и подземном строительстве».

Секция «Содержание и реконструкция подземных сооружений» совместно с «Ассодстройметро» намечает в мае провести семинар — «Перспектива развития сети метрополитенов в крупных городах и научно-методическое прогнозирование необходимости этих разработок», а в ноябре обсудить проблемы повышения водонепроницаемости сборных и монолитных тоннельных

конструкций с применением эластичных упругих прокладок.

Секция «Проектирование и расчет подземных сооружений» (рук. Н.С.Бульчев) проводит семинар по новым расчетам конструкций подземных сооружений.

В области научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ временным творческим коллективам предстоит выполнить работы на общую сумму более 350 млн. руб., в том числе:

проведение первоочередных научно-исследовательских работ по строительству тоннеля под Беринговым проливом и тоннелей через хребты по будущему тракту Трансконтинентальной железной дороги;

разработка и внедрение технологии работ по устройству ограждающих стен котлованов буронабивными секциями, сваями и применение специального оборудования;

разработка технологии и оборудования для экспресс-анализа состояния заобделочного пространства в тоннелях и др.

В области международного сотрудничества намечается участие в апреле с.г. в работе XX Генеральной ассамблеи Международной тоннельной ассоциации и Международном тоннельном конгрессе «Тоннелестроение и геологические условия».

В прениях по отчетному докладу выступили: директор НТЦ ЦНИИС В.Е.Меркин, начальник Московского метростроя Ю.А.Копелев, заведующий кафедрой ТПУ Н.С.Бульчев, заведующий кафедрой Санкт-Петербургского университета путей сообщения Д.М.Голицынский, технический директор АО «Гидроспецстрой» В.И.Васильченко, главный инженер Харьковметростроя В.Я.Ганько, генеральный директор Центра подземных сооружений и ТЭП П.П.Бессолов и другие. Все они дали положительную оценку деятельности Тоннельной ассоциации в истекшем году.

В конце заседания Правления организациям — коллективным членам ТА были вручены свидетельства нового образца и принято постановление.

ГЛАВНАЯ ЦЕЛЬ — ЕДИНСТВО УСИЛИЙ И КООРДИНАЦИЯ ДЕЙСТВИЙ

Ш.ЭФЕНДИЕВ,
председатель Азербайджанского
объединения тоннельщиков,
президент госкомпании
«Азтоннельметрострой»

Азербайджанское объединение тоннельщиков было организовано в июне 1992 г.

Несмотря на разрыв отношений между республиками бывшего Союза, Азербайджанское объединение тоннельщиков считает необходимым и неизбежным всемерное сохранение научно-технических и творческих связей между всеми организациями и специалистами регионов, которые работают в области исследования, проектирования, строительства и эксплуатации тоннелей различного назначения. Это позволит сформировать общество из специалистов тоннелестроения, способных обеспечить свободный обмен информацией, объединить усилия на перспективных разработках, разработать единую техническую политику создания средств и методов проектирования, строительства и эксплуатации подземных сооружений.

В своей повседневной работе Азербайджанское объединение тоннельщиков, являющееся профессиональной творческой общественной организацией, руководствуется уставом и планом основных мероприятий. Ежегодно по получении последнего от Тоннельной ассоциации составляется план основных мероприятий Азербайджанского объединения тоннельщиков, который направляется в организации — коллективные члены для руководства в работе.

В соответствии с планом мероприятий на 1992 г. для активизации деятельности индивидуальных членов и широкого привлечения специалистов-тоннельщиков к выполнению уставных задач в организациях — коллективных членах на общественных началах было сформировано 13 первичных ячеек, избраны их председатели и секретари. К январю 1993 г. индивидуальными членами стали 93 человека из числа инженерно-технических работников. С целью привлечения новых участников аппаратом объединения был выущен информационный рекламный проспект на азербайджанском и русском языках и разослан в организации — коллективные члены. Кроме того, в

республиканских и местных газетах опубликованы материалы с призывом к сотрудничеству с Азербайджанским объединением и Тоннельной ассоциацией.

Проведение этих мероприятий положительно повлияло на рост числа индивидуальных членов. Так, за последующие полгода оно увеличилось до 122 человек, особенно в таких организациях — коллективных членах, как УТС-1 (начальник Исмаилов Р., главный инженер Ибрагимов А.), УТС-2 (начальник Мамедов В., главный инженер Джафаров А.), УТС-3 (начальник Алиев А., главный инженер Залиев А.), Бакметрострой (начальник Абдуллаев Д., главный инженер Алиев А.), автобаза (начальник Тагиев С., главный инженер Самедов А.), Управление механизации (начальник Искендеров А., главный инженер Гулиев Н.), аппарат «Азтоннельметрострой» (главный инженер Агаев Р., председатель первичной ячейки Джафаров С.). В этих коллективах первичные ячейки, председателями которых являются главные инженеры, принимают активное участие в проведении в жизнь намеченных планом мероприятий.

Важнейшей формой деятельности Азербайджанского объединения тоннельщиков является пропаганда и всемерное распространение передового опыта работы.

Подготовленная к изданию книга о строительстве I, II и III очередей Бакинского метро будет первым шагом в этом важном деле.

В книге изложены пути развития и современное состояние отечественного метростроения, опыт строителей и проектировщиков метро Баку по внедрению передовых методов труда и реализации целого ряда мероприятий, направленных на повышение технического уровня и совершенствование проектирования и строительства I, II и III очередей Бакинского метро. Кроме того, в книге будут помещены материалы, освещающие участие бакинских метростроителей в развитии народнохозяйственного комплекса республики — прокладке горных гидротехнических и железнодорожных тоннелей, а также опыт сооружения других подземных объектов тоннельного типа большого сечения горным и штитовым способами как в республике, так и за ее пределами. Публикуемые статьи представляют большой практический интерес и несомнен-



но будут способствовать повышению научно-практического уровня знаний индивидуальных членов Азербайджанского объединения тоннельщиков.

Строительство тоннелей Бакинского метрополитена ведется в сложных инженерно-геологических условиях, что ставит перед коллективом Азтоннельмострострой и Бакметропроекта ряд сложных технических проблем, которые успешно решаются. К их числу относятся: разработка и внедрение метода прокладки тоннелей в грунтах с высоким гидростатическим давлением, применение азотного замораживания грунтов, внедрение новых типов конструкции сборных железобетонных и чугунных обделок, реализация мероприятий по повышению скоростей проходки, механизации отдельных трудоемких процессов.

Для обеспечения перехода разрабатываемой проектно-сметной документации по строительству Бакинского метрополитена на принятый в республике государственный язык — турецкий необходимо иметь специальный технический терминологический словарь с профилем тоннельной специальности. Для этой цели в Бакметропроекте создана инициативная группа из числа индивидуальных членов в количестве 14 человек,

состоящая из различных специалистов. Словарь после составления будет представлен в аппарат Азербайджанского объединения тоннельщиков для рассмотрения и оказания содействия в дальнейшем его оформлении соответствующими организациями республики в установленном порядке.

Деятельность инициативной группы в Бакметропроекте заключается в проведении экспертиз проектов строительства различных подземных сооружений, разработке проектной документации и осуществлении научно-исследовательских работ.

Для ознакомления работников с полученной от Тоннельной ассоциации научно-технической информацией и др. в организациях — коллективных членах и аппарате объединения создаются стенды и витрины, где размещаются данные материалы.

Азтоннельмострострой на общественных началах привлек в Азербайджанское объединение тоннельщиков ряд организаций — учредителей (как коллективных членов), занимающихся не только строительством и эксплуатацией тоннелей, но и преподаванием тоннельных дисциплин, т.е. высшие учебные заведения, например, кафедру «Мосты и тоннели» Азербайджанского инженерно-строительного университета, кафедру

«Разработка месторождений полезных ископаемых» Азербайджанской Государственной нефтяной Академии (бывший институт нефти и химии).

Азербайджанское объединение тоннельщиков придает большое значение вопросам подготовки будущих инженеров-тоннельщиков, акцентируя внимание на сочетание теоретического и практического обучения.

В настоящее время на сооружении Бакинского метрополитена в организациях и коллективных членах объединения трудятся инженеры-тоннельщики, выпускники кафедры «Мосты и тоннели» Азербайджанского инженерно-строительного университета. Сейчас многие из них стоят во главе строительных управлений.

Азербайджанской Государственной нефтяной Академией заключен договор с Азтоннельмостроем о подготовке и переподготовке специалистов с высшим образованием. Договором предусматривается ежегодно направлять на производство по 2 молодых специалиста в соответствии с требованиями предприятия и с учетом новейших достижений науки, техники и технологии, передовых прогрессивных методов организации труда.

Кроме того, на заседаниях пре-

зидиума объединения кафедрой Государственной нефтяной Академии совместно с Азербайджанским объединением тоннельщиков рассматривались следующие вопросы:

о возможном выделении в горные выработки взрывоопасных газов в виде смеси различных углеводородных соединений (имея в виду наличие в районе Баку нефтеносных и газоносных горизонтов) как за счет их фильтрации через толщи покрывающих пород, так и через суфляры, которые прежде всего следует ожидать в местах пересечения тоннелем горно-геологических нарушений. Обильное поступление указанных газов будет представлять опасность не только с точки зрения возможности возникновения в сооружаемом тоннеле взрывов со всеми вытекающими последствиями, но и с точки зрения резкого снижения содержания кислорода в воздухе, что может явиться причиной ухудшения самочувствия работающих в тоннеле;

о необходимости внедрения при проходке тоннелей буровзрывным способом комплекса инженерно-технических мероприятий по борьбе с пылью и создания соответствующей службы.

Для очистки воздуха и снижения концентрации ядовитых газов после взрыва одновременно с работой средств гидрообеспыливания должна применяться противопылевая вентиляция по комбинированной схеме, обеспечивающая подачу в призабойное пространство около $2,6 \text{ м}^3/\text{с}$ чистого воздуха и отсасывание $3,26 \text{ м}^3/\text{с}$ загрязненного в период действия источников как непрерывного выделения пыли, так и периодического (взрывные работы).

Пылевентиляционная служба должна действовать в соответствии с утвержденным Госгортехнадзором «Положением о пылевентиляционной службе на шахтах, рудниках угольной и горнорудной промышленности» и с учетом специфики организации работ при проходке тоннелей метро в Баку.

Большие задачи стоят перед первичными ячейками, индивидуальными членами в организациях — коллективных членах Азербайджанского объединения тоннельщиков по широкому привлечению инженерно-технической общественности для решения вопросов повышения технического уровня строительства, претворению в жизнь программы научно-технического прогресса, поиску новых эффективных инженерных решений. Для этого требуются пос-

тоянная помощь и поддержка индивидуальным членам в развитии и реализации их творческого потенциала, идей, деловых качеств и начинаний.

Азербайджанское объединение тоннельщиков в своей повседневной практической деятельности будет содействовать широкому внедрению в производство новейших достижений науки и техники. Наряду с этим оно будет обобщать и распространять передовой научный и производственно-технический опыт, повышать технические знания и деловую квалификацию рабочих, инженеров и техников.

На одном из заседаний президиума объединения предметом обсуждения был вопрос об оказании содействия в изыскании и освоении сырьевых материалов и добавок в производство цемента в пределах республики, что обусловлено разрывом отношений с другими регионами. Рассматривался также вопрос о применении железобетонной конструкции тоннельной обделки в условиях строительства Бакинского метрополитена, необходимость которой диктуется ограниченностью поставки чугуновых тубингов.

Азербайджанское объединение тоннельщиков постоянно изыскивает возможность широкого использования местных строительных материалов для прокладки метрополитена в Баку, не снижая при этом качества проведения работ.

На состоявшемся осенью прошлого года техническом совещании при участии представителей ГК «Азтоннельметрострой», бакинского кооператива «Авто-сервис», проектного института «Бакметрострой», Дирекции строящегося метрополитена в Баку и Азербайджанского объединения (Ассоциации) тоннельщиков рассматривались разработанные кооперативом «Авто-сервис» технические условия на изготовление гидростеклоизола, предназначенного для гидроизоляции железобетонных обделок тоннелей метрополитена. Они составлены на основе утвержденных ТУ 400-1-51-83 «Гидростеклоизола гидроизоляционный», разработаны КТБ Мосоргстройматериалы и согласованы с Минтрансстроем и ЦНИИСом.

Кооперативом «Авто-сервис» закуплена в Москве и смонтирована технологическая линия для производства этого материала.

После совместного обсуждения представленных ТУ сочли возмож-

ным применить на строительстве Бакинского метрополитена гидростеклоизола при условии: до приобретения для массового внедрения указанного материала провести его производственные испытания на возведении подземных объектов — «Физули Хиябаны» (аллея им.Физули) и станции метро «Ази Асланов».

Использование гидростеклоизола, который будет изготавливать кооператив «Авто-сервис», позволит своевременно обеспечить гидроизоляционным материалом сооружение Бакинского метро и снизить стоимость строительства.

Азербайджанское объединение тоннельщиков широко рекламирует свои достижения в тоннелестроении далеко за пределами республики. Опытом работы бакинских метростроителей заинтересовались специалисты из Турции и Ирана, которые неоднократно посещали объекты метро. В ходе этих встреч были оформлены протоколы-намерения по оказанию технического содействия в изыскании, проектировании и прокладке метро в городе Тебриз. Ведутся переговоры с иранской стороной по сооружению железнодорожного обхода на линии Баку-Нахичевань по территории Ирана. Там предусматривается проходка нескольких горных тоннелей с возведением комплекса искусственных объектов по трассе.

Метрополитен, являющийся крупным, сложным подземным инженерным сооружением, невозможно построить без использования новейших научно-технических достижений, горно-проходческих машин, механизмов и оборудования, прогрессивных конструкций и современных передовых технологий, применяемых при прокладке метро в других городах России и странах СНГ.

Главную цель мы видим в единстве наших усилий и координации действий для развития и совершенствования всестороннего сотрудничества организаций, коллективов, специалистов различных регионов бывшего Союза и сохранения связи между ними.

Бакинские метростроители и впредь будут широко использовать опыт строителей метро других городов, расположенных в различных регионах, и добиваться эффективности отраслевого производства при сооружении последующих линий. Современное по техническому оснащению Бакинское метро во многом решит проблему транспортной системы города. □

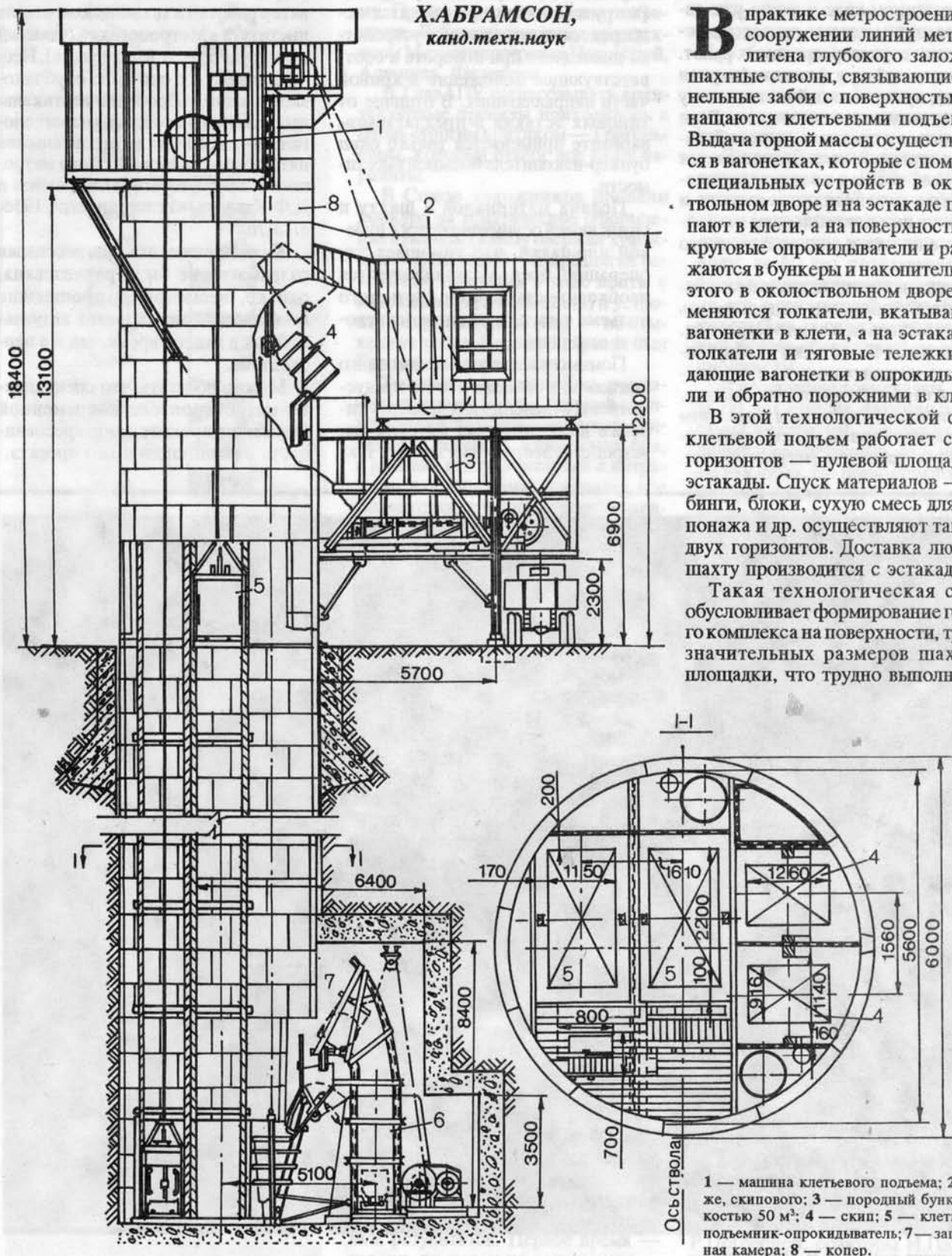
О ПРИМЕНЕНИИ СКИПОВОГО ПОДЪЕМА В СТВОЛАХ В МЕТРОСТРОЕНИИ

Х.АБРАМСОН,
канд. техн. наук

В практике метростроения при сооружении линий метрополитена глубокого заложения шахтные стволы, связывающие тоннельные забои с поверхностью, оснащаются клетьевыми подъемными. Выдача горной массы осуществляется в вагонетках, которые с помощью специальных устройств в околоствольном дворе и на эстакаде поступают в клетки, а на поверхности — в круговые опрокидыватели и разгружаются в бункеры и накопители. Для этого в околоствольном дворе применяются толкатели, вкатывающие вагонетки в клетки, а на эстакаде — толкатели и тяговые тележки, подающие вагонетки в опрокидыватели и обратно порожними в клеть.

В этой технологической схеме клетьевой подъем работает с двух горизонтов — нулевой площадки и эстакады. Спуск материалов — тюбинги, блоки, сухую смесь для тампонажа и др. осуществляют также с двух горизонтов. Доставка людей в шахту производится с эстакады.

Такая технологическая схема обуславливает формирование горного комплекса на поверхности, требующего значительных размеров шахтной площадки, что трудно выполнить в



1 — машина клетьевого подъема; 2 — то же, скипового; 3 — породный бункер емкостью 50 м³; 4 — скип; 5 — клеть; 6 — подъемник-опрокидыватель; 7 — загрузочная камера; 8 — копер.

условиях плотной городской застройки и сложных сетях подземных коммуникаций.

Наряду со многими технологическими и конструктивными усовершенствованиями в технологии и механизации сооружения тоннелей шахтный подъем и горный комплекс более полувека законсервирован в первоначальном виде и давно уже является узким местом в технологической цепи горностроительных работ.

Основной грузопоток (горная масса), пропускаемый по шахтному стволу, выдается в вагонетках. Если обратиться к практике горнодобывающих отраслей, то там применяется скиповой подъем, а в шахту все поступает в вагонетках, тележках и специальных контейнерных устройствах в клетях и только с нулевого горизонта.

Очевидно, давно назрела неотложная необходимость использовать скиповой подъем и в метростроении.

Учитывая недостатки эксплуатируемых шахтных подъемов, предлагается вариант горного комплекса, оснащенного скиповым подъемом для выдачи горной массы применительно к условиям метростроения.

Комплекс, состоящий из двухклетьевого и двухскипового подъемов, включен в типовой шахтный ствол диаметром 5,6 м в свету с цилиндрическим копром из чугуновых бингов или железобетонных блоков. Машина клетьевого подъема установлена на копре, а скипового — над породным бункером (см. рисунок). Разгрузка скипов производится непосредственно в приемное устройство последнего при повороте в соответствующее положение в кривой части направляющих. В отличие от типовых эстакад в предлагаемом варианте применяется только один бункер-накопитель большой вместимости.

Подача материалов в шахту и спуск людей осуществляются с нулевой площадки, что упрощает эту операцию, поскольку исключается необходимость работы клетьевого подъема с двух горизонтов (нулевого и эстакады).

Помимо клетьевого и скипового подъемов, в сечении ствола предусмотрены отделения для транспортировки длинномерных материалов, устройства лестничных ходов, а так-

же прокладки трубопроводов и кабелей.

В околоствольном дворе имеется камера, в которую перегружается горная масса из вагонеток в скипы с помощью подъемника-опрокидывателя.

Это техническое решение было разработано в конце 40-х гг., когда автор работал в техническом отделе института «Метропроект» (главный конструктор А.А.Мешеряков). Несколько позднее оно было опубликовано в книге «Проходка вертикальных стволов в сложных гидрогеологических условиях на строительстве пятой очереди Московского метрополитена» (авторы Х.И.Абрамсон и Н.Ф.Карасев. «Углетехиздат», 1956, с.73-76).

К сожалению, эта прогрессивная разработка не была реализована, однако, несмотря на прошедшие десятилетия, она остается актуальной как в данное время, так и в перспективе.

Можно полагать, что специалисты-метростроители современной формации проявят заинтересованность в реализации этого проекта.



Мраморщик-гранитчик Н. Шипиков.

Р. ПОГРЕБНОЙ,
архитектор

НЕСКОЛЬКО СЛОВ О СТАНЦИИ «ЦВЕТНОЙ БУЛЬВАР»

Как попала ко мне станция «Цветной бульвар» для разработки архитектурного проекта, я уже не помню.

Эта станция была запроектирована с тяжелыми конструкциями — широкими пилонами (6-7 м). Поэтому их прежде всего надо было как-то расчленить, сделать более легкими. Предлагалось очень много вариантов. Работали над ними архитекторы Метрогипротранса Погребной, Алешина, Филиппов.

В ГлавАПУ согласовывать архитектурные проекты приходилось с очень строгим критиком — Григорьевым, который отверг все наши варианты.

В Союзе художников провели конкурс на тематическое оформление станции. Победу одержал художник В.Каленский. Он предлагал освещение оформить в виде ленты с витражами (зеленого цвета) и устроить витраж в начале зала — на стыке двух ходов. Но и этот вариант был Григорьевым отвергнут.

Творчество продолжалось, рождались новые варианты. Каждый архитектор видел станцию по-своему. Филиппову хотелось, чтобы были бра, я рисовал ленту освещения с витражами над пилонами, предлагал все элементы освещения встроить заподлицо в свод станции так, как это было выполнено на «Сухаревской» («Колхозной»), «Третьяковской» и позднее на «Дмитровской». Я пыгался доказать, что светильники необходимо защищать от пыли и грязи. Но мне это не удалось.

На «Цветном бульваре» в начале и конце зала были запроектированы два кривых световода.

В то время по конкурсу мы получили задание на разработку архитектурного проекта станции «Золотые ворота» в Киеве, центральный и боковые залы которой предусматривалось освещать криволинейными световодами. В Метрогипротрансе построили макет в натуральную величину. В светотехническом институте нам дали лампы и пленку. Мы опробовали эту идею и получили хорошие результаты. Вызвали представителей из Киева и светотехнического института и утвердили это решение.

К сожалению, криволинейный световод остается пока мечтой. Станцию «Золотые ворота» у нас киевляне забрали, сказав, что будут оформлять сами, и повесили люстры.

На станции «Цветной бульвар» все же были выполнены два световода. Однако из-за многих нарушений технологии они не дали положительных результатов. Первое время — горели, но потом их выключили.

Так, на мой взгляд, погибла отличная идея, которая таила в себе много возможностей для реализации их при освещении станций метрополитена.

Неудачными считаю и мелкие креповки по краям пилонов, сложные, многодельные и маленькие витражики со стороны путевых тоннелей.

Необходимо отметить и такой факт, что к станции «Цветной бульвар» было приложено столько рук, столько людей вмешивалось в проектирование, давило, что истинных авторов можно считать чисто символическими.

Я проработал в институте «Метрогипротранс» с 1952 по 1990 гг., являюсь автором 17 станций Московского метрополитена и к концу своего творческого пути пришел к выводу: за 60 лет создания метро в Москве проектировщики превратили его в гигантский пылесборник, который из-за сложности конструкций трудно обслуживать эксплуатационникам.

В заключение хочу сказать, что мы за 60 лет еще не научились чтить самих же себя, работавших над станциями и вестибюлями, да и не только над ними. Не понимаем того, что история хранит для будущего поколения очень много нужного и полезного, чтобы не было ненужного и бесполезных повторов, чтобы не забывали люди о находках и творческих удачах, о великолепных замыслах, часто даже неосуществленных.

Недавно мне в руки попал журнал «Метро», № 2 за 1993 г., и хочу сделать некоторые замечания по таблице авторов архитектурных проектов станций Московского метрополитена:

1. «Цветной бульвар» — авторы Р.Погребной, В.Филиппов при участии С.Беляковой.
2. «Кантемировская» — авторы Р.Погребной, В.Филиппов.
3. «Сухаревская» — автор Р.Погребной, художники С. и П. Калюпановы.
4. «Свиблово» — автор Р.Погребной, соавтор И.Плюхин, художник Ю.Королев.
5. «Текстильщики» — автор Р.Погребной, соавторы И.Плюхин, В.Филиппов при участии А. Маровой.
6. «Улица 1905 г.» — автор Р.Погребной, художник Ю.Королев (вестибюль).
7. «Третьяковская» — авторы станции и вестибюля Р.Погребной, В.Филиппов, скульптор А.Бурганов.
8. «Новогиреево» — автор Р.Погребной, соавторы И.Плюхин, В.Филиппов. □

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ПОДЗЕМНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ И ДЕФОРМАЦИЯМ И ЕГО РЕАЛИЗАЦИЯ

Л.ВИРИН,

канд.техн.наук
(Метрогипротранс)

1. Общие положения

Расчет железобетонных конструкций метрополитенов в большинстве случаев традиционно выполнялся по следующей схеме: определение усилий в элементах конструкции, подбор арматуры по прочности в ее сечениях, проверка армирования по трещиностойкости. При этом учет влияния трещин и ползучести бетона, деформированного состояния конструкции, а также других факторов был достаточно трудоемким и проводился лишь для уникальных расчетов и то, в основном, для случаев, если арматура была уже известна и требовалось ее только проверить. Поэтому разработка алгоритмов подбора арматуры с учетом указанных факторов и создание промышленных программных средств для подземных конструкций представляет собой актуальную задачу. При этом ставилось условие, что все расчетные положения должны находиться в рамках СНиП 2.03.01-84 «Бетонные и железобетонные конструкции».

Алгоритмы подобного рода были разработаны и использовались довольно давно при проектировании подземных сооружений¹ и фактически были предусмотрены СНиПом. Особенность подземных сооружений состоит в необходимости выполнения нелинейных расчетов. При этом возможны различные модели и схемы: от расчета конструкций на винклеровском упругом основании с учетом односторонних связей до использования положений механики сплошной среды. Разработанные алгоритмы подбора арматуры учиты-

вают эти особенности. Важно отметить, что при подборе арматуры, в принципе, возможны различные подходы к определению внутренних усилий в конструкции, однако программная реализация выполнена на основании расчета с учетом односторонних связей.

2. Основные предпосылки и допущения

а) Конструкция представляется стержневой расчетной схемой. В основе подхода лежат зависимости СНиП по подбору арматуры по трещиностойкости, а также определению жесткости конструкции с учетом ползучести и раскрытия трещин. Такой подход, надо сказать, не является достаточно современным. В нашей стране и за рубежом разработаны способы такого рода расчетов, основанные, главным образом, на численных методах.²⁻⁵ Однако применять их для массовых расчетов, особенно по подбору арматуры на технической базе, которую используют большинство проектных организаций, довольно сложно. Такие подходы целесообразны только для уникальных конструкций.

б) Последовательность нагружения конструкции в данном алгоритме не учитывается. Дело в том, что применяя метод последовательных нагружений конструкции до предельного состояния (один из вариантов такого подхода для подземных сооружений был применен в ЦНИИСе⁶), крайне затруднительно с достаточной степенью точности подбирать арматуру (окончательные жесткости сечений должны быть известны до

начала последовательных нагружений). Поэтому наиболее рационально было бы сделать это по описываемой методике, а затем проверить ее путем последовательных нагружений с учетом современных моделей железобетона.

в) Точный анализ диаграмм напряжений и деформаций для бетона и арматуры возможен в рамках подходов с последовательными нагружениями конструкции и обязательным учетом разгрузки. Вопросы, связанные с этими алгоритмами, в рамках данной статьи не рассматриваются. Пластические свойства бетона и арматуры учитываются с помощью эмпирических коэффициентов СНиП, что вполне достаточно для предварительного подбора арматуры.

3. Алгоритм расчета

1. На первом этапе определяются внутренние усилия в элементах конструкции на основании жесткостей, установленных по геометрическим размерам элементов. Расчет производится отдельно на полную, постоянную и длительную нагрузки, которые вводятся с коэффициентами перегрузки (расчетные). Затем осуществляется расчет по каждому сочетанию нагрузок. Критерием неприемлемого сочетания станут площади арматуры по трещиностойкости.

2. По результатам получения усилий подбирается армирование по прочности на основе зависимостей СНиП. Первые два этапа целиком лежат в рамках традиционного подхода.

3. Вычисляются приведенные жесткости сечений с учетом арматуры, подобранной по прочности. Производится новый статический расчет, но уже на нормативные нагрузки, которые также выполняются отдельно на полную, постоянную и длительную нагрузки. При этом корректируется собственный вес элементов конструкции на основании подобранной на предыдущем этапе арматуры.

4. Осуществляется проверка раскрытия трещин. Если трещины появляются, то определяется ширина их раскрытия. Для этого используются значения площадей арматуры, найденные на предыдущем этапе расчета. Дополнительно устанавливается средний диаметр арматуры и уточ-

няется рабочая высота сечения, что крайне важно, так как угадать величину расстояния до центра тяжести арматуры при вводе исходных данных затруднительно, а это число в значительной степени влияет на окончательную площадь арматуры. Если длительная и кратковременная ширина раскрытия трещин больше допустимой, производится увеличение армирования до тех пор, пока ширина раскрытия трещин будет меньше или равной допустимой. При этом используется специальный алгоритм, обеспечивающий быстрое определение требуемой арматуры. Помимо ее диаметров и площадей, при расчете ширины раскрытия трещин учитывается процент армирования (при его увеличении снижается высота сжатой зоны), водонасыщение бетона и влажность окружающей среды, вид арматуры (гладкая или периодического профиля), неупругие деформации сжатой зоны бетона, работа растянутого бетона на участках с трещинами и другие факторы. В данном алгоритме рассматриваются элементы, к трещиностойкости которых предъявляются требования 3-й категории.

5. С учетом подобранных значений площадей вычисляется кривизна элементов в каждом сечении. При этом, если трещины отсутствуют, она определяется отдельно — от кратковременных, постоянных и длительных нагрузок, в противном случае — от непродолжительного действия всей нагрузки, а также постоянных и длительных и в зависимости от продолжительности их действия. На основании интегрированного значения кривизны устанавливается новая жесткость сечения. При всех расчетах принимается во внимание продолжительность действия нагрузки, которая специально задается в исходных данных.

6. На основании новых жесткостей конструкции осуществляется новый статический расчет на нормативные нагрузки. Затем производится предварительное определение площадей арматуры (из условия равновесия железобетонного сечения). После этого повторяются операции, описанные в пунктах 4 и 5, и снова выполняется статический расчет. Критерием завершения итераций является следующее условие: относительная разница между максимальными значениями площадей арматуры на данной и предыдущей итерации не должна быть больше заранее заданного числа. Процессы завершаются достаточно быстро. При относительной разнице в площадях ар-

матуры в 1 % обычно их требуется не более 4-5. Если итерации долго не сходятся, значит, конструкция запроектирована нерационально, например, процент армирования в каком-либо сечении превышает 8-10 %.

7. На завершающем этапе выполняется армирование по прочности на расчетные нагрузки, но с учетом жесткостей, выявленных на последней итерации. Затем по усилиям подбирается арматура по прочности. Окончательным результатом расчета является наибольшая из площадей арматуры, полученная на завершающем этапе и на последней итерации при расчете на нормативные нагрузки.

Армирование на первом и на завершающем этапах расчета может существенно отличаться. Причем это относится не только к продольной, но и к поперечной арматуре. Заметим, что перемещения, установленные по результатам предпоследней итерации (при последнем расчете на нормативные нагрузки), указывают на деформации (прогибы) конструкции, рассчитанные в соответствии со всеми требованиями СНиПа.

4. Учет деформированного состояния

Учет деформированного состояния при расчете железобетонных конструкций является обязательным требованием СНиПа. Так как реализация этого условия была затруднительна, в СНиПе допускалось производить подобные расчеты по упрощенному методу. При этом в качестве основного параметра задавались расчетные длины элементов. Если для простейших элементов (колонн, арок и т.д.) их можно было определить достаточно точно (в СНиПе имеются соответствующие таблицы), то для сложных, статически неопределимых конструкций, особенно при переменной толщине сечения элементов, — очень приближенно. Это в значительной мере сказывалось на точности расчета: погрешность в определении площадей арматуры при приблизительно заданной расчетной длине могла достигать 30 %, причем, как в ту, так и в другую сторону. Стояла задача отказаться, где это возможно, от определения деформированного состояния с учетом расчетных длин и разработать подход, который позволял бы найти внутренние усилия в конструкции по деформированной схеме.

Были проанализированы различные известные алгоритмы расчета по данной схеме и с учетом геометри-

ческой нелинейности. При этом путем проведения расчетов различных конструкций установлено, что подход с коррекцией координат узлов на основании перемещений вполне удовлетворяет требованиям, предъявляемым к точности расчета. Другие алгоритмы довольно трудоемки в реализации, однако не дают практического эффекта. Это связано с тем, что основные типы железобетонных обделок тоннелей и метрополитенов достаточно жесткие, перемещения в них относительно небольшие, поэтому расчет с учетом геометрической нелинейности в чистом виде не требуется.

Рассмотрим подробнее процесс учета деформированного состояния.

После того, как найдены усилия в элементах конструкции без учета деформированного состояния для данного нагружения, проведены все итерации, связанные с определением взаимодействия конструкции с грунтом, осуществляется серия расчетов для установления ее деформированного состояния. При этом к координатам узлов добавляются перемещения последних, полученные на предыдущей итерации. Итерационный процесс завершается, когда относительная разница между максимальными перемещениями по каждому направлению в данной и предыдущей итерации будет не меньше заранее заданного числа. Обычно задается 1 %. Достаточно 3-4 итераций, чтобы процесс сошелся.

Еще раз обратим внимание на то, что любой итерационный процесс, связанный с грунтом, должен завершиться до начала итераций для определения деформированного состояния. Так, в случае расчетной схемы с односторонними связями, расчеты с коррекцией координат конструкции следует производить только в том случае, если безопорная зона уже установлена.

На основании перемещений, полученных итерационным путем, вычисляются внутренние усилия в элементах. При этом эксцентриситеты во внецентренно сжатых элементах возрастают на 5-15 %. Аналогичного увеличения можно достичь и при использовании приближенного подхода СНиПа, если при этом верно подобрать расчетную длину. К сожалению, конструкции настолько разнообразны, что дать рекомендации по ее назначению в том случае, если описанная методика не применяется, практически невозможно.

Имеется еще один аспект. По СНиПу деформированное состояние устанавливается с учетом ползучес-

ти и раскрытия трещин в элементах. Поэтому окончательный результат возможно получить только в комплексе: осуществляя итерации с определением жесткостей, связанных с раскрытием трещин и ползучестью в каждой из них, вышесказанным путем, уточняя деформированное состояние. В этом случае методику с учетом расчетных длин элементов можно не использовать.

5. Программная реализация

Описанный алгоритм реализован в промышленном программном комплексе Муссон, функционирующем под управлением графической системы AutoCAD. Напомним, что Муссон позволяет рассчитывать наземные и подземные (с учетом односторонних связей) железобетонные и металлические конструкции на статическое и динамическое воздействие⁷. При этом все исходные данные вводятся с использованием чертежа конструкции, выполненного в AutoCAD, а результаты расчета совмещаются с ним.

По описываемому алгоритму, помимо стандартного набора данных о характеристиках сечений и армирования, нужно указать допустимую ширину раскрытия трещин, влажность воздуха и водонасыщение бетона, момент времени с начала действия нагрузок на конструкцию, в который требуется рассчитать конструкцию, точность итераций для определения трещиностойкости и расчетов деформированного состояния.

В целом число исходных данных сокращается, а их подготовка упрощается, так как можно не задавать расчетные длины элементов конструкции и не уточнять положение арматуры относительно верхней и нижней фибр сечений.

Процессом руководит мониторинговая программа, что позволяет пользователю не вмешиваться в ход расчетов с момента ввода исходных данных вплоть до получения результатов, которыми по каждой итерации являются:

- жесткости сечений;
- внутренние усилия и перемещения;

- площади верхней и нижней арматуры, а также проценты армирования по каждому сечению;

- ширина раскрытия трещин, рассчитанная при первоначальном армировании, и та, которая получилась при его увеличении для обеспечения

допустимого раскрытия;

- кривизна при различной длительности действия нагрузки, а также суммарная;

- средние диаметры арматуры, расстояние от центра ее тяжести до соответствующей фибры сечения, средний шаг арматуры.

В графическом виде (совмещением с чертежом конструкции) выводится деформированная схема конструкции на одной из итераций, а также специальная схема раскрытия трещин.

Время полного расчета для конструкции из 60 элементов на IBM PC 286/287 — около 6 мин. (5 итераций по определению жесткостей конструкции, одно сочетание нагрузок).

6. Численные примеры

Армирование на первом и на завершающем этапах расчета может существенно отличаться, причем это относится не только к продольной, но и поперечной арматуре.

Рассмотрим односводчатую станцию метрополитена мелкого заложения (рис. 1): пролет — 19,3 м, высота свода от платформы — 6,2 м, толщина стены — 0,9 м, бетона в своде — 60 см. Учитывается транспортная нагрузка. Станция сооружается в песчаных грунтах.

Результаты расчета удобнее всего анализировать с помощью диаграммы, представленной на рис. 2. На ней условно показано изменение площади нижней арматуры свода (кривая 1) и верхней стены (кривая 2) на каждом этапе загрузения: нулевой соответствует вычислению прочности на расчетные нагрузки; первый — расчету по трещиностойкости на нормативные нагрузки и приведенные жесткости без учета трещин и ползучести бетона. Мы видим, что армирование значительно (в 1,4-1,7 раза) возрастает. Следующие этапы (2, 3, 4) соответствуют усилиям, определенным с учетом трещин и ползучести бетона. Площадь арматуры значительно снижается по сравнению с первым шагом, однако остается несколько большей, чем на нулевом этапе (по прочности). В результате итераций 2, 3, 4 ее значение приближается к некоей величине. На последнем этапе (вновь на расчетные нагрузки) арматура оказывается ниже определенной по нормативным нагрузкам. (Заметим, что в других случаях армирование на последней итерации может быть больше, чем на предпоследней). За

основную принимаем арматуру, полученную на 4-м этапе. Такие же закономерности можно наблюдать при анализе усилий, перемещений и других параметров во всех сечениях.

Теперь рассмотрим влияние ширины раскрытия трещин на площадь арматуры. Заметим, что в ныне действующем «Пособии по проектированию метрополитенов» ширина длительного раскрытия трещин для рассматриваемой конструкции ограничена в 0,2 мм. На рис. 3 видно, что с увеличением допустимого раскрытия трещин площадь арматуры значительно сокращается. Нелинейность графика связана в основном с переходом на другие диаметры арматуры при уменьшении площади. Заранее допуская различную величину раскрытия трещин в различных сечениях конструкции, можно регулировать перераспределение внутренних усилий и снизить расход арма-

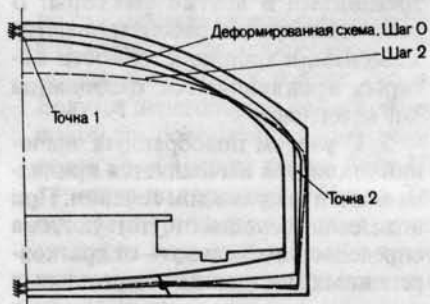


Рис.1

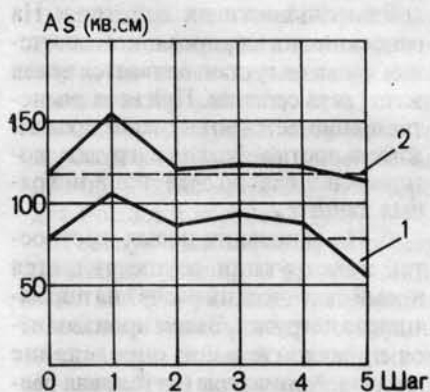


Рис.2

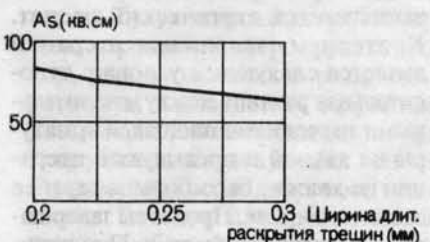


Рис.3

туры. Кроме того, на наш взгляд, можно увеличить допустимое раскрытие трещин, если они раскрываются внутрь сооружения, и указать это в «Пособии по проектированию метрополитенов». Напомним, что в СНиП 2.03.01-84 «Бетонные и железобетонные конструкции» эта величина в закрытом помещении устанавливается в 0,4 мм (кратковременное раскрытие) и 0,3 мм (длительное), что также приведет к значительной экономии арматуры. В Муссоне предусмотрена возможность такого расчета.

И, наконец, рассмотрим влияние длительности действия нагрузки на значение перемещений элементов конструкций и площадей арматуры

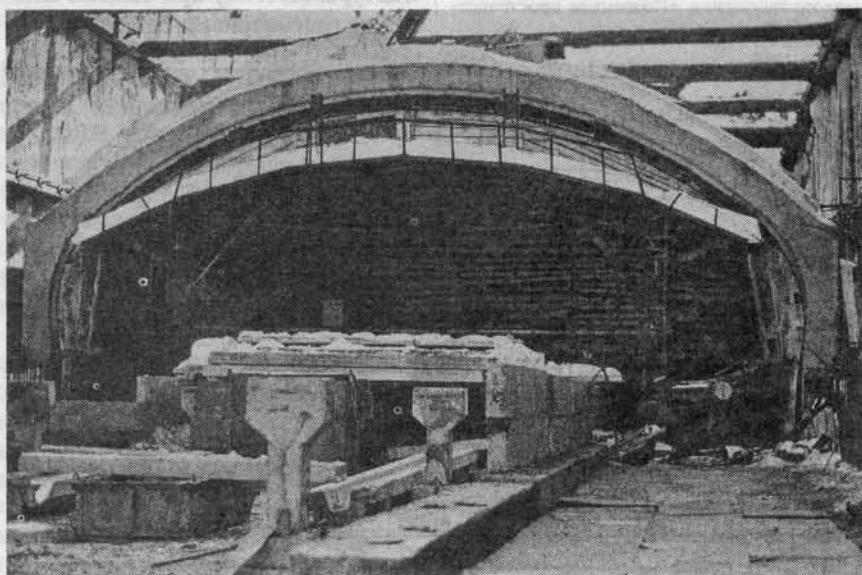
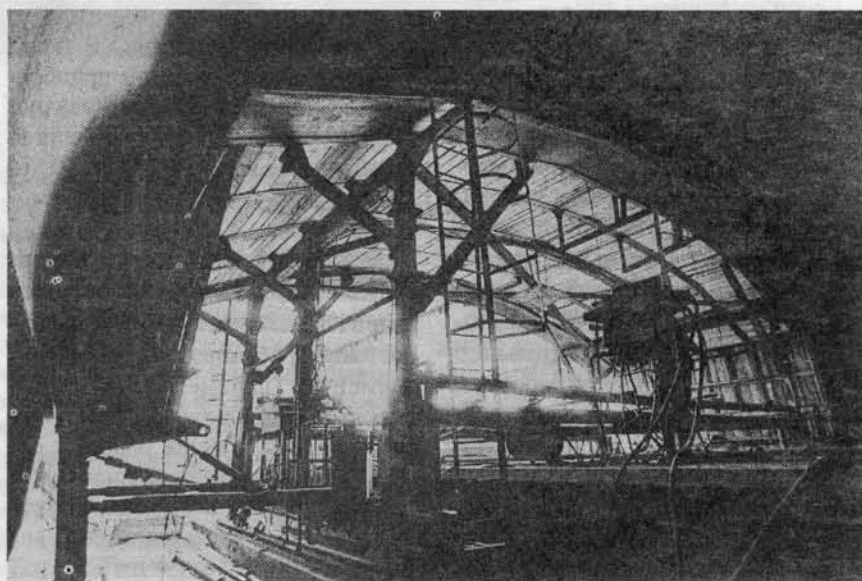
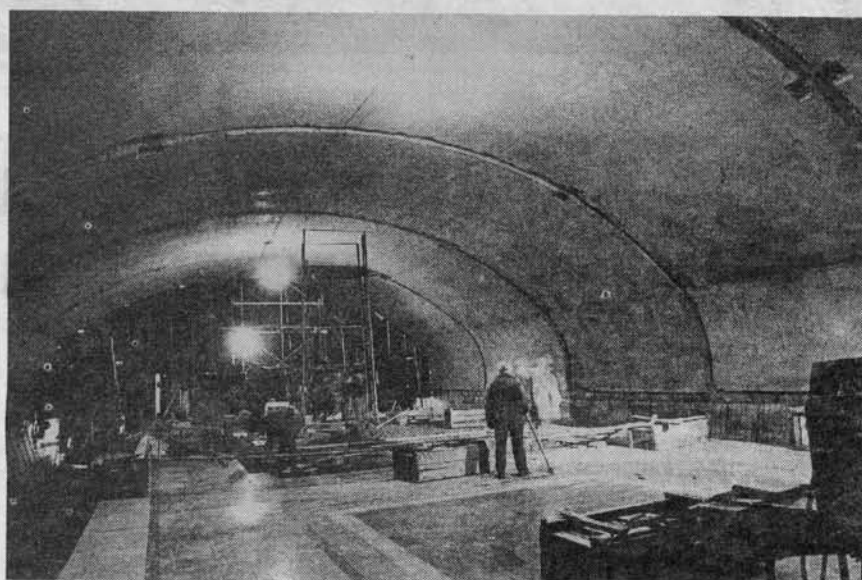


Рис. 4

(рис.4). На рисунке видно, что при длительной нагрузке (до 1000 суток) перемещение шельги определенным образом возрастает за счет ползучести бетона. Если деформированное состояние не принимать во внимание, то площадь арматуры при увеличении длительности нагрузки будет незначительно уменьшаться, с учетом его — она будет несколько повышаться. При увеличении длительности нагрузки с 50 до 1000 суток площадь арматуры возрастает на 4%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.С.Залесов, Э.Н.Кодыш, Л.Л.Леммиш, И.К.Никитин. Расчет железобетонных конструкций по прочности, трещиностойкости и деформациям, М., Стройиздат, 1988 г.
2. C.Frantzekakis, J.N.Theillout. Nonlinear finite element analysis of reinforced concrete structures with a particular strategy following the cracking process. *Comput. Struct.* 31, 345-412 (1989).
3. P.G.Bergan and I.Holand. Nonlinear finite element analysis of concrete structures. *Comput. Meth. appl. Mech. Engng* 17/18, 443-467 (1979).
4. W.F.Chen. *Plasticity in reinforced Concrete*. McGraw-Hill, New York (1982).
5. O.Буукозтурк and S.S.Шафеер. Constitutive modeling of concrete in finite element analysis. *Comput. Struct.* 16, 697-705 (1983).
6. Вопросы математического моделирования, расчета и повышения надежности подземных сооружений. Сб. научн. трудов под ред. В.А.Гарбера, вып. III, М., Транспорт, 1981 г.
7. Вирин Л.Д. Проектирование тоннельных конструкций с помощью персональных ЭВМ, Метро, 1992, стр. 23-25.



Момент строительства станции "Кожуховская" в Москве.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ КОЛОННОЙ СТАНЦИИ ПОЛУЗАКРЫТОГО СПОСОБА РАБОТ

Ю. ФРОЛОВ,
канд. техн. наук

Конструктивная схема колонной станции полузакрытого способа работ включает в качестве основных элементов отделку перегонных тоннелей, пройденных закрытым способом до начала строительства станции* (рис.1). Новизна и нестандартность конструкции и технологии ее сооружения потребовали в процессе проектных проработок принятия таких решений, для которых оказалось недостаточным использовать метод аналогий и повторов. Конструкция этой станции с двухконсольной плитой перекрытия с опирающейся на нее разомкнутой обделкой путевых тоннелей, чрезвычайно чувствительна, с точки зрения статической работы, к любым изменениям ее параметров: ширины платформы, высоты прохода в разомкнутых кольцах путевых тоннелей и платформенного зала, длины консолей перекрытия, отно-

шению жесткостей путевых тоннелей и плиты перекрытия и т.д.

Из сказанного следует, что при выборе оптимального соотношения конструктивных параметров указанного типа станции неприемлемы традиционные и менее всего допустимы «волевые» решения. В таких случаях большое значение приобретают научные методы исследований, позволяющие обоснованно найти оптимальные варианты. Один из таких методов — математическое моделирование.

Как всякий технический объект, обделка подземной станции метрополитена представляет собой систему, состоящую из определенного числа элементов (параметров объекта), упорядоченно связанных между собой. Обделка станции работает совместно с окружающим массивом грунта, который не только создает нагрузку, но и является средой, активно взаимодействующей с этой конструкцией на большей части ее контура. Поэтому при анализе надлежит рассматривать единую систе-

му — «обделка-грунтовой массив», а элементами такой сложной системы будут параметры, характеризующие как конструктивное решение обделки, так и свойства грунта.

Упорядочение полученных ранее методом физического моделирования представлений о статической работе конструкции, выявление значимых параметров системы и установление тех важнейших взаимосвязей между ними, которые было трудно, а иногда и невозможно выявить, определили задачу системного анализа колонной станции. Поскольку конечная его цель — установление оптимальных параметров конструкции по заданному критерию, то такой анализ назван параметрической оптимизацией конструкции. Ниже изложена методика построения математических моделей, разработанная с использованием вероятностно-статистического и оптимизационного методов системного анализа**, и приведены результаты параметрической оптимизации колонной станции полузакрытого способа работ. Блок-схема выполнения процедур представлена на рис.2.

Условиями любой инженерной задачи являются исходные расчетные величины. В данном случае это будут геометрические размеры конструкции в целом и отдельных ее элементов, прочностные и деформативные характеристики обделки и ее элементов, физико-механические свойства грунта, глубина заложения станции. Некоторые из этих параметров имеют функциональное ограничение и не подлежат изменению в ходе решения инженерной задачи, т.е. ими нельзя управлять, но они влияют на исход ее решения. К та-

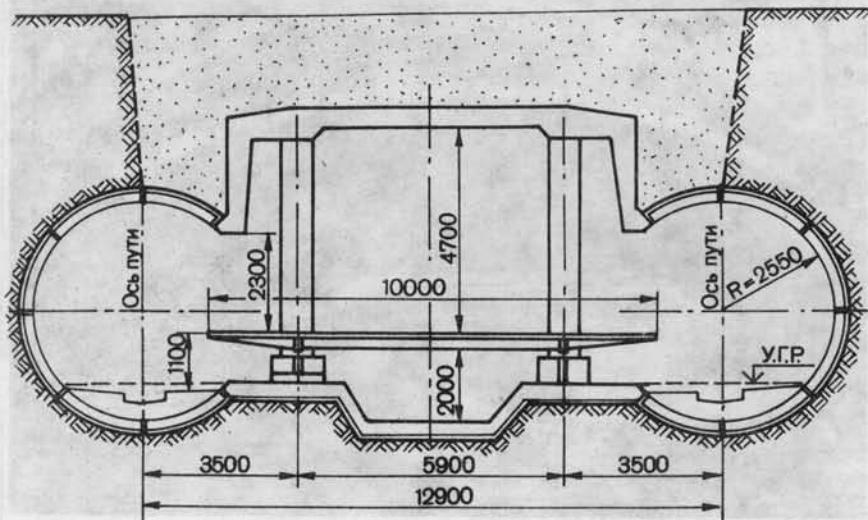


Рис.1. Конструкция колонной станции с плоским консольным перекрытием.

** Методика разработана совместно с канд. техн. наук В.В.Свистинным.

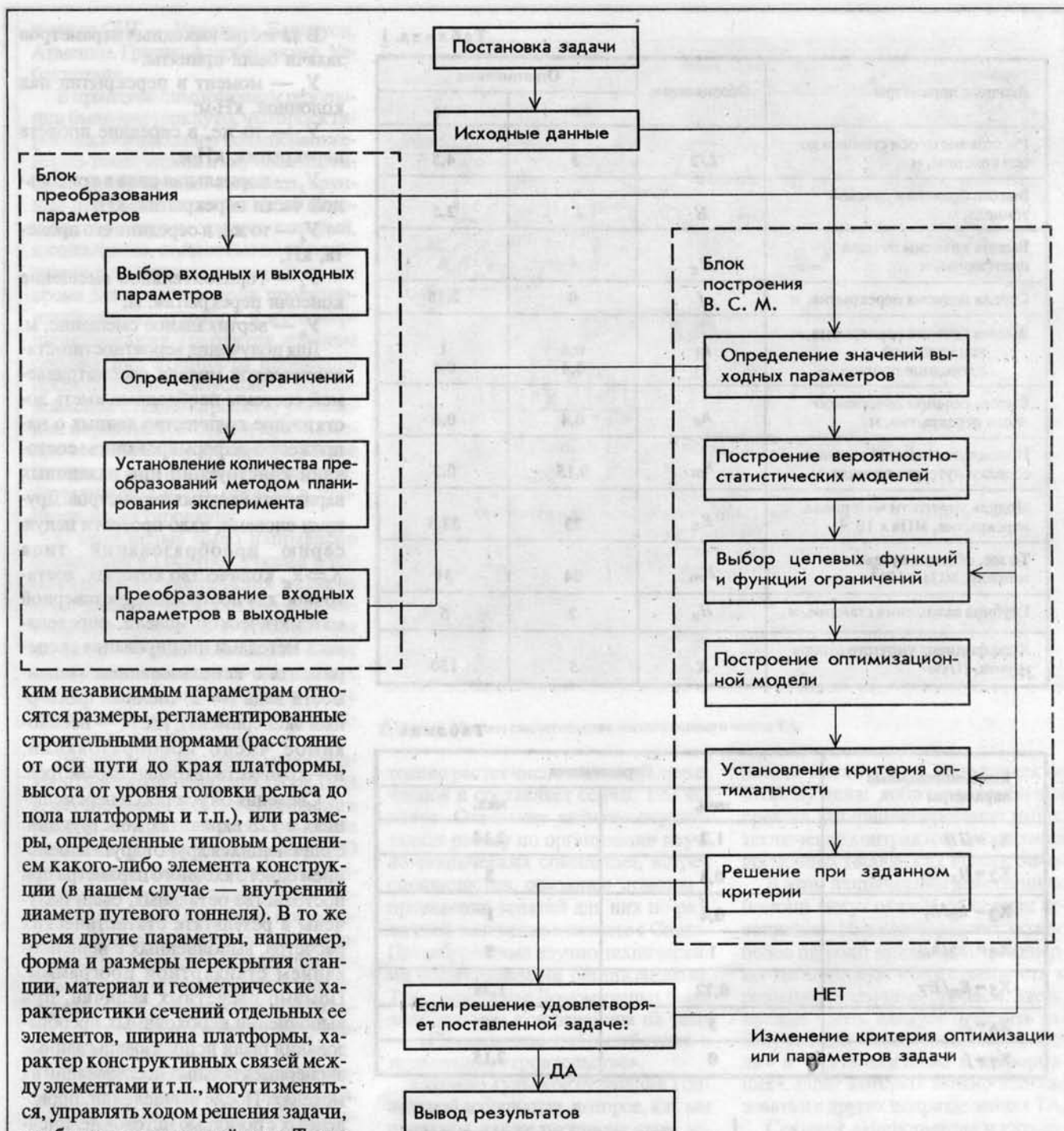


Рис.2. Блок-схема параметрической оптимизации конструкции станции.

ким независимым параметрам относятся размеры, регламентированные строительными нормами (расстояние от оси пути до края платформы, высота от уровня головки рельса до пола платформы и т.п.), или размеры, определенные типовым решением какого-либо элемента конструкции (в нашем случае — внутренний диаметр путевого тоннеля). В то же время другие параметры, например, форма и размеры перекрытия станции, материал и геометрические характеристики сечений отдельных ее элементов, ширина платформы, характер конструктивных связей между элементами и т.п., могут изменяться, управлять ходом решения задачи, приближаясь к заданной цели. Такие параметры называют входными или управляющими. Заметим, что они не должны принимать любые произвольные значения и имеют ограничения, которые выражаются, как правило, в виде неравенства, т.е. параметр не может быть больше или меньше какой-либо величины.

Очевидно, что на статическую работу такой сложной системы, как обделка станции метрополитена, оказывает влияние довольно большое количество параметров, которые можно принять в качестве входных. Однако, основываясь на опыте и интуиции, исследователь должен

выбрать только параметры, оказывающие, по его мнению, наибольшее влияние на характер работы конструкции, т.е. являются определяющими в выполнении поставленной задачи и варьирование которыми позволяет получить широкий спектр инженерных решений.

Конструктивная схема колонной станции, принятая для системного анализа, с указанием входных параметров приведена на рис.3, их значения и соответствующие ограничения — в табл.1. Последние продиктованы в ряде случаев требованиями

нормативных документов (например, минимальная ширина платформы — 10 м, минимальная высота прохода в путевого тоннель — 2,1 м); архитектурными особенностями (например, высота колонны не менее 4 м, стрела подъема сводчатого перекрытия не более 2,0 м); типовыми решениями обделки путевых тоннелей станции.

Для сокращения количества входных параметров они представлены в комбинированном виде; соответственно изменились и их граничные значения (табл.2).

Таблица 1

Входные параметры	Обозначение	Ограничения	
		мин.	мах.
Расстояние от оси станции до оси колонны, м	$L/2$	3	4,5
Высота прохода в путевом тоннеле, м	H	2,1	2,5
Высота колонны от пола платформы, м	H_K	4	6
Стрела подъема перекрытия, м	f	0	2,15
Высота сечения перекрытия, м: над колонной в середине пролета	h_1	0,6	1
	h_2	0,4	0,6
Высота сечения консольной части перекрытия, м	h_K	0,4	0,6
Приведенная высота сечения обделки путевого тоннеля, м	h_m	0,15	0,3
Модуль упругости материала перекрытия, МПа $\times 10^{-3}$	E_n	23	32,5
То же, обделки путевого тоннеля, МПа $\times 10^{-3}$	E_m	24	31
Глубина заложения станции, м	H_3	2	5
Коэффициент упругого отпора грунта, Н/см ³	K	5	150

Таблица 2

Комбинированные параметры	Ограничения	
	мин.	мах.
$X_1 = l/H$	1,2	2,14
$X_2 = H_K/H_3$	0,8	3
$X_3 = h_K/h_1$	0,4	1
$X_4 = h_2/h_m$	1	3
$X_5 = E_n/E_m$	0,72	1,38
$X_6 = K$	5	15
$X_7 = f$	0	2,15

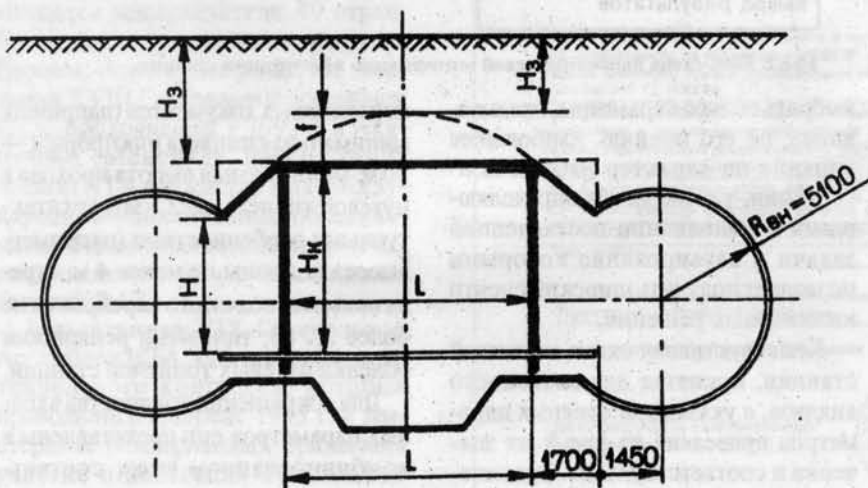


Рис.3. Конструктивная схема станции и входные параметры оптимизационной задачи.

В качестве выходных параметров задачи были приняты:

Y_1 — момент в перекрытии над колонной, кН·м;

Y_2 — то же, в середине пролета перекрытия, кН·м;

Y_3 — нормальная сила в консольной части перекрытия, кН;

Y_4 — то же, в середине его пролета, кН;

Y_5 — горизонтальное смещение консоли перекрытия, м;

Y_6 — вертикальное смещение, м.

Для получения вероятностно-статистической модели рассматриваемой системы необходимо иметь достаточное количество данных о напряженно-деформированном состоянии конструкции при различных вариациях входных параметров. Другими словами, надо провести целую серию преобразований типа $X_i \rightarrow Y_j$, количество которых, достаточное для построения достоверной математической модели, определялось методами планирования эксперимента с использованием зависимости вида $N = 2^n$ (полный факторный эксперимент), где N — необходимое число преобразований, n — количество входных параметров.

Сведения об усилиях и перемещениях в 128 вариантах конструкций, отличающихся друг от друга изменением одного входного параметра при постоянстве остальных, были получены в результате статистических расчетов, выполненных с использованием стандартной программы. Помимо расчетных величин, при выполнении необходимых преобразований были использованы данные экспериментальных исследований на моделях. После вычислений, проведенных с помощью методов нелинейной регрессии, построена вероятностно-статистическая модель исследуемой системы. Она включает шесть уравнений (по числу выходных параметров), каждое из которых представляет собой степенной полином вида:

$$Y_j(X_i) = A_0 + \sum A_i X_i + \sum A_{i,m} X_i X_m + \sum A_i X_i + \sum A_{i,m} X_i^2 X_m + \dots$$

где $Y_j(X_i)$ — выходной параметр задачи; $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$;

$X_{i,m}$ — входной параметр; $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$;

$A_0, A_{i,m}$ — числовые коэффициенты.

Полученная модель позволила первоначально решить одну из важных задач системного анализа — выявить значимые входные параметры конструкции и установить степень их влияния на напряженно-деформированное состояние исследуемой системы. Так, наиболее существенное влияние на величину практически всех выходных параметров оказывает подъемистость перекрытия (входной параметр X_7) и высота среднего зала станции (входной параметр X_2). Причем последняя в значительной степени определяет вертикальные смещения консоли перекрытия. Величина момента в середине его пролета и горизонтальное смещение консоли зависят, в первую очередь, от расстояния между колоннами (ширина платформы) и высоты прохода в путевые тоннели станции (входной параметр X_1).

Вероятностно-статистические модели были использованы и для анализа работы перекрытия станции при различных вариантах его исполнения (рис.4).

В каждом варианте конструктивной схемы изменяли только два параметра H_2 и f . Остальные сохранялись неизменными, включая горизонтальную проекцию консоли перекрытия $l_k = 1,5$ м и расстояние между колоннами $L = 6$ м, а также толщину слоя грунтовой засышки над конструкцией $H_3 = 3$ м. Граничные значения H_2 и f принимались в соответствии с табл.1 в пределах $4 \text{ м} \leq H_2 \leq 6 \text{ м}$ и $0,5 \text{ м} \leq f \leq 2,6 \text{ м}$ с шагом изменения этих параметров соответственно 0,6 и 0,7 м.

Результаты анализа представлены в виде графиков зависимости изгибающих моментов M в сечениях перекрытия над колонной и по оси станции (рис. 5) и нормальных сил N в консольной части перекрытия (рис. 6) от геометрических параметров конструкции, определяющих конфигурацию плиты перекрытия.

Как следует из графиков, приведенных на рис.5, особенности конструктивной формы перекрытия оказывают существенное влияние на величину изгибающего момента в сечении по оси станции только при $H_2/H_3 > 1,5$. При увеличении высоты колонны изгибающие моменты в плоском перекрытии независимо от формы его консольной части возрастают практически с одинаковой интенсивностью и равны по величине

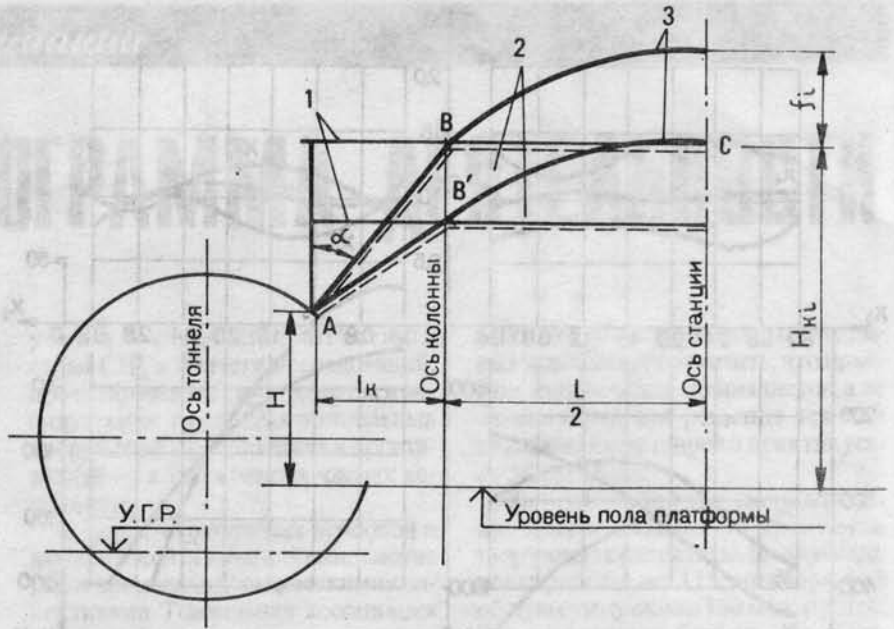


Рис.4. Схема к параметрическому анализу работы консольного перекрытия станции: 1 — плоское с вертикальными элементами в консольной части; 2 — то же, с наклонными консолями; 3 — сводчатое.

не. В то же время в сводчатом перекрытии значения этих моментов вдвое выше; в сечениях над колоннами — на 15-20%. Это объясняется тем, что при сводчатом перекрытии путевые тоннели станции оказываются более заглубленными (при неизменной высоте обратной засышки), чем при плоском, а следовательно, большей величины будет и нагрузка на консольную часть. Кроме того, с увеличением подъемности сводчатого перекрытия возрастает боковое давление грунта. Заменяя плоское перекрытие на сводчатое, можно уменьшить высоту колонны, практически не сокращая высоты среднего зала станции (см. очертания перекрытия по линии а-в-с и а'-в'-с на рис. 4). Характер изменения изгибающих моментов в этом случае определим, пользуясь построенными ранее графиками (см. рис.5). Точка А на кривой 1 соответствует величине изгибающего момента в плоском перекрытии в сечении над колонной, высота которой соответствует максимальному значению принятого ограничения, а точка В на кривой 3 — значению изгибающего момента в том же сечении сводчатого перекрытия. При этом остается неизменной высота среднего зала станции, но на два интервала уменьшается высота колонны. Таким образом установили, что момент в наиболее напряженном сечении сводчатого перекрытия на 20% ниже, чем в том же сечении

плоского. В пользу сводчатого перекрытия колонной станции полузакрытого способа работ говорит и лучшее архитектурно-эстетическое восприятие внутреннего пространства сооружения.

Наиболее ответственным участком отделки станции с точки зрения ее статической работы является кон-

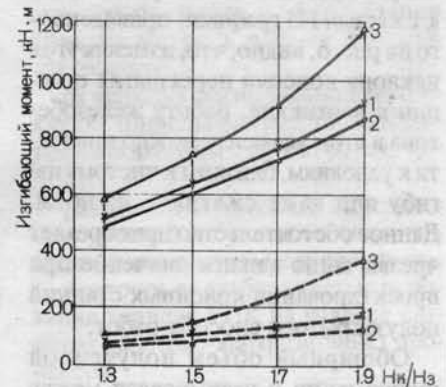


Рис.5. Зависимость изгибающих моментов от высоты колонны в сечениях перекрытия: — над колонной; - - - - в пролете; 1 — плоское перекрытие с вертикальными элементами в консольной части; 2 — то же, с наклонными консолями; 3 — сводчатое перекрытие.

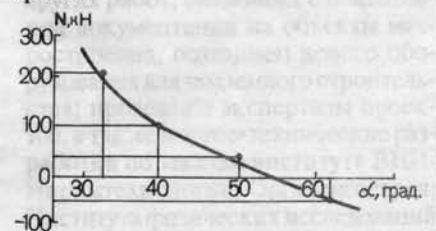


Рис.6. Зависимость нормальной силы в консоли перекрытия от угла наклона консоли к вертикали.

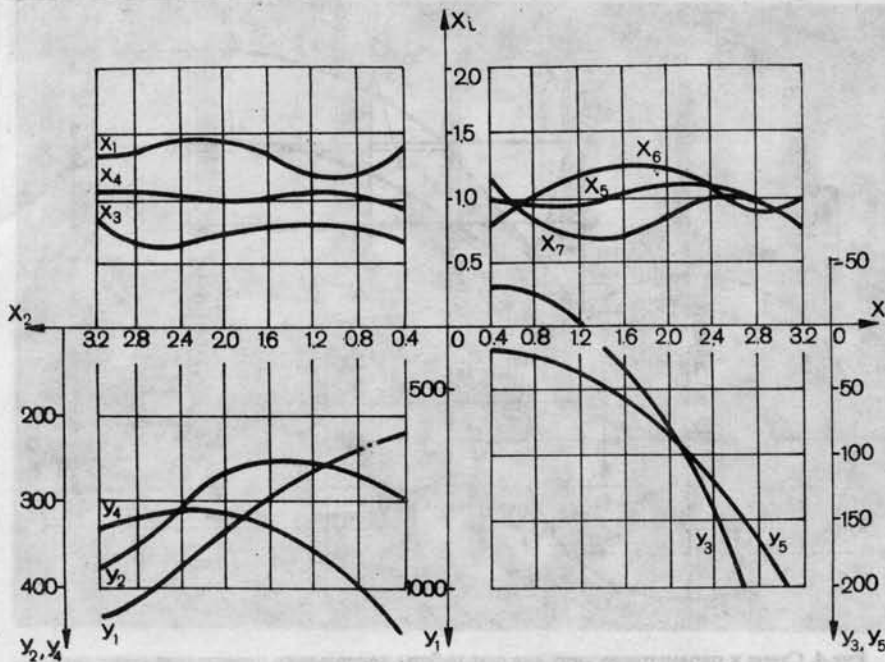


Рис.7. Взаимозависимость параметров конструкции, оптимизируемой по минимальному смещению консоли перекрытия.

сольная часть перекрытия. Здесь под действием нагрузок от разомкнутых колец обделки путевого тоннеля возникают значительные растягивающие продольные силы. Величина их с изменением параметров конструкции колеблется в широком диапазоне значений, вплоть до изменения направления действия от растяжения к сжатию. Из графика, приведенного на рис. 6, видно, что, изменяя угол наклона консоли перекрытия станции к вертикали, работу железобетона в этом элементе можно привести к условиям, близким к чистому изгибу или даже сжатию с изгибом. Данное обстоятельство приобретает чрезвычайно важное значение при проектировании колонных станций полузакрытого способа работ.

Обширный объем полученной информации о взаимосвязи между различными параметрами конструкции и их влиянии на ее напряженно-

деформированное состояние является необходимым условием инженерного анализа, но работу нельзя считать завершенной без рассмотрения вопроса об оптимальном сочетании этих параметров, т.е. без решения задачи оптимизации, целью которой является достижение экстремума (максимума или минимума — в зависимости от существа задачи) определенного показателя. Он называется критерием оптимальности и принимается за меру оценки качества проектируемой конструкции.

В данном случае за критерий оптимальности может быть принят любой из шести управляемых (выходных) параметров Y_j . Каждый из них, будучи принят в данной задаче за критерий оптимальности, должен быть минимизирован, т.е.

$$Y_j = f(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n) \Rightarrow \min. \quad (2)$$

Если взять одно из шести уравне-

ний вида (1) в качестве целевой функции, то остальные уравнения можно рассматривать как ограничения задачи при принятых ранее граничных условиях, т.е. пределах изменения входных параметров.

В качестве примера рассмотрим решение оптимизационной задачи, целью которой является минимизация вертикального смещения консоли перекрытия станции. В этом случае математическое описание оптимизационной модели в рассмотренных выше условиях задачи будет иметь вид:

$$Y_6 = 33,15 - 96 X_3 + 0,6 X_4 - 0,21 X_2^2 + 0,54 X_1 X_2 - 0,54 X_1 X_4 - 0,68 X_2^2 + 0,5 X_2 X_3 + 0,49 X_2 X_4 + 1,28 X_2 X_7 + 66,97 X_3^2 + 0,6 X_3 X_7 + 1,06 X_3 X_7 - 0,084 X_4 X_5 - 0,51 X_4 X_6 + 0,66 X_5 X_7 - 0,91 X_6^2 - 0,54 X_7^2 \Rightarrow 0$$

— целевая функция.

Область допустимых решений (ограничения) определяют нелинейные регрессионные зависимости, представленные для различных параметров системы другими уравнениями вида (1). Граничные условия (пределы изменения входных параметров задачи) приняты по таблице 2.

Для графического изображения взаимозависимости параметров оптимизируемой системы выполнено несколько расчетов с изменением только одного из параметров. Кривые, представленные на рис.7, показывают характер изменения остальных параметров задачи при заданном X_2 . Таким образом, задаваясь любым значением одного из параметров системы, получаем такие значения остальных, при которых удастся свести к минимуму вертикальное смещение консоли перекрытия (Y_6). Аналогично решаются задачи оптимизации конструкции по любому из оставшихся пяти критериев. □

Определение усилий внедрения головной части щитового агрегата

Ю. КОНДЮРИН,
канд. техн. наук

(1988 г.). По его мнению, работа щитового агрегата происходит в условиях запредельного состояния грунтового массива, которое характеризуется как «непрерывная реализация фазы выпирания по мере продвижения щита».

Схема процесса внедрения корпуса головной части щитового агрегата с наклонной гранью приведена на рисунке. Процесс сопровождается появлением под наклонными гранями нарушенных зон внутри грунтового массива, ограниченных огибающими линиями скольжения.

Повышение скоростей проходки тоннелей с применением закрытого способа работ и механизированных щитовых агрегатов зависит от многих факторов и, в частности, от правильного выбора мощности и количества щитовых гидродомкратов, которые формируют общее усилие внедрения комплекса, направленное на преодоление сил трения и лобовых сопротивлений грунта. Решению этой актуальной задачи посвящены значительные работы В.П. Самойлова, Е.А. Демешко, Л.С. Афендикова, В.А. Гарбера.

Ниже рассматривается методика определения усилий внедрения головной части щитового агрегата с использованием коэффициентов несущей способности грунта. Известно, что усилие внедрения головной части зависит от конструктивных особенностей отдельных элементов корпуса, ориентирования щитового агрегата в пространстве, деформационных процессов, проходящих в грунтовом массиве и производственно-технологических факторов. Конструкция корпуса щита должна отвечать требованиям минимального лобового сопротивления грунта. Очевидно, что при определении усилий внедрения следует выбрать модель грунтового массива, наиболее полно отражающую процессы, проходящие в натуральных условиях. Сложные деформационные процессы, возникающие в грунте при возрастании нагрузки до предельного значения и выше, были описаны С.С. Вяловым в 1978 г. вместе с моделью грунта в виде нелинейной упругой жесткопластичной сжимаемой среды. В соответствии с этой моделью составляющие усилия внедрения, вызывающие деформации в грунтовом массиве, могут быть представлены следующей формулой

$$P_{\text{вн}} = P_{\text{обж}} + P_{\text{упр}} + P_{\text{пп}} + P_{\text{г}} \quad (1)$$

Экспериментальные исследования, проведенные с объемной моделью головной части щита, позволили установить, что усилие внедрения затрачивается на обжатие грунта (погашение природного давления), преодоление упругих восстанавливающихся деформаций, на развитие пластических необратимых деформаций, вызывающие течение грунта. Значительная часть работы головной части модели щита при внедрении идет на преодоление упругих и на развитие необратимых пластических деформаций. Сравнивая экспериментальные величины усилия внедрения в конце упругой стадии и в конце фазы выпирания грунта, можно отметить их увеличение в 1,5-2 раза, что связано с выпиранием грунта по всему периметру головной части. Это явление подтверждается исследованиями, проведенными Е.А. Демешко

в последнем случае лобовые сопротивления грунта будут равномерно распределяться по всему периметру головной части щитового агрегата и их величина не будет возрастать под влиянием других элементов конструкции. Расположение мест выхода линий скольжения на поверхность забоя в основном зависит от величины показателя сжатия сечения щитового агрегата. При отрицательном значении угла внешнего трения наклонной грани головной части о грунт огибающие линии скольжения

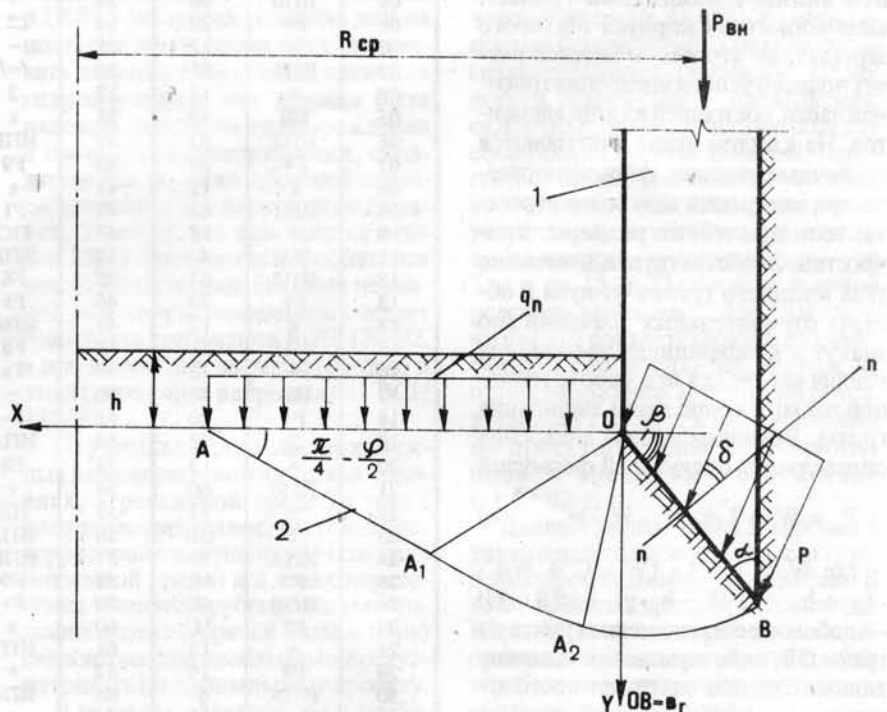


Схема взаимодействия головной части щитового агрегата с грунтовым массивом:
1 — головная часть; 2 — огибающая линий скольжения в грунтовом массиве.

выходят за плоскость, проходящую через входное отверстие корпуса щита. Вследствие этого величина усилия внедрения значительно увеличивается. Грунтовая пригрузка на поверхности забоя также влияет на рост усилия внедрения.

Сравнивая работу щитового агрегата и грунтового основания под фундаментом при возрастании нагрузки, можно выделить только два одинаковых состояния грунтового массива: стадию обжатия и стадию, в которой образуются упругие восстанавливающиеся деформации. Разрушение грунта под фундаментом здания не допускается, поэтому несущая способность грунтового основания в этом случае находится (при условии отсутствия зарождения пластических деформаций) под нагрузкой. Применительно к расчету грунтового основания в работах К. Терцаги, В. В. Соколового, М. В. Малышева и М. Е. Харра несущая способность грунта определялась приближенной трехчленной формулой с использованием коэффициентов несущей способности. Изменение угла внешнего трения принималось от нуля в область положительных значений (по знаку).

Предлагаемая методика определения усилия внедрения с использованием коэффициентов несущей способности грунта включает два этапа: на первом — определяется лобовое сопротивление для элемента единичной длины с наклонной гранью, выделенного из корпуса щитового агрегата; на втором — ведется расчет полного усилия внедрения головной части, состоящей из этих элементов. На каждом этапе учитываются граничные условия, формирующиеся при внедрении щитового агрегата: геометрические размеры, прочностные свойства грунта, изменение угла внешнего трения от нуля в область отрицательных значений (по знаку) и коэффициент увеличения усилия внедрения при работе головной части в конце фазы выщипывания грунта. Величина усилия внедрения определяется следующей формулой

$$P_{\text{вн}} = W_1 = 2 \cdot \pi \cdot R_{\text{ср}} \cdot W_1 \cdot m_3, \quad (2)$$

где $W_1 = b_r \cdot l \cdot (W_c \cdot C + W_q \cdot (q_n + h \cdot \gamma') + W_\gamma \cdot b_r \cdot \gamma) \cdot \cos(\beta - |\delta|)$ — лобовое сопротивление грунта на грани ОВ, действующее на единицу длины головной части щитового агрегата;

$R_{\text{ср}}$, м — средний радиус корпуса щита;

b_r , м — ширина наклонной грани ОВ;

$l = 1$ м — единичная длина элемента;

W_γ, W_q, W_c — коэффициенты несущей способности грунта;

$(\beta - |\delta|)$ — разность угла наклона грани ОВ и угла внешнего трения металла о грунт, град.;

q_n — пригрузка на забой со стороны вертикальных перегородок, горизонтальных полок и сил трения по их поверхности, кПа;

$h \cdot \gamma'$ — пригрузка от слоя грунта, расположенного выше линии ОА (см. рисунок);

γ — удельный вес грунтового мас-

сива, кН/м³ (допускается принимать $\gamma = \gamma'$);

C — удельное сцепление, кПа;
 $m_3 = 2$ — коэффициент, учитывающий увеличение усилия внедрения при работе щита в конце фазы выщипывания грунта.

Расчет коэффициентов несущей способности грунта для определения усилия внедрения был проведен по разработанной программе с использованием ЭВМ с учетом изменения граничных условий на грани ОВ. Результаты численного решения задачи при $c = 1$ кПа, $\gamma = 1$ кН/м³, $b_r = 1$ м получены в безразмерных координатах и приведены в табл., что

Таблица 1

δ , град.		$\beta = 45^\circ$						
		φ , град.	-30	-25	-20	-15	-10	-5
25	W_γ	—	—	3,39	3,31	3,17	3,00	2,82
	W_q	—	—	8,89	8,20	7,52	6,82	6,12
	W_c	—	—	16,76	15,43	13,99	12,49	10,99
30	W_γ	—	4,75	4,59	4,42	4,16	3,88	3,58
	W_q	—	14,37	13,21	11,99	10,77	9,58	8,43
	W_c	—	23,16	21,15	19,04	16,93	14,86	12,87
35	W_γ	6,44	6,56	6,21	5,91	5,52	5,06	4,60
	W_q	25,46	23,10	20,69	18,35	16,12	13,64	12,08
	W_c	34,94	31,56	28,13	24,78	21,50	18,60	15,83
40	W_γ	8,81	8,95	8,69	7,96	7,39	6,72	6,02
	W_q	44,54	39,29	34,31	29,67	25,43	21,80	18,18
	W_c	51,89	45,64	39,70	34,17	29,11	24,55	20,48

Таблица 2

Адрес	БЗ-34	Код	Адрес	БЗ-34	Код	Адрес	БЗ-34	Код
00	ИПО	60	33	+	13	66	ИП6	66
01	F+	20	34	↔	14	67	ИП4	64
02	x	12	35	-	11	68	x	12
03	ИП1	61	36	/-/	0L	69	ИП7	67
04	+	13	37	2	02	70	+	13
05	ПО	40	38	x	12	71	ИП4	64
06	ИП2	62	39	ИПВ	6L	72	+	13
07	F+	20	40	F9	1E	73	↔	14
08	x	12	41	x	12	74	+	10
09	ИП1	61	42	F1	16	75	П9	49
10	+	13	43	ПС	4C	76	1	01
11	ПА	4-	44	ИПА	6-	77	ИПВ	6L
12	ИП3	63	45	F8	1Г	78	Г7	1C
13	F+	20	46	Fx	22	79	-	11
14	x	12	47	ИПВ	6L	80	П8	48
15	ИП1	61	48	F8	1Г	81	F+	23
16	+	13	49	Fx	22	82	ИП9	69
17	ПВ	4L	50	-	11	83	x	12
18	F+	20	51	F-	21	84	П8	48
19	2	02	52	ИПА	6-	85	ИПС	6C
20	+	13	53	F8	1Г	86	x	12
21	ИПО	60	54	+	10	87	ИПД	6Г
22	-	11	55	ПД	4Г	88	x	12
23	↑	0E	56	ИП5	65	89	ПО	40
24	ИПА	6-	57	ИПВ	6L	90	ИПВ	6L
25	F7	1C	58	F9	1E	91	F9	1E
26	ИПВ	6L	59	F+	23	92	x	12
27	F7	1C	60	x	12	93	1	01
28	+	13	61	ИП7	67	94	+	10
29	F4	19	62	+	13	95	С/П	50
30	ИПА	6-	63	ИП4	64	96	БП	51
31	+	10	64	+	13	97	0	00
32	2	02	65	↑	0E			

позволяет использовать их для расчета усиления внедрения головных частей шитовых агрегатов с разными диаметрами и различной толщиной корпуса в зависимости от прочностных характеристик грунтового массива. Для использования этой методики в проектной практике предлагается программа, составленная для калькулятора БЗ-34, с помощью которой можно определить коэффициенты несущей способности грунта. Последовательность работы следующая: переключить «ГРАД → РАД», в режиме программирования набрать текст программы с проверкой по кодам, в режиме автоматической работы ввести исходные данные в регистры памяти: в ПО → $\beta = 45$ град.; П1 → 180 град.; П2 → $\delta = (-30$ град.); П3 → $\varphi = 40$ град.; П4 → $\gamma = 1$ кН/м³; П5 → $c = 1$ кПа; П6 → $h = 0$; П7 → $b = 1$ м; П8 → П9 → ПА → ПВ → ПС → ПД → 0. После ввода данных нажать клавиши В/О и С/П. Время счета 45 секунд. С индикатора снимается значение $W_c = 44,54$, в ячейке памяти ИПО находится значение $W_e = 51,89$. Значения коэффициентов проверяются по табл., там же приведены коэффициенты W_a . При расчете лобовых сопротивлений грунта возможен учет глубины заходки. Далее по формуле (2) определяется усилие внедрения $R_{\text{ин}}$. Рассмотрим пример:

$b = 0,1$ м; $R_c = 2,805$ м; $\gamma = \gamma' = 20$ кН/м³; $C = 5$ кПа; $h = 0$ ($h = 0,3$ м); $q_a = 69,5$ кПа; $\beta = |\delta| = 15$ град.; $\varphi = 40$ град.; $\beta = 45$ град.; $\delta = -30$ град. W_c , W_a , W_e приняты по табл. Результаты расчета: при $h = 0$ $R_{\text{ин}} = 11482$ кН, при $h = 0,3$ м $R_{\text{ин}} = 12392$ кН.

Метод допускает учет различных прочностных свойств грунтовых слоев по высоте шитового забоя; для каждого шлеста следует принимать соответствующие коэффициенты несущей способности грунта. □



Слесарь УСР А. Жалнин.

Из истории строительства и проектирования

Железная дорога под Волгой

В. ПИКУЛЬ,
канд. техн. наук

Не успела еще Россия прийти в себя от последствий Дальневосточной войны 1904-1905 гг. и внутренних потрясений, как на Европейском континенте стали сгущаться тучи глобальной битвы. Пришлось думать об усилении транспортной связи между европейской и азиатской частями государства с устройством надежных пересечений грандиозного водного рубежа — Волги.

Вопросами развития железнодорожной сети в широтном направлении перед Первой мировой войной занималось Правление Казанского округа путей сообщения. И не удивительно, что разработка нового для нас, более защищенного, чем мост, варианта подводного пересечения, была поручена Обществу Московско-Казанской железной дороги. В то время ее управляющим был инженер-путеец А.И. Антонович — один из авторов первого проекта метрополитена в Москве.

В этом Обществе сконцентрировалась группа талантливых инженеров путей сообщения, с интересом воспринявших небывалое задание.

К тому времени отечественный опыт проектирования и строительства крупнейших мостов через водные преграды уже имелся, а вот подводных железнодорожных тоннелей наши инженеры еще не создавали. Проекты подводных переправ через Неву в Санкт-Петербурге были выдвинуты еще в прошлом столетии М.И. Брюнелем (1814 г.) и нашим инженером Я.К. Ганнеманом (1893 г.), но они были предназначены для экипажно-пешеходного движения.

Среди специалистов Общества Московско-Казанской дороги оказались выпускники Петербургского

института инженеров путей сообщения старшего поколения — Р.В. Вишняцкий (начальник технического отдела Общества), В.И. Голубов (зав. отделом Нижегородского узла), В.А. Саханский, Л.Н. Бернацкий, М.Н. Мошков, К.Ю. Цеглинский, К.С. Мышенков и еще молодые инженеры Н.С. Стрелецкий, А.П. Юрловский. Уместно напомнить, что среди их товарищей по учебе в институте в 90-е годы были В.Л. Николаи, С.Н. Розанов, А.Ф. Эндимионов, Г.С. Каханов, А.М. Фролов, Н.М. Герсеванов, В.Н. Образцов, В.К. Дмоховский, Н.Н. Давиденков, С.П. Тимошенко, а из молодых, почти одноклассников со Стрелецким — А.Н. Пассек, В.И. Бутескул и другие. В своем общении эти специалисты не только давали полезные советы проектировщикам подводного тоннеля, но, как подтвердилось впоследствии, оказали большое влияние на развитие отечественного тоннельного и метростроения.

Работы начали с выбора целесообразного места перехода Волги в направлении от Нижнего Новгорода к Перми.

Натурные изыскания и изучение естественных условий режима Волги возглавлял инж. В.А. Саханский. Из 8 рассмотренных Обществом вариантов инженерный Совет с участием представителей военного ведомства одобрил переход в сторону Котельнича (рис. 1).

Предчувствуя назревание военного конфликта, Особая Комиссия по устройству Нижегородского узла под председательством тайного советника Б.А. Риппаса (выпускника Путьского института 1864 года) постановила: «Переход р. Волги на линии

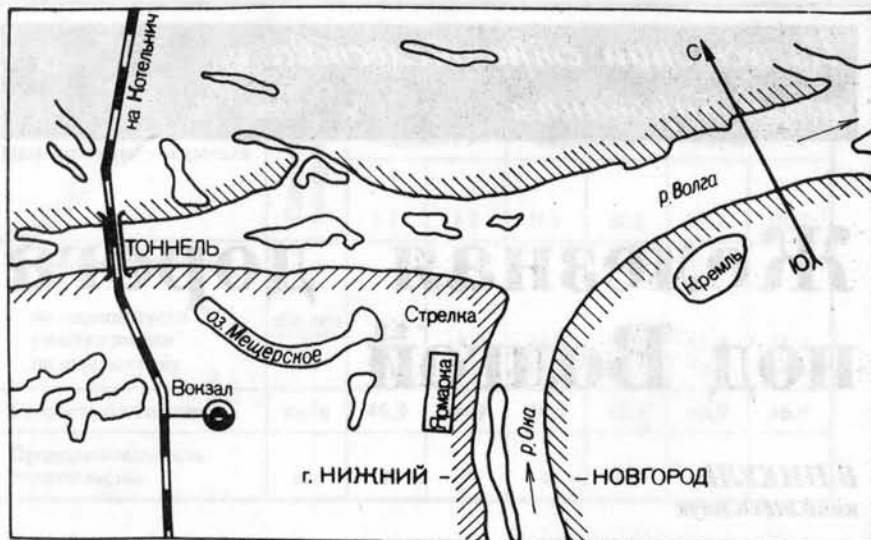


Рис. 1. Схема расположения подводного тоннеля у Нижнего Новгорода.

Нижний Новгород — Котельнич предпочтительнее устроить не мостом, а подводным тоннелем». Это направление, когда уже был закончен эскизный проект тоннеля, было утверждено министром путей сообщения 10 июня 1914 г. — менее, чем за 2 месяца до вступления России в мировую войну.

В текущем году исполняется 80 лет со дня завершения основополагающих разработок этого первого в России проекта подводного железнодорожного тоннеля, прерванных внезапным началом мировой войны.

Условия строительства тоннеля были сложными: глубина реки в различное время года менялась от 2 до 6 м; русло подстилает песок с примесью ила на глубину 20 м до контакта с материковой глиной. Предвоенный период, использовать который наши стратеги опоздали, охарактеризовался принятием варианта трассы однопутного тоннеля с уклонами до 10‰ при двойной тяге паровозами. Тревожное состояние того времени привело к тому, что «по экономическим соображениям» устройство двухпутного тоннеля или его электрификацию признали невыгодным делом.

И все же эскизный проект тоннеля под Волгой у Нижнего Новгорода представляет собой замечательное инженерное творение.

Вследствие незнучности проблемы было произведено обобщение имевшегося зарубежного опыта с обстоятельным анализом и конкретными рекомендациями. Эту работу выполнил 26-летний старший инженер Н.С.Стрелецкий, впоследствии известный ученый.

В проекте были разработаны 3 варианта сооружения тоннеля: щитовым способом, опускными кессонами и заводными секциями.

Остановимся на основном из них — щитовом. При этом варианте протяженность участка щитовой проходки составила 2150 м, а всего перехода около 5,7 км; минимальное заглубление под дном Волги — 4,6 м.

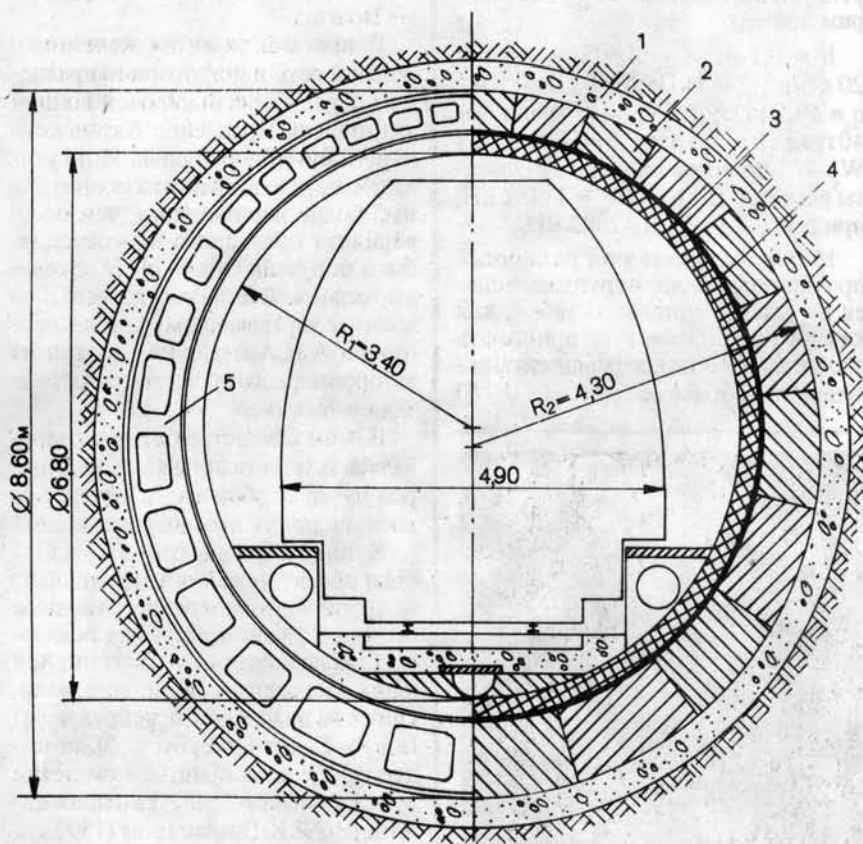


Рис. 2. Обделка подводного участка, сооружаемого щитовым способом:

1 — слой прессованной глины или тощего бетона; 2 — сборная обделка из бетонных блоков; 3 — внутренняя железобетонная (или облегченная тубинговая) оболочка; 4 — оклеечная гидроизоляция; 5 — стяжные металлические рамы.

Оригинальным решением оказалась конструкция тоннельной обделки (рис. 2): в ней были заложены такие прогрессивные для нас идеи, как сборная труба из бетонных блоков, наружная монолитно-прессованная оболочка, внутренняя оболочка для поддержания слоя оклеечной гидроизоляции. Проектировщики не побоялись рекомендовать блочную обделку для такого ответственного сооружения, как подводный тоннель, еще до того, как О'Рурк реализовал свою идею в Бруклине в 1929 г.

Особенностью «обжатой» обделки («для обеспечения ее надежной устойчивости в грунте») является применение блоков различной толщины в замке свода (25 см) и в лотке (40 см). Казалось бы, нужно сделать утолщение обделки наоборот — не внизу, а сверху. Но тогдашние инженеры (да будет о них сказано доброе слово) не были схоластиками и прежде всего думали о работе сооружения в эксплуатационной стадии. Их беспокоила выносливость конструкции при динамических воздействиях движущихся воинских и грузовых эшелонов, которая могла быть обеспечена усилением продольной жес-

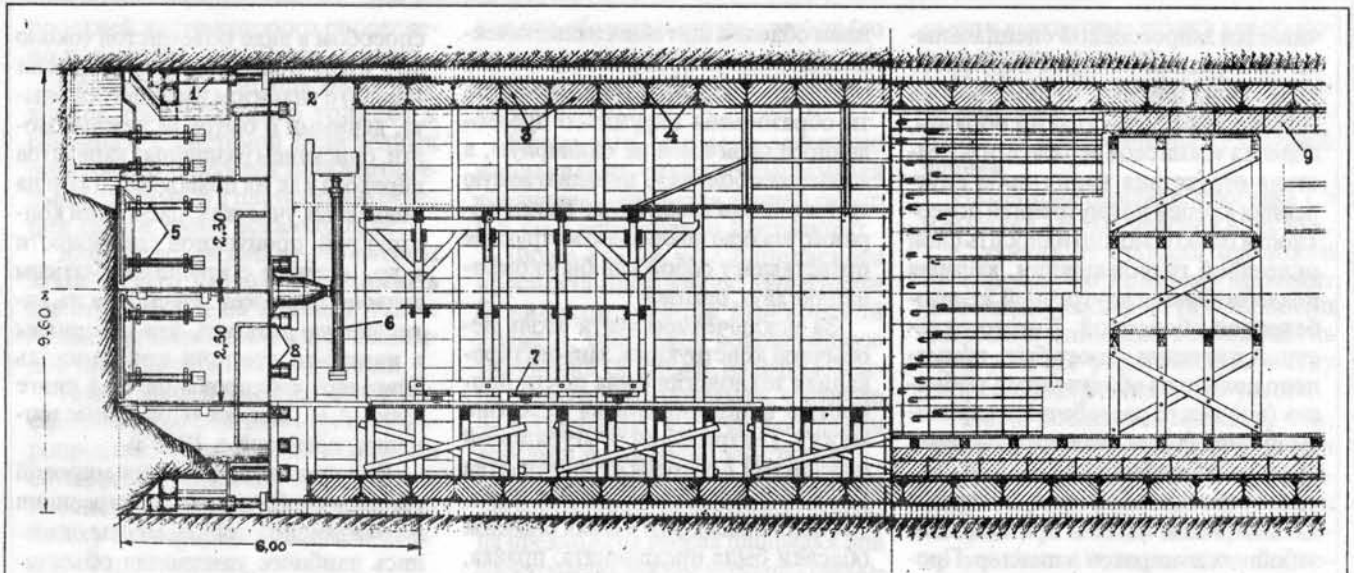


Рис. 3. Организация производства работ при щитовой проходке:

1 — домкраты для прессования уплотнения за обделкой; 2 — слой прессованной глины или бетон; 3 — бетонные блоки; 4 — металлические рамы в швах; 5 — забойные домкраты; 6 — эректор; 7 — вспомогательная тележка; 8 — щитовые домкраты; 9 — внутренняя железобетонная оболочка для поддержки гидроизоляции.

ткости тоннеля, как это было, например, в подводных Гудзонских тоннелях, расположенных в слабых илистых грунтах. Проектировщики тоннеля под Волгой предусмотрели даже вероятное усиление обделки дополнительной железобетонной балкой жесткости, рассчитав ее по формулам однокашника по институту С.П.Тимошенко, приобретенного уже тогда известность в научных кругах. Для обеспечения продольного и поперечного соединения блоков были

предусмотрены специальные закладные металлические рамы с уголками, стягиваемые продольными связями.

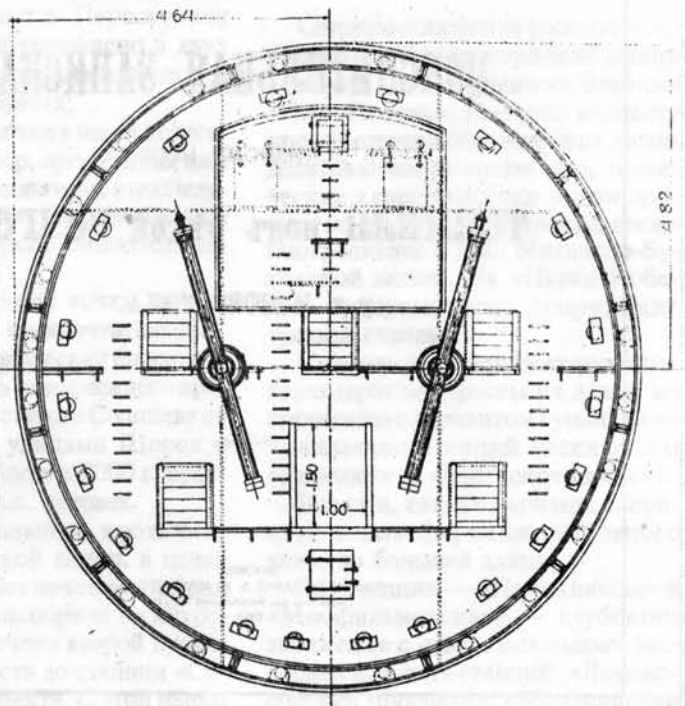
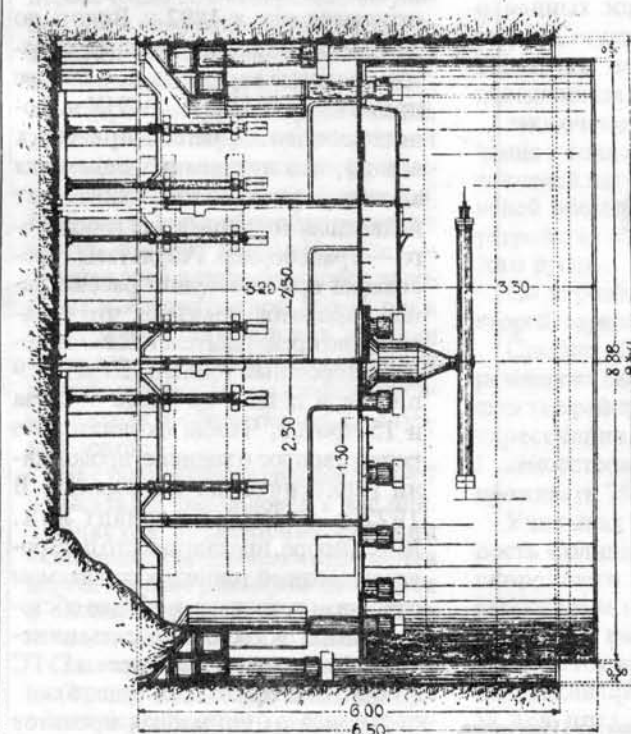
Технология возведения обделки за щитом (рис. 3) предусматривалась следующая. Монтаж ее производился двумя рычажными эректорами, закрепленными на щите. Ими же собирались промежуточные металлические рамы с расстояниями 1 м. После соединения их элементов и уголков между ними закладывали блоки

и стягивали рамы болтами, пропускаемыми между продольными стыками обделки. Таким образом «бентонитовые камни» (блоки) оказывались зажатыми между поясными уголками рам. Замковый блок специальной конструкции расклинивался, в результате чего уплотнялись продольные стыки сборного кольца. Диафрагмы рам имеют прямоугольные отверстия, благодаря чему при нагнетании в швы цементного раствора образуется как бы монолитная обделка. Уплотнение поперечных швов производится щитовыми домкратами при передвижке. Плотность контакта с окружающим грунтом обеспе-

Рис. 4. Тоннелепроходческий щит.

Вид сзади.

Продольный разрез



чивается запрессовкой специальными домкратами на шите наружного слоя глины или пластичного бетона толщиной до 30 см. Таким образом, обделка «сама себя держит», и вследствие отсутствия каких-либо внутренних крепей по внутренней поверхности блоков можно наносить слой оклеечной гидроизоляции, которая поддерживается внутренней железобетонной оболочкой. Вместо оклеечной изоляции может быть применено кольцо из облегченных тубингов (в проекте разработаны варианты чугунных или стальных сборных обделок из тубингов).

Разработка забоя предусматривалась из ячеек щита с применением забойных домкратов и шандор. Проходка — под сжатым воздухом, для чего в тоннеле была запроектирована воздухо непроницаемая диафрагма с горизонтальными материальными и людским пневматическими аппаратами, а также спасательное оборудование.

В соответствии с избранным сече-

нием обделки щит имел эллиптическое, вытянутое по вертикальной оси очертание (рис. 4), а для возможности образования наружного прессованного слоя имел не одинарную, а двойную оболочку, передвигаемую двумя рядами домкратов. Таким образом, эта оригинальная конструкция представляет собой как бы «комбинацию двух щитов».

За исключением щита столь необычной конструкции, запроектированная технология была почти полностью использована на перегоне между Театральной и Лубянской площадями I очереди строительства Московского метрополитена. Вместо специальных рам в швах блочной обделки была предпринята, правда, неудачная, попытка упрощенной стяжки колец продольными болтами, пропускаемыми через отверстия в самих блоках (предложение инж. М.А.Рудника).

Материалы эскизного проекта тоннеля под Волгой у Нижнего Новгорода были изданы типографским

способом в виде объемистой (около 600 стр.) пояснительной записки (рис. 5) с анализом имевшегося опыта, данными о бытовом режиме Волги, описанием различных вариантов перехода как на подводном, так и на подходных участках, расчетами конструкций, пропускной способности и др., а также с крупноформатным атласом чертежей. Несмотря на антикварную редкость, эти материалы в какой-то степени сохранились благодаря дублированию их в книге проф. А.Н.Пассека «Подводные тоннели», изданной в 1933 г.

Как показали события мировой войны, а особенно годы интервенции и гражданской войны, мосты оказались наиболее уязвимыми объектами. В России было выведено из строя более 3 тыс. крупных мостов с металлическими фермами, не говоря уже о десятках тысяч малых деревянных. Об этом лучше других мог бы рассказать организатор Комитета научного содействия строительству I очереди Московского метрополитена А.Ф.Эндимионов: в 1918 г. он возглавлял восстановление крупнейшего в мире Сызранского моста через Волгу. Помнятся последние дни его жалкого существования в ЦНИИСе.

В трудные годы гражданской войны вновь поднялся вопрос о подземном пересечении великого водного рубежа между западом и востоком страны. На этот раз место перехода выбрали у Саратова. Здесь достаточно полно были проведены предварительные изыскания, начало которых относится еще к 1892 г. Вплоть до 1919 г. обсуждались главным образом мостовые варианты, но в ноябре представители НКПС, ВСНХ и Геологического комитета пришли к выводу, что лучшим решением для железнодорожного сообщения будет подводный тоннель, а для городского — трансбордер. Результаты голосования при повторном рассмотрении вариантов показали, что большинство представителей было за железнодорожный тоннель: 23 за при 9 против, а за мост на Увекке — 16 за и 15 против. Чтобы окончательно решить вопрос о тоннеле, продолжили геологические изыскания. В 1922 г. появился вариант инж. М.Е.Кнорре, предлагавшего построить подводный тоннель в осушаемом открытом котловане, но более обстоятельными оказались проекты инженеров Вишницкого, Фролова и ГУТС со щитовой проходкой (рис. 6).

Первый из указанных проектов

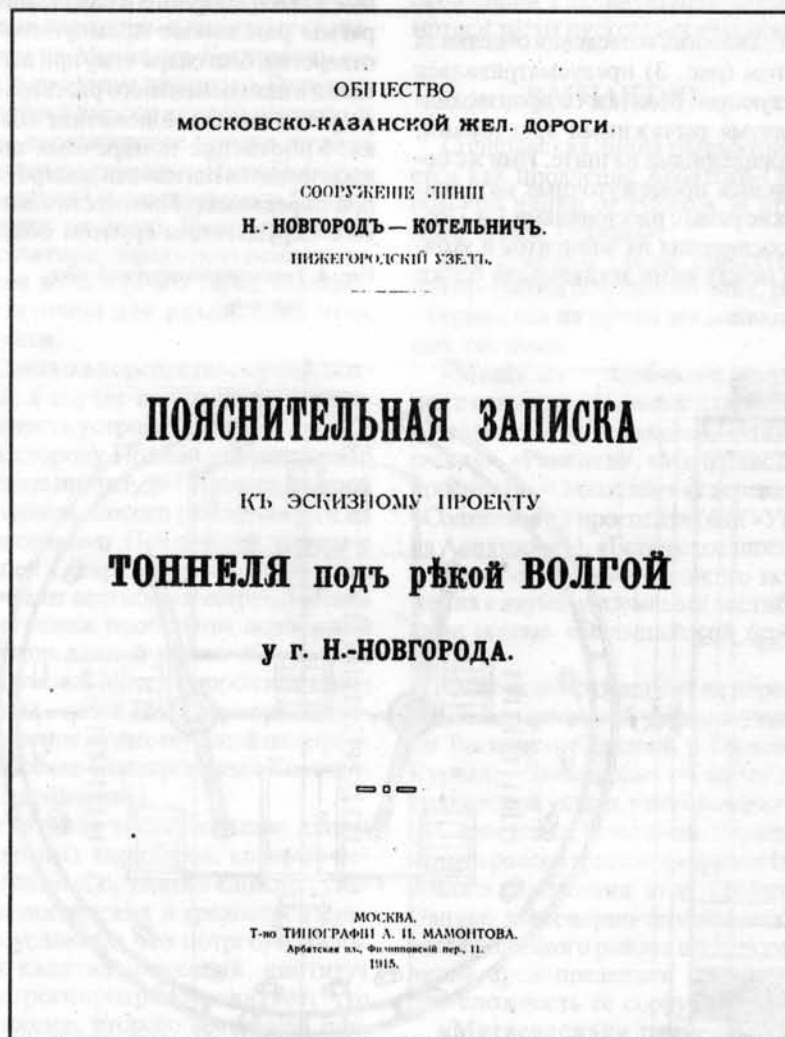


Рис. 5. Титульный лист пояснительной записки к проекту тоннеля у Нижнего Новгорода.

Сурамский тоннель

И. ВЫПОВ,
канд. техн. наук

К числу выдающихся монументальных транспортных сооружений XIX в. относится, бесспорно, горный тоннель под Сурамским перевалом в Закавказье. История его строительства неразрывно связана с прокладкой первой железной дороги за Кавказским хребтом между нефтеносным районом Баку и черноморским портом Поти. Необходимость такой магистрали, которая соединила бы побережья Черного и Каспийского морей, диктовалась потребностью экономического развития Кавказа, связанной с вывозом на западные рынки нефти, добываемой в районе бакинских месторождений, и нефтепродуктов.

Вопрос о строительстве Закавказской железной дороги в царском правительстве и его различных комитетах ропсался в течение нескольких лет. Наконец, оно согласилось с доводами наместника царя на Кавказе — генерал-фельдмаршала, князя А. И. Барятинского (впоследствии члена Государственного Совета) и удовлетворило его ходатайство о прокладке железнодорожной магистрали от Поти до Баку в качестве островной. В перспективе предусматривалось соединить ее кружным путем через Махачкалу либо через Магский перевал с Владикавказской железной дорогой с устройством ряда ответвлений от главного хода. Длину линии определили в 828,6 км, а предварительную стоимость — в 47 млн. руб. Однако если учесть, что выход магистрали к Черному морю потребовал бы возведения дополнительных к существующим портовых сооружений, то она возрастала до 49-50 млн. руб.

Предложения по прокладке железных дорог и других путей сообщения в Закавказье поступали от многих российских и иностранных специалистов, предпринимателей, общественных деятелей. Наиболее активным из них, предложившим самые экономичные проекты, был известный русский инженер, воспитанник Института Корпуса инженеров путей сообщения Болеслав Игнатьевич Статковский (1825-1889 гг.), сыграв-

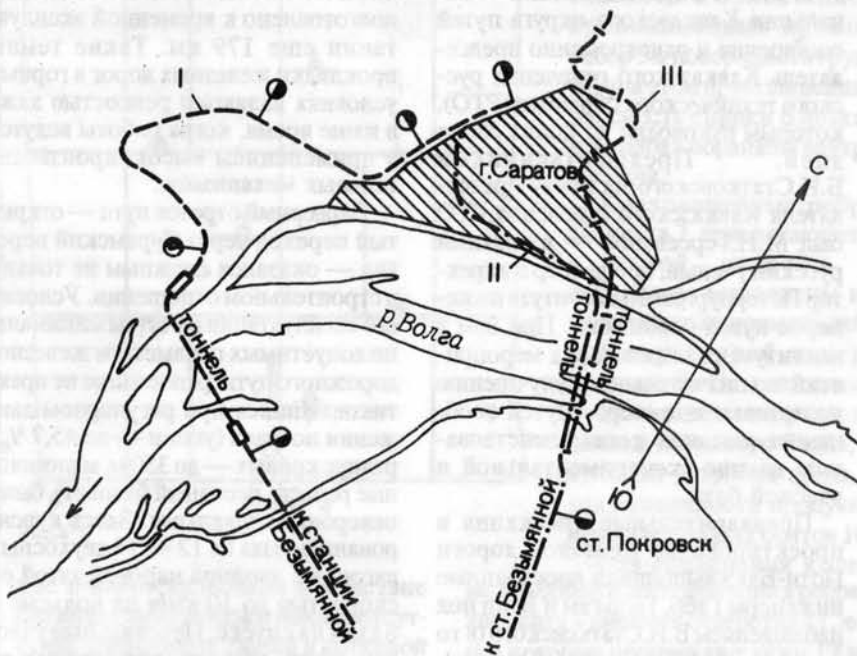


Рис. 6. Варианты проектов подводных тоннелей у Саратова:
I — Вишняцкого; II — ГУГСа; III — Фролова.

Таблица

Наименования проектов	Вишняцкого	ГУГСа	Фролова
Длина электрифицируемого участка, км	22,9	12,5	10,7
Расстояние между блок-постами тоннеля, км	5,6	8,7	10,7
Длина тоннельных участков, км	4,7	5,9	5,2
Шитовая часть, м	2500	2880	2880

принадлежал инженеру путей сообщения Рихарду Владиславовичу Вишняцкому, который возглавлял проектирование аналогичного тоннеля у Нижнего Новгорода. Имеются сведения, что его новый проект не уступал предыдущему, но условия разрухи и гражданской войны не позволили должным образом оформить проектные материалы, и они затерялись. Однопутный тоннель под рекой в пределах переката Широко предназначался для движения поездов с электротягой. Подходы к тоннелю были запроектированы двухпутными.

В состав перехода общей протяженностью 4700 м входили:

- эстакады по обе стороны Волги 350 м,
- галереи 670 м,
- бетонная и железобетонная трубы 1180 м,
- шитовая часть подводного тоннеля 2500 м.

Принятое минимальное заглубление тоннеля под дном реки в 3,20 м комиссия считала недостаточным.

По варианту проектного отдела ГУГСа в состав перехода длиной 5920 м включались:

- эстакады 460 м,
- подземная галерея 450 м,
- бетонная и железобетонная трубы 2130 м,
- шитовая часть 2880 м.

По проекту инж. Фролова полная длина перехода составляла 6,3 км при шитовом участке 5,2 км.

Сопоставление показателей по упомянутым вариантам приведено в таблице.

Фролов был экстраординарным профессором Петроградского Политехнического института. Именно он помог в годы разрухи и безработицы приступить здесь к чтению лекций по тоннель- и метростроению вернувшемуся из эмиграции С. Н. Розанову.

В 1930-34 гг. на Увекс был построен железнодорожный мост. Такое же надводное сооружение было возведено и у Нижнего Новгорода.

Подземное пересечение Волги — это еще одна проблема будущего.

ший выдающуюся роль в деле создания и развития путей сообщения в этом стратегически важном для России регионе. Заслуга его, прежде всего, заключается в том, что он первым обосновал и доказал на деле возможность сооружения и эксплуатации самой высокогорной наземной железной дороги, образцом которой являлась бакинская магистраль. Он участвовал также в изысканиях, проектировании и строительстве шоссейной Военно-Грузинской дороги длиной 207 км через Кавказский хребет (Крестовый перевал, высота над уровнем моря 2388 м) от Владикавказа до Тифлиса, был настойчивым сторонником и пропагандистом прокладки в экстремальных горных условиях Кавказской перевальной железной дороги (КПЖД) и предложил три варианта ее трассы. Следует отметить, что интересные и достаточно полные, технические обоснованные материалы изысканий Б.И.Статковского были учтены советскими специалистами при проектировании КПЖД.

Несколько слов об этой очень интересной в инженерном отношении железной дороге. Протяженность двухпутной линии 178 км. Станции примыкания — Владикавказ-1 Северокавказской и Ксани Закавказской железных дорог. Магистраль насыщена различными искусственными сооружениями. Общая длина больших и средних мостов и виадуков (72 объекта) составляет 6438 м, тоннелей различной длины (26 сооружений) — 42494 м, включая перевальный протяженностью 2276 м. Запроектировано 353 малых искусственных сооружения (трубы, галереи, подпорные стенки, малые мосты и др.) с объемом бетонной и железобетонной кладки свыше 36 тыс. м³. Стоимость одного километра дороги в ценах 1986 г. — более 6,15 млн.руб., всей линии — 1095 млн.руб. Строительство КПЖД началось в 1986 г., однако в 1989 г. по различным экономическим и экологическим причинам работы были прекращены, а объекты законсервированы (хотя было уложено 15 км пути и начались работы на перевальном тоннеле).

Б.И.Статковский горячо поддерживал идею соединения Закавказских железных дорог с Ростово-Владикавказской дорогой круглым путем через Баку. Он разработал проекты строительства и развития железных дорог на Кавказе¹.

С 1889 г. Б.И.Статковский — начальник Кавказского округа путей сообщения и одновременно председатель Кавказского отделения русского технического общества (РТО), которым руководил до конца своих дней. Предшественником Б.И.Статковского на посту председателя Кавказского отделения РТО был М.Н.Герсеванов — известный русский ученый, профессор и директор Петербургского института инженеров путей сообщения. При нем в институте реализован ряд мероприятий по значительному улучшению подготовки инженеров путей сообщения, созданию и совершенствованию научно-экспериментальной и учебной базы.

Предварительные изыскания и проектирование железной дороги Поти-Баку выполнили иностранные инженеры Габб, Пельгам и Бели под наблюдением Б.И.Статковского (в то время инспектора железной дороги). Их проект, предусматривающий сооружение тоннеля длиной 3490 м под Сурамским перевалом, был утвержден в 1861 г.²

В связи с недостатком капитала в 1864 г. русское правительство приняло решение ограничиться пока строительством только первого, наиболее сложного, участка магистрали — от Поти до Тифлиса протяженностью 304 км, по облегченным техническим условиям (кривые минимальных радиусов, снижение скорости и веса поездов, крутые подъемы и т.д.) с открытым пересечением Сурамского перевала.

Завершающие проектно-изыскательские работы на этом отрезке трассы выполнили русские и частично английские специалисты. Устройство земляного полотна, возведение искусственных сооружений осуществлено под непосредственным руководством Б.И.Статковского.

В 1871 г. состоялось торжественное открытие участка Поти-Квирилы (125 км). Предварительная комиссия его приемка была проведена под председательством инженера путей сообщения К.Ф.Бентковского (участника строительства, под руководством С.В.Кербедза, первого Благовещенского постоянного моста через Неву и набережной в Петербурге) с участием Б.И.Статковского и М.Н.Герсеванова. В следующем, 1872 г., поезда пошли уже до Тиф-

лиса, т.е. в течение одного года было подготовлено к временной эксплуатации еще 179 км. Такие темпы прокладки железных дорог в горных условиях являются редкостью даже в наше время, когда работы ведутся с применением высокопроизводительных механизмов.

Барьерный отрезок пути — открытый переход через Сурамский перевал — оказался сложным не только в строительном отношении. Условия его эксплуатации с учетом минимально допустимых параметров железнодорожного пути, ранее нигде не практиковавшихся при регулярном движении поездов (уклон — до 45,7‰, радиус кривых — до 350 м, маломощные рельсы, песчаный балласт), были невероятно трудными. Здесь курсировали поезда из 12 — 14 двухосных вагонов с двойной паровой тягой со скоростью до 10 км/ч на подъеме и 8 км/ч на спуске. Перевальный участок, таким образом, ограничивал до предела пропускную и провозную способность дороги Поти — Тифлис, а затем и всей магистрали до Баку, сквозное движение поездов по которой открылось в 1883 г. С наибольшими трудностями столкнулись при транспортировке нефти и нефтепродуктов в черноморские порты из районов бакинских месторождений. Поэтому возникла необходимость в ускоренном сооружении железнодорожного тоннеля под Сурамским перевалом.

Решение об этом Комитет министров России принял в начале 1886 г. Тоннель запроектировали на обходной линии Квирилы-Михайлово, которая начиналась от станции Михайлово (с восточной стороны), проходила тоннелем Грузино-Имеретинские горы и соединялась с прямым направлением у станции Ципа (новая) перевального участка, а затем шла по ранее уложенному пути. Западный портал тоннеля располагался у станции Ципа (старая), восточный — у станции Люка.

Первые изыскания обходной линии с прокладкой тоннеля выполнены ранее упоминавшимся английским специалистом Габбом, более основательные — русским инженером Мышенковым в 1874 г. под руководством Б.И.Статковского. После продолжительного обсуждения и уточнения данный проект 9 июня 1886 г. был утвержден Комитетом министров. Начальником строительства назначили опытного инженера путей сообщения Ф.Д.Рыдзевского (впоследствии он занимал пост начальника Варшавско-Венской железной дороги).

² По данным исполнительных чертежей обходной линии, длина тоннеля составляет 1874 саж., или 3991,6 м. От западного портала до перелома продольного профиля тоннеля — 1383,38 саж., или 2946,60 м; от восточного — 490,62 саж., что соответствует 1045,02 м.

¹ Кортиев Л.И. Проекты инженера Б.И.Статковского. «Транспортное строительство», N 11, 1983, с. 55-56.

Прокладка тоннеля началась в конце 1886 г. с пробивки направляющих штолен сечением 2,7х2,7 м (нижней и верхней) вручную, а с лета 1887 г. для сооружения галерей использовали гидравлические бурильные машины системы Брандта. Разработку породы до заданного очертания тоннеля также производили, в основном, ручным способом. Таким образом, на горных процессах применялся преимущественно тяжелый ручной труд. На стройке было занято до 2000 человек, часть из них — иностранцы. Работы велись круглосуточно, в две смены, с общим перерывом в каждой до 2 часов; взрывники (минеры) трудились в три смены по 8 ч. Рабочий день проходчиков, как видим, составлял около 10 ч., т.е. почти в два раза превышал современную продолжительность.

Количество шпуров в забое, их глубина и расположение определялись расчетом, в зависимости от крепости породы.

Сооружение тоннеля осуществляли в сложных горно-геологических условиях (мергели, песчаники, сланцевые глины с высоким горным давлением, обильный приток грунтовых вод и т.д.). Например, перед сбойкой двух забоев (западного и восточного) приток подземных вод оказался настолько интенсивным, что рабочие вынуждены были разрабатывать грунт перемычки, разделяющей восточный и западный участки, находясь по грудь в воде. Имели место случаи, когда температура в забоях поднималась до 50° С.

Такие условия вызвали необходимость использовать известные в то время способы ведения работ — австрийский, бельгийский, а при устройстве припортальных выемок — английский метод. В различных горных породах применяли соответствующие типы каменных обделок.

Проходку вели одновременно с двух порталов, причем с высокой точностью. При встрече направляющих штолен взаимные несовпадения осей составили: в горизонтальной плоскости — 128, в вертикальной — 43 мм, что значительно ниже допустимых и имевшихся на практике. Такая высокая точность достигнута благодаря трассированию тоннеля при помощи триангуляционной сети, впервые использованной Ф.Д.Рыдзевским на Сурамском тоннеле.

Сбойка забоев планировалась на 11 октября 1888 г. Об этом заранее был уведомлен император Александр III; готовились подобающие случаю торжества. Однако в намеченный

день из-за чрезвычайно обильного притока воды она не состоялась, поэтому царь посетил стройку инкогнито, без торжественной церемонии. Официальное же соединение обеих направляющих штолен произошло через два дня — в 10 ч утра 13 октября 1888 г. (по некоторым историческим данным — 12 октября). Вот как описывает это выдающееся событие один из современников:

«... у входа в тоннель собрались Министр путей сообщения Посет и множество гостей. Все собравшееся общество вслед за Министром въехало на вагонетках в тоннель, ярко иллюминированный огнями. В конце галереи был заложен патрон с динамитом. Министр зажег фитиль, взрыв образовал сквозное отверстие, через которое хлынула вода, накопившаяся с противоположной части хода... Когда отверстие было расширено, все прошли через него и на вагонетках вышли из тоннеля»³. После сбойки направляющих штолен началось интенсивное сооружение тоннеля до проектной отметки.

Напомним, что это был двухпутный тоннель с гранитной обделкой разных типов, высотой от головки рельсов до ключа 7,03 м, максимальной шириной 8,95 м. Высота тоннеля над уровнем моря — 989 м, часть его располагается на кривой.

Для безопасной эксплуатации тоннель оборудовали электрической колокольной сигнализацией; на станциях Ципа и Молиты уложили улавливающие железнодорожные тушкики.

Количество израсходованных основных материалов на сооружение Сурамского тоннеля красноречиво свидетельствует о больших объемах выполненных работ: динамита — 165 т, песка — 4 тыс.м³, крепежного леса — 265 тыс.м³, цемента 6000 т (80 тыс.

³ Шанадзе Н.К. Возникновение и развитие Закавказских железных дорог и их влияние на экономику края. Тбилиси, 1968 г., с. 80-82.

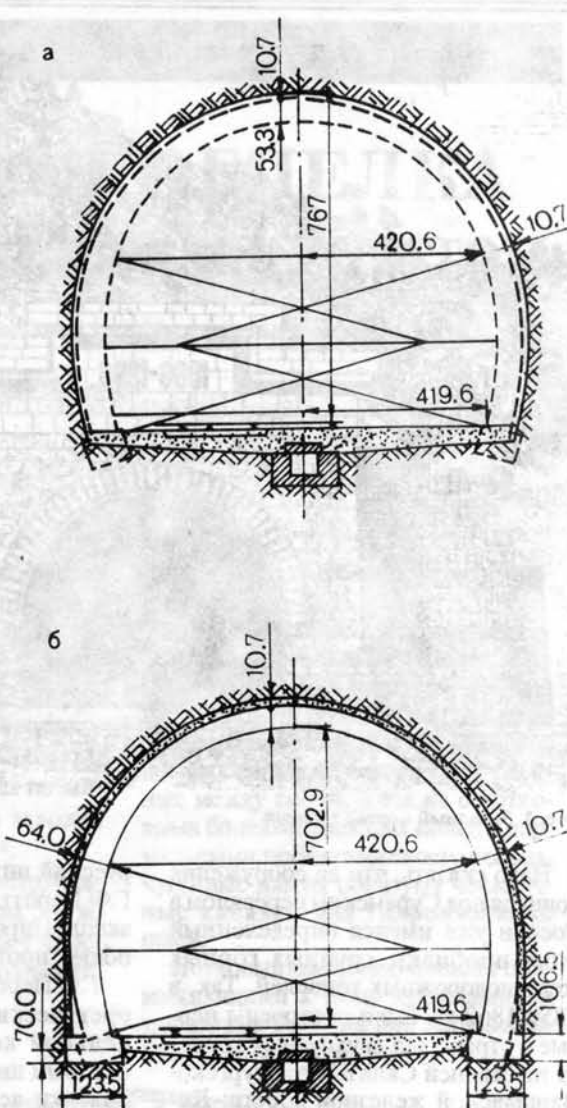


Рис. 1. Конструкция обделки тоннеля:

а — для крепких пород (тип N 2), требующих в процессе эксплуатации каменной обделки; б — для слабых с большим горным давлением (тип N 3).

бочек); вынута и вывезено грунта — около 350 тыс.м³. Следует признать, что наличие близрасположенных действующих железнодорожных путей около обоих порталов в значительной мере облегчало доставку материалов в забой и на стройплощадку и позитивно влияло на темпы ведения работ.

Скорость проходки направляющих штолен в одном забое составляла до 10,65 м/сут., что по тому времени являлось мировым рекордом. На стройках Европы и США этот показатель в аналогичных геологических условиях равнялся 8,52 м/сут., т.е. на 25% ниже.

В соответствии с приказом начальника Закавказской железной дороги Фриде регулярное движение поездов по Сурамскому тоннелю было открыто 16 сентября 1890 г. — примерно через два года после сбойки направляющих штолен.

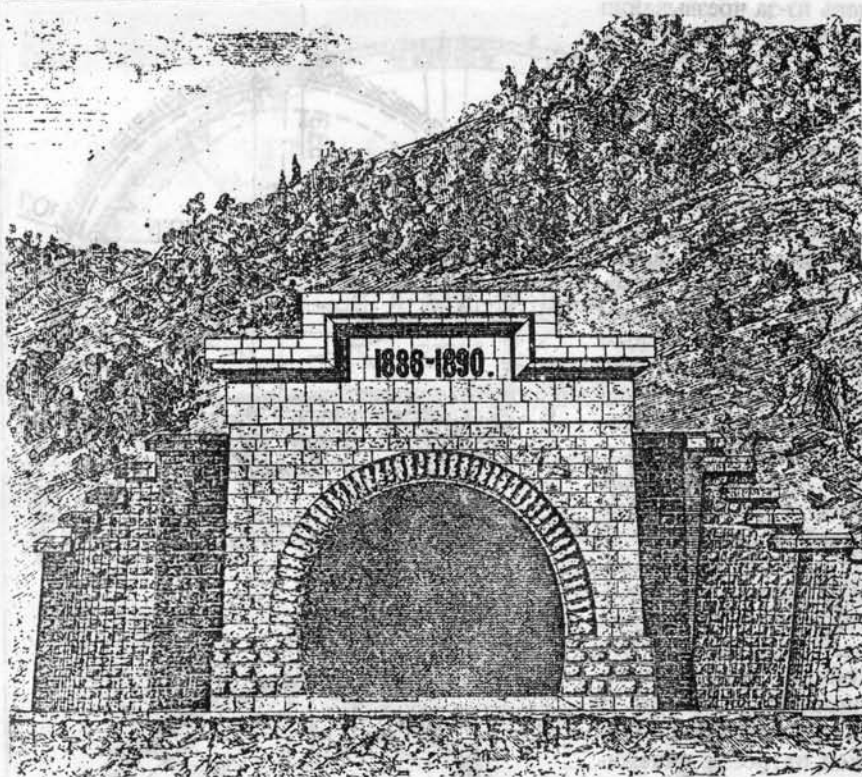


Рис. 2. Западный портал тоннеля.

Надо сказать, что до сооружения тоннеля под Сурамским перевалом в России уже имелся определенный опыт пробивки крупных горных железнодорожных тоннелей. Так, в 1859-1862 гг. были построены первые в стране два двухпутных тоннеля на бывшей Санкт-Петербургско-Варшавской железной дороге: Ковенский — протяженностью 1280 (действующий поныне) и Виленский длиной 430 м (в настоящее время засыпан). Руководил работами видный

русский инженер путей сообщения Г.Ф.Перотт. В Закавказье к 1901 г. эксплуатировался 21 горный тоннель общей протяженностью 7124 м.

Г.Ф.Перотт первый разработал теоретические основы расчета тоннельной конструкции, согласно которым им были сконструированы обделки девяти различных типов, примененные на Ковенском и Сурамском тоннелях (рис. 1).

Открытие движения по Сурамскому тоннелю резко увеличило пропус-

кную и провозную способность Закавказской железной дороги на всем ее протяжении от Поти до Баку, снизило стоимость перевозки грузов. Только нефти и нефтепродуктов (преимущественно керосина) в черноморские порты транспортировалось через тоннель около 200 цистерн, или 2300 т в сутки.

Кроме того, ввод в действие Сурамского тоннеля резко улучшил эксплуатационные показатели не только перевальных перегонов, но и всей Закавказской железной дороги. Однако условия работы этого высокогорного участка оставались все же напряженными, хотя предельный подъем пути изменился до $29\%_{00}$, радиус кривых — со 100 до 150 м, старые рельсы заменили на более мощные Р-43. Поэтому отрезок трассы Хашури-Зестафони, включающий Сурамский перевал, первым в стране перевели на электрическую тягу (летом 1932 г.). Для его обслуживания были изготовлены в нашей стране и закушены за рубежом специальные мощные электровозы.

Сурамский тоннель на Закавказской железной дороге — выдающееся достижение отечественных инженеров, всех участников этой знаменитой стройки. В тяжелейших горно-геологических условиях, в короткие сроки возведено уникальное транспортное сооружение на соответствующем техническом уровне, с высоким качеством работ (рис. 2).

Уже более ста лет безотказно эксплуатируется этот тоннель, обеспечивая постоянную, надежную и кратчайшую связь между регионами Кавказа. □

На орбиту международного общения вас выведет
Международное общественное объединение
«ТОННЕЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ» — ТА,

членом которой стало Азербайджанское объединение тоннельщиков — АзОТ.

Вы, став коллективным и индивидуальным членом ассоциации, сможете иметь связь со специалистами «тоннельных держав», таких, как США, Япония, Франция, Швеция, Англия, Австрия, Германия, а также Россия, Украина, Беларусь. Вам предоставится уникальная возможность иметь доступ к разнообразной мировой информации, участвовать в ежегодных конгрессах и выставках, активнее использовать многосторонние связи с фирмами разных стран. Предлагаем вступить в коллективные и индивидуальные члены Азербайджанского объединения тоннельщиков и быть активистами-распространителями уставных задач и целей среди вашего коллектива, оказывать содействие ускорению научно-технического прогресса, повышению эффективности и качества в области проектирования, строительства и эксплуатации тоннельных сооружений различного назначения.

Азербайджанское объединение
тоннельщиков, г.Баку, ул. Азизбекова, 33а.

Л. МАКОВСКИЙ,
канд. техн. наук

Крупнейший тоннельно-мостовой переход

В Японии сооружается крупнейший тоннельно-мостовой переход длиной около 15 км через Токийскую бухту для обеспечения постоянной транспортной связи городов Токио, Иокогама, Кавасаки, Кисарацу и Шива.

Тоннельно-мостовой переход расположен на трассе четырехполосной автомобильной дороги, рассчитанной на движение автотранспорта со скоростью до 80 км/ч.

Проектные и изыскательские работы проводились в период с 1966 по 1976 г., а в 1987 г. началось строительство, которое должно быть завершено в 1997 г. Стоимость прокладки тоннельно-мостового перехода оценивается в 12 млрд. долларов.

Он состоит из двух параллельных тоннелей длиной около 10 км каждый и наружным диаметром 13,9 м, мостового сооружения длиной 4,4 км и двух искусственных островов; один из них разместится на расстоянии 4,6 км от берега со стороны г. Кавасаки, другой — на 4,8 км от первого, непосредственно перед мостовым переходом (рис. 1,а).

Первый искусственный остров имеет ширину понизу 240 и поверху 110 м. Для его возведения предполагается построить две параллельные перемычки на удалении 100 м одна от другой. Их изготовят из стальных труб, заполняемых утрамбованным песком. На острове будет размещен вентиляционный шахтный ствол глубиной около 30 м, который в период строительства намечено использовать для щитовой проходки. Второй остров, размерами в плане 650х100 м, помимо вентиляционного шахтного ствола, вместит в себя спиральную рампу для связи тоннеля с мостом. Его опоры на некоторых участках планируется возводить на цилиндрических железобетонных кессонах диаметром 22 м, а на остальном протяжении — на свайных фундаментах из 11 стальных труб диаметром 1,6 м.

Трасса тоннеля в плане располагается в основном на прямой и только на переходных участках — на кри-

вых радиусом 3400 м (рис. 1,б). Продольный профиль на припортовых участках имеет уклон 40‰ , а на подводном между искусственными островами — 2‰ .

Тоннели кругового поперечного сечения наружным диаметром 13,9 м заложены на расстоянии 28 м друг от друга (в осях), на глубине от 9,4 м, на припортовых участках — до 15 м в средней части бухты при глубине воды от 20 до 30 м (рис. 1,в). В дальнейшем с целью увеличения пропускной способности перехода предусматривается проходка третьего двухполосного тоннеля.

Инженерно-геологические условия характеризуются наличием мощной толщи аллювиальных и делювиальных отложений, представленных илистыми песками с включениями глины и гравия. Пески имеют различный гранулометрический состав и разную плотность. Район строительства отличается повышенной сейсмической активностью.

Проходка тоннелей намечена щитовым способом с использованием 8 уникальных механизированных щитов наружным диаметром 14,18 м и длиной 13,5 м. Каждый снабжен многолучевым рабочим органом роторного типа с приводом мощностью 1400 кВт, пригрузочной камерой, заполняемой под давлением бентонитовой суспензией, 48 гидроцилиндров грузоподъемностью по 400 т и автоматизированным блоком укладки.

Первый механизированный щит изготовлен и испытан фирмой «Kawasaki Heavy Industries». С его помощью летом 1994 г. начнется проходка одного из тоннелей и будет вестись в течение двух лет.

Другие механизированные агрегаты выпускаются фирмами «Mitsubishi», «Ishikawajima-Harima» и «Hitachi Zosen».

На начальном отрезке щитовой проходки в грунте дна залива предполагается возвести две железобетонные подпорные стенки шириной 2,4 м и глубиной до 100 м методом «стена в грунте».

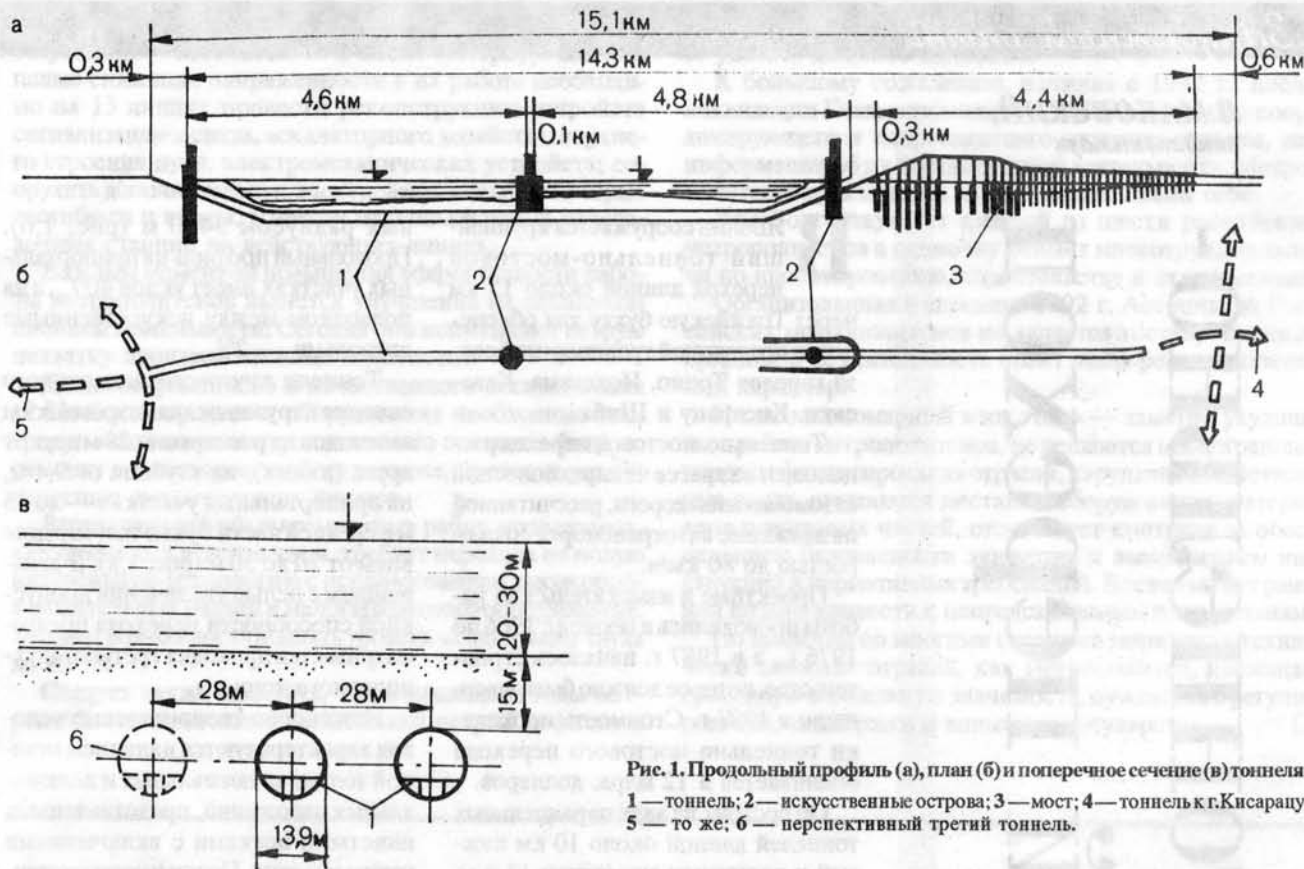


Рис. 1. Продольный профиль (а), план (б) и поперечное сечение (в) тоннеля: 1 — тоннель; 2 — искусственные острова; 3 — мост; 4 — тоннель к г. Кисарацу; 5 — то же; 6 — перспективный третий тоннель.

Конструкция тоннеля внутренним диаметром 11,8 м запроектирована двухслойной с антисейсмическими связями (рис. 2). Первичная обделка состоит из 12 железобетонных блоков шириной 1,5 м и толщиной 0,65 м, а вторичная — из монолитного железобетона толщиной 0,4 м. Время монтажа кольца первичной обделки — ориентировочно 110 мин.

Создание жесткой конструкции обделки вызвано необходимостью восприятия значительных нагрузок от давления грунта, воды и сейсмических воздействий при отсутствии упругого оппора окружающего массива.

Характерная особенность рассматриваемого проекта — значительный диаметр подводных тоннелей, сооружаемых щитовым способом в неустойчивых грунтах при сравнительно небольшой глубине заложения под дном бухты. Другие крупнейшие в мире подводные тоннели имеют меньшие размеры поперечного сечения и построены в иных условиях. Например, железнодорожный

тоннель Сейкан (Япония) протяженностью 54 км сооружали горным способом в нарушенных скальных породах, а тоннель под проливом Ла-Манш длиной 50 км — щитовым способом в плотных меловых отложениях. Проходка железнодорожного тоннеля под проливом Большой Бельт (Дания) в 7,2 км механизированными щитами в слабых грунтах

на глубине от 15 до 40 м от дна, при глубине воды в проливе до 66 м сопровождалась аварийными затоплениями тоннеля, повреждением агрегата и длительными остановками работ.

Учитывая сложную геологию, необычно большие размеры поперечного сечения, а также мировой опыт прокладки подводных тоннелей, до начала и в процессе проектирования тоннеля под Токийской бухтой в Японии проводили комплексные научные исследования по изучению поведения конструкций как на стадии строительства, так и эксплуатации, а также по выработке оптимальных режимов работы механизированных щитов в наиболее неблагоприятных условиях проходки.

Опыт проектирования и строительства тоннельно-мостового перехода через Токийскую бухту может быть полезным при разработке проектных решений по сооружению уникальных подводных тоннелей под Беринговым и Татарским проливами.

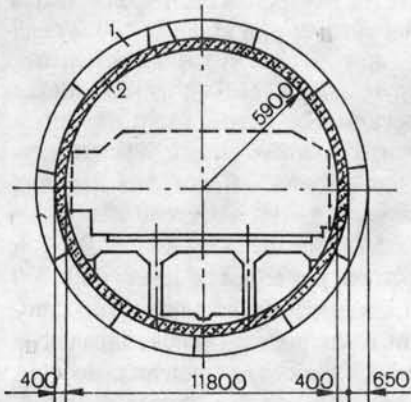


Рис. 2. Конструкция одного из подводных тоннелей:

1 — сборная обделка; 2 — монолитная.

каркас. Грохочут клепальные машины, штольня гудит. Решетка из красного железа окружила штольню. А позади каменщики уже копошатся в каркасе, заполняя свод туннеля метровой железобетонной броней, которую не разрушит никакое давление в мире.

По обеим сторонам огромного рельса на должном расстоянии прокладываются, свариваются и свинчиваются трубы всех размеров. Трубы для телефонных и телеграфных проводов, для электрического кабеля, огромные водопроводные трубы, мощные трубы для воздуха, который надземные машины днем и ночью без перерыва нагнетают в штольню. Особые трубы для пневматической почты. Песок и щебень закрывают трубы. А сверху укладывают шпалы и рельсы для обыкновенных товарных поездов — прочный путь, по которому поезда с материалами и камнем могут мчаться со скоростью экспресса.

Едва кончается впереди клепка каркаса, как путь уже открывается для движения на шестикилометровом участке. Поезда проходят по новой галерее, в то время как каменщики еще висят под сводом.

Позади, за тридцать километров от места, где грохочет бурильная машина, отделка штольни уже завершена.

3.

Но это было еще не все. Надо было предусмотреть тысячи вещей! К моменту, когда американские штольни соединятся со штольнями, идущими в гнейсах им навстречу с Бермудских островов, весь путь должен быть готов к сдаче в эксплуатацию.

За годы вперед план Аллана был разработан до мельчайших подробностей.

Через каждые двадцать километров он приказал вырубать маленькие станции в скале. Здесь будут жить линейные сторожа. Через каждые шестьдесят километров он намечил средние станции, а через каждые двести сорок километров — большие. Все они должны были служить складами для запасных аккумуляторов, машин и съестных припасов. На средних и больших станциях должны были разместиться трансформаторы, понизительные подстанции, холодильные и вентиляционные машины. Кроме того, нужны были еще боковые штольни, в которые можно было бы отводить с главной линии поезда.

Для всех этих работ были подготовлены особые рабочие отряды, и все они вгрызались в скалу и выбивали лавины камней.

Как разъяренные вулканы, день и ночь извергали камни устья туннеля. Бесперывно, один за другим вылетали из зияющих ворот нагруженные поезда. С легкостью, восхищавшей глаз, они одолевали подъем, чтобы, взобравшись наверх, на миг остановиться. Но то, что казалось только камнями и мусором на платформах, вдруг оживало, и на землю соскакивали почерневшие, грязные, неузнаваемые фигуры. Поезд с камнями удалялся, извиваясь по сотне стрелок. Широкой дугой пройдя через «Мак-Сити» (так обычно называли туннельный город в Нью-Джерси), он сворачивал, наконец, на один из сети путей на берегу моря, где его разгружали. Здесь, у моря все шумели и были в хорошем настроении, у них была «легкая неделя».

Мак Аллан извлек двести кубометров камня — количество, достаточное для постройки стены от Нью-Йорка до Буффало. Он владел самой большой каменоломней в мире, но не расходовал зря ни одной лопаты камня. Все огромное пространство берега было целенаправленно пронивелировано. Аллан поднял отлогий берег и на несколько километров отнесил мелкое море. Но там,

где море было глубже, ежедневно высыпались в него тысячи вагонов камня, и медленно вырастал врезавшийся в море огромный мол. Это была одна из набережных гавани Аллана, так поразившей мир на плане будущего города. За две мили от города его инженеры сооружали самый большой, самый благоустроенный в мире пляж. Здесь будут расположены гигантские курортные отели.

Но сам Мак-Сити был похож на огромную свалку мусора, где не было ни дерева, ни кустика, не было ни зверя, ни птицы. Освещенный солнцем, он сверкал так, что было больно глазам. На громадном протяжении эта пустыня была покрыта рельсами, опутана железнодорожными путями, веерообразно расходящимися с обеих сторон, подобно фигурам, образуемым железными опилками у полюсов магнита. Повсюду шныряли поезда, электрические, паровые, дымились локомотивы, везде гул, свист. Во временном порту Аллана дымили десятки пароходов и стояли высокие парусники, привезшие сюда железо, лес, цемент, хлеб, скот, всевозможные съестные припасы из Чикаго, Монреаля, Портланда, Ньюпорта, Чарльзтона, Саванны, Нью-Орлеана, Гальвестона. На северо-востоке стояла непроницаемая стена густого дыма — станция для товарных поездов.

Баракы исчезли. Над выемкой трассы туннеля сверкали стеклянные крыши: машинные помещения, силовые станции с примыкающими к ним многоэтажными зданиями контор. Посреди каменной пустыни возвышался двадцатипятиэтажный отель «Атлантический туннель». Он был белый, как известь, сверкал новизной и служил приютом для прибывающих толп инженеров, агентов, представителей больших фирм и для тысяч любопытных, приезжавших каждое воскресенье из Нью-Йорка.

Ваннамакер выстроил против отеля пока только двенадцатипятиэтажный универсальный магазин. Широкие улицы, совершенно готовые, прямыми линиями прорезывали это мусорное поле. Над выемкой трассы были переброшены виадуки. На периферии каменной пустыни расположились приветливые рабочие поселки со школами, церквями, площадками для игр, с барами и салунами, где хозяйничали бывшие чемпионы бокса или жокен. Вдали, в лесу карликовых сосен, одиноко стояло забытое и безжизненное здание, напоминавшее синагогу: крематорий с длинными пустыми перекрестными галереями. Лишь в одной из них уже стояли урны. И под английскими, французскими, русскими, немецкими, итальянскими, китайскими именами — всюду одинаковая эпитафия: «Погиб при постройке Атлантического туннеля — при взрыве — при обвале скалы — раздавлен поездом», словно надписи на могилах павших воинов.

У моря расположились белые новые госпитали, построенные по последнему слову больничной техники. Тут же, внизу, немного поодаль, среди только что разбитого сада стояла новая вилла. Здесь жила Мод.

(Продолжение следует)